Zur Geschichte des Gewässerschutzes am Ober- und Hochrhein

- Eine Fallstudie zur Umwelt- und Biologiegeschichte -

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
an der Fakultät für Biologie
der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

vorgelegt von

Jörg Lange
aus Darmstadt

August 2002

Dekan:	Prof. Dr. H. Kleinig
Leiter der Arbeit:	Prof. Dr. J. Schwoerbel
Referent:	Prof. Dr. J. Schwoerbel / Prof. Dr. Rothaupt (Erstgutachten)
Koreferent:	Prof. Dr. N. Sander
Promotionsausschuss-vorsitzender:	Prof. Dr. K.F. Fischbach
Tag der Verkündigung des Prüfungsergebnisses:	11.12.2002

„Außerdem haben wir uns dem globalen Wasserproblem zu spät intensiv gewidmet. Die Frage, wie wir auf der Welt mit dem Wasser umgehen, wird an vielen Orten über Krieg und Frieden mitentscheiden. Daß wir Wasser immer noch als Transportmittel für Fäkalien und Industrieabwasser benutzen, um sie nachher aufwendig und unter hohem Energieverbrauch in der Kläranlage wieder herauszuholen, ist doch keine zukunftsfähige Lösung. Das kann kein Modell für Megastädte in den Entwicklungsländern mit 20 Millionen Einwohner sein.“

Der ehemalige Rheindurchschwimmer Klaus Töpfer in einem Interview in der FR v. 26.1.98 anläßlich seines Wechsels zum Umweltprogramm der Vereinten Nationen (Unep)

Vorwort

Der Arbeit „Geschichte des Gewässerschutzes am Hoch- und Oberrhein“ liegen folgende Beweggründe des Bearbeiters zugrunde:

- Begeisterung für das Element Wasser und Gewässerlandschaften in all ihren Erscheinungsformen.
- Die Hoffnung, daß man noch zu meinen Lebzeiten ohne jede Bedenken im Verlauf des gesamten Rheins baden gehen kann.
- Die persönliche Erfahrung, durch die Auseinandersetzung mit Geschichte Anregung für gegenwärtige Probleme zu finden („zu lernen“).
- Die Freude an der Erkenntnis von Zusammenhängen.
- Die Vermutung, daß zukünftige Generationen ohne eine ressourcenschonende Kreislaufwirtschaft kein sozial- und wirtschaftlich angemessenes Leben werden führen können.
- Die Freude an der Entwicklung von Ideen und Konzepten zu einer sozialökologischen Vision, die menschliche Tätigkeit und ein Zusammenleben ermöglichen, ohne Ressourcen unnötig unbrauchbar zu machen.

Der Rhein und einige seiner Nebenflüsse gehören mit zu den ersten Opfern einer modernen Industriegesellschaft. Er wurde reduziert auf das vermeintlich Nutz- und Gewinnbringende. Die Folgen der hemmungslosen Nutzung als Abwasserkanal sind erkannt und durch den Bau von Kläranlagen deutlich gemindert worden. In den letzten Jahren wird auch ökologischen Zusammenhängen deutlich mehr Aufmerksamkeit gewidmet. Das Verständnis wächst dafür, daß zu einem „sauberen Fluß“ mehr als „sauberes Wasser“ gehört.

Doch schon bei Fragen eines verbesserten Hochwasserschutzes ist sich jede Gemeinde die nächste und auch für durchgreifende ökomorphologische Verbesserungen des Rheins fehlt es am notwendigen politischen Willen.

Auch andernorts hat man aus den Fehlern am Rhein nichts gelernt. So besteht die Gefahr, daß auch der letzte Wildfluß Europas, die Loire, der Industriegesellschaft geopfert wird – von Projekten wie dem Drei-Schluchten-Staudamm in China ganz zu schweigen.

Meine Hoffnung ist, daß der vorliegende Forschungsbericht die gravierenden Veränderungen am Hoch- und Oberrhein bewußter macht und ein klein wenig dazu beiträgt, Alternativen für einen verbesserten Gewässerschutz des Rheins zu entwickeln.

Am Anfang stand mein weitgehendes Unverständnis darüber, wie es frühere Politiker und Rheinanwohner zu dem Zustand des heutigen Rheins hatten kommen lassen können. Dieses Bild hat sich im Laufe der Arbeit deutlich zugunsten früherer Generationen verschoben. Die Ausnutzung der Ressourcen durch die heutige Generation, läßt sich von der früherer kaum unterscheiden. Der einzige Unterschied ist die zunehmende Irreversibilität der Folgen.

Danksagungen

An erster Stelle möchte ich Prof. Dr. Jürgen Schwoerbel danken, daß er sich auch noch kurz vor seiner Emeritierung bereit gefunden hat, die Leitung der vorliegenden Forschungsarbeit zu übernehmen. Wann immer ich Hilfe brauchte, stand er mir zur Seite.

Der VW-Stiftung möchte ich für das thematische Interesse und die finanzielle Unterstützung danken. Insbesondere Herrn Dr. Hagen Hof möchte ich danken für die immer unbürokratische und schnelle Hilfe, die ich während der Bearbeitungszeit erfuhr.

Weiterhin möchte ich an dieser Stelle Dr. Jürgen Büschenfeld danken, dem ich wichtige Anregungen verdanke und der mir seine Quellen zur Verfügung stellte. Annette Schmidt möchte ich danken für die vielen Stunden, die sie mir bei der Beschaffung von Quellen zur Seite stand.

Für ihre Hilfe und Hinweise möchte ich außerdem danken: Prof. Dr. Brüggemeier, Herrn Jörg Dengler, Herrn Illi, Prof. Dr. Ralf Otterpohl, Christian Schönberger, Astrid Schwarz, Jürgen Trautner sowie Herrn Prof. Dr. Peter Zwick.

Inhalt

1 Einführung 1

1.1 Geschichte als Argument ? 3

1.2 Gegenwärtige Problemlagen der (Ab)-Wasserwirtschaft 4

2 Geschichte der Stadtsanierung 9

2.1 Die vorindustrielle Behandlung von Fäkalien und häuslichen Flüssigabfällen 9

2.2 Urin und Fäkalien: Vom persönlichen Eigentum zum Tabu 10

2.3 Hamburg – das erste Kanalisationsprojekt in Deutschland 13

2.4 Hygiene als neue Leitdisziplin der Stadtsanierung 15

2.5 Der ländliche Raum und nicht kanalisierte Städte 18

2.6 Wiederkehrende Alternativen ? 22

2.7 Volksentscheid gegen die Einführung der Kanalisation in Basel 29

2.8 Von den Wässerwiesen zum Rieselfeld – Freiburg 39

2.9 Die Unter- gegen die Oberlieger – Worms gegen Mannheim 46

2.10 Wissenschaft als Argument – Die Rolle wissenschaftlicher Gutachten 49

2.11 Der Gutachter Max von Pettenkofer 58

2.12 Pettenkofers letztes Gefecht – die Hamburger Cholera 60

3 Ökologische Konsequenzen - die Flußverunreinigungsfrage 62

3.1 Kommunales Abwasser – Kanalstatistik 66

3.2 Industrielle Gewässerverschmutzung 68

3.3 Vom Leben am und mit dem Rhein zum Leben neben dem Rhein 80

3.4 Rückblickende Bioindikation 94

3.5 Paläoökologische Analysen 110

3.6 Versuch einer Gewässergütekarte um die Jahrhundertwende 113

4 Geschichte des Gewässerschutzes 116

4.1 Ideengeschichtliche Grundlage der Selbstreinigung ? 116

4.2 Die Vorstellungen von der „Selbstreinigung“ 122

4.3 Chemische, bakteriologische und biologische Gewässeranalytik 140

4.4 Gesetzgebung und Verwaltung 147

4.5 Die Interessenverbände, ihre Vertreter und Argumentationen 160

4.6 Die Haltung und Interessensvertretung der chemischen Industrie 168

4.7 Entwicklung und Interessen der Landwirtschaft 178

4.8 Heimat- und Naturschutz an Hoch- und Oberrhein 184

4.9 Kläranlagenboom – die Suche nach der ultimativen Senke 191

4.10 Geschichte der Bewertung 201

5 Gewässerschutz heute 213

6 Ausblick – Weitere Forschungsfragen 226

7 Zusammenfassung 242

8 Anhang 250

8.1 Tabellen 250
8.1.1 Kanalstatistik 250
8.1.2 Industrielle Einleitungen 253
8.1.3 Veränderungen der Fauna 258
8.2 Kurzbiographien 274
8.3 Ungedruckte bzw. unveröffentl. Quellen 283
8.4 Bibliographie 285

1 Einführung

Fallstudie Fehraltorf

Die Idee zur vorliegenden Arbeit entstand während eines Forschungsaufenthaltes an der EAWAG (Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz) in Dübendorf, Schweiz. In dem damaligen Forschungsprojekt „Integrierte Siedlungsentwässerung Fallstudie Fehraltorf“ ging es um siedlungshydrologische Fragestellungen, wie z.B. Auswirkungen von Mischwasserüberläufen in kleinen Fließgewässern und Anforderungen an die Siedlungsentwässerung aus Sicht der Limnologie. In der Projektgruppe waren drei Fachgebiete mit eigenständigen Schulen und Methoden vertreten. Die Tab. 1 versucht eine stichwortartige Kurzcharakterisierung der Schulen und Methoden der vertretenen Fachdisziplinen.

Tab. 1

Versuch einer stichwortartigen Kurzcharakterisierung der unterschiedlichen Herangehensweise der Mitglieder der Projektgruppe aus unterschiedlichen Disziplinen (verändert nach KREJCI et al. 1994)

Aspekt	Ingenieure	Biologen/Ökologen	Physiker
Bevorzugte Herangehensweise	induktiv	induktiv	deduktiv
Aufbereitung von Wissen	analytisch, stark vereinfachend	deskriptiv	betont analytisch, mathematisch
Typische Erklärungsmodelle	konzeptionell (physikalische Analogien)	empirisch (statistische Zusammenhänge)	physikalisch (Erhaltungssätze)
Komplexität des Problems wird ...	umgangen, vereinfacht oder negiert	betont	verallgemeinert
Wissensvermittlung durch Literatur	marginal	massiv	üblich
Auswahl des Forschungsziel orientiert sich an	einer praktischen Lösung (lösungsorientiert)	am Wissenszuwachs (wissensorientiert)	dem Problemzusammenhang (problemorientiert)
Fachlicher Austausch v.a. mit	Praktikern	Wissenschaftlern	Wissenschaftlern
Klassische Arbeitsmethode	Abschätzungen („sichere Seite“)	Feldbeobachtungen	analytische Modelle

Die Herangehensweise der Ingenieure war geprägt durch folgende Schritte

- Beschreibung des Istzustandes, z.B. Einleitung von Abwässern in bestimmter Menge und Qualität
- Problemdefinition, z.B. Parameter x darf den Grenzwert y nicht überschreiten
- Simulation verschiedener Lösungsansätze
- Formulierung grundsätzlicher Normen zur Umsetzung der gefundenen Problemlösung, Festschreibung per Gesetz, Verordnung oder Norm

Die Sichtweise der BiologInnen/LimnologInnen war geprägt durch

- die individuelle Betrachtung einzelner Gewässer, einzelner Gewässerabschnitte
- die gesamtheitliche Betrachtung eines Gewässers
- das Sträuben gegen die Formulierung von Grenzwerten
- allgemeine Aussagen zum Zustand eines Gewässers

Zu Beginn des Forschungsprojektes war die Atmosphäre der Gespräche geprägt durch gegenseitige Mißverständnisse, zum Teil durch Unverständnis.

Im Laufe des Forschungsprojektes zeigte sich, daß alle nur weiter kamen, wenn man zumindest versuchte, die Sicht der anderen Fachrichtung zu verstehen.

Idee und Motivation

Eine für mich wesentliche Erkenntnis war dabei, daß weder die BiologInnen noch IngenieurInnen erklären konnten, wie es zu den siedlungswasserwirtschaftlichen Verhältnissen (Istzustand) gekommen war.

Die Fragen wurden in einer interdisziplinären Arbeitsgruppe zwischen Biologen und Ingenieuren bearbeitet. Als eine notwendige Grundlage stellte sich dabei die Entwicklung eines gemeinsamen Sprachgebrauchs heraus.

Die intensive Diskussion mit den Ingenieuren ergab, daß das konventionelle Konzept der Siedlungsentwässerung – mit zentraler Schwemmkanalisation und Kläranlage – bisher nur sehr undifferenziert oder gar nicht hinterfragt wurde. Es sind bis heute keine Studien bekannt, die die Siedlungsentwässerung an konkreten Fallbeispielen gleichzeitig hinsichtlich ihrer ökonomischen, sozialen wie auch ökologischen Optimierung behandeln.

Das liegt zum einen daran, daß die geschichtliche Entwicklung der Siedlungsentwässerung hinsichtlich ihrer sozialen und ökologischen Auswirkungen nur bruchstückhaft aufgearbeitet und den wenigsten Praktikern bewußt ist. Zum anderen fehlt es an einer ökobilanzierenden Betrachtung. Aus dieser Erkenntnis heraus entwickelte sich das Interesse an der Geschichte des Gewässerschutzes.

Örtliche und zeitliche Eingrenzung

Die umfangreiche Literatur hat mich von vornherein dazu bewogen, das allgemeine Thema „Geschichte des Gewässerschutzes“ zeitlich und örtlich einzugrenzen. Es lag nahe, sich zeitlich auf den Übergang vom 19. zum 20. Jahrhundert zu konzentrieren, da die Industrialisierung und die Einführung von Spültoilette und Schwemmkanalisation in diesem Zeitraum zu erheblichen Gewässerverschmutzungen führten. Die örtliche Konzentration auf den Hoch- und Oberrhein ergibt sich zum einen aus der Nähe des Bearbeiters zum Rhein, zum anderen aus der beispielhaften Entwicklungsgeschichte einer der bedeutendsten Industrieflüsse. In gewisser Hinsicht trägt die Einbeziehung des Hochrheins auch der Sichtweise des 19. Jahrhunderts Rechnung, die den Begriff des Hochrheins noch nicht kannte und die Strecke zwischen Konstanz und Basel zum Oberrhein zählte. Man sprach allenfalls vom „Badisch-Schweizerischen Rhein“. Erst die Wissenschaftler, vor allem die Geologen, haben versucht, den Hochrhein auch sprachlich vom Oberrhein abzugrenzen. Vor allem wegen seines wesentlich stärkeren Gefälles kam es zur Einbürgerung des Namens Hochrhein (VALENTA 1997).

Der Rhein

Unter allen Flüssen in westlichen Industrieländern transportiert der Rhein nur ca. 0,2 % allen Wassers, das aus ihnen abfließt. In seinem Einzugsgebiet jedoch liegen über 20 % der westlichen Chemieindustrie. Gleichzeitig trinken weit mehr als 10 Millionen Menschen Wasser aus dem Rhein. Ein Zustand, der nur durch die Verdünnung und die immer aufwendigeren Anlagen zur Trinkwasseraufbereitung nicht zur Katastrophe führte.

Zu Beginn der Siebziger war die Schadstofffracht des Rheins so groß, daß trotz der hohen Verdünnung und aufwendigster Trinkwasseraufbereitung auf Dauer eine Katastrophe immer wahrscheinlicher wurde. Seitdem ist vieles unternommen worden, die Wasserqualität des Rheins zu verbessern, so daß der Rhein nicht mehr die Kloake von vor 20 Jahren ist, sondern sich vergleichsweise zu den „saubersten“ Flüssen Europas entwickelt hat. Trotz dieser positiv lautenden Einschätzung gibt es noch immer gute Gründe auf ein Bad im Rhein zu verzichten.

Ziel Badewasserqualität im Rhein ?

Für einen Limnologen ist jedoch auch die Badewasserqualität nicht *der* Maßstab aller Flußdinge. Spätestens die Beschreibungen des Rheinforschers Robert Lauterborn lassen erahnen, welch beeindruckende Landschaft an

Hoch- und Oberrhein den Nutzungsinteressen des Menschen im 20. Jahrhundert zum Opfer gefallen ist. Ein Beispiel: noch um die Jahrhundertwende lassen sich mehrere Arten der großen Steinfliegen (Plecoptera) in Hoch- und Oberrhein nachweisen. Heute läßt sich keine dieser Arten mehr dort finden und man muß weit fahren, um auf Flüsse zu treffen, die auch nur annähernd solche Qualitäten aufweisen, wie sie zu Lauterborns Zeiten noch am Oberrhein anzutreffen waren. Die großen Steinfliegen sind nur ein Indiz (Indikator) für einen Zustand des Oberrheins und seiner Landschaft, wie er heute kaum noch vorstellbar ist. Die folgende Arbeit ist ein weiterer Versuch, Vorstellungen darüber zu ermöglichen und Alternativen zu erarbeiten.

1.1 Geschichte als Argument ?

Zu Beginn der vorliegenden Arbeit stand für mich u.a. die Frage, ob man überhaupt aus Geschichte lernen kann. Die Frage ist für die vorliegende Untersuchung so wichtig, weil sie für diese Arbeit Motivation und Ziel zugleich war. Es wurde der Versuch unternommen die historische Analyse dem Zweck unterzuordnen, aktuelle Alternativen der Siedlungsentwässerung zu entwickeln. Geschichte sollte als Argument dazu verwendet werden, um Grundlagen des aktuellen Gewässerschutzes zu hinterfragen. In diesem Sinne hat der Biologe von den Ingenieuren gelernt, an den Anfang die Analyse des Istzustandes zu stellen, nun aber mit dem Versuch des ganzheitlicheren Blicks des Biologen/Ökologen. Unter einer ganzheitlichen Betrachtungsweise soll dabei der banal klingende Versuch verstanden werden „möglichst viel zu bedenken“. Dabei kommt es darauf an, die vielen einzelnen Aspekte zu benennen und wenn möglich in einer Rangfolge zu gewichten. So ungenau dies in wissenschaftstheoretischer Hinsicht erscheinen mag, so pragmatisch erschien mir dieser Ansatz, um in der Fülle der möglichen Blickwinkel so wenig wie möglich im Sinne anzustrebender Alternativen zu übersehen. Ob dabei die Geschichte als „wahre Geschichte“ geschrieben und verstanden wird, spielt dabei eine vollkommen untergeordnete Rolle. Wichtig ist mir vor allem, die Gewichtung eines Argumentes (Anregung) nachvollziehbar zu halten.

Diese einführenden Bemerkungen sind für das Verständnis des gesamten Forschungsberichtes und der darin geäußerten Schlußfolgerungen wichtig.

Gewässerverschmutzung – Was ist das ?

Das Vieles mit Vielem oder gar Alles mit Allem zusammenhängt ist an sich eine triviale Behauptung. Ebenso trivial ist, daß ein an wissenschaftlichen Methoden orientiertes Erkenntnisinteresse ohne die getrennte Betrachtung, Vereinfachung und Verallgemeinerung bei der Beschreibung von Sachverhalten nicht auskommt. In der Wasserwirtschaft ist dies besonders augenfällig. Für den Bau einer Wasser- oder Abwasserleitung an sich ist keine Fachkenntnis eines Hydrologen oder eines Ökologen notwendig. Doch bereits bezüglich der Grundlagen (Wasserdargebot, Wasserqualität) und der Auswirkung einer Wasser- oder Abwasserleitung (Drainagewirkung, Trockenheit, Änderung der Vegetation, Erosion, Verhaltensänderungen, Wahrnehmung etc....) gehen die „Zusammenhänge“ weit über den Blickwinkel des Technikers/Ingenieurs hinaus.

Wirkung von Mischwasserüberläufen

Die Erfahrungen aus dem o.g. Forschungsprojekt an der EAWAG zeigen, daß die Ausgangsfragen wie z.B. „Wie wirkt sich ein Mischwasserüberlauf auf einen „Vorfluter“ aus ?“ zu ganz überraschenden, zum Teil sehr differenzierten Antworten führen kann. Im Falle des genannten Forschungsprojektes an der EAWAG sollten die Limnologen Antworten im Sinne von Anforderungen an Mischwasserüberläufe formulieren. Es stellte sich heraus, daß sich an den Probestellen mit Mischwasserentlastungen kaum ökologische Unterschiede zu vergleichbaren Probestellen ohne Mischwasserentlastungen feststellen ließen. Statt dessen wurde deutlich, daß die untersuchten Bäche bereits durch Verbauung und durch zu starke Grundwasserentnahmen

in ihrer Ökologie bereits so geschädigt waren, daß die Entlastungen keinen wesentlichen Einflußfaktor mehr darstellten. Die Zusammenhänge am Beispiel einiger Schweizer Bäche sind gut dokumentiert, so daß ich auf eine ausführliche Darstellung an dieser Stelle verzichten kann.

Was ist Gewässerbelastung ?

Die Beispiele zeigen, wie viele andere, daß jeder Eingriff eine Reihe von unbeabsichtigten Folgewirkungen mit sich bringen kann. Die Wirtschaftstheorie verwendet in ähnlichen Fällen – z.B. bei der Produktion chemischer Verbindungen – den Begriff der Kuppelproduktion (s.S.69). Analog zum Begriff des Kuppelprodukts möchte ich im folgenden den Begriff Gewässerbelastung verwenden. In diesem Sinne ist der Bau der Staustufen am Hoch- und Oberrhein neben dem Produkt, wie z.B. Stromgewinnung, Schiffbarmachung usw. auch Kuppelprodukt (Grundwasserabsenkung, Faunenveränderung etc.) d.h. Verschmutzung. Mir geht es dabei weniger um den Begriff als solchen, sondern vielmehr darum, anhand des Begriffs den Untersuchungsgegenstand in den folgenden Kapiteln einzukreisen bzw. verständlicher zu machen. Mit anderen Worten, ich beschränke mich bei meiner Betrachtung des Gewässerschutzes am Hoch- und Oberrhein nicht nur auf stoffliche Aspekte, wie es unter der Vorgabe „Alternativen zur Stoffdurchflußwirtschaft“ durchaus denkbar wäre, sondern versuche auch einen Überblick zum Übergang von der Natur- zur Kulturlandschaft des Hoch- und Oberrheins im letzten Jahrhundert (vgl. Kap. 3.3). Dies erscheint mir notwendig, um die Gewässerverschmutzung des Hoch- und Oberrheins und einiger seiner Nebenflüsse in seiner ganzen Tragweite rekonstruieren und für die Entwicklung von Bewertungsmaßstäben nutzbar machen zu können.

Neben der Auswertung der Literatur zur Frage der Gewässerverschmutzung zwischen 1870 und 1920 (Analysen, Phänomenologische Beobachtungen von Zeitzeugen über Fischsterben etc.) habe ich versucht folgende Quellen für die Rekonstruktion auszuwerten:

- Angaben zu an eine Kanalisation „angeschlossenen Einwohnern“ (mit Anschluß eines Wasserklosetts) zur Abschätzung der Nährstofffrachten aus häuslichen Abwässern
- Angaben zu historisch belegten Arten und ihrer heutigen Verbreitung (Rückblickende Bioindikation)
- Auswertung von Untersuchungsergebnissen (Tier- und Pflanzenreste, Schwermetalle, Schadstoffe etc.) von alten Flußsedimenten (Paläolimnologische Hinweise)

1.2 Gegenwärtige Problemlagen der (Ab)-Wasserwirtschaft

Warum ist es denn eigentlich angesichts der Leistung von Kläranlagen noch notwendig den Gewässerschutz zu verbessern ?

Oder:

Warum ist es überhaupt notwendig, daß der Rhein wieder ähnlich vielfältig besiedelt sein soll, wie vor 100, 200 oder gar 2000 Jahren ?

Dies sind Fragen, die erstaunlich selten formuliert werden. Das Ziel eines verbesserten Gewässerschutzes steht gesellschaftspolitisch außer Frage. Ein „Umweltbewußtsein“ für die Verschmutzung von Flüssen und Meeren kann zumindest in Deutschland im überwiegenden Fall unterstellt werden. Im krassen Gegensatz dazu steht jedoch das Umweltverhalten der Rheinanwohner. Nur selten sind Vorstellungen von dem, was Gewässerschutz bedeuten könnte, konkret.

Vielfalt der Nutzungsansprüche

Meist sind nicht einmal die verschiedenen Nutzungen des Rheins und ihre Konflikte dem einzelnen oder den stellvertretenden Entscheidungsträgern

bewußt. Die Frage, wie man den Rhein in Zukunft nutzen möchte, scheint mir eine der grundsätzlichen zu sein, wenn man Ziele des Gewässerschutzes formulieren und in Maßnahmen umsetzen möchte.

Derzeit dient der Rhein im wesentlichen als

- Trink- und Brauchwasserreservoir
- Siedlungsgebiet
- Transportmittel/Schiffahrtsstraße
- Erholungsgebiet
- Energiequelle/Wasserkraftwerke
- Kühlwasserreservoir
- Fischerreigebiet, Jagdrevier
- Abwassersammler
- Kiesabbaustätte
- Grenze

Würde nach der Rangfolge gefragt, so würde die Mehrheit aller Wahrscheinlichkeit nach der Nutzung als Trinkwasserreservoir die höchste Priorität einräumen. Fragt man nach an der Nutzung für Trinkwasser absolut unvereinbaren Nutzungen, so ist vor allem die Unvereinbarkeit der gleichzeitigen Nutzung als Abwasserkanal unmittelbar einleuchtend. Alle anderen Nutzungen lassen sich (mit Einschränkungen) voraussichtlich mit der Nutzung als Trinkwasserreservoir mehr oder minder vereinbaren.

So betrachtet, muß es verwundern, daß der Rhein zu der Kloake werden konnte, die er mindestens zwischen 1950 und 1980 war.

Gleichzeitig nehmen wahrscheinlich viele instinktiv an, daß zwar noch erhebliche Defizite im Bereich des Gewässerschutzes bestehen, daß man aber vom Grundsatz her angesichts der enormen Investitionen in Kläranlagen auf dem richtigen Weg ist.

Um dieses Bild zu relativieren und grundsätzliche Weichenstellungen mit all ihren Konsequenzen und Hintergründen in der Vergangenheit deutlicher herausarbeiten zu können, stelle ich an den Anfang der hier vorliegenden historischen Betrachtung eine Analyse des Istzustandes in stofflicher Hinsicht. Für den vorliegenden Forschungsbericht beschränke ich mich dabei auf eine zusammenfassende Darstellung. Eine ausführlichere Darstellung findet sich in LANGE & OTTERPOHL 1997 (Buchveröffentlichung, die parallel zu dieser Studie entstanden ist).

Analyse des Istzustandes in stofflicher Hinsicht

Mit dem Bau von Kanalisationen gelangten vermehrt Nährstoffe in die Gewässer statt auf die Felder. Der auf den Feldern fehlende menschliche Dünger wurde zunehmend ersetzt durch Zugabe von mineralischen Handelsdüngern. Ein darüber hinaus steigender Einsatz von Handelsdüngern führte nicht nur zu mehr Nahrungsmitteln, sondern durch Auswaschungen auch zu erheblichen Nährstoffbelastungen der Gewässer.

Tab. 2
Charakterisierung des Schwarzwassers sowie die Energieäquivalente der enthaltenen Nährstoffe

Parameter	Primärenergie-einsatz Dünge-mittelherstellung (aus PATYK & REINHARD 1997)	Nährstoff-gehalte Schwarz-wasser (Urin + Fäkalien)	Anteil des Schwarz-wassers im Abwasser	Primärener-gie-äquiva-lent
	GJ/t	kg/ E*a	%	kWh/E*a
BSB_5		13	44 %	
CSB		26	60 %	
Gesamtstickstoff (Kjeldahl N)	49,1	3	90 %	40
Gesamtphosphor	17,7	0,7	42 %	4
K_2O	10,5	1,1	80 %	3
SS		19	74 %	

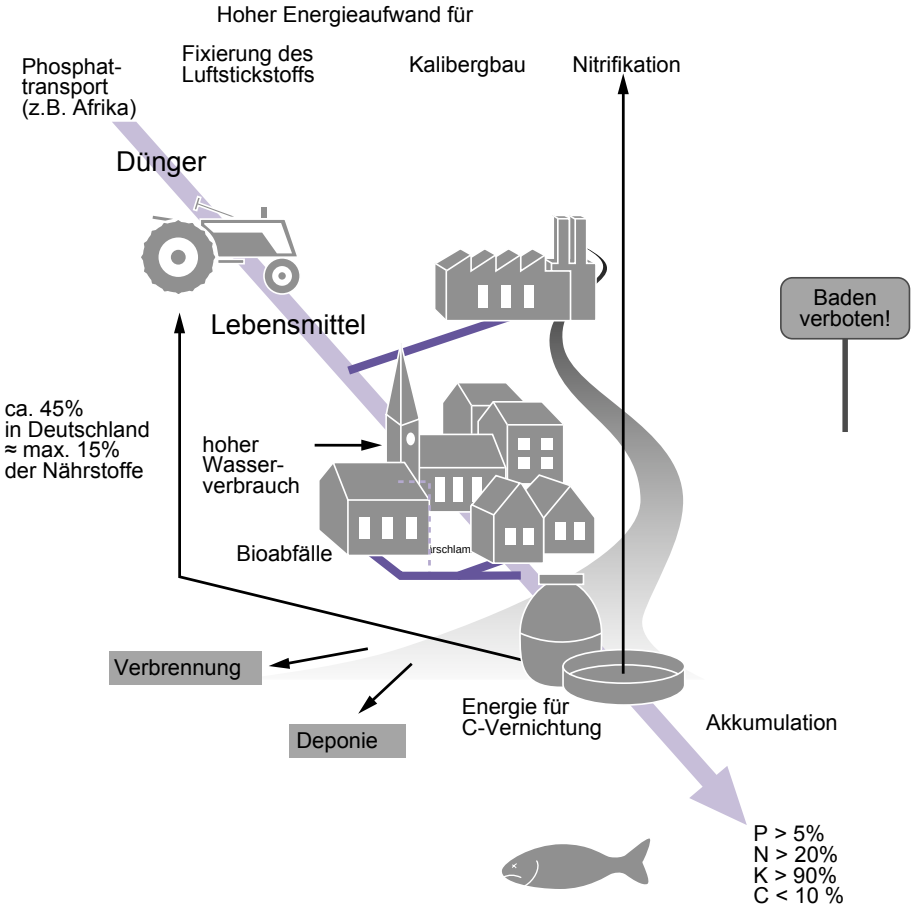


Abb. 1
Schematische Darstellung der Stoffströme beim traditionellen Sanitärkonzept

Mit relativ viel Aufwand und unter zum Teil unsozialen Bedingungen werden heute Nährstoffe wie Phosphor (P) und Kalium (K) bergmännisch abgebaut und über weite Strecken transportiert, um als mineralische Dünger in der Landwirtschaft eingesetzt zu werden. Der Stickstoff (N) läßt sich zwar in fast beliebiger Menge der Atmosphäre entnehmen, zu seiner Fixierung für landwirtschaftliche Zwecke wird jedoch viel Energie benötigt (Haber-Bosch-Verfahren).

Nach einem relativ hohen Veredelungsaufwand nehmen wir die Nährstoffe mit der Nahrung auf und geben sie mit viel Toilettenspülwasser vermischt wieder von uns. Über ein öffentliches Kanalnetz von über 300.000 km Länge (alte Bundesländer) – das entspricht etwa der Entfernung Mond-Erde – fließen sie mit dem „Ab“wasser in Flüsse und Meere. Dorthin unterwegs, werden die Nährstoffe mit den unterschiedlichsten Abfallstoffen aus gewerblichen und industriellen Anlagen vermischt. So entsteht eine Mixtur von Stoffen in großer Verdünnung, die meist nicht mehr genutzt werden kann. Über 80 % der Nährstoffe in dieser Mixtur stammt aus dem Teilstrom Urin und Fäkalien. Während Stickstoff (N) und Phosphor (P) mittlerweile mit großem Energie- und Materialaufwand in den großen Kläranlagen zu großen Anteilen im Klärschlamm zurückgehalten werden, gelangen die überwiegend gelösten Nährstoffe wie Kalium oder Schwefel fast vollständig in die Gewässer (vgl. Tab. 2).

Selbst von den Nährstoffen wie P, und N die im Klärschlamm zurückgehalten werden, gelangen nur 30 % wieder auf die Felder und das mit abnehmender Tendenz. Der restliche Klärschlamm wird entweder deponiert, verbrannt oder im Meer verklappt.

Stoffdurchflußwirtschaft

Dieses Vorgehen entspricht einer weitgehenden **Wirtschaft des Stoffdurchflußes** (vgl. Abb. 1). Inzwischen ist klar geworden, daß eine solche Stoffdurchflußwirtschaft nicht beliebig lange fortgeführt werden kann. Die Angaben darüber, wie lange die bekannten Rohstofflager an Phosphor, Kalium und Schwefel etc. noch reichen, variieren zwischen einem und einigen Jahrhunderten. Unabhängig davon, wie lang eine solche Stoffdurchflußwirtschaft weiter betrieben werden kann, ist sie auch heute schon aus wirtschaftlichen und sozialen Gründen weder sinnvoll noch dauerhaft. In einigen Regionen ist selbst der Kohlenstoff zur wachstumslimitierenden Ressource geworden, wie Bilanzen des Humusgehaltes zeigen. Nicht nur die Verbrennung fossiler Energieträger führt zur CO_2-Anreicherung in der Luft, auch der Kohlenstoff ehemals humusreicher Böden wird langsam aber sicher in die Atmosphäre veratmet. Hinzu kommen die erheblichen klimarelevanten Emissionen an N_2O oder NO_x bei der Stickstoffdüngung.

Der folgenden Untersuchung liegen im Sinne des stofflichen Aspekts des Gewässerschutzes am Hoch- und Oberrhein vier Fragen zugrunde:

- Wie konnte es zu dieser Stoffdurchflußwirtschaft kommen (Kap. 2) ?
- Wie stark war der Eintrag an Nähr- und Schmutzstoffen in den Rhein und seine Nebengewässer um die Jahrhundertwende und welche Methoden der Rekonstruktion gibt es (Kap. 3) ?
- Welche Ansätze und Interessen gab es zu einem stofflichen Gewässerschutz (Kap. 4) ?
- Welche Alternativen gibt es heute und mit welchen Schwierigkeiten ist bei dem Versuch der Durchsetzung zu rechnen (Kap. 5) ?

Gewässertypologische Aspekte

Neben den stofflichen Aspekten tritt mehr und mehr der Ausbauzustandes des Rheins in das öffentliche Interesse. Zum einen aus Hochwasserschutzgründen, zum anderen aus Gründen des Arten- und Biotopschutzes. Die Forderungen sind dabei zum Teil sehr widersprüchlich. Die letzten Hochwasserkatastrophen am Rhein hatten Schäden in Milliardenhöhe zur Folge (EBEL 1997). Insbesondere die Anlieger am Niederrhein fordern Hochwasserschutzmaßnahmen am Oberrhein. Es lassen sich dabei sehr widersprüchliche Auffassungen feststellen. Gemeinden, die nach überregionaler Planung ehemalige Auengebiete dem Rhein als Überflutungsflächen „zurückgeben“ sollen, wehren sich mit Händen und Füßen dagegen. „Hochwasserschutzmaßnahmen grundsätzlich ja, aber bitte nicht bei uns...“

Auch von den Naturschützern werden Einwände gegen die Wiederherstellung ehemaliger Überflutungsflächen laut. Zum Teil sind auf den nun trokkenliegenden ehemaligen Auenflächen wertvolle Trockenstandorte mit seltenen Arten entstanden.

Vielfach fehlt auch hier der landschaftsökologische Überblick, die historische Rekonstruktion und konkrete Handlungsstrategien, um Interessen abwägen zu können.

Die vorliegende Arbeit versucht hierzu eine Standortbestimmung. Welche Arten und Biotope sind tatsächlich für immer verloren, von welchen Lebensräumen und Arten kann man bei geeigneten Maßnahmen eine „Rückkehr“ erwarten (vgl. Tab. 47) und wie haben sich Leitbilder, Bewertungsmaßstäbe und Entscheidungsvorgänge geändert.

Der Rhein – ein geographisches Kurzportrait:

Der Rhein hat seine Quellen in den Schweizer Alpen. Man unterscheidet die beiden Hauptquellflüsse

- den Vorderrhein, der in der Nähe des St. Gotthard dem Tomasee (2344 m ü. NN) entspringt und
- den Hinterrhein, der vom Paradiesgletscher am Rheinwaldhorn (3400 m ü. NN) in der Nähe des San-Bernadino Passes gespeist wird.

Das Einzugsgebiet des Rheins umfaßt eine Fläche von 189 707 km^2 (HOFIUS 1996). Die 1.320 km Fließstrecke bis zur Nordsee werden heute, zurückgehend auf die Gliederung von LAUTERBORN (1916, 1917) unterteilt in:

- Alpenrhein = Quellen – Bodensee (Höhendifferenz ca. 1900 m)
- Hochrhein (Gefälle 1,0 ‰) = Bodensee - Basel
- südlicher Oberrhein = Furkationszone von Basel bis Karlsruhe, durchschnittliches Gefälle: 0,87 ‰, Länge 202 km)
- nördlicher Oberrhein = Mäanderzone von Karlsruhe bis Mainz (durchschnittliches Gefälle: 0,25 ‰, Länge 135 km) und Mainz bis Bingen (Rheingau)
- Mittelrhein (Gefälle, 0,3 ‰) = Bingen bis Koblenz
- Niederrhein incl. Deltarhein = Koblenz bis zur Nordsee (Gefälle 0,1 ‰)

Flächenanteile und Einwohnerzahl der Anliegerstaaten am Rheineinzugsgebiet (HOFIUS 1996):

Anliegerstaaten	Flächen [km2]	%	Einwohner [Mio.]	%
Bundesrepublik Deutschland	105.478	55,6	ca. 32,5	61
Frankreich	23.556	12,42	ca. 5	9,5
Schweiz	27.963	14,47	ca. 5	9,5
Niederlande	24.500	12,91	ca. 10	19
Belgien, Luxemburg, Österreich, Lichtenstein u. Italien	8.210	4,33	0,5	<1
Insgesamt	**189.707**	**100**	**53,5**	**100**

2 Geschichte der Stadtsanierung

2.1 Die vorindustrielle Behandlung von Fäkalien und häuslichen Flüssigabfällen

Cloaca maxima

Die Cloaca Maxima in Rom ist ein noch heute erhaltener, riesiger unterirdischer Kanal, der einem ursprünglich natürlichen Gewässerlauf folgt, und der nach dem Jahr 200 v. Chr. ein Gewölbe erhielt. Zusammen mit weiteren sechs Sammelkanälen entwässerte die Cloaca Maxima bereits vor über 2000 Jahren Schmutz- und Regenwasser.

Die Cloaca Maxima wird bei der Bestimmung der kulturellen Leistungen der Römer mit der Erfindung des Zements oder dem Bau der Aquädukte verglichen. Als Vorläufer der heutigen Kanalisation betrachtet, herrscht Verwunderung darüber, warum diese Form der Abwassertechnik bis zum 19. Jahrhundert scheinbar vergessen wurde.

Der Vergleich zwischen Cloaca Maxima und der heutigen Kanalisation hinkt jedoch. Was die Römer als ´latrinas´ bezeichneten, waren öffentliche Orte, zu denen diejenigen gingen, die keine Sklaven zum Leeren und Säubern ihrer Becken hatten. Denn trotz Cloaca Maxima und einer zu vermutenden „Spülmentalität“ war die Verwendung von Fäkalien zur Düngung des Bodens bei den Römern die Regel. In welchem Umfang Fäkalien mit Wasser in die Kloaken gespült wurden, ist bis heute ungeklärt. Als abgeschlossene, weitgehend an individualisierte Ansprüche angepaßte Einrichtung (Wasserklosett), können die Abtritte der Römer wohl nicht gelten.

Die meist kleinen „ländlichen“ Strukturen und Lebensgewohnheiten in Europa erforderten bis zum 18. Jahrhundert keine großen Kanäle. ILLI (1996) nimmt an, daß die Einleitung von Fäkalien in vorindustrieller Zeit im wesentlichen von der Intensität der Landwirtschaft im Umland der Städte abhing (vgl. auch DIRLMEIER 1987).

Die Geschichte des Abfalls eine Geschichte der Wiederentdeckungen

Die Geschichte des Umgangs mit unseren Fäkalien und häuslichen Abfällen ist, wie es LAPORTE (1991) beschrieben hat, auch heute noch eine Geschichte der Wiederentdeckungen.

Laporte beschreibt, wie sich im Zeitraum von nur wenigen Jahren die Verhaltensweisen gegenüber Unrat völlig umkehren, so daß man schließlich zu den früheren Praktiken zurückkehrt. So war es im 15. Jahrhundert ebenso wie zur Zeit der Römer üblich, Urin zum Walken und Entfetten von Kleidungsstücken zu benutzen. Die Mützenmacher und Strumpfwirker von Paris, die über dieses Verfahren entrüstet waren, beklagten sich 1493 beim König, daß „die erwähnten Mützen und andere Erzeugnisse, die auf diese Weise mit dem genannten Harn gewaschen werden, nicht anständig, gesund und schicklich sind, um sie auf den Kopf zu setzen, wegen der Verpestung, die darin ist und darin bleibt.“ Aber fünfzig Jahre später, um 1550, wurde der Urin von den Walkern erneut benutzt (LAPORTE 1991).

In der Tat ist die Wiederverwendung von Abfall eine immer wiederkehrende Erscheinung und keine Neuentdeckung unserer Zeit. Für eine „dauerhafte“, „nachhaltige“ oder zukunftsfähige Entwicklung stellt sie eine Notwendigkeit dar.

3500-3000 v.Ch.	Rohre und offene Halbschalen aus gebranntem Ton im Euphrat-Tal zur Siedlungsentwässerung
2500 v.Chr..	Erste Abwasseranlagen in Mesopotamien
2500-1500 v.Ch.	Erste Einrichtungen wie Badezimmer, Klosetts und Straßenkanalisation der Indus- Zivilisation
2000 v.Chr..	Im Palast von Knossos existieren Rohre für Wasserversorgung, Regenwasserspeicher und Abwasseranlagen
1700 v.Chr..	Erster Gesetzestext bezüglich Bewässerung und Hochwasserschutz von Hammurabi (1728-1686 v.Chr.) im Zweistromland
624-546 v.Ch.	Thales von Milet: Gedanken zum Kreislauf des Wassers
300 v.Ch..	Ausbau der (offenen) Kanalisation von Rom
1591	Erste Vorschläge zur Abwasserklärung in London, erste Rieselfelder
1660	Erste Wasserklosetts in Frankreich und England
1735	Eisengewinnung mit Koks nach Darby
1769	Erfindung der Dampfmaschine durch James Watt
1789	Beginn der Mechanisierung der Arbeit
ab 1800	Starke Verbreitung der Industriezweige Eisenindustrie, Kohlebergbau, Textilindustrie
1830	Schwere Choleraepidemie in London
1800-40	Die Industrieproduktion in England steigt um das 2,5 fache

Tab. 3
Zeittafel: Vorindustrielle wasserwirtschaftliche Einrichtungen

2.2 Urin und Fäkalien: Vom persönlichen Eigentum zum Tabu

Einen wichtigen historischen Wendepunkt im Umgang mit unseren Abfallstoffen macht Laporte 1991 (ähnlich Norbert Elias) zu Beginn des 16. Jahrhunderts aus. Er nennt das im November 1539 von König Franz von Frankreich erlassene Edikt, welches untersagt, Mist, Kot, Asche, Dreck oder anderen Unrat auf die Straße auszuleeren. Darüberhinaus ordnet es an, diesen Kot und Unrat innerhalb der Häuser in Gefäßen zu sammeln und aus Paris aufs Land zu bringen. Zur gleichen Zeit war eine Bestimmung erlassen worden, daß von nun an alle staatlichen Verlautbarungen in der Umgangssprache (französisch) ohne Rückgriffe auf das Lateinische zu erfolgen hatten. Das Edikt von 1539 war somit eines der ersten, das für jedermann verständlich sein sollte. Nach Laporte geht es in diesem Erlaß allenfalls vordergründig um Reinlichkeit auf den Straßen, sondern vielmehr um eine „Domestizierung des Abfalls“. Abfall wird zur Privatsache. Und dies ist etwas wirklich Neues – und ein großer Unterschied zu den Römern und vielen anderen Kulturen.

Öffentlich und privat

Mit dem Edikt von 1539 wird der Abfall, insbesondere die Fäkalien, *„als Gegenstand der Politik, zu einer Privatsache, zur Angelegenheit jedes Untertanen, jedes Eigentümers...“* Der moderne Staat und die Öffentlichkeit beginnen seit dem 16. Jahrhundert über den Abfall eine widersprüchliche Auseinandersetzung zu führen. Schmutzige Wäsche und der Abfall vor der Tür ging nur die eigene Familie etwas an, andererseits zahlte man Steuern, um diese regelmäßig abtransportieren zu lassen. Diese Form der Privatheit hatte es im Mittelalter nicht gegeben. Die Unterscheidung zwischen „öffentlich“ und „privat“ eröffnete eine neue Grundlage für den Einfluß des Staates. In der Folge des Erlasses von 1539 läßt sich die Sauberkeitsideologie nicht mehr von der des Eigentums und der Macht des Staates trennen. Der Unrat verliert mit der Abfuhr das Private, das Körperliche und sein „unheilvoller Einfluß“ verflüchtigt sich zugunsten seiner die Erde „befruchtenden Kraft“. Der Staat als Organisator von Abfall demonstriert und legitimiert seinen Ein-

fluß. In der Folge entwickelten die Individuen gegensätzliche Verhaltensweisen, gewissermaßen eine zweifache Existenz. Zum einen gibt es die private Existenz der „natürlichen Neigungen“, die man durch Mäßigung zu zähmen hatte, zum anderen gibt es eine öffentliche Existenz – die Kultur. In der Öffentlichkeit galten hochkonventionelle Verhaltensformen, die den Umgang der einander Fremden miteinander regelten bzw. ermöglichten. Das Ausleben privater Interessen hatte dort nichts zu suchen. Norbert Elias erklärt diesen „Prozeß der Zivilisation“ u.a. mit den zunehmenden Handelsbeziehungen, die nach einer Differenzierung der Umgangsformen sowie zu einer Zurückhaltung individueller Aggression verlangten. Peter Gleichmann hat den Erklärungsansatz von Elias aufgegriffen und versucht auf die Ausscheidungsprodukte zu übertragen (GLEICHMANN 1979, 1985). Er kommt zum gleichen Schluß wie LAPORTE, daß Harn und Kot mehr und mehr vor der Öffentlichkeit verborgen werden. Als Folge davon mußte die Toleranz gegenüber den Gerüchen von Ausscheidungen Fremder abnehmen.

Sauberkeit und Reinheit

Ob der einsetzende „Kampf gegen den Schmutz“ vor allem im 19. Jahrhundert allein aus den o.g. Gründen erklärt werden kann, sei dahin gestellt. Ein gewisses Erklärungspotential liegt vielleicht in der Unterscheidung zwischen Säuberung (Sauberkeit) und Reinigung (Reinheit). Die Bemühungen um „saubere Verhältnisse“ zeichneten sich durch eine erstaunliche Hartnäckigkeit aus, und waren in den unterschiedlichen gesellschaftlichen Bereichen sehr verschieden. Mit dem „Element“ Wasser wurden Vorstellungen von Sauberkeit und Hygiene verknüpft, ohne daß es als Lösungsmittel dazu unabdingbar notwendig gewesen wäre. Inwieweit bestimmte Vorstellungen und Handlungsweisen aus dem Zusammenfallen oder der unbewußten Verwechslung der beiden Geisteshaltungen von Reinheit und Sauberkeit entstanden sind, ist bisher kaum untersucht (vgl. ILLICH 1987). Warum viele Ärzte zu äußerst engagierten Hygienikern wurden und ohne jeden sicheren Beweis die Gewißheit verbreiteten, daß Schmutz schädlich und Sauberkeit gesund sei, ist für mich trotz der o.g. möglichen Zusammenhänge noch ein kleines Rätsel. *„Hatte die Menschheit nicht jahrhundertelang im Schmutz überlebt ?“* (BERNDT 1987: 159) und das ohne die kleinste Idee von „bakterieller Infektion“.

Bis etwa zur Mitte des 19. Jahrhunderts gab es in Mitteleuropa nur wenige zentrale Einrichtungen zur Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, und die wenigen waren in privater Hand.

Die überwiegende Mehrzahl der Stadtbewohner holte auch Mitte des letzten Jahrhunderts Trink- und Brauchwasser noch aus kleinen Brunnen, Bächen oder Flüssen (ILLI 1987, 1993).

Das Wasser der Brunnen war oft weder kristallklar noch geruchsfrei. Der „naturwissenschaftliche Zusammenhang“ zwischen verschmutztem Wasser und Krankheit war weitgehend unbekannt. Trotzdem muß vielen Ärzten die Bedeutung von sauberem Wasser wenigstens instinktiv, erfahrungsgemäß klar gewesen sein. Bereits von Jacob Leupold sind Kriterien über die Brauchbarkeit von Wasser formuliert:

„Wenn ein Wasser schön, hell und klar, wie ein Crystall, ohne alle Farbe, Geruch und Geschmack, und solange es stehet nicht faul und stinkend wird, unten am Boden keine Unreinigkeit ansetzet, davon die Hände beim Waschen nicht rauh werden, sondern glatt und gelinde, auf weißem Zeug keine Flecken hinterlässt, in polierten, messingenen oder schönen glatten irdenen Gefäß, keine Flecken nach Mählern machet; ingleichen, welche eine des gewissenstens ist, wenn es stark gesotten wird in einem ehernen Hafen und lässet keine Unreinigkeit am Boden fallen. ... denn viele Wässer zeigen eine augenscheinliche Unreinigkeit, und sind dennoch nicht schädlich und ungesund, hingegen sehen manche sehr rein, klar und helle, und haben dennoch etwas schädliches an sich.“

(LEUPOLD 1724 zit. in THOFERN 1981)

Leupold macht auch Angaben zu Wasser aus Leitungen:

„Das Wasser, welches durch irdene Röhren geleitet wird, ist viel gesunder als dasjenige, das durch bleyerne Röhren lauffet, darum weil vom Bley das Bleyweiß kommt, welches dem menschlichen Körper ein schädliches Gift ist ... Sonsten ist es eine böse Sache mit den eisernen Röhren, weil das Wasser darinnen alles eisenfärbig und gelb wird, und alles, wo es hinlauffet, anfärbt, absonderlich wo die Röhren viele Winkel machen, und das Wasser stehen bleibet, oder auch wenig Wasser durch die Röhren lauffet.“

(LEUPOLD 1724 zit. in THOFERN 1981)

Zum unmittelbaren Umfeld des immer noch landwirtschaftlich orientierten Stadtbürgers gehörten Viehstall, Gemüsegarten und Misthaufen ebenso dazu wie Hausbrunnen und Abortgrube. Die Fäkalien aus der Abortgrube wurden unter ökonomischen Gesichtspunkten gesehen.

„Ekel wurde durch das Lustgefühl des Geldverdienens kompensiert“.

(O´MALLEY 1995)

Erst ekelerregende Zustandsbeschreibungen der Innenstädte und visionäre Beschreibungen der Zustände in den großen Metropolen des 19. Jahrhunderts führten zu einer Änderung der Wahrnehmung, und zwar zunächst beim naturwissenschaftlich interessierten Bürgertum.

„Der Gestank mußte erst im Kopf entstehen, ehe er sich in der Nase bemerkbar machte“.

(O´MALLEY 1995)

Vielleicht müssen auch unsere Vorstellungen von den ungeheuer schmutzigen Verhältnissen des Mittelalters überprüft werden. In jedem Fall sind Verordnungen zur Säuberung der Straßen fast zu allen Zeiten bekannt. Bis zum 19. Jahrhundert waren auch die Größe der Städte und das allgemeine Platzangebot kein Grund, unerträgliche Zustände annehmen zu müssen. Bereits BAAS 1879 berichtet von einer sanitätspolizeilichen Verordnung von 1577 aus Frankfurt, die u.a. das Ausgießen von Urin auf die Straße verbot und vorschrieb in allen Häusern Abtritte anzulegen.

Subjektive Wahrnehmung

Der Umgang mit Abfall hängt nicht nur von objektivierbaren Verhältnissen, z.B. der Menge, der Zusammensetzung oder der Nutzung ab, sondern in viel größerem Maße von der Einschätzung des subjektiven Wertes und der persönlichen Wahrnehmung. Hierbei spielen Faktoren eine Rolle, die meist nur mittelbar mit dem eigentlichen Abfallproblem zu tun haben.

Auch die Untersuchungsmethoden der ersten „Experten“ waren noch sehr stark von sinnlichen Wahrnehmungen geprägt. Die Auffassung, daß miasmatische Ausdünstungen (Gestank) Krankheiten übertragen, war weit verbreitet. Folglich geriet bei zu Hygienikern gewordenen Ärzten und Ingenieuren alles ins Blickfeld, was dazu geeignet schien, Gestank zu vermeiden oder zu überdecken. Dazu zählten auch die schlammigen stehenden Abwässer in den Gossen, die möglichst schnell fortgeschwemmt werden sollten.

Mit den Begriffen Sauberkeit und Hygiene war die öffentliche Gesundheitspflege und damit die Medizin zu einer wichtigen Leitdisziplin geworden. Allen voran preschte die wachsende Industrienation, das britische Empire.

Vorreiter England

England hatte 1836 ein statistisches Zentralamt eingerichtet, es sollte u.a. dazu dienen, die Vermutungen der Ärzte über Krankheiten aus Gründen unzureichender Gesundheitspflege auf eine neue Grundlage zu stellen. Mit Hilfe der Statistik wurde versucht zu belegen, daß 160.000 Menschen jährlich aus Mangel an ausreichender Gesundheitspflege starben. Eine bis dahin zwar oft geäußerte Vermutung wurde nun durch die Angabe von Zahlen zum gesellschaftlichen Sprengstoff. Die Zahlen lösten genug Angst aus, daß nun eine Mehrheit der Engländer bereit war, den Vorschriften eines Staates Einlaß bis in die vorher so wohl gehütete Unverletzbarkeit der Person des Eigentums, der persönlichen Freiheit zu gewähren. Im Verständnis von Laporte kam es zur Macht des Staates über die Privatssphäre.

Chadwick-Report

1842 formuliert der englische Gesundheitsreformer Edwin Chadwick seine weit über England hinaus einflußreichen Vorstellungen über eine notwendige Gesundheitsreform und faßt sie im „Chadwick-Report“ zusammen

(CHADWICK 1842, HAMLIN 1992). Die Stadt gleiche einem sozialen Körper, der mit viel Wasser, das den Schmutz wegschwemme, gereinigt werden könne. Der allmählich vermittelte Zusammenhang zwischen Schmutz und Krankheit schürte die latente Angst der gesamten Bevölkerung so sehr, daß allmählich erzieherische und hygienische Maßnahmen griffen und sich auch kostspielige Bauwerke wie eine Kanalisation durchsetzen ließen.

2.3 Hamburg – das erste Kanalisationsprojekt in Deutschland

Hamburgs Verhältnisse unterschieden sich in vielen Dingen zu anderen Städten Deutschlands. Hamburg nahm damals eine herausragenden Rolle als Hanse- und Hafenstadt ein. Es lag eigentlich nahe, daß hier Erkenntnisse aus England als erstes Fuß fassen sollten.

William Lindley (1808-1900)

William Lindley, der Initiator der Kanalisation und der ersten öffentlichen Badeanstalt (eröffnet 1855) Hamburgs, war daher nicht zufällig Sohn eines Händlers aus England (Yorkshire). Bereits als 17- jähriger war er 1824/25 ein Jahr in Deutschland, um Deutsch zu lernen. Zurück in England lernte er als Bauingenieur den Bau von Eisenbahnen. Wie viele technische Neuerungen, wurden auch viele der ersten Eisenbahnenstrecken auf dem Kontinent von englischen Ingenieuren geplant. Nachdem sich Hamburger Kaufleute dazu entschlossen hatten, eine Eisenbahnlinie nach Lübeck zu bauen, suchten sie dafür – folgerichtig – nach einem englischen Ingenieur. Es wurde nicht zuletzt wegen seiner Deutschkenntnisse Lindley empfohlen, der schließlich 1838 nach Hamburg kam. 1842 wurde die Bahnlinie beendet und durch seinen inzwischen über den Bau von Eisenbahnen hinaus erworbenen Ruf, wurde seine Hilfe beim Wiederaufbau der Stadt Hamburg nach dem Großen Brand von 1842 gerne in Anspruch genommen.

Lindley war Schüler und Freund von dem bereits erwähnten Edwin Chadwick und teilte seine Auffassungen über die Vorteile, die mit einer umfassenden Gesundheitsreform zu erreichen sein sollten. Durch den großen Brand von 1842 war Hamburg geradezu prädestiniert mit dem Wiederaufbau eine solche Gesundheitsreform zu verbinden und vor allem mit vergleichsweise geringem Aufwand Kanäle zu verlegen. Lindley reiste im November 1842 nach England, um mit Chadwick über die Kanalisation Londons und deren Fortschritte zu sprechen. Im März 1843 legte er auf Wunsch der städtischen Behörden einen sorgfältig ausgearbeiteten Plan für die Neuanlage eines Kanalisationsnetzes vor. Lindleys Plan stieß vor allem aus Kostengründen auf heftigen Widerstand. Der damalige Wasserbaudirektor Lübbe legte damals ein weitaus kostengünstigeres Konzept vor, nachdem die Abwässer getrennt nach jedem Häuserblock in die Alster oder Kanäle (Fleete) geleitet werden sollten.

Eine ausführliche Darstellung der Ereignisse in Hamburg findet sich in „Tod in Hamburg“ von dem Ordinarius für Europäische Geschichte an der University of London Richard J. Evans (EVANS 1990).

Da in Hamburg der Transport des Abfalls damals öffentlich organisiert war, entfiel das Argument der Enteignung der Exkremente. Das Argument des Düngerverlustes stand zumindest am Anfang nicht zur Debatte, weil der Verkauf der Exkremente nach einem Vorschlag von Lindley einen Teil der Kanalisation finanzieren sollte (EVANS 1990).

In Evans glänzender Studie städtischen Lebens bleibt unklar, warum sich Lindley mit seinem zentralen System durchsetzte. Die Leistungen Lindleys werden von Evans in einem m.E. etwas zu unkritischem Licht beschrieben. Die Schuld an den zunehmend schlechteren „hygienischen“ Verhältnissen Hamburgs sucht Evans vor allem bei Lindleys Nachfolgern, die seiner Ansicht nach mehrere Jahrzehnte vom Ruhm der sanitären Reform zehrten.

Lindley verlies 1860 die Stadt, nachdem die zunehmend an Einfluß gewinnende Bürgerschaft seine Ernennung zum Oberingenieur der Baubehörde abgelehnt hatte. Seine bis dahin einflußreichen Fürsprecher waren zum Teil in den Ruhestand getreten. Viele der von Lindley bereits angedachten Verbesserungen kamen lange nicht zur Ausführung und sein unvollständiges Konzept führte zum Gegenteil von dem was vielleicht in Lindleys Absicht gelegen hatte.

1860 gab es knapp 50 Kilometer Abwasserleitungen, das Kanalisationsnetz nahm kontinuierlich zu und 1865 wurde nun doch, wie ursprünglich von Lindley vorgesehen, das Abwasser nicht schon in den Hafen, sondern erst bei der Altonaer Grenze in die Elbe geleitet.

Einführung der Anschluß und Benutzungspflicht

Mehr und mehr Hausbesitzer wurden dazu gezwungen, ihre Häuser und Abtritte anzuschließen. Im Sielgesetz 1875 wurde die Verwendung offener Abtritte über den Kanälen (Fleeten) schließlich verboten und die meisten Vororte in den siebziger Jahren angeschlossen. Dies geschah alles ohne jede Reinigung der Abwässer und auch ohne Sandfilterung des Trinkwassers, wie sie in London oder Berlin bereits eingeführt und von Lindley in ähnlicher Weise längst vorgesehen war.

Zusammenbruch des Abfuhrgeschäfts

Die Folge der Kanalisation war, daß sich das Abfuhrgeschäft immer weniger lohnte. Vor der Kanalisierung herrschte ein Wettbewerb um die Konzessionen Dungstoffe aus der Stadt fahren zu dürfen; nun mußte die öffentliche Hand dafür bezahlen. Das einzig noch Verkaufbare des städtischen Abfalls war der Pferdemist. Kein Wunder, daß die Reinigungs- und Fuhrunternehmen es mit der Sauberkeit nicht so genau nahmen und sich nur um die noch verwertbaren Stoffe kümmerten. Fortan mußten sich die Pächter der Abfuhr polizeiliche Kontrollen gefallen lassen.

Die meisten Gräben (Flethe) der Stadt waren inzwischen zu Kloaken verkommen, nicht zuletzt, weil die Müllabfuhr so wenig funktionierte wie je zuvor. Die Lösung schien damals zu sein, die Abfuhr und Straßenreinigung unter Staatsregie zu stellen. So wurde im Jahr 1886 die Übernahme der Straßenreinigung durch den Staat beschlossen.

Reichhaltige Fauna im Trinkwassernetz

Daß schmutziges Wasser auch im wesentlichen eine Wahrnehmungsfrage ist, dafür ist auch Hamburg ein eindrückliches Beispiel. So ließ sich im 220 km langen Wasserleitungsnetz eine reichhaltige Fauna finden. Der Zoologe Karl Kraeplin berichtete in seinem Artikel von 1885 gar von 60 verschiedenen Arten. Trotzdem wurde von vielen behauptet, daß das Elbewasser von bester Qualität war. Noch 1880 war der damalige Direktor der „Stadtwasserkunst“ davon überzeugt, daß die Absetzbecken zur Aufbereitung des schmutzigen Elbwassers ausreichten und hielt eine Sandfiltration für nicht notwendig.

Es ist wohl ein eher makabrer Scherz der Geschichte, daß der Bau der Filtrationsanlagen erst im Jahr der Hamburger Cholera 1892 beschlossen wurde.

2.4 Hygiene als neue Leitdisziplin der Stadtsanierung

Die schmutzige Stadt seit dem Mittelalter ?

Bis heute hat sich die gängige Vorstellung von den engen und schmutzigen Straßen mittelalterlicher Städte gehalten. Unter Umständen muß dieses Bild korrigiert werden. Zumindestens war die Pflasterung der innerstädtischen Hauptwege bereits seit dem Mittelalter eher die Regel (KOSTOF 1993). Auch die Städte des 19. Jahrhunderts werden mit erschreckenden sanitären/hygienischen Verhältnissen und gesundheitlichen Gefahren assoziiert. Als Indizien für diese Annahme gelten vor allem das rasche Wachstum der Bevölkerung in den Städten und die hohe Sterblichkeit in den Städten gegenüber der ländlichen Bevölkerung.

Schädlichkeit des Stadtlebens – eine Fehlinterpretation des 19. Jahrhunderts ?

Seit den 1960er Jahren wird von einigen SozialhistoikerInnen darauf aufmerksam gemacht, daß die Verbesserungen der Gesundheit eher nicht auf eine undifferenzierte Erfolgsbeurteilung der Stadtsanierung im ganzen zurückgeführt werden können. Indizien sind dafür eine kritische Hinterfragung der empirischen Basis der Ärzte des 19. Jahrhunderts sowie deren Auffassungen und Beschreibungen. Dabei stellt sich heraus, daß die Auffassungen oft auf einem seit dem 18. Jahrhundert bestehenden Vorurteil der „Schädlichkeit des Stadtlebens“ beruhen und daß statistische Erhebungen über die Sterblichkeit von Land und Stadt entweder ignoriert oder fehlinterpretiert wurden.

Erklärungskraft der Naturwissenschaft

Zwar waren insbesondere viele Ärzte des 19. Jahrhunderts davon überzeugt, daß sich auch politische und soziale Fragen mit naturwissenschaftlichen Methoden lösen ließen, tatsächlich aber spielten z.B. statistische Angaben bei der Einschätzung der Ärzte eine weitaus geringere Rolle als später gemeinhin angenommen wurde. Statt dessen hatten persönliche Erfahrungen und Eindrücke ein weitaus größeres Gewicht (BLEKER 1983).

Jedenfalls läßt die Überprüfung preußischer Statistik zur Sterblichkeit zwischen 1875 - 1900 den Schluß nicht zu, daß vor allem die Schwemmkanalisation und damit die schnelle Ableitung der Fäkalien zur Verbesserung des Gesundheitszustandes in den Städten beigetragen habe. Neuere Arbeiten (z.B. OTTO et al.1990, VÖGELE 1991, 1993, 1994) versuchen zu zeigen, daß der deutliche Rückgang vieler Krankheiten schon vor der „sanitären Reform durch Schwemmkanäle“ einsetzte. Auch die Unterschiede zwischen Stadt- und Landgemeinden waren viel zu gering. Die insgesamt sinkende Mortalität und die Erkenntnisse der Bakteriologie rechtfertigten für viele jedoch trotz der damit verbundenen staatlichen Eingriffe alle Maßnahmen der städtischen Hygiene zur Trinkwasserversorgung, Kanalisation und Abfallbeseitigung. Vielleicht wird die Bedeutung der durch OESTERLEN 1851 als Hygiene bezeichneten Wissenschaft für die öffentliche Gesundheit überschätzt. Nicht bestreiten läßt sich dagegen, daß die von Hygienikern geforderten Maßnahmen einschneidende Bedeutung für breite Teile der Bevölkerung, ihre Vorstellungen und ihren Alltag hatten. Eine interdisziplinär bearbeitete und differenzierende Analyse darüber steht m.W. bis heute noch aus.

Bereits Virchow bezweifelte, daß die Sterblichkeit der Städte durch die Entscheidung „Canalisation oder Abfuhr“ entscheidend beeinflußt werden könne. Seiner Ansicht nach waren keineswegs alle Städte ungesund. Er bewertete den Einfluß der Nahrungsverhältnisse größer als den der Stadtsanierung (VIRCHOW 1869).

In jedem Fall war die Hygienediskussion eng mit dem Erklärungsanspruch der Naturwissenschaft verbunden. Die althergebrachte Vorstellung über **„Miasmen“**, die Ansteckungen über Ausdünstungen des Bodens erklärte, führte um 1860 zu einer ‘krankhaften’ Angst vor dem Gestank der Fäkaliengruben. Die nächtliche Entleerung der Gruben führte in einzelnen Fällen zu

panikartigem Verhalten. Einige Gelehrte warnten sogar die Bauern, sich zu nahe über ihre Äcker zu beugen, da aus dem Boden tödliche Miasmen aufsteigen würden (CORBIN 1984). Die Auswertung vor allem der Choleraepidemien seit den 1830er Jahren konnte die **„Miasmen-Theorie“** jedoch nicht bestätigen. Es kamen andere Theorien ins Spiel.

Die Kontagionisten

Der Vorstellung von Miasmen traten viele Ärzte entgegen. Unter anderem die einflußreichen Persönlichkeiten **Virchow**, **Koch** oder **Pasteur**. Sie wurden als **„Kontagionisten“** bezeichnet und führten eine Reihe von Krankheiten mit bestimmten ansteckenden Symptomen, wie beispielsweise die Cholera, auf ansteckende Keime (Kontagium) zurück. Die Theorie wurde in der Öffentlichkeit auch als „Trinkwassertheorie“ bekannt, da es in vielen Auseinandersetzung um die verseuchende Wirkung des Trinkwassers ging, das mit Keimen z.B. über Abwasser in Berührung gekommen war.

Bodentheorie Max von Pettenkofers

Eine dritte Vorstellung geht auf die empirischen Studien des „Bodentheoretikers“ **Max von Pettenkofer** zurück. Seine Untersuchungen richteten sich auf den bis dahin seiner Ansicht nach vernachlässigten Faktor Boden. Seine **„Bodentheorie“** stützte sich auf die Erkenntnis, daß der Boden porös sei und unvorstellbar große Mengen an Luft und Wasser aufnehmen könne. Die Luftverunreinigung des Bodens blieb lange ein dominierendes Thema – *„schließlich brauche der Mensch täglich 9 000 Liter Luft, aber nur 3 Liter Wasser“* (von Pettenkofer verbreiteter Vergleich, zitiert aus BÜSCHENFELD 1994). Seine Schlußfolgerungen gingen dahin, daß die „Cholera durch Entwicklung eines Gases, bei Zersetzung flüssiger Exkrementteile in feuchtem, porösem Erdreich“ verursacht würde. Die Einführung der Kanalisation sollte, laut Pettenkofer, vor allem dem Entzug von Feuchtigkeit aus städtischen Böden dienen, um damit die Entstehung pathogener Ausdünstungen an der Quelle zu verhindern. Pettenkofers Annahme, daß das unreine Wasser selbst nicht schlimmer als destilliertes Wasser oder Regen sei, diente bis in das 20. Jahrhundert als Argument, eine Klärung der Hausabwässer für nicht notwendig erachten zu müssen. Seine Theorie wird ab und zu unter die Miasmentheorie subsumiert. Dies wird m.E. Pettenkofer nicht gerecht. Der Unterschied zur reinen Miasmenlehre liegt einerseits in der Bedeutung, die er dem Boden zuschreibt und andererseits darin, daß er Keime als einen Krankheitsfaktor anerkennt, der seine Wirkung aber nur unter geeigneten Bedingungen (Einflußfaktoren, wie z.B. dem Boden) entfalten kann. Es dauerte bis zum Ausbruch der Choleraepidemie von 1892 in Hamburg, bis sich die „Trinkwassertheorie“ durchsetzen sollte (vgl. Kap. 2.3).

Abfuhr oder Schwemmkanal

Abfuhr oder Schwemmkanalisation – um diese Alternative wurde vor allem auch am Rhein über mehrere Jahrzehnte heftig gestritten.

Die Abfuhr – also die Trennung der Fäkalien von den übrigen Abwässern und ihre Sammlung – hätte Dünger für die Landwirtschaft und eine weniger große Belastung für die Gewässer bedeutet. Für diese Lösung plädierte zunächst unter anderem der Agrikulturchemiker **Justus von Liebig**.

Für die Schwemmkanalisation – das bedeutete den Abtransport von festen und flüssigen Stoffen in einem Kanalsystem – setzten sich vor allem Ingenieure und viele Hygieniker ein. Viele glaubten an Chadwicks Vision, mit sehr viel Wasser und einer Kanalisation neben den hygienischen auch soziale (-hygienische) Probleme lösen bzw. wegspülen zu können: *„die technokratische Lösung der gesamten sozialen Frage“* (SIMSON 1983).

Auch die Kanalgegner hatten den statistischen Einwand vorgebracht und die Mortalitätsraten in Städten mit bereits früh gebauten Schwemmkanälen (z.B. Berlin, Breslau) mit solchen mit „trockener Abfuhr“ (Dresden, Stuttgart) verglichen (z.B. WINTERHALTER 1890).

Das englische WC

Neben (oder vielleicht auch gerade wegen) den hygienischen Argumenten war ein wesentlicher Grund für die Einführung der Schwemmkanalisation die rasche Zunahme des Wasserklosetts (VARRENTRAPP 1868). Vor allem das Bürgertum reagierte zunehmend empfindlich auf die Geruchsbelästigun-

gen, die besonders bei der Entleerung der Fäkaliengruben entstanden. Der Siphon des Klosetts beendete diese Belästigung. Das Wasserklosett aus England war daher zum erstrebenswerten Statussymbol der oberen Schichten geworden. In keinem anderen Land der Welt war es so verbreitet, viel Geld und Muße in die Einrichtung von Bad und WC zu stecken. Im Gegensatz zu Frankreich setzte sich das WC in kürzester Zeit durch (GOUBERT 1988). Wie eine Umfrage ergab, halten noch heute die Engländer „ihr“ WC für eine der wichtigsten Erfindungen (COLBERT, P. 1997, zit. in Hamburger Abendblatt, 20.3.97).

In Deutschland war das Einleiten der verdünnten Fäkalien in den meisten Städten bis zum Ende des 19. Jahrhunderts offiziell noch verboten, aber die Wassermengen, vor allem durch die allmähliche Zunahme von englischen WCs, führten schon bald dazu, daß entgegen den Polizeiverordnungen eine wachsende Zahl von Gruben direkt an die Hauptkanäle angeschlossen wurden.

Alte Wasserläufe als erste Kanäle

In England hatte man schon vor den neugebauten Kanälen viele alte Wasserläufe zu Abwasserkanälen „umfunktioniert“, damit sie sämtlichen Unrat unabgedeckt in die kurzen Flüsse Englands abschwemmten. Kein Wunder, daß die Themse einer Kloake glich und daß London in den Jahren 1849 und 1853/54 ungefähr 20 000 Choleratote zu beklagen hatte. Nur wenige Jahrzehnte später galten englische Ingenieure als die führenden Fachleute auch für den Bau und Betrieb von Kanälen. Die Kanäle verliefen nun abgedeckt unter der Erde. Das Abfallproblem war für die englischen Ingenieure gelöst.

Aus den Augen aus dem Sinn.

Die Ableitung der Fäkalien und des Urins in bereits vorhandene Kanäle war die einfachste – bei weitem aber nicht die einzige Möglichkeit. Von Schwemmkanalgegnern wurden neben dem Grubensystem vor allem die Alternativen, das „Heidelberger Tonnensystem“ (LIPOWSKY 1878, MITTERMAIER o.J., 1870, 1875a,b, 1897) und das „Liernursystem“ (LIERNUR 1867-1878), empfohlen (vgl. Kap. 2.6).

Einschränkung der bürgerlichen Freiheit

Wenn die Entstehung des Privaten Grundlage für die Einflußnahme des modernen Staates war, so war der Staat im 19. Jahrhundert nun gefordert, seinen Einfluß zu legitimieren. Es ist anzunehmen, daß die Einführung der Kanalisation vor allem deshalb auf erhebliche Widerstände stieß, da sich einige, z.B. Hausbesitzer, in ihrer bürgerlichen Freiheit eingeschränkt sahen. Insofern könnte man im Sinne von Laporte die Einführung der zentralen Wasserversorgung und der Schwemmkanalisation als eine Wiederentdeckung des „Cloaca-Maxima-Staates“ bezeichnen, der unter Einzug von Gebühren die Ver- und Entsorgung übernimmt (LAPORTE 1991).

Erst zur Mitte des 19. Jahrhunderts wurde allmählich die ‘private’ durch eine öffentliche Wasserversorgung ersetzt. Bei der Abwasserentsorgung fand das um etwa 20-50 Jahre später statt.

Tab. 4
Zeittafel zur Waserversorgung in Deutschland

ab 1850	Erstmalig wird in Preußen der Anschluß- und Benutzungszwang an die zentrale Wasserversorgung eingeführt
1865	In Deutschland gibt es 16 städtische Wasserwerke
1869	In Deutschland werden ca. 30 städtische Wasserwerke betrieben
1870	Lindley empfiehlt der Stadt Chemnitz aus wassermengenwirtschaftlichen Gründen eine Talsperre zu bauen (1894 in Betrieb genommen)
1874	Erste Langsamfilter für die Trinkwasseraufbereitung in England
bis 1880	Die Fachfragen in der Wasserversorgung konzentrieren sich auf chemische Wasseruntersuchungen, Grundwasserströmungsgesetze, Konstruktion geeigneter Wasserzähler und ihre Erprobung im Betrieb, Filtration des Wassers
1883	26% der Bevölkerung im Deutschen Reich werden zentral mit Wasser versorgt
1886/87	Stadt Braunschweig: Einbau von Wasserzählern in den Haushalten; Wasserverbrauch sinkt von 4,4 Mio. m^3 auf 2 Mio. m^3

1887	Fragen der Wassergewinnung und der hygienischen Beurteilung der Wasserbeschaffenheit nehmen einen immer größeren Stellenwert in den wasserwirtschaftlichen Zeitschriften ein
1892	Schwere Choleraepidemie in Hamburg, Wissen um Ausbreitungsmechanismen (über Trinkwasser) wurde verdrängt
1902	Josef König erprobt die künstliche Grundwasseranreicherung im Wasserwerk Steele/Essen
1907	Erste Ozonanlage wird im Wasserwerk Paderborn erprobt
1907	Hygienische Überwachung der Wasserversorgung bekommt einen höheren Stellenwert
1925	In der Wasserversorgung setzt sich die Notwendigkeit einer hygienischen Überwachung durch. Die Bedeutung der künstlichen Grundwasseranreicherung gegenüber der Uferfiltration nimmt zu; Kenntnisse zur Eisen-, Manganentfernung und Entkeimung; bakteriologische Analyse ergänzt die chemische
1940	Leitsätze für die zentrale Trinkwasserversorgung als DIN 2000; später ergänzt durch die DIN 2001 „Leitsätze für die Einzeltrinkwasserversorgung“; sollen als Anleitung für ein empfehlenswertes Vorgehen bei der Planung, dem Bau, dem Betrieb und der Überwachung der Anlagen dienen
1951	Sandschnellfilter werden erstmals eingesetzt
1953	Untersuchungen über die Wasserentkeimung mit Ozon und ultravioletten Strahlen des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene in Berlin

2.5 Der ländliche Raum und nicht kanalisierte Städte

„Der natürliche Vorgang, daß der Mensch seinen Bedarf an Wasser dem Boden, welchen er bewohnt, unmittelbar entnimmt, hat längst aufgehört ein gefahrloser zu sein“ hatte der schleswig-holsteinische Regierungsmedizinalrat Dr. Bockendahl bereits 1877 festgestellt (BOCKENDAHL 1869-1894, zit. in FAHL 1987). Unmittelbar nachweisbar war der Zusammenhang zwischen verunreinigtem Trinkwasser und der Ausbreitung von Krankheiten jedoch nicht. Spätestens jedoch der Ausbruch der Choleraepidemie von 1871 in Altona, nachdem mehrere Tage lang ungefiltertes Elbwasser in die Wasserleitungen gespeist worden war, deutete für viele auf diesen Zusammenhang hin. Ziel war es also Trinkwassergewinnung und Abwasserentsorgung örtlich voneinander zu trennen. Einig war man sich darüber, daß sog. Versickerungs- oder Schwindgruben aus hygienischen Gründen verschwinden sollten – nicht zuletzt vermittelt über die vielen übersetzten Aufklärungsschriften aus England. Die Gruben sollten in jedem Fall geschlossen werden.

In Deutschland war der Abtritt nahe dem Hause und der Abtransport der Fäkalien, um sie für Düngezwecken zu nutzen, bis ins 20. Jahrhundert die Regel. Die Verwendung von Wasserspülklosetts war überhaupt nur dort möglich, wo entsprechende Gräben oder Kanäle vorhanden waren, in die das Toilettenspülwasser gespült werden konnte. Vielerorts war bereits, wie z.B. in einer 1866 für ganz Schleswig Holstein erlassenen Verordnung, geregelt, daß Wasserklosetts sich nur in solche Gruben entleeren dürften, bei denen ein Überlaufen ausgeschlossen war. Dies machte die Anlage von Spülklosetts so kostspielig, daß sie in Schleswig-Holstein bis weit ins 20. Jahrhundert die seltene Ausnahme blieben. Selbst 1961 besaß erst die Hälfte aller Wohnungen in Schleswig-Holstein ein WC, obwohl die Bauordnungen schon seit 1900 für jede Wohnung ein Abort vorschrieben (FAHL 1987).

In der Schrift SALVIATIS et al. 1865 wird ganz Belgien ein funktionierendes und nach den im wesentlichen gleichen Grundsätzen aufgebautes Abfuhrsystem bescheinigt. Einheitlich untersagt, war das Einleiten von anderen Stoffen, als Haus- und Regenwasser, in vorhandene Kanäle und Gewässer. Die

Landwirtschaft, zu der auch die Verwertung der städtischen Dünger gehörte, galt als vorbildlich.

Beispiel Gent

Eine interessante Variante der Vergütung des städtischen Dungs ist aus der belgischen Stadt Gent bekannt. Dort war von jeher die Abfuhr privat organisiert und sehr weit verbreitet. Nach einer Polizeiverordnung war in jedem Hause eine wasserdichte, gewölbte und mit steinernem Verschluß versehene Abtrittgrube sowie ein Pissoir vorgeschrieben. Es muß jedoch ab und zu auch zu Mißständen gekommen sein. So waren die Fässer zum Transport per Wagen oder per Kanalkähnen zwar gut konstruiert, aber der Transport erfolgte nicht ohne Geruchsbelästigung und ein Teil der Dungstoffe und vor allem der öffentlichen Latrinen landete direkt in den zahlreichen Kanälen. Die Staatsregierung sprach sich deshalb in einer Sitzung vom 12. März 1853 für Maßregeln bezüglich der Abfuhr aus. Die Stadt Gent griff dies auf, indem sie einen Vorschlag ausarbeitete, die Abfuhr zentral durch ein Abfuhrunternehmen organisieren zu lassen. Doch wurde dabei übersehen, daß es Brauch war, daß die wohlhabenderen Bürger die Zahlungen der Landwirte für die ihnen überlassenen Latrinenstoffe direkt an ihre Dienstleute leisten ließen. Die Abfuhr hätte diese Nebeneinnahme für die ärmere Bevölkerung wegfallen lassen. Folglich war der Widerstand entsprechend groß und das Vorhaben wurde schnell wieder fallengelassen. So blieb es bei der privaten Organisation. Die sehr informative Schrift von SALVIATI et al. 1865 aus der auch die zuvor genannte Episode stammt, enthält darüber hinaus folgende Angaben über die Verwendung von Latrinendünger, die ich hier ebenfalls wegen Ihrer Beispielhaftigkeit in gekürzter Form wiedergebe:

(SALVIATI et al. 1865: 13-17; zu Gent und der flandrischen Landwirtschaft)

„I. Die Verbreitung des Düngers erfolgt meist, sobald die Düngertonne aus der Stadt anlangt, mittelst eines gewöhnlichen Spritzbrettes, oder mit Schöpfern. Sollte nicht gleich Verwendung für den Dünger vorhanden sein, so wird derselbe meistens in Erfgruben bis auf weiteres aufbewahrt, oft aber auch zu Kompost umgearbeitet, wobei jedoch, abweichend von der bei Cöln sehr häufige Procedur, die Latrinenstoffe niemals mit Erde allein vermischt, sondern mit abgestossenen Grabenrändern, Unkraut, vegetabilischen und animalischen Abfällen zu einem sehr zusammengesetzten Kompost umgearbeitet werden.

II. Die Zeit der Düngung richtet sich im Allgemeinen nach der Saat und findet meistes vor derselben statt. Jedoch wird bei der Cichorie nur die Hälfte der Düngung vor der Saat, die andere etwa Ende Mai oder Anfang Juni nach dem Jäten gegeben. ... Hauptgrundsatz bei der Anwendung von Latrinen-Dünger ist, zu jeder Frucht jedes Jahr zu düngen.

III. Die Verwendung des Latrinen-Düngers findet auf alle Früchte statt und zwar in folgenden Quantitäten pro Hektare:

für	*Lein*	*mit*	*144*	*Hektol.*	=	*pro Morgen*	*118,5*	*Kbf.*
für	*Hanf*	*“*	*288*	*“*	=	*“*	*237*	*“*
für	*Cichorien*	*“*	*288*	*“*	=	*“*	*237*	*“*
für	*Roggen*	*“*	*144*	*“*	=	*“*	*118,5*	*“*
für	*Hafer*	*“*	*144*	*“*	=	*“*	*118,5*	*“*
für	*Wintergerste*	*“*	*140*	*“*	=	*“*	*115*	*“*
für	*Kartoffeln*	*“*	*228*	*“*	=	*“*	*188,3*	*“*

für Rüber mit soviel Dünger, als dazu zu haben ist, da sie nach allgemeiner Annahme niemals zuviel erhalten können, während Weizen wo möglich mit Mistdünger versehen wird, wenn er aber Latrinenstoff erhält, nicht mehr als 72 Hektol. pro Hektare (59,25 Kbf. pro Morgen) zu erhalten, weil er sonst lagert.

Eine Beimischung von Knochenmehl oder Mineraldünger ist nicht üblich.

IV. Als häufige Fruchtfolge der Gegend wurde bezeichnet:

1) Lein (Zwischenfrucht Wasserrüben),
2) Hafer mit Klee,
3) Klee
4) Wintergerste oder Roggen,
5) Kartoffeln;

oder:

1) Lein (Möhren oder Wasserrüben als Zwischenfrucht),
2) Roggen oder Weizen,
3) Kartoffeln oder Cichorien,
4) Sommerung mit Klee,
5)Klee;

Lein wird als Vorfrucht für Roggen der Kartoffel vorgezogen. ...

V. Höchste Verwerthung des Latrinen-Düngers findet anscheinend bei Lein statt. Hanf bringt bei der doppelten Fläche etwa ebensoviel ein, aber doch nur bei der doppelten Düngung. Nächst der Wirkung auf Lein wird deren Wirkung vorzugsweise bei den Kartoffeln gerühmt, mit dem ausdrücklichen Hinzufügen, dass der Geschmack derselben dadurch in keinerweise beeinträchtigt werde.

Als Geldertrag pro Hektare wurde bei einzelnen Früchten angegeben, z.B. für Lein, jedoch als Maximum, etwa 1350 Fr. = 346,5 Thaler pro Hektare...

An Natural-Erträgen wurden als gute Durchschnittserträge pro Hektare angegeben: für Kartoffeln 13.400 Kilo (..); bei Roggen 25 bis 30 Hektol (..). ...

VI. Den Transport und die Kosten des Düngers anlangend, so wurde als das Ueblichste bezeichnet, dass der Dünger auf eigene Rechnung mit eigenen Geschirren durch die Landwirthe aus der Stadt bezogen und dafür ein je nach der Zeit abweichender Preis bezahlt werde, nämlich zur Erntezeit der geringste von etwa 20 Cent. pro Hektol. (6 Pf. pro Kbf. Pr.), während der höchste zur Saatzeit 30 Cent. (9 Pf. pro Kbf. Pr.), der gewöhnliche mittlere 25 Cent (7,5 Pf. pro Kbf. Pr.) betrage.

Die bei den Düngerwagen angestellten Arbeiter erhalten von den Landwirthen baar oder in Naturalien für jede Nacht 1 Fr. Drei Arbeiter schaffen in einer Nacht mit zwei Wagen etwa 32 Hektol. (104 Kbf. Pr.) aus der Stadt auf eine nahegelegene Besitzung (1 bis 2 Stunden weit). ...“

Frankreich

Frankreich, als der in vielen Fragen anders denkende europäische Gegenpart zu England, bevorzugte auch in den größeren Städten, wie Lyon, lange Zeit die Abfuhr und natürliche Verwendung der Fäkalien. Lyon zählt zu den ersten Städten, die die Abfuhr kommunal organisierten (seit dem 9. Mai 1769). Laut Salviati wurde die Abfuhr 1801 erstmalig in Antwerpen an private Großunternehmer versteigert. Daran nahmen sich andere Städte Europas ein Beispiel.

Beispiel Paris

Einzige Ausnahme in Frankreich bildet die Innenstadt von Paris. Vor allem zwischen 1825 - 1850 hätte sie sich fast an die Spitze der Kanalisationsbewegung gesetzt. Die Straßen waren bis dahin in der Altstadt von Paris in einem sehr schlechten Zustand. Die bucklige Pflasterung sollte angesichts des zunehmenden Kutschenverkehrs erneuert werden und in diesem Zuge wurden auch unterirdische Kanäle verlegt. Zudem war es oft zu erheblichen Schmutzfrachten auf den Straßen gekommen, von denen bis dahin bei Regen aller Schmutz in die Kanäle und Flüsse gespült wurde. Ebenso funktionierte die Abfuhr der Fäkalien im Zentrum der Stadt nicht mehr, so daß immer häufiger auch die Fäkalien, statt abgefahren zu werden, direkt in den Gewässern landeten. Neben einem großzügigen Kanalisationsnetz entstand bis 1850 ein umfangreiches Wasserleitungsnetz mit annähernd 2000 Hydranten, die dazu dienten, die für das Regenwasser angelegten Rinnsteine auch während Trockenwetterperioden spülen zu können. Die Neuerungen aus England wurden aber vor allem bei den großen Boulevards eingebaut. Der Großraum Paris führte seine Latrinenstoffe noch immer zum weit größeren Teil an die Gemüsebauer in und um Paris direkt ab. Noch um die Mitte des vorigen Jahrhunderts wurde ein Sechstel der Pariser Stadtfläche zum Anbau von Gemüse genutzt. So blieb Paris bis in die 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts Exportstadt von Gemüse, Humus und Dünger (ILLICH 1987).

Bis zum Ende des letzten Jahrhunderts war die Verwendung der „menschlichen Auswurfstoffe“ in ihrem natürlichen Zustande die weitverbreitetste Düngerart. Als eines der Beispiele für die Poudrette-Fabrikation war die Stadt Metz bekannt. Doch auch in Frankreich besitzen nur wenige Städte

„Fabriken“ zur Produktion von „guano“, Poudrette oder Kompost aus Latrinen- und anderen Stoffen.

Straßburg

Straßburg zählte 1861 incl. Militär 82015 Einwohner. Es gab 497 km Straßen und bereits 7534 m Kanäle. Aber auch hier wurde der größte Teil der Fäkalien in damals 3222 Abtrittgruben gesammelt. Die Gruben wurden von 3 Unternehmern gesäubert und ihr Inhalt per Pumpe in luftdichte Fässer mit Sicherheitsventil geleert. An zentralen Orten wurden die Fäkalien an Landwirte verkauft. Für Anlage und Betrieb der Gruben bestanden genaue polizeiliche Vorschriften, die zumindest zur Mitte des 19. Jahrhunderts auch weitgehend eingehalten wurden. Das Kehren der Straße wurde zum überwiegenden Teil von den Bewohnern selbst durchgeführt. Den übrigen Teil erledigten öffentliche Kräfte gegen entsprechende Gebühren.

Eine weithin verbreitete Abpumpanlage war die fahrbare sog. New Yorker - Pumpe, die damals in Mühlhausen bei der Fa. Schiettinger gefertigt wurde.

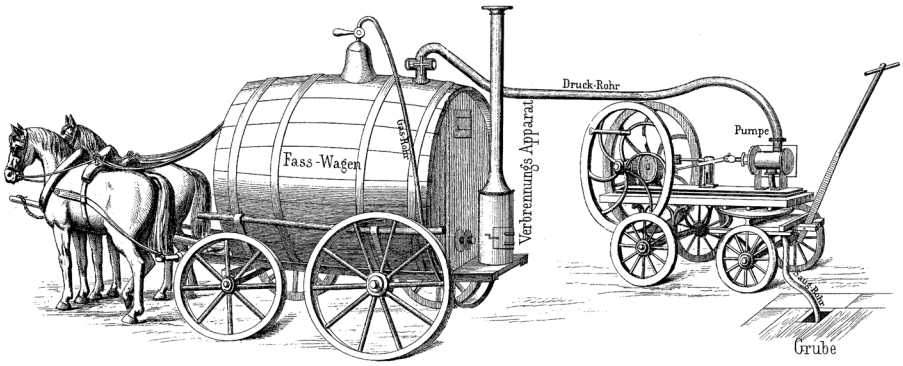


Abb. 2
Die New Yorker - Pumpe
(aus SALVIATI et al. 1865)

In der Geschichtsschreibung vor allem großer Städte überwiegen Darstellungen, die vor allem aus dem Mittelalter von katastrophalen hygienischen Verhältnissen in den Innenstädten berichten. Sie beruhen meist auf entsprechenden drastischen Darstellungen. Gleichzeitig wird aber auch von strikten vor allem nachbarschaftlichen Vereinbarungen und polizeilichen Anordnungen berichtet, die die Säuberung der Gassen genaustens regeln. Ein deutliches Beispiel ist der Begriff des „Ehgrabens“. „Eh“ bedeutet in diesem Zusammenhang gesetzlich bzw. vertraglich. Die Ehgräben waren oft auf die Grundstücksgrenzen gesetzt und markierten diese. Sowohl die Säuberung der Ehgräben, als auch die Abfuhr der Hausabfälle war gemeinschaftlich organisiert. In größeren Städten übernahmen oft spezielle „Dohlengemeinschaften“, wie z.B. in Basel die Säuberung und Unterhaltung solcher Gräben. In einigen Städten besaßen bestimmte Bevölkerungsgruppen oder Quartiere, wie z.B. die Kohlenberger in Basel, die Papenheimer in Nürnberg oder die Goldgrübler in München, ein Privileg, die Entsorgung von Müll und/oder Fäkalien zu besorgen. Es ist m.E. noch offen, ob man entsprechende Quellen in der Weise interpretieren kann, daß in vorindustrieller Zeit die übermäßig verschmutzte Straße die Regel oder eher die Ausnahme war. Ebenso offen ist m.E., ob die zunehmende zentrale Organisation der Fäkalien- und Müllabfuhr Auslöser oder Folge von „schmutzigen“ Verhältnissen war (ILLI 1987, 1996).

In den großen Städten am Hoch- und Oberrhein wie z.B. Basel oder Karlsruhe waren strikte Bestimmungen zumindest die Regel. In Karlsruhe, das um die Mitte des 19. Jahrhundert ca. 25.000 Einwohner in ca. 1400 Häusern zählte, waren die Hausbesitzer nach einer bestehenden Polizeiverordnung verpflichtet, die Straßen zu kehren und den Kehricht in die Abtrittgruben zu werfen. Die Abfuhr war relativ aufwendig und erfolgte in bis zu 3 km Entfernung. Die vorhandenen Straßenkanäle waren vor dem Bau einer zentralen

Kanalisation Karlsruhes (1883) offen und beinahe ohne Gefälle verlegt und konnten im Prinzip nur Regen- und Hausabwässer aufnehmen.

Die Abfälle bzw. Abwässer wurden noch während des gesamten 19. Jahrhunderts differenziert nach (vgl. Abb. 23a)

- Regen-, Haus- und Straßenabwasser, zum Teil wie z.B. in Basel mehrfach genutzt
- Latrinenstoffen
- Straßendünger (Pferdemist etc.), Kehricht
- verrottbarem organischem Hausmüll
- Papier, Metalle etc.

Während spätestens die 2. Hälfte 20. Jahrhundert lediglich unterscheidet zwischen (vgl. Abb. 23b)

- Abwasser (bei Trennsystem - Regenwasser)
- verwertbare Abfälle: Kunststoff, Papier, Metall
- organische Abfälle

2.6 Wiederkehrende Alternativen ?

Alternativen zur Spültoilette ?

Wasserversorgung und Abwasserentsorgung wurden und werden bis heute nur selten im Zusammenhang diskutiert. Eine Entscheidung für die Sanierung einzelner öffentlicher bzw. privater Brunnen, anstelle der Einführung einer zentralen Wasserversorgung, hätte die Schwemmkanalisation möglicherweise an vielen Orten verhindert. Die lokalen Brunnen hätten den großen Wasserbedarf, den ein Freispiegelkanal auch bei trockenem Wetter besitzt, nicht decken können. Ihre Sanierung hätte jedoch nur gelingen können, wenn bei der Diskussion um die kommunale Wasserversorgung das Problem der undichten Gruben hätte gelöst werden können.

In der gesamten zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts existierten nebeneinander die unterschiedlichsten Alternativen der Städtereinigung (vgl. z.B. SALVIATI et al. 1865, SALOMON 1906,1911). Die am weitesten verbreiteten waren Gruben mit unterschiedlichsten Varianten der Abfuhr und Tonnensysteme, wie z.B. das Heidelberger Tonnensystem. Letzteres geht auf den Arzt Carl Mittermaier zurück. Es bestand im wesentlichen aus einer zur Abfuhr geeigneten dichten Tonne mit „Siphon“ für Entlüftung und Geruchsabschluß, die in kurzen regelmäßigen Abständen mit Pferdewagen abgeholt wurden, um sie in größere Sammelbehälter zu leeren. Von dort wurden die Latrinenstoffe zur landwirtschaftlichen Verwertung gefahren. Nur in einzelnen Fällen konnten sich die verschiedenen Vorläufer der Komposttoiletten durchsetzen. Am bekanntesten war der um 1860 von dem englischen Pfarrer Moule konstruierte „Erdabort“. Ein unter dem Sitzbrett angebrachter Behälter war dabei meist mit zunächst trockener Ackererde bedeckt, die den Urin aufnahm und je nach Belüftung des Behälters die überschüssige Feuchtigkeit mehr oder weniger gut abgab. Nach Verrichtung des Geschäfts rieselte aus einem Kasten hinter dem Sitz wieder Erde (z.B. mit beigemischter Asche) darauf (vgl. Abb. 3). Sofern durch die Zugabe ein Trockensubstanzgehalt von 50-60 % eingehalten werden konnte kann man aus heutiger Erfahrung davon ausgehen, daß diese Toiletten ohne bedeutende Geruchsbelästigungen funktioniert haben.

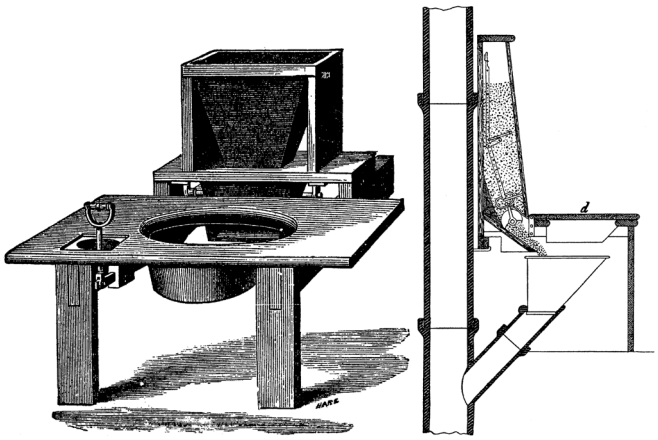


Abb. 3
links: Erdklosetts mit Dekkelstreubüchse und rechts: für den Einbau in mehrstöckige Häuser (aus Illi 1987)

Die Vielfalt betraf jedoch nicht nur die technischen Lösungen, sondern auch die verschiedenen sozio-ökonomischen Regelungen, wie z.B. Wasser- bzw. Abwasserabgaben oder polizeiliche Vorschriften (u.a. SALVIATI et al.1865, IBEN 1895, KOCH 1911, GRAHN 1899-1904, BONNE 1904, 1912). Eine aktuelle, ausführliche, historische Aufarbeitung der unterschiedlichen Lösungen fehlt m.W. bis heute, insbesondere zur Verbreitung der einzelnen Alternativen in Deutschland.

Liernursystem

Unter den Alternativen soll an dieser Stelle etwas ausführlicher auf das Liernursystem eingegangen werden, weil es als Vorläufer der heutigen Vakuumentwässerung gelten kann (vgl. Kap.5). Es geht auf einen Auftrag des Prinzen Heinrich der Niederlande an T. Charles Liernur aus dem Jahre 1865 zurück, die Festung Luxemburg von ihrem Schmutzwasser zu befreien. Er hatte dabei die Auflage, das Schmutzwasser weder in das Flüßchen Elz abzuleiten, noch mit dem Wagen zu entfernen. Das Ableitungssystem, das Liernur daraufhin entwickelte, bestand im Prinzip aus zwei verschiedenen Ableitungsrohren. Das eine führte Haus-, Regen- und Gewerbeabwasser, das andere bestand aus luftdicht miteinander verbundenen gußeisernen Rohren zur Ableitung der Abgänge aus öffentlichen und privaten Abtritten, Pissoirs, Kasernen, Krankenhäusern, Gefängnissen, Stallungen, Schlachthöfen etc.. Die Fortbewegung wurde durch „eine dreiviertel Luftleere“ mittels Pumpstation erreicht. Die Klosetts waren so geformt, daß sie nur eine geringe Menge Wasser benötigten. Die gesammelten Schmutzwassermassen sollten entweder zu „Poudrette“ verarbeitet, oder kompostiert und landwirtschaftlich verwertet werden.

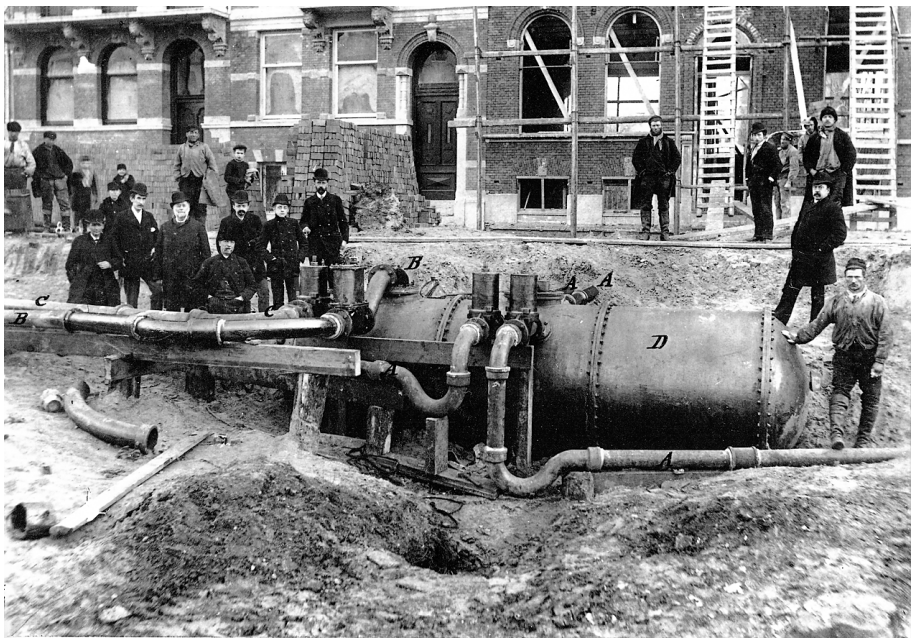


Abb. 4
Foto einer Vakuumpumpstation in der Roemer Visscheustraße Amsterdam vom Juli 1873 (Foto Fa. Roediger)

Von der Verwertung als Dünger versprach sich Liernur auch finanziell einen Gewinn. Alle Fabriken sollten vor einer Einleitung ihre Abwässer selbst reinigen. Um dies überprüfen zu können, schlug er vor, an jeder Fabrikabwasserableitung einen Siphon anzubringen, wo jederzeit eine Wasserprobe zur Überprüfung vorgenommen werden könne.

„Denn erstens wäre es unbillig, wenn der Gewerbetreibende, der den Gewinn aus seinem Betriebe geniesst, seinen Mitbürgern den Schaden und die Kosten einer nachherigen Reinigung aufbürdete, die seine unreinen Abflüsse verursachen. Zweitens ist es unmöglich, eine Flüssigkeit zu reinigen, die allerlei Abfallwässer durcheinander gemischt enthält. [...] Jeder Gewerbetreibende kennt sein besonderes Abflußwasser am besten, – auf ihm ruht daher auch die Verpflichtung, für eine vollkommene Reinigung zu sorgen.“ (LIERNUR 1890, S.29)

Liernur hat sein System in vielen Vorträgen, einer eigenen Zeitschrift „Archiv für rationelle Städteentwässerung“ (1884-1891) und in vielen Presseartikeln mit großem Einsatz zu verbreiten versucht. Gegen die Übermacht der Befürworter des Schwemmkanals hatte er jedoch letztlich keine Chance.

Es ist nicht ganz einfach zu rekonstruieren, aus welchen Gründen sein System damals scheiterte. Eine Vielzahl von Schwierigkeiten standen Liernurs System entgegen (vgl. ZON VAN 1986):

- Es traten Fehler bei der Installation auf, wie z.B. Undichtigkeiten oder Fehlanschlüsse.
- Fehlverhalten bei der Benutzung, z.B. durch Verwendung von zu viel Wasser oder dem Herunterspülen von Gegenständen, die das System verstopften, kam immer wieder vor.
- Die zuständige Verwaltung ging nachlässig mit auftretenden Fehlern oder Beschwerden um. So wurde auch Liernur über Fehler oder technische Mängel nicht unterrichtet.
- Von einer Verbreitung von falschen Informationen sowohl von Befürwortern als auch Gegnern des Systems muß ausgegangen werden.
- Die Fäkalmassen konnten, zum Teil wegen der zu hohen Wasserverdünnung, nicht in der Weise landwirtschaftlich genutzt werden, wie von Liernur erhofft. Sein System umfasste die direkte Verwertung in der Landwirtschaft und hatte als Voraussetzung eine Düngebrache, d.h. die Landwirte hätten die doppelte Menge an Nutzfläche benötigt, um die Fäkalien ausbringen zu können. Inzwischen hatte sich jedoch eine intensive Land-

wirtschaft unter Verwendung von Kunstdünger durchgesetzt und Brachen oder eine Poudretteproduktion war nicht mehr finanzierbar.

- Schließlich spielte sicher auch die Person Liernurs selbst eine nicht zu unterschätzende Rolle. Als Publizist schonte er seine Gegner nicht, und es gelang ihm immer wieder, Menschen, die viele seiner Ansichten teilten, gegen sich aufzubringen.

Dennoch konnte sich das Liernursystem in einigen Neubauvierteln von Amsterdam und Leiden einige Jahre etablieren. Tab. 5 zeigt, zu welcher Zeit wieviele WCs an das Liernur-System in Amsterdam angeschlossen waren (ZON VAN 1986).

Ein Bestandteil dieses Konzeptes war ein System der Düngebrache, d.h. die Landwirte benötigten die doppelte Menge an Nutzfläche um die Fäkalien ausbringen zu können. Aus heutiger Sicht kann man feststellen, daß die Landwirtschaft, da keine kommunalen o.ä. Subventionen für die Düngebrachen geleistet wurden, in das Problem des Fäkalienmanagements ungenügend einbezogen war und hierin vielleicht ein entscheidender Punkt für das Scheitern des Liernursystems in Amsterdam liegen könnte.

Jahr	Anzahl	Jahr	Anzahl	Jahr	Anzahl	Jahr	Anzahl
1899	771	1903	3471	1908	1871	1913	943
1900	1110	1904	3897	1909	1801	1914	514
1901	1375	1905	4354	1910	1730		
1902	2029	1906	4893	1911	1644		
1902	2152	1907	1933	1912	1555		

Tab. 5

In Amsterdam ans Liernur-System angeschlossene WCs (aus ZON VAN 1986)

Alle Vorschläge, die den Nährstoffkreis schließen wollen, funktionieren nur dann, wenn die anfallenden Stoffe von der Landwirtschaft in Menge, Qualität und Konsistenz verwertet werden können.

Wasserfreie Urinale und andere sanitärökologische Alternativen

Neben dem Liernursystem gibt es eine Reihe von Erfindungen vom Ende des letzten Jahrhunderts, die in Zukunft wieder eine Rolle bei der Entwicklung von ökologischen Sanitärkonzepten spielen könnten (vgl. Tab. 6 und Kap. 5). An erster Stelle sei hier „das wasserfreie Urinal“ nach einem Patent von Wilhelm Beetz aus Wien aus dem Jahre 1885 genannt. In Wien, wie in vielen anderen Städten, bestand das Problem, daß in einigen Stadtteilen der Wasserbedarf der öffentlichen Bedürfnisanstalten so hoch war, daß die vorhandenen Wasserleitungskapazitäten nicht ausreichten. So konnte insbesondere bei den Urinalständen der Wasserverbrauch mehr als 100 Liter pro Stand und Stunde betragen. Die Idee von Beetz war ein Syphon, der eine Flüssigkeit enthält (Öl), die leichter als Urin ist, und somit als Verschluß gegen den aufsteigenden Geruch des ablaufenden Urins aus der Leitung fungieren kann, in dem sie immer auf dem im Syphon zurückbleibenden Urin schwimmen bleibt. Bereits nach wenigen Jahren hatte der „Ölsiphon“ eine weite Verbreitung erfahren. So waren in Wien um die Jahrhundertwende bereits 529 von 1238 vorhandenen Urinalen mit einem solchen Siphon ausgestattet. Bereits 1903 hatte Beetz in 25 Ländern ein Vertriebsnetz mit über 30 Vertragspartnern aufgebaut. Beetzsche Urinale gab es zu dieser Zeit in über 300 Städten. Auch in Berlin war es seit etwa 1850 zu intensiven Diskussionen um die Aufstellung von öffentlichen Bedürfnisanstalten gekommen. Ernst Litfaß, Druckereibesitzer und Geschäftsmann bot dem Magistrat an, fünfzig Brunnenumhüllungen und dreißig Urinale auf seine Kosten zu errichten, wenn sich der Magistrat im Gegenzug dazu verpflichtete, alle Anschläge auf seine Säulen zu kleben und diese in seiner Druckerei drucken zu lassen. Es ist zu vermuten, daß er auf diese Idee durch Pissoirs in Paris gekommen war, die sich hervoragend als Plakatanschlageflächen eigneten. Auch London besaß bereits zu dieser Zeit beleuchtete Anschlagsäulen. Der

Magistrat ließ sich darauf ein und am 1. Juli 1855 wurden die ersten 100 „Litfaßsäulen“ aus Portlandzement und 50 Brunnenverkleidungen aus Holz eingeweiht. Aus Kostengründen hatte Litfaß jedoch auf die Pissoire verzichtet und es entbrannte ein jahrelanger Rechtsstreit um die in Aussicht gestellten Pissoire. Es dauerte bis zum Jahre 1862, bis der Magistrat sich unabhängig vom Ausgang des Rechtsstreits entschloß, die Kosten für 15 Bedürfnisanstalten selbst zu übernehmen. Die erste Bedürfnisanstalt Berlins mit einem zweiständigen Pissoir wurde 1863 der Öffentlichkeit übergeben. Bereits 1882 existierten 80 solcher Bedürfnisanstalten und nur 25 davon konnten an die Kanalisation angeschlossen werden, die restlichen wurden über die Straßenrinnen entsorgt. 1893 wurde versuchsweise der erste Beetzsche Ölsiphon eingebaut. Der Versuch verlief so erfolgreich, daß bereits 1902 alle der bis dahin erstellten 121 Pissoirs Berlins mit Ölsiphons umgerüstet wurden. Für Deutschland und Dänemark übernahm 1898 die Fa. Roessemann & Kühnemann aus Berlin in Lizenz den Bau und Vertrieb der Beetzschen Urinale. 1903 existierten bereits in über 50 deutschen Städten Beetzsche Urinale. Zu einem wichtigen Vertragspartner von Wilhelm Beetz wurde 1894 der Schweizer Ingenieur Fritz Ernst. In Turin besaß Ernst eine Fabrik für Sanitärartikel, wie Toilettenstühle, Wasserspülkästen, Fäkalientonnen und Badewannen. Ernst hatte in einer Zeitschrift von der Erfindung Beetz gelesen und sogleich Kontakt zu Beetz gesucht. Als Vertreter für die Schweiz nahm er 1893 Kontakt mit der Verwaltung der Stadt Zürch auf und es kam noch im gleichen Jahr zu einem ersten Versuch. Schließlich kaufte Ernst das Schweizer Patent Wilhelm Beetz ab, schloß mit der Stadt Zürich die ersten Verträge über den Bau und Betrieb entsprechender Anlagen, gab seine Fabrik in Turin auf und verlegte den Sitz seiner Firma nach Zürich. Innerhalb von 10 Jahren (1894-1904) sind von der Fa. Ernst 838 Urinale nach dem System Beetz eingebaut worden. Nach dem Tod von Wilhelm Beetz am 17.5.1921 übernahm Fritz Ernst die Geschäfte der Beetzschen Urinale. Inzwischen war der erste Verkaufsboom vorbei. Aufgrund des inzwischen verbesserten Wasserangebots in vielen Städten war die Nachfrage nach den vergleichsweise wartungsintensiveren Ölpissoirs gesunken. 1927 brachte eine Erfindung von Fritz Ernst wieder einen gewissen Aufschwung. Mit der neuen Konstruktion, eine, mit einem schwarzen Teerpräparat gestrichene, Platte, entfiel das tägliche Bestreichen der Ölpissoirs mit Öl. Schließlich konnte man ab 1930 auch einen weißen Anstrich bekommen. Das Sortiment der Fa. Ernst umfaßte neben den Urinalen viele weitere Produkte aus der Sanitär- und Lebensmittelbranche. Zu den Verkaufsschlagern gehörte ab 1933 auch eine schwedische Registrierkasse. Das Geschäftsvolumen der Fa. Ernst war derart gewachsen, daß sie noch 1933 in eine Aktiengesellschaft umgewandelt wurde. Sie ist m.W. der einzige direkte Nachfolger der Fa. Beetz. 1976 übernahm Herr Illi die Fa. Ernst. Ehemalige Konzessionäre der Fa. Ernst in den USA konkurrieren inzwischen mit der Fa. Ernst um einen wiederentdeckten und wachsenden Markt (Fa. Waterless, Fa. DRL).

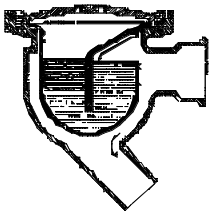


Abb. 5
Ölsiphon nach Beetz

Etwa aus der selben Zeit wie die Ölsiphons stammen auch die ersten „Urinettes“ in Deutschland. Damit bezeichnete man speziell geformte Pissoirs für Frauen. Sie hatten den Vorteil, daß sie auch an Stellen eingebaut werden konnten, wo nur ein 50mm weites Abflußrohr vorhanden war. Inwieweit

auch solche Urinettes in öffentliche Bedürfnisanstalten eingebaut oder gar mit Ölsiphons ausgestattet wurden, ist mir nicht bekannt.

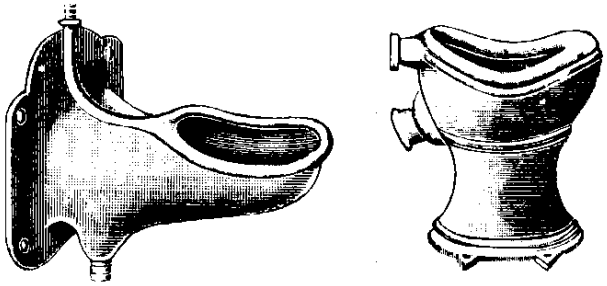


Abb. 6
Urinette-Modelle aus dem 19. Jahrhundert (PIECHOTTKA & WAGNER 1988).

Urinverrieselung auf Lehmwänden

Ein weiteres, im Sinne der Nährstoffrückgewinnung interessantes Verfahren, war die wasserlose Urinableitung und Verrieselung auf Lehmwänden. Aus Hamburg wird beispielsweise von Zeitzeugen berichtet, daß es noch bis zum 2. Weltkrieg Gaststätten gab, deren Toiletten sich im Obergeschoß befanden, von wo aus der Urin per Gefälle in eine im Hinterhof stehende Lehmwand verrieseln konnte. An der Lehmwand verdunstet das Wasser und die Nährstoffe im Urin, vor allem Salpeter, kristallisieren aus. Das Handwerk der damals noch geläufigen Berufsgruppe des Salpeterers bestand darin, den Salpeter von den Lehmwänden zu schaben, um ihn an Munitions- oder Düngemittelfabriken zu verkaufen. Mit der Entdeckung des Chilesalpeters und anderer Düngemittel, lohnte sich das Handwerk nicht mehr und verschwand, genauso wie die Lehmwände (mündl. Mitt. Wroblowski/Schönberger). Bisher sind mir genauere Angaben über die verwendeten Urinale und Größe und Aufbau der Lehmwände nicht bekannt. Aus wärmeren Klimaten, wie z.B. dem Jemen, sind solche Praktiken bis heute bekannt.

Insgesamt gab es neben der Abfuhr eine Reihe von Alternativen der Urin- und Fäkalienbehandlung, die zum einen vollständig in Vergessenheit geraten sind (Lehmwandverieselung), zum anderen bis heute zumindest für Spezialanwendungen weiter entwickelt wurden (Vakuumtoilette, wasserfreie Urinale) und wieder in zunehmenden Maße als Vorbilder für Neuentwicklungen dienen (vgl. Tab. 6).

Tab. 6

Historische Entsprechungen „Kaum etwas ist wirklich neu ?“

	Historische Vorbilder ?	**Aktuelle Entwicklung**
1860	Komposttoiletten (Erdklosetts) etc.: Erste Erdklosetts stammen bereits aus dem Mittelalter; eine historische Aufarbeitung der verschiedenen Varianten fehlt m.W. noch	Vor allem aus den skandinavischen Ländern gibt es eine Vielzahl von Komposttoiletten-Anbietern für die unterschiedlichsten Einbausituationen. In Deutschland liegen vergleichsweise wenige Erfahrungen vor. Die Nachfrage scheint jedoch zu steigen.
1865	Liernursystem (vgl. oben)	Vakuumtoiletten: Sie sind bisher vor allem für Spezialanwendungen entwickelt worden, wie für Schiffe, Flugzeuge usw.. Inzwischen gehen sie auch in Überlegungen von ökologischen Sanitärkonzepten ein oder zur Wasserersparnis bei z.B. Raststätten mit hoher Benutzerfrequenz. Vakuumentwässerung: Vor allem im Einsatz bei großen spezifischen Leitungslängen und schwierigen Geländen oder Einbausituationen
1870	Intermittierender Bodenfilter: Frankland hat um 1870 positive Erfahrungen mit der alternierenden Beschickung von Bodenfiltern gemacht, das Verfahren hatte im Gegensatz zum Rieselfeld den Vorteil des wesentlich geringeren Flächenbedarfs.	Die Funktionstüchtigkeit von bepflanzten Bodenfiltern (Pflanzenkläranlage) gilt inzwischen als unbestrittene Alternative der Abwasserbehandlung für den ländlichen Raum.
1885	Wasserfreie Urinale: Die Entwick-	Bereits kurz nach dem zweiten Weltkrieg

	lungen des Herrn Beetz aus Wien hat sich kurz vor der Jahrhundertwende vor allem aus Wassermangel und fehlenden Kanalisationen in den öffentlichen Bedürfnisanstalten sehr schnell verbreitet.	hat der Gründervater der Fa. Ernst in Zürich das Prinzip der Beetzschen Urinale übernommen und weiterentwickelt. Jahrzehntelang galt die Fa. Ernst als der einzige Hersteller. Seit 1991 ist eine weitere Fa. aus den USA (Fa. Waterless) dabei, wasserfreie Urinale weltweit zu vermarkten. Weitere Firmen wollen ähnliche Produkte anbieten.
vor 1850	Brauchwassernetz: 1852 wurde auf einem internationalen Kongreß in Brüssel beschlossen, daß es nur ein öffentliches Trinkwassernetz mit einer Qualität an Wasser (Trinkwasserqualität) gibt. Vorher die Nutzung bereits gebrauchten Wassers und die Versorgung damit in offenen Leitungen weit verbreitet (vgl. Kap. 2.7)	Die Entscheidung des einheitlichen Wasserversorgungsnetz hat sich bewährt. Trotzdem kommen in den letzten Jahren Zweifel an der Richtigkeit dieser Entscheidung auf. Es ist mittlerweile im allgemeinen Bewußtsein, daß weniger als 3% des Trinkwassers auch als Trinkwasser genutzt wird. Und es machen sich immer mehr darüber Gedanken, ob für das Wegspülen von Fäkalien und Urin hochwertiges, teures Trinkwasser benutzt werden muß. Die Nutzung von Regenwasser und Wassersparmaßnahmen erleben deshalb und angesichts steigender Wasserpreise und entsprechender Werbekampagnen in den letzten Jahren einen kleinen Boom (Schätzungsweise ca. 100 000 Regenwassernutzungsanlagen in den letzten 5 Jahren). Hannover plant z.B. für die Expo 2000 ein solches Grauwassernetz.
bis ca. 1880	Trennung von Grau- und Schwarzwasser: Bis zum Ende des letzten Jahrhunderts war das Verbot der Fäkalieneinleitung die Regel.	Getrennte Behandlung von Grau- und Schwarzwasser: Inzwischen beschäftigen sich eine Reihe von Arbeitsgruppen wieder mit der getrennten Behandlung von Grau- und Schwarzwasser (vgl. Kap. 5)
bis 1940	Urinverrieselung an Lehmwänden zur Salpetergewinnung	Es gibt aus den letzten Jahren wieder eine Reihe von Überlegungen zur Nutzung der Nährstoffe im Urin (z.B. ANS-System, Larsen & Gujer 1996, vgl. Kap. 5).
?	Urinale für Frauen	In den letzten Jahren wird wieder verstärkt darüber nachgedacht Urinale für Frauen zu entwickeln (z.B. BauFachfrauen Berlin).
?	Separations (Urintrenn)-toiletten: Aus welcher Zeit diese Entwicklung stammt, ist mir nicht bekannt.	Separationstoiletten spielen vor allem in den skandinavischen Ländern in Kombination mit Kompostern eine Rolle. In Zukunft könnten sie in ökologischen Sanitärkonzepten in Kombination z.B. mit wasserlosen Siphons od. Vakuumtechnik eine interessante Alternative sein

2.7 Volksentscheid gegen die Einführung der Kanalisation in Basel

In den folgenden Kapiteln soll anhand der Städte Basel, Freiburg und der Auseinandersetzung um die Kanalisation Mannheims gezeigt werden, wie sehr sowohl die lokalen Verhältnisse, als auch die sich bildende wissenschaftliche „Community“ durch Gutachten die wasserwirtschaftlichen Entscheidungen beeinflußten.

Wasserwirtschaft in Basel vor 1850

Bis zum Vollausbau der öffentlichen Wasserversorgung Basels bestanden elf öffentliche "Brunnenwerke", davon zehn mit einer Zuleitungslänge von insgesamt 22 km von den Quellen bis zur Stadtmauer. Daneben gab es

- die „Sodbrunnen“, die Grundwasser lieferten,
- die „Lochbrunnen“ und „Stockbrunnen“ gespeist mit Quellwasser und
- die „Abwasserbrunnen“ die mit Überlaufwasser aus höher gelegenen Brunnen gespeist wurden.

Für das "Abwasser" bzw. Überlaufwasser wurde teilweise eine Gebühr verlangt. Dies zeigt deutlich, wie hoch im Kurs selbst schon gebrauchtes Wasser in früheren Jahrhunderten stand und wie unentbehrlich trotz eines geringen Bedarfs. Heute würde eine Wasserversorgung aus den „Sod- und Abwasserbrunnen“ aus hygienischen Gründen kaum mehr in Betracht kommen. Bis zu den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts dienten in Basel noch offene Fließgewässer oder angelegte Gräben als "Sammelkanäle" für häusliche und gewerbliche Abwässer, aber zum Teil auch für feste Abfälle aller Art wie in vielen anderen Städten auch. Als Hauptabwasserkanal der Stadt Basel mußte bis in die 1880er Jahre der Rheinzufluß „Birsig“ herhalten. Insbesondere bei Niederwasser muß es dort zu erheblichen Geruchsbelästigungen gekommen sein.

Dohlen und Agden als Vorläufer der Kanäle

In die offenen Fließgewässer mündeten über 1000 öffentliche und private "Dohlen" und "Agden". Als Agden bezeichnete man kleinere Kanäle, die vor allem Regenwasser und flüssige Abfallstoffe in die Flüsse leiteten. Unter den ohne Wasserspülung eingerichteten Abtritten gab es solche, die unmittelbar über einem Fließgewässer angebracht waren, solche, die an eine Dohle angeschlossen waren und solche, die sich über Sickergruben befanden. In höheren Lagen baute man „Abtritthürme“ (mit Sickerschächten). Die Gruben und "Thürme" wurden in der Regel erst dann geleert, wenn sie überliefen. Die Anlagen lassen durchaus auf unangenehme Gerüche schließen. Das meiste Regen- und Schneewasser floß bei genügendem Gefälle durch die Gassen direkt ab.

Cholera in Basel 1855

Im Jahre 1855 brach in Basel die Cholera erstmals epidemisch aus. Während man in Basel bis dahin Krankheiten wie Cholera als unausweichliche Schicksalsschläge hinnahm, bekam man es nun bei dem massenhaften Auftreten und der sehr hohen Sterblichkeit von 54% der Erkrankten mit der Angst zu tun. Das Thema blieb von da ab über einige Jahrzehnte eines der wichtigsten für die Stadt Basel, man wollte die Ursachen analysieren und Abhilfe schaffen. Bereits in der Erwartung der sich nähernden Cholera hatte der Rath im Juli 1854 eine "Cholera-Commission" gebildet, die am 20. September 1854 in der *"Verordnung betreffend Aufsicht über Reinlichhaltung der Häuser, Strassen u.s.w."*. im § 1 zu einem eigenen Ausschuß erweitert wurde.

Im "Generalbericht des Choleraausschusses" vom 22. April 1856 wurde neben den mangelnden Einrichtungen zur Wasserversorgung und Entwässerung folgende „sanitätspolizeiliche Übelstände“ beklagt:

- Fehlende Straßenreinigung und Kehrichtabfuhr,
- Vernachlässigte öffentliche Bedürfnisanlagen,
- Übelriechende Gewerbe (Schlachthäuser, Gerbereien u.a.m.)
- Stallungen mit Misthaufen.

In der Folge des *"Generalberichts"* erließen der Bürgermeister und der Rath am 21. August 1858 die "Neue Dohlen-Ordnung" als Ersatz der letzten alten "Dohlen-Ordnung" 117 Jahre zuvor. Die Verbesserungen bezogen sich vor allem auf die Wartung, regelmäßige Säuberung und Instandsetzung der Dohlen. In ihr hatte man im wesentlichen vergessen, privat erstellte Dohlen von öffentlich erstellten Dohlen zu unterscheiden. Diesen Mangel glich eine überarbeitete "Dohlen-Ordnung" vom 20. März 1865 aus. Im gleichen Jahr erließ der Sanitätsausschuß zwei *"Kundmachungen"* betreffend *"sanitärischer Vorkehrungen"* und *"Desinfektion von Abtritt und Dohlen"* vom 26. Oktober bzw. 16. November 1865.

Gutachten von Pettenkofer

Darüber hinaus beauftragte 1866 das Baukollegium den prominenten Hygieniker Prof. Dr. Max von Pettenkofer (München) mit der Ausarbeitung eines *"Gutachtens über die Kanalisierung der Stadt Basel mit besonderer Rücksicht auf das Bett des Birsig-Flusses"*.

Dieses Gutachten ist so differenziert wie nachdenklich:.

(Pettenkofer 1867)

„Man muß sich darüber einigen, was man sammeln will und darf. ... Man wird darauf sehen, dass man nicht Dinge von denen sich die einen zum Fortschwemmen, die anderen zum Sammeln und Abführen eignen, in einer Weise mit einander mischt, wie man z.B. an vielen Orten das Regenwasser und Abwasser der Brunnen auf den festen Unrath in den Gruben leitet, die geräumt werden sollen. Unser Ziel muß sein, dem abzuleitenden Wasser so wenig als möglich organische, der Fäulnis und Verwesung fähige düngende Stoffe zu übergeben, und wir werden darauf zu achten haben, dass wir für verschiedene Abfälle verschiedene Örtlichkeiten bestimmen, nicht für alle einen gemeinsamen Ort. Dieses Princip geht allerdings in vielen Stücken stark gegen die Herrschenden Ansichten und unsere bisherigen Gewohnheiten, aber seine Richtigkeit im Allgemeinen scheint mir so einleuchtend und wahr zu sein, dass ich es jeder Verwaltung als leitenden Grundsatz empfehlen kann.“ ... „Liebig (Pettenkofer hat unter anderem bei Liebig studiert, A.d.A) hat in einer Weise, dass kein Widerspruch möglich ist, die Wahrheit ausgesprochen und uns unablässig vorgehalten, dass die Exkremente Bestandtheile des Ackers und der Wiese enthalten, die wieder auf diese zurückgebracht werden müssen, wenn ihre Fruchtbarkeit erhalten werden soll. Der grosse Naturforscher hat sich dadurch bei vielen Optimisten vielleicht unangenehm gemacht, aber er kann nicht widerlegt werden: man kann ihm nichts entgegenhalten, als dass unsere Felder und Wiesen noch nicht in dem Zustande sind, den Liebig in der Zukunft befürchtet,..“. . „... Die grossen Massen Wasser, welche zur Fortschwemmung des Unrathes erforderlich sind, verhindern nicht nur jede andere Art der Düngung, als die Berieselung, sie erschweren auch die Aufspeicherung bis fast zur Unmöglichkeit“.

„Schon die Zumischung der gewöhnlichen Abwasser des Hauses zu den Excrementen in den Abtrittgruben hat jede lohnende Verarbeitung ihres Inhaltes zu einer transportfähigen Düngermasse unmöglich gemacht, und alle Poudrettefabriken, die auf dieser Grundlage errichtet wurden, sind deshalb auch durch die grossen Wassermassen finanziell zugrunde gegangen. Diese Wassermengen sind auch Ursache, warum der Grubeninhalt überhaupt keinen Transport in einem grössern Kreis um die Städte verträgt. Selbst wenn Harn und Koth ganz unvermischt gesammelt und aufbewahrt werden, so enthalten sie bereits mindestens 93 Procent Wasser. Um also 7 Pfund eigentlichen Dungstoff auf das Feld oder die Wiese zu fahren, welches wir noch überdies beimischen, erhöht immer wieder die Transportkosten und verringert den Werth des Düngers noch mehr. ....“

„Für Basel erscheint deshalb auch aus Salubritäts-Rücksichten und abgesehen von der Rücksicht, welche die Hygiene in letzter Instanz immer auf den Ackerbau zu nehmen hat, welcher zur Ernährung der Menschen in demselben unzertrennlichen Verhältnisse steht, wie die Ernährung der Gesundheit, das Spülsystem nicht unbe-

dingt empfehlenswerth, sondern als etwas mit Maas und Vorsicht zu Benützendes.“ ...

„Die grosse Annehmlichkeit der Waterclosets im Hause hat die unangenehmen und schädlichen Seiten des Spülsystems ausser dem Hause übersehen lassen.“

Es folgt im Gutachten ein Vorschlag für ein Abtrittsystem mit Sammlung der Exkremente in Fässern, einige kritische Anmerkungen vor allem zum Aufwand der Abfuhr und allgemeine Hinweise zur Verlegetechnik eines Kanalnetzes sowie die Beantwortung konkreter Fragen des Sanitäts-Collegiums.

Das Gutachten Pettenkofers war durch seine Unentschiedenheit und eher abwägende Haltung wahrscheinlich keine sonderliche Hilfe für den Rath.

Bericht und Anträge des Kantoningenieurs

In der Folge wurde dem Kantonsingenieur der Auftrag erteilt, zunächst einmal eine Bestandsaufnahme zu machen und *"mit den Studien über die Correction des Birsig auch die Correction des, in denselben ausmündenden Dohlennetzes zu verbinden und Vorschläge über dessen Verbesserung einzureichen"*. Gemäß den einleitenden Ausführungen im "Bericht und Anträge des Kantons-Ingenieurs über das Dohlenwesen" vom 10. Mai 1867, gab es nebst 1144 m Fließgewässer und in den Stadtgraben ablaufenden Abtritten, zahlreiche isolierte Senkgruben außerhalb, ja sogar in den Häusern sowie viele Zisternen. In einer *"Vergleichung der verschiedenen Systeme"* stellt der Bericht das *"Schwemmsystem"* dem *"Kübel-Systeme"* und der *"Anwendung der Senkgruben"* betrieblich und kostenmäßig gegenüber und befürwortet – je nach örtlichen Verhältnissen -, ersteres oder das zweitgenannte Verfahren. Nach Abwägen aller Vor- und Nachteile der drei Verfahren hielt das Sanitätskollegium im *"Bericht betreffend Birsig und Dohlenwesen"* vom 15. Oktober 1869 fest,

"dass das Schwemmsystem nach dem Muster von England und Hamburg unbedingt jedem vorzuziehen sei, weil es allein von der Gesundheitslehre gestellten Forderungen entspreche und zugleich am leichtesten durchgeführt und kontrolliert werden könne".

Es schlägt zudem die Investition in den Bau eines qualitativ hochwertigen Kanalnetzes vor, daß gut zugänglich, leicht zu reinigen sein sollte und bei Reparaturen möglichst wenige Erdarbeiten an der Straße erfordert. Bezüglich des Bestimmungsortes ist das Sanitätskollegium der Meinung:

"Der Rhein ist uns dafür (für die Abgänge) der natürlichste und ein übermässig hinreichender Abnehmer".

Aufgrund dieses Beschlusses wurde vom Kantonsingenieur ein sorgfältiger Plan zur Kanalisation Basels ausgearbeitet.

Gutachten von Wiebe, Bürkli und Lindley

Um das Risiko einer so hohen Investition nach allen damaligen Möglichkeiten abzusichern, wurden keine geringeren, als die Experten **Lindley** (England), **Wiebe** (Berlin) und **Bürkli** (Zürich) um ihre Meinung gebeten. In ihrem *"Technischen Gutachten über ein Entwässerungs-System"* für die Stadt Basel vom 7. März 1872 erklärten die drei gemeinsam Beauftragten, daß sie sich dem *„Programm“* des Kantonsingenieur Merian *„vollständig anschliessen“*. Ihre Einschränkung *"die städtischen Abflüsse auf die Dauer nicht ungereinigt den öffentlichen Wasserläufen zuzuführen, und die in diesen Abflüssen enthaltenen wertvollen Düngstoffe nicht zu verschwenden"* mutet heute eher als Zugeständnis an die Argumente der Gegner an, als an eine ernst zu nehmende Aufforderung.

Damit sich die Investition in eine moderne Kanalisation auch richtig lohnt, war es nur folgerichtig, daß sich die Frage anschloß, ob nicht auch die Fabrikabwässer auf die gleiche Weise entsorgt werden könnten.

Gutachten zur Einleitung industrieller Abwässer in die Kanalisation

Die Frage ob der Rhein das verkrafte wurde gar nicht erst gestellt. Die Sorge drehte sich vor allem darum, ob die Kanäle die Abwässer aushalten würden. Ein chemisch-technisches Gutachten über den *"Anschluss der Fabriken an die öffentlichen Dohlen"* von Professor J. Piccard am 26.6.1873 beantwortete

diese Frage:

"Nach Kenntnisnahme des Sachbestandes und nach Rücksprache mit competenten Technikern, habe ich mich überzeugt, dass ein solches Mittel (gegen Schädigung der Dohlen) nicht nur existiert, sondern practisch zumutbar ist, nämlich die Neutralisation aller sauren Fabrikabflüsse".

Es folgten weitere Beratungen des Projektes Kanalisation von Basel bis schließlich am 1. Februar 1875 der Bürgermeister dem Großen Rath den *"Rathschlag und Gesetzentwurf betreffend die Kanalisation Basel"* zur Beratung und Abstimmung vorlegte (vgl. auch GÖTTISHEIM 1873). Dem Gesetzesentwurf lag eine Kostenschätzung des Projektes mit einer genannten Gesamtsumme von Sfr. 3.075.000,- bei. Da diese Summe auch für eine Stadt wie Basel mit 52.000 Einwohnern ein *„bedeutendes Opfer"* schien, wurde die Frage an eine Kommission zur Beratung übertragen, die ein Jahr später am 21.Januar 1876 ihren positiv ausfallenden Bericht vorlegte, so daß am 6. März 1876 das Parlament den Gesetzesentwurf billigte.

Volksentscheid betreffend des Gesetzes zur Kanalisation in Basel (Nach Vorschrift des § 11 des Gesetzes betreffend des Verfahren bei Ausübung der Initiative und des kantonalen Referendums, vom 16. November 1875)

Inzwischen war das Projekt in der Bürgerschaft zu einem gewichtigen Gesprächsthema geworden und es herrschte geteilte Meinung darüber, so daß die Gegner des Projektes sich organisierten und *"das verfassungsmässige Begehren, das Gesetz für die Canalisation (Kantonsblatt vom 15. März 1876) dem Referendum zu unterstellen"* (Volksabstimmung). Dies ist um so bemerkenswerter, als dies der erste Volksentscheid in der Schweiz überhaupt nach Einführung des neuen Gesetzes über das kantonale Referendum war. Auch in der Schweiz war zum Thema Kanalisation die Volksabstimmung eine Ausnahme. Keine Ausnahme bildete Basel jedoch darin, daß das Thema Kanalisation „ja oder nein", und unmittelbar damit verknüpft die Frage nach den Spültoiletten öffentliches Gesprächsthema war. Entsprechende Informationsveranstaltungen waren auch in Zürich und Bern gut besucht. Die Abstimmung wurde sowohl von Kanalisationsbefürwortern wie Gegnern gut vorbereitet.

Vor allem für die Spültoilette wurde geworben. Öffentliche Aushänge schilderten die Vorzüge der stillen Örtchen und dem Großen Rath wurde im März 1876 eine Erklärung von 109 Hauseigentümern mit folgendem Wortlaut vorgelegt:

„Die unterzeichneten Hausbesitzer erklären hiermit, daß die in ihren Wohnungen seit Jahresfrist und mehr eingeführten Wasserclosets nebst Syphon allen hissigen Anforderungen genügen, zu ihrer vollen Zufriedenheit arbeiten, und daß sie deshalb keinen Anstand nehmen, dieses System der Closette als zweckentsprechende geruchlose Einrichtung zu empfehlen."

In der Erklärung folgte eine Liste von 20 Adressen von Hauseigentümern, die ihre Einrichtungen zu Besichtigungen für jedermann zur Verfügung stellten.

Die Volksabstimmung fand am 11. Juni 1876 statt. Das Gesetz wurde mit 4019 von 5213 abgegebenen gültigen Stimmen abgelehnt. Stimmberechtigt waren 7599. Eine auch für damalige Verhältnisse hohe Wahlbeteiligung (wenngleich auch ohne Frauen nicht einmal 20 % der Bevölkerung wahlbeteiligt waren).

Die Gründe warum sich die Basler trotz der Befürwortung durch Politik und Stadtverwaltung so deutlich gegen das Gesetz zur Kanalisation votierten sind vielfältig. Die wichtigsten lassen sich aus den Ja - bzw. Nein Parolen (verbreitet als Handzettel und über Aushänge) entnehmen.

Aushang der Befürworter zum Volksentscheid betreffend des Gesetzes zur Kanalisation in Basel vom Mai 1876

„Ein Wort zur Abstimmung über das Kanalisationgesetz am 11. Juni 1876

Seit einer langen Reihe von Jahren haben sich die hießigen Sanitäts- und Baubehörden, veranlaßt durch verschiedene tief einschneidende Epidemien, mit der Frage beschäftigt, in welcher Weise am zweckmäßigsten allen den Uebelständen könne abgeholfen werden, welche mit der Verunreinigung des Bodens in unserer Stadt sind. Zu den alten, in mangelhaftem Zustande sich befindenden Dohlen und Thür-

men, welche einen durchgreifenden Umbau dringend erheischen, kam in neuerer Zeit noch ein Faktor, nämlich die Zuleitung von großen Wassermengen, welche nur dann von einer salubren Wirkung sein können, wenn auch für ihre gehörige Ableitung gesorgt wird.

Das Resultat der sorgfältigen Erhebungen, sowohl durch hiesige Fachmänner als auch durch fremde Experten, welche über weit reichende Erfahrungen geboten, war die dem Großen Rathe am 1. Februar 1875 gemachte Vorlage, in welcher ein Kanalisationsprojekt mit Schwemmsystem emphohlen wurde, ein Projekt, sich um so mehr als ein wohlduschdachtes, den Bodenverhältnissen unserer Stadt mit großem Scharfsinn angepaßtes erweitst, je tiefer man in die Kenntnis derselben eindringt.

Nachdem der Große Rath zwar ganz unabhängig vom Kanalisationswerk, doch mit Hinblick auf dasselbe die Wasserversorgung, welche schon die Hälfte der Wohnhäuser gewonnen hatte, von den Eigenthümern erworben sich so ein wesentliches Element in dem ganzen Organismus gesichert hatte, nahm er am 18. Oktober 1875 die Kanalisation mit Schwemmsystem im Prinzipe mit überwiegendem Mehr an und beauftragte eine Komission von Männern, deren Einsicht er sein Vertrauen schenkte, mit der Prüfung und Begutachtung des Gesetzes, das am 6.März 1876 vom Großen Rathe selbst angenommen wurde.

Niemand wird sich darüber wundern, daß ein solches die ganze Stadt mit allen ihren Verschiedenheiten der Lage, der Bauart, den Einrichtungen umfassendes Gesetz Bedenken erregt, zumal da für den Einzelnen der Zusammenhang des Ganzen und die für jede Wohnung daraus sich ergebenden Folgen nicht klar übersehen werden können; aber ebenso wird Niemand verkennen, daß eine das allgemeine Wohl fördernde Maßregel von so bedeutender Tragweite nicht durchgeführt werden kann, wenn nicht der Einzelne sich dazu versteht, die privaten Interessen dem Allgemeinen unterzuordnen.

Und daß diese Kanalisation das allgemeine Wohl fördere, wer wollte es bezweifeln ? Die Grundlage der Gesundheit ist die Reinlichkeit und auf dem Boden der Gesundheit baut sich die Freude am häuslichen Leben und das Glück der Familie. Wenn je eine Unternehmung dahin gezielt hat, gewisse, bisher mehr dem Begüterten zukommende Wohlthaten des Wohnens, Allen, auch den Aermsten zu verschaffen, so ist es die vorliegende, welche mit dem vom Großen Rathe fast ohne Widerspruch angenommenen Gesetze durchgeführt werden soll. Sie soll innerhalb einer nicht zu langen Frist die sanitarischen Uebelstände heilen oder zu heilen Streben, welche besonders den innern Theilen der Stadt anhaften, und an einzelnen Orten zu einer wahren Schande und Kalamität geworden sind; sie soll aber auch möglich machen, daß die neu entstehenden Stadttheile durch zweckmäßige Einrichtung gleich von Anfang an vor dem Pflanzen und Umsichgreifen solcher Schäden bewahrt bleiben.

Die Gegner des Gesetzes bekämpfen dasselbe mit Gründen unzureichender Art. Sie fürchten Verschiebung anderer wichtiger Arbeiten oder schützen gar die Verunreinigung des Rheinstromes vor, oder hegen Bedenken in Bezug auf die Landwirtschaft, Möchte neben diesem Allem bei keinem Stimmberechtigten ein Motiv den Ausschlag geben, das nämlich, das Gesetz zu verwerfen, weil es Ansprüche an den Steuerpflichtigen erhebt.

Unser kleines Gemeinwesen, dem keine großartigen Mittel zur Verfügung stehen und dem kein reicher Kanton in seinen Arbeiten zu Hilfe kommt, hat sich zu allen Zeiten muthvoll an bedeutende Aufgaben gemacht, und hat jeweilen in dem Gemeinsinn der Bewohner, der Reichen und der Armen, die Kraft zu deren Lösung gefunden; freudiges, opferwilliges Zusammenwirken hat große Schwierigkeiten überwunden, große Schöpfungen ermöglicht.

Wir stehen vor einem solchen Werke! Sollte nicht der oft gehörte Wahlspruch zu Wahrheit werden:

Einer für Alle, Alle für Einen !

Wer ihn zur Wahrheit machen will, der stimme am 11. Juni mit

Ja!

Die unterzeichneten Mitglieder des Großen Rathes: “

(es folgen die Namen von 86 Mitgliedern...)

Die Kanalisationsgegner:

Aushang der Befürworter zum Volksentscheid betreffend des Gesetzes zur Kanalisation in Basel vom Mai 1876

„Werthe Mitbürger!

Nachdem von einer großen Zahl Stimmberechtigten das Referendum in der Kanalisationsangelegenheit ergriffen worden ist, erlaubt sich das Referendums-Comité nachstehende Auseinandersetzungen unseren Mitbürgern der einläßlichsten Erwägung dringend zu empfehlen. Wir halten es als unsere Pflicht, unsern Standpunkt in dieser Angelegenheit schließlich nochmals klar zu bezeichnen.

Vor Allem beziehen wir uns auf folgende Gutachten, welche uns zugegangen und vorgelegt worden sind, nemlich:

Ingenieur Lehfeld spricht sich in der Zeitschrift Deutscher Ingenieure in seinem Reisebericht über die Entfernung der städtischen Abfallstoffe folgendermaßen aus:

‘Auch in England herrscht bezüglich dieser Frage noch keine übereinstimmende Meinung, indem man dem Schwemmsystem vorwirft, daß es zu kostspielig sei, das Untergrundwasser vergifte, schädliche Gase austreten lasse und hauptsächlich darin nicht befriedige, daß noch keine überall anwendbare ökonomische Verwerthung und Reinigung des Wassers gefunden sei. Die theilweise Trennung der festen Excrementstoffe von den flüssigen verursacht abermals neue Kosten und Schwierigkeiten. Zweckmäßig erscheint die Getrennthaltung des Regen-, Grund- und Gewitterwassers, weil dann mit kleineren und aus undurchdringlichem Material herstellbaren Kanälen auszukommen und eine bessere Spülung möglich ist.’

Dr. S.B. Baist, Betriebsdirector der chemischen Fabrik Griesheim, Dr. Rud. Böttger, Prof. der Chemie, G. Hasselmann, Generalsecretär der süddeutschen Ackerbaugesellschaft, Dr. G. Haag, Präsident des Frankfurter landwirtschaftl. Vereins, Dr. B.C. Nippold, Docent der Physk, Dr. Th. Petersen, Dr. med. B. Ballach commentieren den Haupteinwand:

„Die Exkremente in den Kanälen zersetzen und verunreinigen die Luft in den Straßen, unter Umständen selbst unmittelbar auch die Luft in den Häusern, welche mit den Kanälen verbunden sind...’

in folgender Weise:

‘Es ist bekannt, dass Wasser kein Desinfectant faulender organischer Substanzen ist, wie die Anhänger des Spülsystems die Welt gerne glauben machen wollen, sondern daß es deren Zersetzung bewirkt, und daß durch die dabei entwickelten Gase die Luft verunreinigt wird, nicht vielleicht, nicht manchmal, sondern nach unabänderlichen Naturgesetzen unfehlbar in allen Fällen, wo es mit demselben in Berührung kommt.’

Aus einem Bericht der Deutschen chemischen Gesellschaft aus Berlin entnehmen wir:

‘Die üblen Folgen und Schattenseiten des Schwemmsystems zeigen mehr die Nothwendigkeit einer gesonderten Abfuhr der Fäcalmassen aus Städten; hauptsächlich, da eine Entfernung sämtlichen städtischen Unraths mittelst Wasser ein Volumen Canalinhalt producirt, dessen richtige Behandlung überall die städtischen Behörden in die größten Verlegenheiten gebracht hat. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß bei dessen Anwendung keine andere Wahl bleibt, als Flußverpestung oder Wiesenüberrieselung, daß letztere jedoch in den meisten Fällen durch Localverhältnisse nicht ausführbar ist und in keinem durch die erzielte landwirtschaftliche Ernte die Kosten der Anlagen deckt. Man kann nicht sagen, daß die Landwirtschaft irgend einen Vortheil dabei genieße, und äußerst geringe Ertrag wird ausschließlich auf Kosten der Städte erzielt. Auch in diesem Falle ist Wasser wohl das möglichst theure Transportmittel, denn man kann nicht, wie in einem Schiffahrtscanal, das nämliche Wasser zum Transport Tausender von Tonnen benutzen, sondern muß für jedes Pfund 4(?) bis 5(?) Pfund neues Wasser herbeischaffen, dies muß erst in eine Stadt hineingepummt werden, erfordert somit kostspielige Anlagen und riesenhafte Capitalien. Außerdem ist es jetzt bekannt, daß bei gemauerten Canälen, welche faulende organische Substanzen abführen, eine Bodenvergiftung unvermeidlich, sowie auch eine Entweichung der in denselben entwickelnden gesundheitsschädlichen Gase nicht zu verhindern ist. Ferner hat dies System den Mißstand, daß es den Gebrauch von Wasserclosets bedingt, welche Einrichtung sowohl durch die unumgänglichen

wiederholten Reparaturen, als auch durch die Kosten des dafür nöthigen Wassers, für den größten Theil einer städtischen Bevölkerung viel zu theuer ist.'

Die Ingenieure Wiebe, Lindley und Bürkli sagen in ihrem Gutachten an die Basler Behörden, S. 16:

'Die wohljedsten Closets für die ärmeren Klassen bestehen nur aus einem Becken mit Syphonrohr aus glasiertem Steingut. Dieselben brauchen indes viel Wasser.

Gegen das Einfrieren ist vorzugsweise das Zuleitungsrohr von der Wasserleitung zu schützen, indem das selbe durch mäßig erwärmte Räume geleitet wird. Wasserclosetts außerhalb der Häuser sind schwer gegen das Einfrieren zu schützen, und daher im Allgemeinen nicht zu empfehlen. An solchen Stellen wird man sich mit Kübeln behelfen müssen.'

Anmerkung des Referendum Comité. Da nun in Basel einen ganz enorme Zahl von Aborten in Hinterhäusern, in Hofräumen, Lauben u.s.w. angelegt sind, so müssen entweder diese mit ganz gewaltigen Kosten in das eigentliche Wohngebäude verlegt werden, oder dem Rathe der Herren Regierungs-Experten zu Folge, das Kübelsystem, das wir in Basel aus guten Gründen nicht wollen, keine Anwendung finden.

Herr Dr. Reißer von Zürich, der uns ebenfalls zur Verwerfung des Gesetzes ermahnt, schreibt uns unter anderem:

'An Hand der neusten Erfahrungen, Untersuchungen und Berichte ist die Einführung der Schwemmcanalisation keine Wohlthat für die öffentliche Gesundheit, im Gegentheil muß sie als Ursache einer Reihe von Epidemien und ungünstiger Gesundheitsverhältnisse beschuldigt werden...'

Dr. Mittermeyer von Heidelberg schreibt unter Anderm:

'Durch die Anwendung von Schwemmcanälen werden die Fäcalien mit so viel Wasser gemischt, daß sie in Fäulnis übergehen, anstatt auf dem Acker unschädlich zu verwesen und früh oder spät die Brutstätte von Krankheitskeimen werden müssen. Es ist bekannt, daß sich der Erbauer der Londoner Canäle, W. Hywood, jetzt nach seiner großen Erfahrung in ganz gleicher Weise selbst dahin ausspricht.'

Dr. Vogt von Bern schreibt uns:

'Es ist eine bemühende Sache nach so vielen und trefflichen Vorarbeiten doch vor Thorabschluß seine warnende Stimme erheben und die Verwerfung des Gesetzes befürworten zu müssen. Wenn hierdurch die Lösung der sanitarisch so wichtigen Frage verzögert wird, so trifft die einzige Schuld diejenigen Persönlichkeiten in den Behörden, welche seither in so einseitiger Weise sich einem Canalisationssystem zugewandt, welches unerschwingliche Gelder verschlingt, ohne daß es jemals andernwärts, wo es zur Durchführung gekommen, den sanitarischen, landwirtschaftlichen und finanziellen Erwartungen entsprochen hätte.'

So bemühend es auch ist, daß bei uns Jedermann, der sich nicht blindlings zu den von den gewissen Leuten als maasgebend bezeichneten Ansichten bekennt, scheel angesehen oder gar verdächtig und bespottet wird, so auffallend ist andererseits das alle Autorität im sich allem in Anspruch nehmende Gebahren derjenigen, von denen jeder Gebildete gerade die größte Unparteischsten zu erwarten berechtigt ist. Bescheidenheit und Demuth sind die Hauptaufgaben des wahren Gelehrten zu allen Zeiten gewesen und deshalb ist die einseitige Behauptung, in dieser Sache allein Recht zu haben eine wahre Dummheit, ein Aberkennen des gesunden Menschenverstandes bei der generischen Seite und den andersdenkenden Gelehrten wie Dr. Reiser in Zürich, Dr. Vogt in Bern, Dr, Mittermeyer in Heidelberg, Prof. Müller in Berlin u.a.

Da nun die Canalisation mit Schwemmsystem durchaus keine sanitarischen Vortheile bietet, sondern nur schwere Befürchtungen für die Zukunft erwecken muß, ist es gewiß nicht gerechtfertigt, dies. vorzunehmen, wenn nicht die Bedürfnisse dies erheischen. Unsere äußeren Quartiere geben aber zur Zeit zu keinen Klagen Veranlassung, es ist auch durchaus keine Gefahr vorhanden, daß in diesen je jene Zustände Platz greifen werden, dagegen schützt uns das neue Baugesetz, die Anlage von breiten Straßen, und wenn eine genaue Controlle und eine gehörige Aufsicht über die bestehenden Cysternen noch dazu kommt, so ist gewiß allen, auch den rigo-

rosesten(?) Anforderungen Genüge geleistet und es wird daher vollständig genügen, wenn die Birsigcorrection vorgenommen und die Uebelstände in der untern Stadt beseitigt werden. Durch ein Aufgeben eines allgemein durchgreifenden Projektes könnte diese aber auch sofort dazu zur Hand genommen werden und es bedarf also nur der Verwerfung des Gesetzes, um sofort dazu zu gelangen. Die Birsigcorrection ist eine beschlossene Sache, es kann dieselbe aber nicht ausgeführt werden, ohne die jetzt in denselben einmündenden Dohlen in fest geschlossene Canäle längs dem Birsigbett abzuleiten; dies hat aber mit der Canalisation der äußern Stadt durchaus nichts zu schaffen. Die hierauf bezüglichen Kosten betragen kaum den zehnten Theil der projectirten Ausgabe und es wäre dadurch möglich, diese zur Ausführung zu bringen, ohne die Hausbesitzer mit besondern Steuern zu belästigen, die für den Einzelnen eine schwere Last, in vielen Fällen geradezu unerschwinglich sind. Auch könnte die Ausführung mit unsern Kräften bewerkstelligt werden und brauchte man keinen General-Unternehmer hierher zu berufen, wie dies beabsichtigt wird.

Das Gesetz verlangt nun aber unter andern sehr erschwerenden Bestimmungen, daß alle Hauseigenthümer an das Canalnetz anschließen müssen. Wenn nun aber die Einrichtungen in einem Hause zu gar keinen Klagen und Beschwerden Veranlassung geben, so ist ein Eingriff in das Eigenthum geradezu empörend und mit unsern Ansichten über das Hausrecht im größten Widerspruch. Es ist in keiner Stadt bis jetzt in solcher Weise vorgegangen worden und wir glauben nicht, daß gerade Basel dazu angetan sei, solche Experimente zu machen.

Außerdem enthält nun aber das vorliegende Gesetz eine Reihe von Bestimmungen, die für den Einzelnen von den größten nachtheiligen Folgen sein können. Die Freunde des Projectes geben dies auch zu und entschuldigen sich mit dem schönen Satz:'Streng in der Form, mild in der Ausführung'; auf Baseldeutsch übersetzt heißt das so viel als: 'Wenn Jemand am rechten Ort zu kreichen versteht, so kommt er gut durch'; dies ist aber nicht Jedermanns Sache und deshalb gerade das, was wir nicht wollen.

Wir wollen, daß das dringend Nothwendige gemacht werde, daß aber Ueberflüssiges, aus Scheingründen Vorgebrachtes unterbleibe. Wir wollen eine Gesetz, das für Alle gleich ist, das in seiner Durchführung möglich, das den Einzelnen nicht mit ganz unnöthigen Ausgaben belästigt, das unser Hausrecht in Ehren hält, und daher stimmen wir mit

Nein !

Im Namen des Referendum-Comité....

Aus den beiden Aushängen kann man deutlich erkennen, welche Bedeutung das Argument, der Einschränkung der persönlichen Freiheit und die damit verbundenen Kosten spielte. Hierin unterschieden sich die Auseinandersetzungen in Basel nicht von denen bei der Auseinandersetzung in Hamburg knapp 30 Jahre zuvor. Die restlichen Argumente der Gegner (Flußverunreinigung, Landwirtschaft) spielten wahrscheinlich eine eher untergeordnete Rolle und konnten daher von den Kanalisationsbefürwortern auch leicht als von *"unzureichender Art"* abqualifiziert werden, während sie auf das Argument der Einschränkung der individuellen Freiheit nur indirekt durch den Aufruf zu Solidarität *„Einer für alle, alle für einen“* eingingen. Neben den genannten Gründen spielte sicher auch die Angst vor dem Neuen, man könnte auch sagen die Trägheit überkommener Gewohnheiten, eine gewichtige Rolle.

Der versteckte Ausbau der Kanalisation in Raten

Das eindeutige Votum des Volkes gegen das Gesetz vermochte den Ausbau der Kanäle jedoch nicht aufzuhalten. Meist auf Antrag Privater (vor allem der zunehmenden Spültoilettenbesitzer) wurden nun vordergründig statt Kanälen nun wieder *„Dohlen erneuert“* oder gebaut. Da sowohl Verwaltung wie auch Politik ja dafür gewesen waren, bewilligte der Große Rat die erforderlichen Investitionen für die *„Dohlen-Kanalisation“* Basels nun in Raten. Die Verwaltung achtete wo es ging darauf, daß der Dohlenbau weitgehend nach den ursprünglich formulierten Ansprüchen erfolgte. Dies geschah so langsam, daß kein erneutes Referendum erwogen wurde und doch so schnell,

daß bereits 10 Jahre später das „Dohlennetz“ von 11 auf 97 km verlängert worden war (KUBAT 1982, unveröffentlicht).

Im Nachhinein wird diese Entwicklung als ein Zeichen dafür gewertet, daß die Bewohner Basels mit Ihrer Ablehnung des Gesetzes vor allem die riesige Investition scheuten und andere Geldausgaben für notwendiger erachteten (ein Jahr später wurde dem Bau der Johanniter-Brücke per Volksabstimmung zugestimmt). Und spätestens am Ende des 19. Jahrhunderts hatte sich auch die Spültoilette die Stadt Basel soweit erobert, daß der Große Rat bereits am 23. März 1891 den Regierungsrat einen Plan über die ausgeführten und noch auszuführenden Kanalisationsarbeiten erstellen ließ. Das Ergebnis wurde als eine verbesserte und erweiterte Auflage des 1876 verworfenen Gesetzesentwurf *„betreffend die Vollendung der Kanalisation Basel"* am 4. September 1895 vorgelegt und vom Großen Rat am 9. Juli 1896 verabschiedet.

Der Birsig, die Cloaca Maxima von Basel

Mit dem Gesetzesentwurf zur Kanalisation war ursprünglich auch die Korrektion des Birsig verbunden. Der Birsig war durch die Einleitungen der vor allem in der Talsohle liegenden Gassen zur *„Cloaca maxima“* Basels geworden. Er diente nicht nur der Entwässerung, sondern wurde auch zur Beseitigung anderer Abfälle mißbraucht. Die Klagen führten zu dem Vorschlag, den Fluß durchgehend zu überdecken, damit kein Unrat mehr eingeworfen würde. Dagegen sprachen zum einen die Kosten, zum anderen zahlreiche z.B. als Werkstätten genutzte Kellerräume, die ihre Fenster verloren hätten.

Der Verwaltung war die Korrektion des Birsig wichtig, weil sie eine Voraussetzung für die Kanalisierung der in der Talsohle verlaufenden Gassen war. So einigte man sich im Juli 1880 auf ein Projekt zur „Birsig Korrektion“. Die Sohle des Birsig wurde verbaut, nur stellenweise überdeckt und zu beiden Seiten wurden Abwasserkanäle gebaut. Heute ist der Birsig in diesem Abschnitt vollständig überdeckt.

Dem Birsig ging es dabei nicht besser als den meisten innerstädtischen Gewässern. Auch ehemals künstlich angelegte (in Basel als „Teiche“ bezeichnete) Gräben wurden für gewerbliche Nutzungen angelegt, verkamen allmählich zu Abwasserkanälen, um schließlich als solche eingedohlt zu werden, wie z.B. dem aus der Birsig künstlich abgeleiteten Rümelinbach oder einigen der Kleinbasler Teiche, einem umfangreichen Grabensystem, das aus der Wiese gespeist wurde und im Rhein endete. Während J. Merian noch im Jahre 1862 ein Projekt zu Anlage einer Badeanstalt am Rümelinbach vorgeschlagen hatte, war bereits in den 1870er durch Einleitung einiger Schmutzwasserkanäle der Rümelinbach zur Kloake geworden. Schließlich wurde er 1888 in Teilen und zwischen 1904-1916 vollständig in einen unterirdischen Abwasserkanal verwandelt (GOLDER 1995). Eine Abwasserreinigung begann in Basel erst ab den 1960er Jahren.

Trotz der in vieler Hinsicht besonderen politischen Geschichte der Kanalisation Basels, würde eine Geschichtsschreibung anhand von Straßenquerschnitten auch für Basel den Normalfall der mitteleuropäischen Stadtentwässerungsgeschichte bestätigen (Abb. 7).

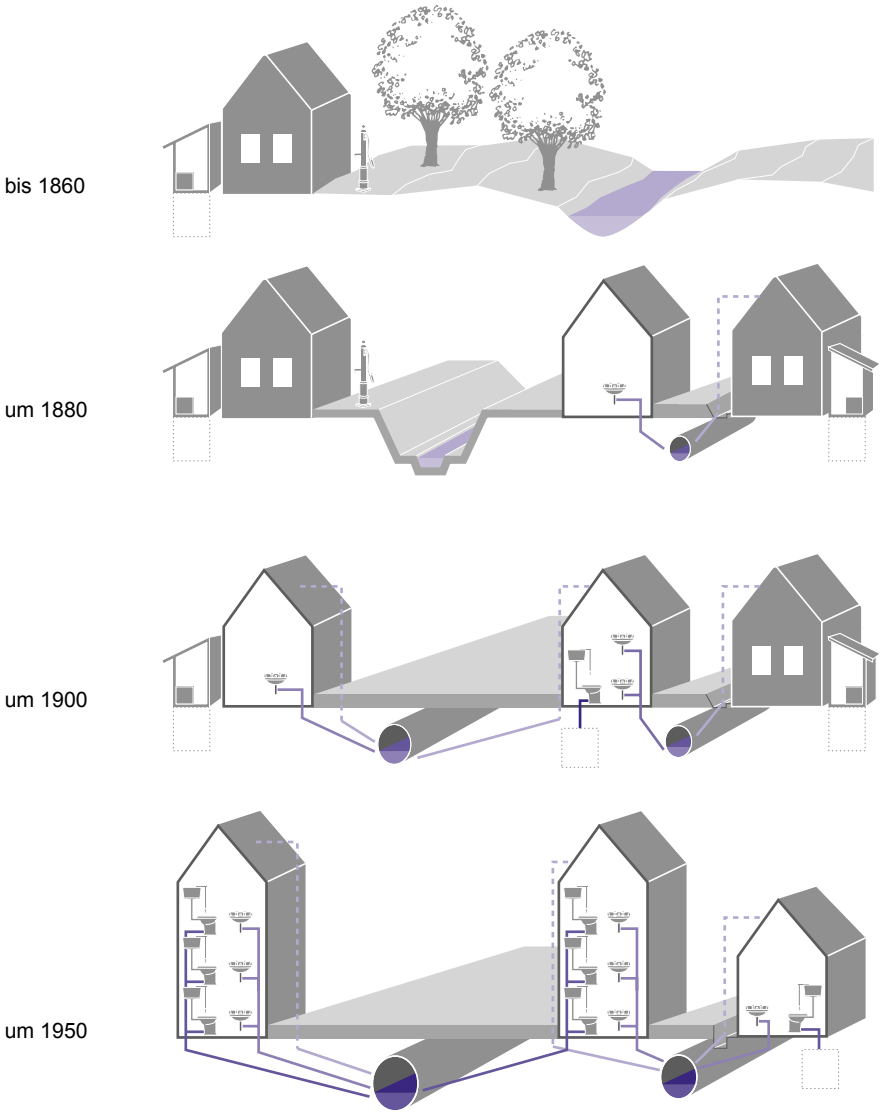


Abb. 7
Geschichte der Städteentwässerung als Geschichte der Straßenquerschnitte. Mit der Verdichtung der Innenstädte durch den Straßenbau versickerte der Regen nicht mehr vor Ort, sondern mußte abgeleitet werden. Mit Einführung zentraler Wasserversorgungen, von Bädern und Spültoiletten wurden die Fäkalien so sehr verdünnt, daß sie in die Kanalisation geleitet werden mußten – zu Düngezwecken waren sie nicht mehr zu gebrauchen. Undichte Gruben führten außerdem zur Verschmutzung der nahegelegenen Brunnen. Aus vielen Bachläufen wurde eine Schwemmkanalisation, aus kleinen Kanalrohren wurden große.

2.8 Von den Wässerwiesen zum Rieselfeld – Freiburg

Freiburg ist im Gegensatz zu Basel eine Stadt, die keinen großen „Vorfluter“ wie den Rhein zum bequemen Abtransport der Abwässer hatte und von jeher eine ganze andere Tradition hatte, mit „Abwasser“ umzugehen.

Relativ gut untersucht und traditionell weit zurückreichend ist aus Freiburg die Wiesenbewässerung zu nennen. Sie ist ein Beispiel dafür, Ressourcen möglichst effizient zu nutzen. Aus dem vorderen Wiesetal bei Basel sind Wässerwiesen bereits aus dem Jahre 1113 bekannt. Die erste urkundliche Erwähnung für Freiburg stammt von 1220. Solche Wiesen wurden vor allem auf Flächen mit durchlässigen Böden entlang der Flußläufe angelegt. Die ursprünglich sumpfigen Flächen wurden meist sowohl entwässert wie bewässert. Zum einen, um das Wachstum auch bei Trockenperioden zu gewährleisten, zum anderen, um die Vegetationsperiode im Frühjahr oder Winter durch abschwemmen von Schnee zu verlängern. Daneben diente die Bewässerung auch zur Vermeidung von „Schädlingen“ und „Unkräutern“.

Wässerwiesen zur Erhaltung der Nährstoffbilanz (Angaben im wesentlichen zusammengestellt aus SCHÜLE & SCHWINEKÖRPER 1988).

Eine große Bedeutung hatte die Wiesenbewässerung auch hinsichtlich der Erhaltung der Nährstoffbilanz. Das Wasser, das zur Bewässerung benutzt wurde, war meist schon mehrfach genutzt durch die Siedlungen geflossen und somit mit organischen Schwebstoffen und Mineralstoffen angereichert. Damit konnte der Nährstoffverlust durch die Heuernte ausgeglichen werden. Das Heu diente der Fütterung des Viehs im Winter. Ihre Blütezeit erlebte die Wiesenbewässerung zu Beginn des 19. Jahrhunderts. Durch staatliche Förderung wurde die Ackerbewirtschaftung u.a. durch Abschaffung des Brachejahres intensiviert. Vermehrte Stallfütterung des Viehs im Winter ermöglichte die gezielte Ausbringung des Viehdungs auf Äcker und Gärten. Ohne Wiesenbewässerung hätte dies eine ständige Nährstoffverschiebung zugunsten der Äcker bedeutet und die Wiesen mit der Zeit verarmen lassen. Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts war die Wiesenbewässerung ein fester, nützlicher und effizienter Bestandteil der Nährstoffversorgung und damit der Versorgungswirtschaft:

„... denn ohne Futter keine Viehzucht, ohne Vieh kein Dung, ohne Dung schlechte Ernten, wenig Milch und keine Schweinezucht!“.

(MÜLLER 1837, S.236 zit. in. SCHÜLE & SCHWINEKÖRPER, 1988)

Wie bei den meisten Nutzungen von Wasser und Gewässern gab es Streit darüber, wann und zu welchen Zwecken das Wasser verwendet werden durfte. Heute erinnern noch Namen wie Gerberau oder Fischerau an die Gewerbetreibenden Freiburger Zünfte, die sich um Wasserrechte stritten. Seit 1368 besaß Freiburg sämtliche Wasserrechte und erließ entsprechende Ordnungen und entschied Wasserstreitigkeiten.

Runzgenossenschaften – Vereinbarungen von Wasserrechten

Neben den Vereinbarungen über Wassermengen waren für Freiburg auch zeitliche Reglementierungen auf bestimmte Wochentage oder bestimmte Tageszeiten häufig. Die Rechte an dem in Rinnen abfließendem Wasser (*„Runzen“*) wurde in sog. Runzgenossenschaften geregelt. Die erste „Runzordnung“ stammt aus dem Jahre 1462. Die *„Runzsachen“* sind im Stadtarchiv Freiburg sowie dem Archiv der Freiburger Energie- und Wasserversorgung (FEW) gut dokumentiert.

Die Nutzung und Lenkung des Wassers war allein schon aus Hochwasserschutzgründen eine lebenswichtige Aufgabe. So lebenswichtig diese Aufgabe war, so verschieden waren aber auch die Interessen an dem abfließenden Wasser. Viele Versammlungen wurden abgehalten, um wenigstens die allerdringlichsten Aufgaben der Ufersicherung und Wasserverteilung in den Griff zu kriegen. Dies galt nicht nur für lokale Wasserrechte, sondern auch zwischen verschiedenen Grundherrschaften z.B. für alle Anlieger der Dreisam und ihrer Nebengewässer. Die erste Wasserordnung der *„gemeinen Wassergenossen im Breisgau“* legte Nutzungsrechte für die Fischerei, den

Mühlen, den Hanfrötze und der Wiesenbewässerung fest. Noch zu Beginn des 19. Jahrhunderts zerstörten die Hochwasser der Dreisam die Wiesen, die sich im Schwemmfächer der Dreisam gebildet hatten und bedrohten den ein oder anderen zu tief gelegenen Ortsteil. Nach Plänen Tullas wurde in den Jahren 1817-1845 auch die Dreisam abschnittsweise *„eingegraben“* und damit die Voraussetzung für zusätzliche landwirtschaftliche Produktionsflächen geschaffen. Ehemalige Kiesbänke konnten in Wiesengelände verwandelt werden.

Aufgabe der Wässerwiesen

Es ist kaum eine Generation her, daß diese Bewirtschaftungsform vollkommen aufgegeben wurde. Noch im Jahre 1960 waren in den damaligen Grenzen des Stadtkreises Freiburg incl. des Rieselfeldes noch 84 % aller Wiesen bewässerbar. Mittlerweile sind nur noch einige Überreste der ehemaligen Stellfallen (Bewässerungseinrichtungen) vorhanden. Die wichtigsten Gründe für den raschen Niedergang der Wiesenbewässerung:

- durch den Wandel der landwirtschaftlichen Produktionsweise unter arbeitssparender Verwendung von Mineraldüngern, wurde die ertragssteigernde Wiesenwässerung bei weitem übertroffen und damit unwirtschaftlich.
- die Zunahme der Bevölkerung von ca. 21 000 (1852) auf ca. 139 000 (1969) führte zu einer raschen Überbauung der ehemaligen Wiesenflächen. Selbst noch nicht bebaute, in der Nähe gelegene Wiesen, wurden wegen Klagen der Anwohner über eindringendes Wasser in die Keller, im Laufe der Zeit nicht mehr bewässert.

Von Bächle und Gruben zu Schwemmkanälen und Rieselfeld

Wie bereits geschildert wurden die bekannten „Freiburger Bächle“ seit dem 13. Jahrhundert zur Ableitung häuslicher Abwässer und Regenwasser benutzt. Für die Ableitung des Grau- (wie wir heute sagen würden) und Regenwassers war bereits früh gesorgt. Die Exkremente wurden überwiegend in Gruben gesammelt. Bis 1868 war jeder Hausbesitzer für seine oder mit anderen Hausbesitzern gemeinsam genutzte Grube selbst verantwortlich. Es war ihm überlassen, wann, wie oft, und durch wen die Grube geleert und gereinigt werden sollte. Die Regel war, daß Landwirte aus der Nachbarschaft gegen Entgelt alle in der Landwirtschaft verwertbaren Abfallstoffe abholten und auch die Reinigung der Grube übernahmen. Zu den Exkrementen der Menschen kam an Menge noch einmal etwa die Hälfte an zusätzlichen Dungstoffen durch tierische Exkremente und Abfälle hinzu.

Mit der Zeit wurden die zu überwindenden Entfernungen zwischen Landwirt und Stadtbewohner größer und das Geschäft der Grubenentleerung immer mühsamer und weniger lukrativ.

Die Gründe waren vielfältig, u.a.:

- starkes Wachstum der Bevölkerung und Zunahme der besiedelten Fläche in Freiburg
- zunehmende Bautätigkeit
- zunehmende Trockenlegung des Umlandes
- soziale und gesellschaftliche Änderungen

Eine genaue Studie darüber, welche der Gründe zu welcher Zeit am wesentlichsten für das Ende der privat organisierten Abfuhr in Freiburg waren, steht noch aus.

Zustand der Gruben und Abtrittverhältnisse um 1875 in Freiburg

Der damals zuständige Großherzogliche Bezirksarzt Hermann Kast beschreibt ausführlich die um 1875 vorhandenen Gruben und Abtrittverhältnisse. Er unterscheidet undurchlässige Zementgruben, Tonnen, Kübel und mehr oder minder durchlässige Cloakengruben, Senk- und Versitzgruben (ursprünglich nur für die Aufnahme von Regen- oder Brunnenwasser), Abtrittgruben, Jauchegruben und Dunggruben (für tierische Exkremente). Nach Angaben der damals eingerichteten *„Abtrittcomission“* waren in ganz Freiburg lediglich _ aller Gruben zementiert und noch weniger als dicht zu bezeichnen. An *„Cloaken“* stellte die Kommission in der Freiburger Altstadt

etwa 1000 fest, nach vielen mußte man geradezu dedektivisch suchen. Viele waren mehrere Jahrhunderte alt, ehemals aus Trockenmauern erstellt und auch nach Jahrhunderten noch so durchlässig, daß viel im kiesigen Untergrund des Dreisamschwemmfächers versickerte und einige Cloaken nur selten geleert werden mußten. Cloakengruben unterschieden sich von den anderen Abtrittgruben vor allem durch ihre größere Tiefe. Für Kast war das ein unhaltbarer Zustand:

„Als besonders gefährliche Nachbarschaft erweisen sich tiefer liegende Keller gegen höher liegende Gruben. Nach eigener Beobachtung drang der Inhalt einer Kloake auf 30' Entfernung in den benachbarten tieferliegenden Keller. Die aus der Kellerwand heraussickernde Flüssigkeit war ziemlich klar, roch nicht spezifisch fäcal. Nichts desto weniger war Typhus im Hause. Aehnliche Verhältnisse in einem andern Grundstücke, wo der ganze Kellerboden in einen stinkenden, stark nach Exkrementen riechenden schleimigen Grund umgewandelt und ebenfalls Typhus im Hause war. Es stehen uns wenigstens ein Dutzend Fälle zu Gebote von in den Kellern durchgedrungenem Cloakeninhalte mit Typhus im Hause.

Aus Furcht vor Krankheiten und unter dem Drucke der angeführten Unannehmlichkeiten kam die bezirkspolizeiliche Anordnung zu Stande, wonach bei Bauveränderungen an Cloaken die Wände wasserdicht herzustellen seien. Wie erwähnt, wurde seither 1/30 der Altstadtcloaken Cementgruben ersetzt.“

(KAST 1876:42)

Aus Kast`s ausführlicher Beschreibung geht auch das mühsame Geschäft der Gruben- (Latrinen)reinigung hervor.

Zusammenbruch der privatwirtschaftlichen Grubenentleerung

1868 wurde das Geschäft der Grubenentleerung von der Stadtregierung einem Unternehmer übertragen. Mit ein Grund dafür war unter anderem auch, daß man sich mit der neuen Technik der Saugpumpen eine schnellere, weniger mühsame und weniger störende Abfuhr versprach. Die Hoffnungen wurden weitgehend enttäuscht. Die Saugpumpen führten durch das Aufwirbeln des Grubenschlammes eher zu höheren Geruchsbelästigungen und das Geschäft war außerdem so wenig lukrativ, daß der beauftragte Unternehmer bereits nach 2 Jahren Konkurs anmeldete. Er hatte ursprünglich das Geschäft umsonst angeboten, konnte diese Vereinbarung jedoch nicht einhalten, weil er für die Abnahme der Exkremente von den Landwirten immer weniger erhielt. Im Gegenteil mußte er froh sein, die Abfallstoffe überhaupt los zu werden. Den Nachfolgern ging es nicht besser, sie mußten ihre Gebühren an die Grubenbesitzer ständig erhöhen und waren trotzdem nicht in der Lage genug Abnehmer zu finden, so daß der Inhalt eines Teils der gefüllten Fässer in die Bäche geschüttet wurde. Nachdem sie bereits 1873 die Kehrrichtabfuhr abgegeben hatten, wurde ihnen wegen mangelhafter Ausführung 1875 gekündigt.

Als Ersatz meldete sich nur noch ein einziger Unternehmer, die Verhandlungsmöglichkeiten der Stadt waren daher ungünstig, um für die Gewährleistung der Abfuhr gute Verträge auszuhandeln. Neben einem relativ hohen Honorar für den Unternehmer mußte die Stadt sich verpflichten, für alle unverkauften Abfälle eine Abnahmegarantie zu übernehmen.

Einzige Verbesserung war, daß nun ein Latrinenmeister durch den Unternehmer angestellt werden mußte, der das Abfuhrgeschäft überwachte. In den folgenden Jahren stellte sich mehr und mehr heraus, daß für mindestens ein Drittel keine Abnahme zu finden war.

Die Tarifgestaltung wurde immer öfter zum Tagesgeschäft der Sitzungen des Stadtrates, wie z.B. am 9.10.1879 und der Tageszeitungen.

Freiburger Zeitung, 10.10.1879

"Da aufgrund vorgekommener Differenzen zwischen dem Unternehmer des Kloakenentleerungsgeschäftes und Grubenbesitzern eine Vervollständigung des Tarifs über die Entleerung der Abtrittgruben notwendig erscheint, so wird, vorbehaltlich der Zustimmung des Großh. Bezirksamtes folgendes beschlossen: Wenn eine Grube wegen ihrer Lage, Tiefe oder sonstigen Beschaffenheit mit der Maschine nicht gelehrt werden kann, sondern ausgeschöpft werden muß, erhält der Unternehmer eine Vergütung von 4 Mk per 1000 Liter und einen sich in diesem Falle der Inhalt der Grube wegen Vermischung mit fremden Stoffen als Dünger für Zwecke der Landwirtschaft nicht verwenden läßt, per 1 Kubikmeter 9 Mark oder 90 Pfg. per 100 Liter. Das Minimum für die Entleerung einer solchen Grube beträgt 10 Mk.“

Bereits 1 Woche später mußte sich der Stadtrat wieder mit dem Cloakengeschäft beschäftigen und die Freiburger Zeitung teilt am 17.10.1879 aus der Sitzung des Stadtrates vom 16.10.1879 mit:

Freiburger Zeitung 17.10.1879

"Infolge einer Petition von Bewohnern der Günterstalstraße wird beschlossen, daß die Kloakenwagen des Unternehmer Leberle bei der Fahrt nach den Latrinenbehältern am Sternwalde und der Rückfahrt nicht mehr die Günterstalstraße, sondern die Brombergstraße zu passieren haben."

Hinzu kam die Beschäftigung mit den öffentlichen Pissoirs. Der Bezirksrat hatte aufgrund des §1 einer vom Großherzoglichen Ministeriums des Innern erlassenen Verordnung vom 27. Juni 1874 angeordnet, zur Aufnahme des Urins der Pissoirs eine den Bestimmungen entsprechende wasserdichte Grube herzustellen, statt sie wie bisher in die Fließgewässer einzuleiten. Ein entsprechender Einspruch wurde vom Großherzoglichen Ministerium des Innern abgewiesen.

Poudrettefabrikation in Freiburg

Inzwischen war wieder eine Veränderung bei der Abfuhrunternehmung eingetreten. Der Fabrikant Gustav Adolph Buhl aus Karlsruhe und der Ingenieur Friedrich Wilhelm Keller waren zum Zweck der Errichtung einer Düngerfabrik in den Vertrag des Abfuhrunternehmers des Mechanikers Wilhelm Leberle nach langen Verhandlungen und Diskussionen in den Vertrag mit der Stadt am 4.11.1880 eingestiegen.

Die Firma Buhl & Keller bereitete die Fäkalien durch Destillation zu trockenem Düngerstreupulver (*„Poudrettefabrikation"*) und Ammoniak auf und man versprach sich davon einen besseren Absatz. Doch auch diese Firma mußte 1887 Konkurs anmelden. Fortan übernahm die Stadt das Abfuhr- und Müllverwertungsgeschäft selbst. Bis zur Jahrhundertwende konnte diese durch Gebühren nun sogar wieder einige Überschüsse erzielen. Aus dem stark mit Rückständen aus der Hausfeuerung versetzten Hausmüll, der 1891 etwa 5000 m^3 umfaßte, wurden die wiederverwertbaren Stoffe wie Papier, Glas, Metall herausgelesen. Die kompostierfähigen Bestandteile bereitete man mit einem Teil der Fäkalien aus den Senkgruben zu Dünger für die Landwirtschaft auf.

Direkte Gewässerverschmutzung

Neben der Exkremententsorgung durch Gruben war es von jeher üblich, die Abtrittstoffe der Häuser, die in der Nähe der Gräben, Bäche oder Kanäle lagen, abzuschwemmen. Das war in Freiburg vor allem entlang des Gewerbekanals der Fall, so daß bereits 1875 die Exkremente von insgesamt ca. 4-5000 Menschen bereits in die Gewässer abliefen.

Die Freiburger waren also mit der „Methode der Abschwemmung" bereits wohl vertraut. Sie bestand darin, daß die Gruben mit den Wasserläufen durch kleine Kanäle, Röhren oder Gräben verbunden waren. Spültoiletten sind um 1875 noch die große Ausnahme in Freiburg, Kast berichtet von ca. 30 Spültoiletten und etwa 1 Dutzend siphonartigen Einrichtungen an den Fallrohren. Kast hebt die Vorteile wie folgt hervor:

„Allen Aerzten ist die Seltenheit des Typhus im Bereiche des Schwemmgebietes aufgefallen und dies um so mehr, weil mit die größten und dichtest bevölkerten Gebäude (Kaserne, Schulhaus, Spital) in diesen Bezirk fallen. (KAST 1876:48)

Bei den vielen Beratungen und Problemen mit den Gruben und der Abfuhr blieben alternative Vorschläge nicht aus.

Bei der Erschließung von neuen Baugebieten wurden von der Stadtverwaltung die ersten Kanäle projektiert und vorgeschlagen. Ein durch die Stadt in Auftrag gegebenes Gutachten des Ortsgesundheitsrates, sprach sich jedoch gegen die unterirdischen Kanäle aus und für das bisherige Konzept der offenen Rinnen den „Freiburger Bächle", zur Ableitung von Regenwasser und häuslichen Abwässern sowie der Sammlung der Fäkalien in modernen dichten Zementgruben. Inzwischen waren die Verhältnisse, wie etwa. beim Hospital, so unerträglich geworden, daß der damalige Ingenieur Lueger, der Bezirksarzt Kast, die Vorstände der klinischen Anstalten, die medizinische Fa-

kultät und der Baurath Hemberger in entsprechenden Stellungnahmen energisch für unterirdische Kanäle plädierten. Im Stadtrat Prof. Dr. Bäumler hatten sie ihren energischsten Fürsprecher gefunden. Ihre Einwände gegen die offenen Rinnen waren die teure Herstellung der offenen Bäche (und notwendigen Brücken), die teure Reinigung derselben, die zu erwartende Verkehrshemmung und die Tatsache, daß im Sommer keine ausreichende Wassermenge aus der Dreisam für die Spülung zur Verfügung stände.

Für die unterirdischen Kanäle forderten sie eine geschützte, frostsichere Lage, die leichtere Reinhaltung durch wirksamere Spülungen und Schlammsammlern, ein von der Straße unabhängigeres Gefälle, sowie die Möglichkeit zur Einleitung von Fäkalien. Insbesondere die Einleitung der Fäkalien in eine Kanalisation war von der medizinischen Fakultät für das klinische Hospital beantragt worden.

Beschluß zum Bau des ersten Hauptkanals 1875

Kurzerhand entschied der Stadtrat am 28.9.1875 den Bau eines Hauptkanals, der das Abwasser zu einem im Westen der Stadt einzurichtenden Rieselfeld führen sollte. In der Folge wurde vor allem wegen der Kosten starke Einwände erhoben und der Plan einer Kanalisation verzögerte sich, trotz der immerwährenden Erinnerungen an die unhaltbaren Zustände durch die Mediziner und die Ingenieure.

Auswärtiges Gutachten von Bürkli (Zürich)

Schließlich wurde auf Vorschlag von Bäumler die Hinzuziehung eines unabhängigen auswärtigen Gutachters beschlossen. Beauftragt wurde der Ingenieur Bürkli-Ziegler aus Zürich. Nach einer Prüfung vor Ort befürwortete er das Kanalisationsprojekt in seinem schriftlichen Bericht vom 18.6.1880 in allen Punkten. Inzwischen war auch der Ortsgesundheitsrat überzeugt, so daß der Stadtrat dem Bürgerausschuß bereits am 27.12.1880 einen Plan vorlegte, der auch die Einleitung aller Fäkalien der am Kanalnetz gelegenen Häuser vorsah.

Wegen Meinungsverschiedenheiten über die technische Ausführung und über die Entsorgung der Fäkalien kam es bis 1888 in den neuen Stadtteilen, südlich und nördlich lediglich zum Bau einiger Hauptkanalisationsleitungen, die in nahegelegene Bäche mündeten. Insbesondere der Anschluß der Häuser zog sich lange hin. Es gab eine ganze Reihe von sozialen, psychologischen und rechtlichen Hindernissen zu bedenken und zu überwinden, um den Anschluß an die Kanalisation durchzusetzen. Einige der Auseinandersetzungen, bis hin zu gerichtlichen Entscheidungen, sind im Stadtarchiv der Stadt Freiburg dokumentiert.

Die Frage der Gewässerverschmutzung

Die Frage der Gewässerverschmutzung war im Prinzip sehr frühzeitig relativ schnell geklärt.

- Freiburg besaß durch sein gleichmäßiges Gefälle zur Rheinebene ideale Voraussetzungen zur Anlage eines Rieselfeldes.
- Gute Erfahrungen mit der landwirtschaftlichen Nutzung der Abwässer lagen mit den Wässerwiesen über Jahrhunderte vor.
- Geeignete Vorfluter gab es nicht, da die Bäche und Gräben erstens für andere Nutzungen sauber gehalten werden mußten und die Dreisam im Sommer zu wenig Wasser führte.

Das sich die Entscheidung für eine umfassende Kanalisation dennoch bis ins Jahr 1888 verzögerte hatte folgende Gründe:

- die Begründung der hohen Investitionskosten
- die Suche nach einem geeigneten Ort für ein Rieselfeld
- die Frage nach der Ableitung des Regenwassers,
- die Einleitung der Fäkalien
- alle technischen Fragen, wie dem Einbau von Schwemmklosetts, Syphons etc.
- und schließlich rechtliche Fragen über Anschluß- und Benutzungszwang etc.

Trotzdem waren in den 1880er Jahren bereits über 23 km Kanäle gebaut worden und die Zahl der eingebauten Spültoiletten im Jahr 1888 auf 3000

angewachsen. Schließlich fiel am 19.9.1989 der Beschluß des Bürgerausschusses, die Kanalisation zu erweitern und das Rieselfeld anzulegen. Zuvor waren noch Stellungnahmen von Baurat Hobrecht, Berlin, Hofrat Nessler, Karlsruhe, Baurat Rheinhard, Stuttgart, Prof. Dr. Wollny, München und dem Ökonom Bodmann, Freiburg eingeholt worden. Plan und Ausführung der Anlagen galten als mustergültig und entsprechend scheute sich die Stadt Freiburg nicht, ihr Projekt bereits 1891 auf der hygienischen Ausstellung in London und am zehnten internationalen medizinischen Kongreß zu Berlin 1896 mit einem eigens dazu angefertigten Modell anzupreisen. Für die Anlage des Freiburger Rieselfeldes mußten fast 200 Waldeigentümer von der Stadt zwangsenteignet werden (Badische Zeitung vom 1.10.97).

Ausbau des Kanalnetzes

Von 1888 bis 1898 wuchs das Kanalnetz von 23 km auf 72,5 km an. Zur Aufnahme und Reinigung der Abwässer ging ab 1892 eine 500 ha große Rieselfeldanlage in Betrieb (STADT FREIBURG 1898, SCHIRRMEISTER 1937). Alle Aborte wurden mit Wasserspülung versehen und an die Kanalisation angeschlossen. Parallel zum Bau der Kanalisation entwickelte sich auch die Wasserversorgung (MÜLLER 1913). Waren 1875 erst 900 Häuser an die Stadtleitung angeschlossen, so waren es 1908 bereits 5093, die Zahl privater Klosetts war von 3000 (1888) schon 1898 auf 11 510 angestiegen.

Das Wassergeld für den häuslichen Verbrauch wurde mit 2,5% vom Mietwert veranschlagt. Seit Ende 1907 wurden zur Kontrolle des Verbrauchs Wassermesser angebracht. Der Wasserverbrauch pro Einwohner und Tag sank von täglich 348 Liter (1899) auf 186 Liter im Jahre 1913. Die enormen Mengen erstaunen auf den ersten Blick, wenn man sie mit dem heutigen Verbrauch (ca. 110 Liter pro Einwohner und Tag) vergleicht oder gar mit den Verbrauchswerten nach 1945 von 60 Liter pro Einwohner und Tag. Ein Teil läßt sich damit erklären, daß die Leitungsverluste ganz erheblich waren: ca. 30% im Gegensatz zu heute 5-10%. Eine historische Aufarbeitung darüber, zu welchen Zwecken und wieviel Wasser um die Jahrhundertwende verwendet wurde, fehlt bisher.

Vom Rieselfeld zum Abwasserzweckverband

Der Mooswald westlich von Freiburg war noch bis weit in dieses Jahrhundert ein durch Grundwasserbewegungen geprägter Flußauenwald. Der ehemals feuchte Charakter ist nur noch im äußersten nordwestlichsten Zipfel erhalten. Der Mooswald liegt im Einflußbereich des Dreisam-Schwemmfächers. Dieser besteht zum größten Teil aus pleistozänen Niederterrassenablagerungen, d.h. aus Kies, Sand, Schluff und Ton. Zwischen wasserundurchlässigen schluffigen, tonigen Lagen, findet man in verschiedenen tiefen Lagen unverwitterte Kiese, die grundwasserführend sind. Das Grundwasser ist arm an gelösten Stoffen, da der Untergrund aus karbonatfreien und basenarmen Schwarzwaldschottern besteht. Der Hauptgrundwasserstrom bewegt sich vom Schwarzwald am Ostrand des Kaiserstuhls vorbei in nordwestlicher Richtung hin zum Rhein. Der Flurabstand verringert sich im Untersuchungsgebiet in nordwestlicher Richtung, da die Grundwasserlinie langsamer abfällt als die Oberfläche. Früher erreichte das Grundwasser das Niveau der natürlichen Vorfluter im gesamten Mooswaldgürtel und bis 1930 führten alle Bäche noch Quellwasser. Durch die zunehmende Grundwasserentnahme war für viele Bäche (Scheidbach, Karrenbach, Storchenbach, Lausbühlbach) der Anschluß an das Grundwasser nicht mehr gegeben und führte daher zu ihrem Austrocknen. Die Grundwasserabsenkungen betrugen im südlichen Teil, zwischen Mooswaldallee und Hanfreezbach, bis zu 4 m (HÜGIN 1982). Das Krebsenbächle, im nördlichsten Zipfel, westlich einer Mülldeponie gelegen, ist das einzige Fließgewässer das sich noch heute allein aus Quellwasser speist. Durch die dort herrschenden geringen Grundwasserflurabstände finden sich in der Nähe des Krebsenbächle noch Anmoorgleye und Niedermoor-Böden mit einer Mächtigkeit von bis zu 80 cm.

Grundwasserabsenkung durch Kühlwasserbedarf der Industrie

Die Hauptursache für die seit ca. 60 Jahren in steigendem Maße zu beobachtende Grundwasserabsenkung ist die hohe Grundwasserförderung eines Industriebetriebes (der Firma Rhodia AG). Dieses Wasser wird nach dem

Gebrauch als Kühlwasser über das Roßbach-Moosbach-System abgeführt und so werden jährlich ca. 5,4 Mio. m^3 (dies entspricht etwa einem Drittel des gesamten Wasserverbrauchs der Stadt Freiburg) dem Grundwasserkörper des Mooswalds vorenthalten. Die Waldschäden durch die Grundwasserentnahme sind bekannt. Seit 1986 werden daher im Rahmen eines kleinflächigen Projektes (zwischen der Forstlichen Versuchsanstalt Baden-Württemberg und der Firma Rhodia) zur Grundwasseranreicherung dem Roßgäßlebach 140 l/s (entspricht ca. 4,5 Mio. m^3 jährlich) entnommen und in den Mooswald geleitet. Das entnommene Wasser besteht aus einem Gemisch von Wasser des Roßgäßlebaches und dem in diesen Bach eingeleiteten Kühlwasser der Rhodia AG; es ist somit thermisch belastet. Aus dem Bericht von SCHWARZ 1992 geht hervor, daß man davon ausgehen kann, daß etwa die Hälfte durch das Bewässerungssystem zugeführte Wasser versickert (ca. 2,2 Mio. m^3).

Kanal als Drainage

Am Beispiel Freiburg läßt sich auch zeigen, daß sich der Bau einer Kanalisation ganz erheblich auf die Grundwasserverhältnisse einer Landschaft auswirken kann. So wirkt der Bau eines großen Sammelkanals (∅ > 3m) am Nordrand des ehemaligen Rieselfeldes als Zuleitung zur modernen Verbandskläranlage wie eine Drainage und führte zur zusätzlichen Entwässerung des Rieselfeldes nach Einstellung der Berieselung und damit zur noch weitgehenderen Zerstörung eines wertvollen Feuchtbiotops. Die Eröffnung des Sammelkanals stellte damals auch gleichzeitig die endgültige Einstellung des 95-jährigen Betriebes des Rieselfeldes zur Abwasserbehandlung dar (Badische Zeitung, 27./28.07.1985).

Wasserwirtschaft Freiburgs in Zahlen heute

In den letzten Jahren ist die Länge des Kanalisationsnetzes von 450 km auf 721 km Länge (Stand 1994) angestiegen (davon heute 66% im Trennsystem, vgl. Kap. 2.2), die durchschnittliche Länge im selben Zeitraum pro Einwohner von 3 m auf 4 m. Der Wiederbeschaffungswert der Kanalisation in Freiburg wird auf ca. 1 Mrd. DM geschätzt und die Sanierungskosten für die nächsten 5-10 Jahre auf 100 Mio. DM, für die nächsten 30 Jahre auf 150 Mio. DM. Der Abwasserpreis ist zwischen 1966 von DM 0,60 /m^3 auf DM 2,82/m^3 1996 gestiegen. Damit liegt Freiburg allerdings im Vergleich zu anderen Städten noch am unteren Ende der Abwassergebühren. Inzwischen hat Freiburg die „gespaltene Abwassergebühr“ eingeführt. Auf Antrag wird für häusliches Abwasser eine niedrigere Gebühr erhoben und zusätzlich für das abgeleitete Regenwasser eine Gebühr erhoben, die sich nach der versiegelten Fläche berechnet.

Unterbrechung der lokalen Stoffkreisläufe

Freiburg ist ein Beispiel dafür, wie eng verzahnt die Wasserwirtschaft über viele Jahrhunderte noch mit den landwirtschaftlichen Produktionsverhältnissen war. Die Einführung der Mineraldüngung war der entscheidende Schritt, der zur Unterbrechung des lokalen Stoffkreislaufes führte. Das Rieselfeld konnte noch einen Teil dieses Nährstoffkreislaufes gewährleisten. Mit seiner Stillegung, dem Bau der Zentralkläranlage und der Beendigung der Wässerwiesenwirtschaft sind nicht nur der lokale Wasser- und Stoffkreislauf unterbrochen, sondern auch wertvolle Flächen als Lebensraum für viele Pflanzen- und Tierarten verloren gegangen. Stattdessen fließen nun die Abwässer Freiburgs und seiner Umgebung, wenn auch mehr oder weniger gereinigt, in den Rhein.

Entwässerung der Landschaft

An der wasserwirtschaftlich Geschichte Freiburgs wird deutlich, daß nicht nur die Kanalisation der Städte, sondern auch die Entwässerung der Landschaft – sei es durch Aufgabe von Wässerwiesen, Grundwasserentnahme oder wasserbauliche Maßnahmen – eine bis vor wenigen Jahren ununterbrochene Entwicklung ist. Ein Umdenken und der Versuch eines Ausgleichs solcher Maßnahmen findet erst seit einigen wenigen Jahren statt.

2.9 Die Unter- gegen die Oberlieger – Worms gegen Mannheim

Die Choleraepidemie in Hamburg war für einige Städte Warnung genug. In der Folge kam es vor allem in den Städten, die auf Flußwasser als Quelle für ihr Trinkwasser angewiesen waren, zu Protest gegen Einleitungen oberhalb liegender Städte.

Zu einer entscheidenden Auseinandersetzung in Deutschland kam es Ende des 19. Jahrhunderts zwischen dem damals hessischen Worms und der Stadt Mannheim. Dieser Auseinandersetzung schlossen sich viele Städte am Oberrhein an.

Abwasserwirtschaftliche Verhältnisse Mannheims

In Mannheim wurde erst 1886 die zentrale Wasserversorgung ausgebaut. Die verfügbare Menge an Wasser nahm zu und damit auch die Abwassermenge. Es war nur eine Frage der Zeit bis die Forderung nach schneller Ableitung der Abwassermengen kam. Bisher wurden die Abwässer Mannheims in den alten Stadtgräben gesammelt. Deren Zustand war insbesondere ästhetisch und geruchlich beklagt worden. Viele der Fäkaliengruben hatten auch ohne Erlaubnis einen Überlauf entweder in die Stadtgräben oder in bereits vorhandene Kanäle. 1889 ließ die Stadt Mannheim daher den ersten Plan zu einem einheitlichen Kanalisationsnetz ausarbeiten. Die Kanäle sollten Regen- und Hausabwässer nach vorheriger Reinigung durch ein Absetzbecken, Rechen und Gitter in den Neckar spülen. Die Fäkalien sollten weiterhin wie bislang in Gruben gesammelt werden.

Bereits 1892 hatte man erkannt, daß es durch die geringe Fließgeschwindigkeit des Neckars, zu erheblicher Schlammbildung im Neckar kommen würde und nahm daher die Erweiterung des Kanalprojektes zur Ableitung in den Rhein vor. Am 13.1.1893 genehmigte daher das Großherzogtum Baden die Einleitung der grob gereinigten Abwässer in den Neckar nur provisorisch. Die Voraussage trat ein: das mehr oder minder ungereinigte Abwasser gelangte in den Neckar und führte dort zu erheblicher Faulschlammbildung. Am 17.5.1895 lag das erweiterte Kanalprojekt zur Ableitung der Abwässer in den Rhein vor und war sogleich Gegenstand heftigster Diskussion. Nach der öffentlichen Bekanntmachung des Projektes wurde alsbald die Forderung laut, die Fäkalien ebenfalls einleiten zu dürfen. 1897 beantragte Mannheim schließlich mit dem Ausbau der Kanalisation die Ableitung der gesamten Abwässer in den Rhein. Da eine Reinigung über Rieselfelder für unmöglich gehalten wurde, sah der Plan lediglich weiterhin die mechanische Reinigung über Rechen und Gitter vor.

Einsprüche aus Worms

Diese Pläne stießen auf erheblichen Widerstand des 15 km rheinabwärts liegenden Worms. Worms erhob vor allem Einspruch gegen die Einleitung der Fäkalien. Durch das Hamburger Beispiel und die allgemeine Hygienediskussion sensibilisiert, fürchtete man erhebliche gesundheitliche Beeinträchtigungen. In einer Volksversammlung sprachen sich die Wormser Einwohner daher gegen die Kanalisationspläne der Stadt Mannheim aus. Den Einsprüchen der Stadt Worms schlossen sich nicht nur einige direkt betroffene Gemeinden wie Speyer und Gernsheim an, sondern auch eine ganze Reihe von Umlandgemeinden Mannheims, die durch die Kanalisation ja auch um eine Quelle für ihre Dungstoffe gebracht werden sollten (Geheimes Staatsarchiv Preußischer Kulturbesitz, Merseburg, Rep. 76 VÜI B 2137, Blatt 4ff.). Dieser Einwand wurde jedoch in einem Gutachten vom 18.2.1897 bereits für nebensächlich gehalten. Der Bezirksarzt hatte in dem Gutachten lediglich gefordert, daß die Möglichkeit der Desinfektion der Abwässer gewahrt sein müsse. Aufgrund des Gutachtens genehmigte das badische Bezirksamt den Ausbau der Kanalisation und die Einleitung der Abwässer in den Rhein, allerdings mit einigen Auflagen.

Abgeordenete der Stadt Worms wandten sich daraufhin an den hessischen Landtag, der Worms riet, erneut Einspruch zu erheben. Auf den erneuten

Einspruch setzte das badische Innenministerium eine entsprechende Kommission an, um das Mannheimer Kanalisationsprojekt erneut zu überprüfen. Dieser Ministerialkommission wurde das Projekt am 13.7.1897 vorgelegt. Ein entsprechender Bericht lag im März 1898 vor und bestätigte die Genehmigung. Eines der Hauptargumente der Kommission war, daß sich das Trinkwasser von Worms von 1891-1896 trotz Einleitung der Mannheimer und Ludwigshafener Abgänge nicht verändert habe. Die Kommission des badischen Innenministeriums beklagte

„vor allem daß die herumschwimmenden Kothballen, die kleinen Kothteilchen und die besudelten Papiere in hohem Gerade widerlich sind.“.

(BA, Abt. Potsdam, RdI 9275, Bl.168-172)

Die kommunalen Abwässer wurden lediglich zu einem ästhetischen Problem, dem durch einfache mechanische Reinigung begegnet werden sollte.

Worms erhebt am 3.6.1898 erneut Einspruch. Die Begründung warf vor allem Zweifel an der Wirksamkeit von Desinfektionen und der ausreichenden Selbstreinigung, der nun durch die direkte Einleitung in den Rhein nur noch 12 km langen Fließstrecke, auf. Worms forderte eine ausreichend große Kläranlage. Am 10.7.1898 ließ Worms ein weiteres Gutachten von Prof.C.V. Fränkel folgen, das die Forderung nach einer gründlichen Reinigung bekräftigte. Am 14.7.1898 folgte eine Sitzung des Bezirksrates bei der sich jedoch die geladenen Sachverständigen Prof. Fränkel und Prof. Knauff, Heidelberg nicht einigen konnten. Der Bezirksrat erteilte daraufhin Mannheim die Genehmigung mit der Auflage, das Abwasser reinigen und regelmäßig chemisch und bakteriologisch untersuchen zu müssen. Die Anlage von Rieselfeldern schien ihr unausführbar. Außerdem fragte der Bezirksrat, mit welchem Recht Worms das Recht zur Nutzung des Rheins für Trinkwasserzwecke eher zugesprochen werden sollte, als Mannheim das Recht zur Nutzung des Rheins als Abwasserkanal. Die Behörde wies daraufhin, daß Worms schließlich auch auf andere Trinkwasserquellen als den Rhein hätte zurückgreifen können (BA Abt. Potsdam, RdI 9275, BI. 82-86.). KLUGE & SCHRAMM (1986) nehmen an, daß dies jedoch für Worms den Bau einer teuren Fernwasserleitung bedeutet hätte. Ein erneuter, erfolgloser Einspruch der Stadt Worms am 4.8.1898 und ein zweites Gutachten von Prof. Fränkel am 20.9.1898 ließen nicht auf sich warten.

Ein Absetzbecken als ausreichender Gewässerschutz ?

Diesmal wies das badische Ministerium des Innern den Einspruch von Worms mit der Begründung zurück, daß ja offensichtlich grundsätzliche Bedenken gegen die Einleitung nicht bestünden, sondern sich Differenzen nur auf das Reinigungsverfahren beziehen würden. Zu der Frage der Reinigungsintensität wurde eine Kommission beauftragt, die prüfen sollte, welche Durchflußgeschwindigkeit bei dem zu bauenden Klärbecken eingehalten werden müßte (Dimension des Klärbeckens). Die Kommission kam zu dem Vorschlag einer Aufenthaltszeit von 40 min und einer max. Durchflußgeschwindigkeit von nicht mehr als 2 cm pro Sekunde. Die Stadt Worms erklärte sich mit dieser Dimensionierung einverstanden.

Inzwischen plante auch Mainz die weitgehende Einleitung ihrer Kanalabwässer incl. Fäkalien in den Rhein. Anläßlich dieses Vorhabens fand am 7. und 8.10.1898 unter Leitung des Kaiserlichen Gesundheitsamtes eine Befahrung der entsprechenden Rhein-, Main und Neckarabschnitte statt. Die Experten stellten sowohl die Verschmutzung durch städtische als auch durch industrielle Abwassereinleitungen fest. Die Bewertung erfolgte nach dem Augenschein. Dabei ist zu bemerken, daß die Befahrung tagsüber stattfand, während man davon ausgehen kann, daß z.B. die Abwässer der Farbenfabriken nur nachts erfolgte, denn dies war in einigen Genehmigungsbescheiden zur Auflage gemacht worden (BA, Abt. Potsdam, RdI 9275, Bl. 122-130).

Aufgrund der Auseinandersetzungen am Rhein war im Reichstag am 1.3.1899 über einen Antrag zur Einrichtung einer Kommission aus den verbündeten Staaten zu entscheiden, „welcher die sanitärischen Verhältnisse der mehreren Staaten gemeinsam Ströme zu unterstellen seien“.

Eingabe von 50 Rheinstädten und Gemeinden bei Reichsamt des Innern

Daher ging am 16.4.1899 ein von 50 Rheinstädten und Gemeinden unterzeichnetes Schreiben beim Reichsamt des Inneren ein, daß darum ersuchte die Genehmigung der Einleitung der Mannheimer Abwässer in den Rhein solange zu verschieben, bis die noch zu berufende Kommission ihr Urteil gefällt hat. Im Juli 1899 legte Mannheim für die Erweiterung der Kanalisation für 3 weitere Orte einen Erweiterungsplan vor. Worms legt daraufhin am 7.2.1900 wegen der erhöhten Abwassermengen, die nun auf sie zukämen, erneut Widerspruch ein. Der Erweiterung wurde trotz der Widerspruchs mit der Begründung zugestimmt, daß die ursprüngliche Bemessung für 400.000 Einwohner ausgelegt gewesen sei, die bisherigen Einleitungen kaum die Hälfte erreicht hätten und somit kein Grund gegen die Erweiterung spräche.

Daraufhin unternahmen die Städte Worms, Speyer und Germersheim eine erneute Eingabe beim Deutschen Reichstag. Darin fassen sie die von ihnen beklagten Mißstände noch einmal zusammenfassen und bitten erneut um Prüfung der Angelegenheit durch ein „zentrale Stelle“. Auch diese Eingabe war erfolglos, denn am 12.4.1901 bekam Mannheim die definitive Genehmigung durch das badische Ministerium des Innern zur Einleitung seiner Schmutzwasser in den Rhein.

Dem Widerstand und der wiederholten Forderung nach Prüfung durch eine „zentrale Stelle“, wurde dann doch noch Rechnung getragen. Die Großherzoglich Hessische Regierung ersuchte im Einverständnis mit der Grossherzoglich Badischen Regierung beim Staatssekretär des Innern um eine Nachprüfung der von der Stadt Mannheim in Angriff genommenen Ableitung der Fäkalien in den Rhein durch den Gesundheitsrat. Der Reichsgesundheitsrat kam dem Gesuch nach und beriet in seinem Ausschuß für Beseitigung der Abfallstoffe am 30.3.1903 die Angelegenheit. Nach den Beschlüssen des Ausschusses erstatteten RUBNER & SCHMIDTMANN (1903) einen Bericht, der in der Sammlung von Gutachten über Flußverunreinigung in den „Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte“ noch 1903 zur Veröffentlichung kam. Am selben Tag wurde auch im Ausschuß (mit ähnlicher personeller Zusammensetzung) der Fall Mainz behandelt und OHLMÜLLER (1903) die Aufgabe übertragen, ein entsprechendes Gutachten auf Grundlage der Beschlüsse des Ausschusses zu veröffentlichen.

Spätestens diese beiden Gutachten waren der endgültige Freibrief für die Einleitung aller kommunalen Abwässer in den Rhein.

Wie unverfroren und widersprüchlich die Stadt Worms bei dem Streit ihre Interessen vertrat, geht aus der Tatsache hervor, daß der Bürgermeister sowie der städtische Bau- und Medizinalbeamte für Worms selbst eine Fäkalienbeseitigung in den Rhein vorgeschlagen hatten und sogar deren Unbedenklichkeit begutachten ließen (In: Stenographische Berichte über die Verhandlungen des Deutschen Reichstages, 55. Sitzung vom 13. März 1899, S.1520, aus ANDERSEN 1996: 279).

Bezeichnend ist auch, daß in diesem Zusammenhang auf die gleichzeitige industrielle Verschmutzung höchstens am Rande eingegangen wurde, obwohl die Auswirkungen für viele bereits wahrnehmbar gewesen sein mußten. So führt DOSCH 1899 aus:

„Von Ludwigshafen färbt die Anilinfabrik das Wasser mit den schönsten Farben; von Waldhof – zwischen Mannheim und Lampertheim gelegen – bringen die Zellstoff- und Chininfabriken, welche einen gemeinschaftlichen Kanal zur Abführung ihrer Abwasser unweit der hessischen Grenze in den Rhein eingeführt haben, dem Rheinstrome allerlei mögliche, der Fischerei sehr nachteilige Stoffe zu. Am schlimmsten ist es aber mit dem Petroleumgeschmacke, welcher nicht selten einem oder dem anderen der zwischen Ludwigshafen und Worms gefangenen Fische anhaftet und dieselben ungenießbar macht. Vielfach werden die schon zubereiteten Fische zurückgegeben, weil der Petroleumgeschmack, welcher bei frisch gefangenen und lebenden Fischen noch nicht bemerkt wird, bei der Zubereitung in ekelerregender Weise hervortritt.“

(DOSCH 1899:3)

2.10 Wissenschaft als Argument – Die Rolle wis senschaftlicher Gutachten

Die Entwicklungen der industriellen Revolution führten zwischen 1850 und 1900 also auch zu starken Veränderungen des gesellschaftlichen Umgangs mit Wasser. Im Einzelfall gingen die Meinungen über die beste wasserwirtschaftliche Lösung sehr weit auseinander. Die zähen Auseinandersetzungen zwischen Hygiene, Landwirtschaft, Fischerei, Kommunen und Industrie hatten bis in das 20. Jahrhundert hinein eine stark regionale Ausrichtung. Die Verantwortlichen für Wasserver und -entsorgung waren auf praktische Erfahrungen angewiesen. Die örtlichen Verhältnisse waren das Maß aller Dinge. Trotzdem kam dabei den sich um die jeweiligen Interessensverbände gruppierenden Experten aus unterschiedlichsten Fachdisziplinen eine Schlüsselrolle zu (SCHUA & SCHUA 1981). Dem regionalen Bezug in der Praxis der Wasserwirtschaft stand die Entstehung einer überregionalen theoriebezogenen 'scientific community' gegenüber (Erster Internationaler Hygiene-Kongress 1852; vgl. z.B. SIMSON 1983).

Wie die Beispiele Basel, Freiburg, Worms und Mannheim zeigen, setzte eine wahre Flut überregionaler, teilweise internationaler Begutachtungen ein. Insbesondere die „naturwissenschaftlichen Erkenntnisse und Argumente" der Hygieniker hatten dabei einen hohen Stellenwert. „Kommunalpolitik konnte nun nicht mehr ohne die Hilfe von Experten gemacht werden" (O´MALLEY 1995).

Daß wissenschaftliche Gutachten eine wesentliche Rolle spielten, geht schon allein daraus hervor, daß praktisch jede Stadt zur Kanalisationsfrage Gutachten in Auftrag gab (vgl.Tab. 7).

Tab. 7

Einige Gutachten zu Kanalisationsprojekten und Abwasserbehandlung am Rhein oder seinen Nebenflüssen

Zürich	BÜRKLI-ZIEGLER ET AL.1875a, ANONYM 1876; LIERNUR 1876; THOMANN 1900, NUßBAUMER 1909;
Rheinfelden	?
Basel	PETTENKOFER 1867; LINDLEY, WIEBE & BÜRKLI 1872; PICCARD 1873;
Mühlhausen	?
Freiburg	KAST 1876; KORN 1879; LUBERGER 1892; BÜRKLI-ZIEGLER 1880 (St.A F 224.4(1));
Straßburg	?
Karsruhe	ANONYMUS 1874; CLASSEN 1899
Frankenthal	LEHMANN (1903)
Heidelberg	MITTERMAIER 1870; LIPOWSKY 1878; BAUMEISTER 1903
Ludwigshafen	HEBERER 1920
Mannheim	FRAENKEL 1898; RUBNER & SCHMIDTMANN 1903
Hanau	MARSSON, SPITTA & THUMM 1905
Offenbach	LEHMANN ET AL. 1913, KELLER & SPITTA 1913
Frankfurt	VARRENTRAPP 1868;PETTENKOFER 1870; LINDLEY 1886; UHLFELDER & TILLMANS 1908;
Wiesbaden	OHLMÜLLER 1903;
Mainz	VIERLING 1891; OHLMÜLLER 1903;
Köln	LEUT 1877b; KYLL 1877, EULENBERG 1883; STEUERNAGEL 1888, 1893, 1904; FRAENKEL 1897
Düsseldorf	GEUSEN & HOOCK 1903, BACHMANN & FLEISCHER 1925

In aller Regel gab es akute Anlässe für solche Gutachten. Dazu gehörten, wie in Basel, gerade währende oder dagewesene Epidemien, oder aber auch Beschwerden unterliegender Gemeinden bezüglich der Verschmutzung ihres Trinkwassers, wie in Worms oder Speyer.

Es gab offensichtlich nur wenige ausgebildete Männer, die sich auf dem neuen Gebiet der Stadtentwässerung betätigen wollten und zu Gutachten herangezogen werden konnten. Die Diskussion wurde vor allem den Ärzten bzw. Hygienikern als Autoritäten überlassen. Die lokalen Aufgaben übernahmen damals schon vor allem Verwaltungsbeamte. Die wenigen sachkundigen Ingenieure trugen meist nur dazu bei, die bestehende Verwirrung zu vervollständigen.

Beispielhafte Analyse eines Gutachtens des Reichsgesundheitsrates zu Mainz

Den wissenschaftlichen Standard und den Wert eines Gutachtens möchte ich versuchen, an einem Beispiel aufzuzeigen, dem Gutachten des Reichsgesundheitsrates über die Einleitung des Mainzer Kanalwassers einschließlich der Fäkalien in den Rhein (OHLMÜLLER 1903). Es lohnt sich u.a. deshalb, weil es neben der Mainzer Kanalfrage gleichzeitig auch die Beurteilung des Einflusses des Mains sowie der Abwässer der Stadt Wiesbaden, die wie Frankfurt ihre Fäkalien weitgehend in den Rhein leitete, vornimmt.

Zudem hat mich das genannte Gutachten aus mehreren Gründen intensiv beschäftigt:

Es überraschten mich

- die Tiefe und Breite der dem Gutachten zugrundeliegenden Untersuchungen
- die neben der Tabellenform grafische Darstellungsform der Ergebnisse
- der zumindest auf den ersten Blick objektiv wirkende und überzeugende Eindruck des Gutachtens

Ich habe das Gutachten in dreierlei Hinsicht analysiert:

- Aus heutiger Sicht mit dem Wissen über die Folgen und dem eigenen Fach- bzw. Grundlagenwissen.
- Mit dem Ziel das Gutachten auf dem damals so weit mit bekannten Wissensfundament zu bewerten.
- In welcher Form sich das Gutachten von heutigen Gutachten unterscheidet.

Zunächst werde ich versuchen, die für mich zur Untersuchung wesentlichen Inhalte des Gutachtens wiederzugeben:

Sämtliche Untersuchungsergebnisse sind in dem Gutachten in Tabellen dargestellt. Das Gutachten gibt den damaligen Stand der Gewässeruntersuchungen wieder.

Dem Gutachten ist außerdem eine ausführliche Zusammenstellung über die „Einleitung von Abwasser in den Rhein und seine Nebenflüsse auf der Strecke vom Bodensee bis zur Nahemündung“ beigefügt.

Dem Gutachten war die Prüfung der Möglichkeiten einer Verrieselung der Mainzer Abwässer vorausgegangen, die zum Ergebnis hatte, daß für eine Verrieselung nicht genügend geeignete Fläche gefunden werden könne. Deshalb konzentrierte sich das Gutachten ganz auf die Frage, ob die Einleitung der Abwässer von Mainz incl. der Fäkalien dem Rhein zugemutet werden kann. In unmittelbarer Nähe der Stadt Mainz lagen Wiesbaden und Frankfurt, die beiden einzigen Städte am Rhein, die ihre Fäkalien bereits weitgehend in den Rhein einleiteten. Eine umfangreiche Untersuchung die-

ses Rheinabschnittes sollte sich also auch lohnen, um Aussagen über die Wirkungen des Mainwassers und der Wiesbadener Abwässer zu erlangen.

Mit Hilfe einer beispielhaften Untersuchung der Auswirkungen der Einleitung insbesondere von Wiesbaden und einer Hochrechnung der Einleitungen durch Mainz, erhoffte man sich die Frage nach bestem Wissen und Gewissen beantworten zu können.

Untersuchungsinhalte

Es wurden Wasserführung, Fließgeschwindigkeiten, Flußbetteigenschaften und die Beschaffenheit des Rheinwassers untersucht. Bezüglich der Wasserführung kommt der Gutachter zu folgendem Schluß:

„Eine solche Art der Wasserführung eines Flusses bietet ja im allgemeinen günstige Voraussetzungen für die Zulässigkeit der Zufuhr organischer Verunreinigungsstoffe, indem zu den wärmeren Zeiten, wo die Fäulnis- und Zersetzungsvorgänge am stärksten abspielen, immer am häufigsten Hochwasser zu erwarten ist, welches verdünnend wirkt.“

An diesem Urteil ändert auch die Tatsache möglicher langer Niedrigwasserperioden nichts...

„Die abnorme Wasserarmut des Rheins vom 23.9.1857, während 180 Tagen, ist ein so seltenes Ereignis, daß man damit nicht zu rechnen braucht.“

Bezüglich der Beschaffenheit des Rhein- und Mainwassers stellt Ohlmüller fest:

„Im allgemeinen lassen die Analysen an den drei Untersuchungstagen erkennen, daß das Rheinwasser wenig verunreinigt ist: die Oxydierbarkeit und der Chlorgehalt sind niedrig, Ammoniak und salpetrige Säure sind nicht, Salpetersäure gewöhnlich nur in Spuren vorhanden. Die Vermehrung der letzteren Säure bei hohem Wasserstand bestätigt die Auffassung, dass eine Mineralisierung der vom Boden abgeschwemmten organischen Stoffe bereits stattgefunden hat ehe diese zum Fluss gelangen, und sie können sonach als Verunreinigung nicht mehr angesprochen werden. Die Keimzahlen erscheinen durchschnittlich etwas höher, als man sie im Flusswasser zu sehen gewohnt ist, weil ihre Bestimmung durch die schärfere Methode der Zählung mit dem Mikroskop bewerkstelligt worden ist; sie sind ohnehin nur unter sich vergleichbar und dürfen auch hierbei nur als relative, nicht absolute Grössen angesprochen werden.“

Desweiteren wurde anhand der weitaus höheren Parameter Chlorgehalt, Keimzahlen und suspendierte Stoffe eine deutliche Beeinflussung durch den Main vor allem bei iedrigwasser auf der rechten Rheinseite festgestellt;

„führt der Main Hochwasser, so kann dieses bis in das linke Drittel des Rheins herüberdrängen“.

Daraus wird folgender Schluß gezogen (im Gutachten textlich hervorgehoben):

„Für die Frage der Einleitung der Mainzer Kanalwässer in den Rhein ist sonach die Beschaffenheit des Mainwassers ohne Belang, denn bei Hochwasser, bei welchem es überhaupt in Betracht kommen kann, ist die Verdünnung eine entsprechend grössere“. (OHLMÜLLER 1903:276)

Auffällig für das Gutachten ist die für den Beginn des 20. Jahrhunderts noch relativ seltene graphische Darstellung der Ergebnisse. Graphik wird hier m.E. eingesetzt, um die Wichtigkeit und Objektivität des Dargestellten zu unterstreichen und eine möglichst breite Wirkung zu erzielen.

Nach der Analyse des Flußwassers erfolgt die Analyse der Menge und Qualität des Kanalwassers. Parameter sind Trockensubstanzgehalt, suspendierte Stoffe, Chlor und Stickstoff.

Als Berechnungsgrundlage dienen die Angaben über abgefahrene Latrinenstoffe der Stadt Mainz zwischen 1890-1900 (vgl. Tab. 8).

Jahr	Einw.	Volle Latrine [hl]	Diff. zum Vorjahr [hl]	Verdünnte Latrine	Diff. zum Vorjahr
1890/91	72 281	370506,98	-3514,34	102 260,82	+16 525,11
1891/92	73 214	400 476,25	+29 969,27	120 882,24	+18 621,42
1892/93	74 147	425 203,53	+24 727,28	140 847,94	+19 965,70
1893/94	75 080	404 136,64	-21 066,89	149 077,53	+ 8 229,59
1894/95	76 013	447 043,16	+42 906,52	146 469,66	- 2 607,87
1895/96	76 946	466 136,25	+19 093,09	155 131,32	+ 8 661,66
1896/97	78 417	418 031,33	-48 104,92	153 562,74	- 1 568,58
1897/98	79 888	485 856,24	+67 824,91	165 796,84	+12 234,10
1898/99	81 359	469 025,70	-16 830,54	148 232,57	- 17 564,27
1899/1900	82 830	480 238,69	+11 212,99	179 548,95	+31 316,38

Tab. 8

Menge der zwischen 1890 und 1900 abgeführten Latrinenstoffe (OHLMÜLLER 1903:279)

Die Unregelmäßigkeiten erklärt Ohlmüller wie folgt:

„...denn mit dem Anwachsen der Bevölkerungsziffer wäre auch naturgemäss eine Zunahme der Exkremente zu erwarten gewesen. Die Vermutung, dass Fäkalien dem Kanalnetz übergeben worden sind, wird hierdurch bestätigt. Das gleichmässigere Ansteigen der Kurve für verdünnte Latrine (mit Wasser verdünnte Latrinen infolge des WCs...A.d.A.) gegen über der für voll (ohne Wasserverdünnung, A.d.A.) erklärt sich durch eine vermehrte Einrichtung von Wasserklosetts. Das Bestehen von solchen in Verbindung mit Gruben erhöht aber die Abfuhrkosten und führt zu dem Bestreben, unberechtigter Weise nach den Kanälen abzuleiten.“ (OHLMÜLLER 1903)

Für das Jahr 1900 errechnet OHLMÜLLER die Summe der Trockensubstanzgehalte der „vollen“ Latrinenstoffe auf 229,81 g, der „verdünnten“ Latrinenstoffe auf 16,019 g sowie der Stoffe die bereits 1900 über das Kanalwasser in den Rhein gelangten auf 338,100 g Trockensubstanz pro Sekunde. Daraus ergibt sich rechnerisch eine Gesamtfracht des zukünftigen Kanalwassers von 583,929 g Trockensubstanz pro Sekunde.

	Fäces [g pro Tag und Person]	Harn [g pro Tag und Person]
Mann	150	1500
Frau	45	1300
Knabe	110	570
Mädchen	25	450

Tab. 9

Menge der zwischen 1890 und 1900 abgeführten Latrinenstoffe (OHLMÜLLER 1903:279)

Damit ergibt sich rechnerisch eine gesamte Ablauffracht innerhalb von 12 Stunden von 385,193 g TS pro Sekunde. Für die weiteren Schlußfolgerungen nimmt Ohlmüller den höheren Wert von 583,929 g Trockensubstanz pro Sekunde.

Tab. 10

Auszug der Messergebnisse, wie sie Ohlmüller zur Argumentation im Fließtext verwendet (OHLMÜLLER 1903:285,293).

Profil	Sauerstoffdefizit (mg/l), bezogen auf Sauerstoffsättigung											
	Probenahme am											
	1.2.1901			5.2.1901			6.3.1901			2.9.1901		
	Seite											
	L	M	R	L	M	R	L	M	R	L	M	R
II	4,31	5,52		1,46	1,7		1,35	1,71		1,17	1,57	
III, linker Flußarm	4,48	5,13		0,85	1,46		0,71	1,14		1,18	1,02	
III, rechter Flußarm		5,18	5,47		1,07	0,84		1,39	1,23		1,85	1,4
IIIa, rechter Flußarm		5,95	5,73		0,92	1,72		1,23	3,26		0,86	2,01
IVa, linke Flußhälfte		5,61	5,6		0,75	0,89		4,22	4,44		1,5	1,00
IV, linke Flußhälfte		5,57	5,47		8,12	4,6		1,72	2,41		0,7	1,10
IVa	5,42	4,35		1,49	1,04		4,22	4,06		1,5	0,56	
IV	4,95	5,57		4,63	8,12		1,56	1,72		1,06	0,7	

L = linke Seite Fluß(arm)hälfte, M = Mitte Fluß(arm)hälfte R = rechte Seite Fluß(arm)hälfte

Profil II = kurz nach Mündung des Mains (Profil II)

Profil III = nach Mündung der Mainzer Kanalabwässer (linker Flußarm, III)

Profil IIIa = unmittelbar kurz nach Mündung der Wiesbadener Abwässer durch den Salzbach (rechter Flußarm, IIIa)

Profil IVa = nach wenigen Kilometern der Einleitung der Wiesbadener und Mainzer Abwässer

Profil IV = nach ca. 10 km der Einleitung der Wiesbadener und Mainzer Abwässer

OHLMÜLLER überprüft die Zahlen anhand der pro Person bekannten Trokkensubstanzgehalte ihrer Ausscheidungen (Tab. 8) sowie der Angaben von Baumeister an Trockensubstanz pro Einwohner und Tag, die durch den Rest des Abwassers abgeschwemmt wird von ca. 190 g TS pro Person und Tag. Als Annahmen für den Trockensubstanzgehalt der Faeces werden 25%, für die des Harns 5,5 % angegeben.

Anhand von 4 Querprofilen und im wesentlichen mit der Messung der Parameter gelöster Sauerstoff (bzw. Sauerstoffdefizit), Chlor und Trockensubstanzgehalt versucht Ohlmüller den Einfluß der Kanalwässer von Mainz festzustellen. Zwei Probenahmestellen lagen vor der Einmündung der Kanalabwässer drei danach.

„Alle die vorerwähnten Untersuchungen lassen deutlich erkennen, dass die Verunreinigung des Rheins durch die jetzigen Kanalwässer der Stadt Mainz so gering ist, dass sie mit den üblichen chemischen Prüfungsmethoden (Gehalt an freiem Sauerstoff und Chlor) nur andeutungsweise nachgewiesen werden konnte, und dass zwar die Keimzahl erhöht wird, aber schon nach einer 10,5 km langen Flussstrecke wieder auf die Norm zurücksinkt.“ (OHLMÜLLER 1903)

Über die Auswirkung der beabsichtigten Einleitung der Fäkalien äußert sich Ohlmüller in dem Gutachten nach theoretischer Berechnung einer hinzukommenden Konzentration an Trockensubstanz von (je nach Wasserstand) 0,3-1,3 mg/l wie folgt:

„Diese Zahlen sind so niedrig, dass sie eine nennenswerte Veränderung des Flusswassers nicht bedeuten. Aber auch wenn sie sich um das Zehnfache vergrössern (was jedoch nie eintreten wird), indem die Einwohnerzahl von Mainz bedeutend wächst und das städtische Abwasser im linken Drittel dieses Rheinstromes zusammengehalten wird, so wäre auch dann noch die Veränderung des Rheinstromes ohne jedes hygienisches Bedenken.“ (OHLMÜLLER 1903)

Auch nach Einleitung der Wiesbadener Abwässer kann Ohlmüller keine wesentliche Veränderungen im Flußwasser feststellen:

„Im grossen hat sich eine merkbare chemische Veränderung des Rheinwassers durch den Zufluss des gereinigten Wiesbadener Abwassers auf der rechten Flusseite nicht ergeben.“ (OHLMÜLLER 1903)

Zuletzt geht Ohlmüller auf die Gefahr der Krankheitskeime ein. Ein solche Gefahr wird von ihm konstatiert, ebenso daß man viel zu wenig über das Überleben solcher Keime wisse. (zumal sich solche Äußerungen allenfalls auf Typhus und Cholera bezogen, von vielen anderen Krankheitskeimen, geschweige denn um die Existenz von Viren, wußte man um 1900 noch nicht). Das Risiko scheint ihm jedoch klein, da

- eine auffällige statistische Erhöhung von Typhus, Cholerafällen durch Rheinwasser nicht festzustellen war
- die Überlebensbedingungen in einem Fluß wie dem Rhein durch den Einfluß des Lichtes, der allgemein für solche Erreger schlechten Lebensumstände und schließlich die Verdünnung für gering angesehen wurden
- und man schließlich die Desinfektion der mit Fäkalien belasteten Abwässer als ausreichende Sicherheitsmaßnahme empfand.

Schlußfolgerungen des Gutachtens

(OHLMÜLLER 1903)

Abschließend faßt Ohlmüller zusammen:

„Zur Reinigung des Mainzer Kanalwassers einschließlich der Fäkalien wird eine mechanische Klärung vor der Einleitung als ausreichend erachtet. Werden hierbei wie auch bei den Notauslässen, die gröberen Schwimmstoffe abgefangen, so werden keine Unzuträglichkeiten entstehen. Die Einleitung des geklärten Abwassers wird, wie das Wiesbadener Beispiel gelehrt hat, das Flusswasser in seiner chemischen Beschaffenheit nur unwesentlich verändern; das Eintreten von lästigen Fäulniserscheinungen ist ausgeschlossen. Die Keimzahl im Flusswasser wird sich vorübergehend erhöhen, aber schon oberhalb Budenheim auf den natürlichen Stand abgefallen sein. Um die Gefahr der Typhusübertragung auf das tunlichste Mass einzuschränken, ist häusliche Desinfektion vorzuschreiben und für Entnahmestellen einwandsfreien Trinkwassers für die Schiffsbevölkerung zu sorgen. Die Einrichtung von Bade- und Waschgelegenheiten unterhalb der Einleitungsstelle des geklärten Abwassers und unterhalb der Mündungen der Notauslässe ist zu verbieten.

Unter solchen Bedingungen wird die Einleitung des Mainzer Kanalwassers einschließlich der Fäkalien in den Rhein als zulässig erachtet.“

Interpretation des Gutachtens aus heutiger Sicht

Aus heutiger Sicht und mit heutigem Wissensstand scheint das Gutachten geradezu fahrlässig vereinfachend. In Anbetracht der damaligen Nachweismethoden kann den Gutachtern zumindest keine vordergründige Parteinahme nachgesagt werden. Essentielle Erkenntnisse über die Zunahme von Produktion und Destruktion und der damit für viele Organismen verbundenen dramatischen Abnahme des Sauerstoffs durch die Zunahme von Nährstoffen wie Stickstoff und Phosphor, lagen noch nicht vor.

Trotzdem bleibt für mich – knapp 100 Jahre später – offen, warum das Gutachten Fragen, die es auch gerade mit Hilfe der benutzten Methodik und Zahlen hätte stellen können, nicht stellte und entsprechend auch nicht beantwortete.

Am Anfang des Gutachtens wird die, m.E. für damalige Verhältnisse, überraschend ausführliche Bestandsaufnahme über Einleitungen am Rhein vom Bodensee bis zur Nahe zusammengefaßt. Man hätte erwarten können, daß das Gutachten auf den Sinn dieser Bestandsaufnahme eingeht und zu Schlußfolgerungen heranzieht. Der Aufwand wäre angesichts des schon geleisteten gering gewesen, die Mengenangaben über Verschmutzungen und sei es nur auf Grundlage der Trockensubstanzgehalte gewesen, einmal auf ein Niedrigwasser zu übertragen, bei dem alle Rheingemeinden ihre Abwässer incl. Fäkalien in den Rhein leiten. Genau das wäre im Sinne der sich beschwerenden und Sorgen machenden Rheingemeinden und Interessensgruppen angemessen gewesen. Sie hatten eben jene Frage gestellt, was passieren würde, wenn alle Anwohner den Rhein als den *„natürlichen Rezipienten für jegliches Abwasser nutzen*“. Die Kritiker und Gegengutachter hatten genau diese Befürchtung oft formuliert.

Befürchtungen der Kritiker

Das von der Stadt Speyer in Auftrag gegebene Gutachten *„über die drohende Verunreinigung des Rheinstroms“* des Ingenieurs CLASSEN (1899) gegen die von Karlsruhe beabsichtigte Fäkalieneinleitung ist ein repräsentatives Beispiel für die damals vorgebrachten Befürchtungen und Einwände. Classen sieht in der Widerlegung der Selbstreinigungstheorie den wichtigsten argumentativen Ansatzpunkt.

„Nachdem aber bisher weder die vorgebrachten, schwerwiegenden Thatsachen, noch Vernunftschlüsse gegenüber der zunehmenden Düngerverschleuderung und Wasserverunreinigung durchschlagenden Erfolg sich erringen konnten, so muss die fernere Bekämpfung jener gemeingefährlichen Flussverseuchung hauptsächlich gegen die `Selbstreinigungstheorie` in verstärktem Grade gerichtet werden.“ (CLASSEN 1899a)

In der Bewertung des Phänomens Selbstreinigung liegt m.E. auch ein wesentlicher Schlüssel für das Verständnis des Gutachtens des Reichsgesundheitsrates, obwohl dort nur indirekt auf die Selbstreinigung eingegangen wurde (vgl. Kap. 4.2). Vielleicht sollten die Messungen im wesentlichen nur dazu dienen zu zeigen, daß sich eine Verunreinigung, ausgedrückt, in der Menge der Trockensubstanz und der Bakterien, schon nach wenigen Kilometern in einem so großen Fluß wie dem Rhein nicht mehr nachweisen läßt. Dies erscheint wohl auch damals schon als ausreichender und „objektiver“ Nachweis. Auf die Argumente der Gegner geht das Gutachten folgerichtig auch nicht ein.

Im folgenden Classens Einwände und Sprache im Original:

„Aus diesen Gründen geht insgesamt hervor, dass der allseitige Protest gegen das verwerflichste und gemeingefährlichste Städtereinigungssystem: `Die Fäkalienabschwemmung` sowohl in ästhetischer, sanitärer, als wirtschaftlicher Hinsicht voll und ganz gerechtfertigt ist, denn durch die Abschwemmung der städtischen Abfallstoffe wird nicht nur der für jedermann in gleichem Masse zustehende, natürliche Gebrauch des reinen Wassers verhindert, sondern auch die Fischzucht geschädigt, der Verkehr gestört, die Gesundheitsverhältnisse der Anwohner gefährdet, Unsummen von Dungwerten verschleudert und enorme Mittel für Anlage, Unterhalt und Betrieb vergeudet, ohne jede Gegenleistung – es sei denn, man betrachtet Cholera- und Typhusepidemien, sowie deren Folgen, wie sie Hamburg, Altona, Nietleben u.s.w. über sich ergehen lassen mussten, als eine solche Gegenleistung. Noch giebt es entschieden Mittel zur Abhilfe, denn es wäre wirklich um die Technik zu traurig bestellt, wenn die Abschwemmung der letzte Ausweg wäre. Jedenfalls hat Karlsruhe ebensowenig wie andere Städte ein Vorrecht, auf Kosten seiner Mitmenschen Einrichtungen zu treffen, die nach jeder Richtung unfehlbar ungesunde hervorrufen müssen, und kann diese Stadt unter keiner Bedingung verlangen, dass sich andere Rheinanwohner den total fehlerhaften Theorien der Schwemmpartei-Anhänger zu Liebe den ungestörten Gebrauch des reinen Wassers rauben und sich in unverantwortlichster Weise in ihrer Gesundheit schädigen lassen. (CLASSEN 1899a)

Dafür haben aber die stark bedrohten Städte wohl das Recht, von den die Flussverunreinigung anstrebenden Gemeinwesen zu verlangen, dass sie ein geringes Opfer, welches niemand gefährdet, aber allen nützt, auf sich nehmen; dies Opfer besteht darin: „Schafft die direkt in die Kanäle mündenden Wasserklosetts ab!“

Vielleicht steckt darin, den Verzicht auf die Spültoilette als „geringes Opfer“ zu bezeichnen, die schwerste Fehleinschätzung von CLASSEN wie andere Gegner der Abschwemmung der Fäkalien in die Flüsse.

Fäkalienabschwemmung ein Sachzwang

Es ist anzunehmen, daß bereits für die meisten der maßgeblichen Gutachter zu dieser Zeit das englische WC zum Alltag gehörte. Es ist daher folgerichtig, daß Ohlmüller ausführlich auf den Mißstand der illegalen Einleitung der noch in Gruben geleiteten, durch Spültoiletten verdünnten Latrinenstoffe hinweist. Es drängt sich der Gedanke für mich geradezu auf, daß damit bei Ohlmüller eine „unabänderliche Rahmenbedingung“ geschaffen ist, die gar nichts anderes erlaubt, als die Fäkalienabschwemmung in den Rhein. Eine

Weise der versteckten Implikation, die Jahrzehnte später in der Umweltdebatte als Sachzwang bezeichnet wird.

Bedeutung der Alltagsgewohnheiten der Gutachter

Welchen Anteil die Überzeugung von der schadlosmachenden und verdünnenden Wirkung des Rheins bei der Urteilsbildung der Gutachter tatsächlich gespielt hat, wird sich nicht mehr rekonstruieren lassen. Ebensowenig, welchen Einfluß der Gedanke an einen „Verzicht auf die eigene Spültoilette“ auf die Gutachten gehabt hat. Meine Vermutungen gehen dahin, daß die Vorstellung des Verzichts, die Überzeugung von der schadlosmachenden und verdünnenden Wirkung des Rheins zumindest erleichtert hat.

Es bleibt Spekulation – aber vielleicht war die durchaus aufwendige und sorgfältige Untersuchung des Rheins bei Mainz von vornherein dazu angelegt, die Einleitungsfrage der Fäkalien in große Flüsse ein für allemal beilegen zu können.

Die Ausreißer bezüglich der Werte, die ein Sauerstoffdefizit von bis zu 50 % anzeigten, hätten kritischer hinterfragt werden können. Irrtümer bei den Messungen sind natürlich nicht ausgeschlossen, aber zumindest bei der Sauerstoffmethode meiner Einschätzung nach noch am unwahrscheinlichsten. Die damalige Sauerstoffuntersuchungen nach Winkler wird noch heute durchgeführt (vgl. Kap. 4.3). Die Resultate des Gutachtens können daher als verhältnismäßig glaubwürdig und realistisch gelten. Zieht man den Mittelwert aus den an 4 verschiedenen Terminen gemessenen 64 Werte (Tab. 10) so ergibt sich eine Sauerstoffsättigung von nicht einmal 70 %. Die meisten der Ergebnisse des Gutachtens hätten sich durchaus zur Formulierung dem Gutachten entgegengesetzter Schlußfolgerungen benutzen lassen.

Im vorliegenden Fall hat es m.E. dazu beigetragen über die Zulässigkeit der Einleitung von Fäkalien in die Kanalisation und damit in die Gewässer nach einem halben Jahrhundert Auseinandersetzungen endgültig zu entscheiden. Und das obwohl der Gesundheitsrat rechtlich gar keine Einflußmöglichkeit auf die Entscheidungskompetenz der Länder hatte. Die Entscheidung über den Bau der Kanalisationen lag letztlich allein bei den Ministerien des Innern der Länder. Sie sahen sich durch das Gutachten in Ihrer Auffassung bestätigt.

Die Bedeutung der Gesundheitsräte

Neben den eigentlichen Gutachten spielte eine zweite Kategorie von Schriften in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts eine gewichtige Rolle. Im Kapitel 0 wurde bereits mehrfach auf Hermann Kast, den damaligen Bezirksrat von Freiburg aufmerksam gemacht. Den Bezirksräten und Gesundheitsräten kam eine gewichtige Rolle zu. Sie waren diejenigen, die in direktem Kontakt zu fast allen Bevölkerungsschichten standen, beinahe täglich auf Mißstände trafen, und zu deren unmittelbarer Aufgabe die Einhaltung hygienischer Maßregeln gehörte. Ihre Anschauungen waren zunächst geprägt durch die Praxis öffentlicher Hygiene, ihre Berichte geben, wenn natürlich auch geprägt vor allem durch die Beschreibungen der Mißstände, die wahrscheinlich besten Eindrücke damaliger Zustände. Neben der Praxis war ihr Weltbild jedoch schon sehr weitgehend bestimmt durch die Anschauung der damals als führend angesehenen wissenschaftlichen Persönlichkeiten. Es liegt nahe, daß sie versuchten die Ansichten der Autoritäten mit ihren eigenen Erfahrungen so weit wie möglich zur Deckung zu bringen und ihr eigenes Handeln darauf zu begründen. Die Denkschrift von Kast ist ein m.E. eindrückliches Zeugnis einer solchen Haltung und Praxis. Daher möchte ich einige Zitate aus dieser Denkschrift kommentieren. Es sind vor allem solche Zitate ausgewählt, die die beschriebenen örtlichen Zustände kommentieren. Der Autor versucht seine Argumente mit übergeordneten Erfahrungen aus fortschrittlicheren Ländern, damals England, oder Ansichten der maßgeblichen Autoritäten, zu belegen. Er empfand es als Pflicht des Staates und damit als die eigene Pflicht entsprechende Maßnahmen zu ergreifen, die allgemeine Gesundheit zu schützen.

„Die Erfindung der Pockenimpfung zu Ende des 18. Jahrhunderts brachte die hygienischen Bestrebungen wieder allgemein in Fluß, aber erst die französische Revolution sprach wieder den Grundsatz aus: Der Staat habe das Recht und die Pflicht, die Gesundheit der Bürger zu schützen.“ (KAST 1876,S.2)

Als Vorbild stand klar England Pate und die Meldungen aus England waren Referenz genug als Entscheidungsgrundlage:

„Die Erfahrung, welche dieses reiche, hygienisch vorgeschrittenste Land seit 2-3 Decenien gesammelt hat, müssen uns bei Erledigung der wichtigsten Frage, die wir überhaupt zu behandeln haben werden – bei der Latrinen- und Kanalisationsfrage – von der höchsten Bedeutung, in gewissen Sinne mustergültig sein.“ ... (KAST 1876:5-6)

„London mit den möglichst ungesunden hygienischen Bedingungen und berüchtigt wegen seiner Sterblichkeit, wurde nach wenigen Jahren die gesundeste Hauptstadt der Welt, deren Sterbeziffer seit einem Jahrzehnt sich unter der generellen Mittelziffer hält; Groydon, eine Stadt mit 48.000 Seelen, sank von 26,33 per mille auf 18,46 herunter – so daß man sagen kann, daß in 20 Jahren circa 3000 Menschen daselbst durch Kanalanlagen das Leben gerettet wurde;...“

„Wenn auch nicht verkannt werden soll, daß zur Erzielung jener großartigen Erfolge die verschiedensten hygienischen Maßnahmen gleichzeitig mitwirkten, so waren sie doch zweifellos in erster Reihe der Umgestaltung der Latrinen- und Kanalisationsanlagen zu verdanken, welche ja die gesundheitswidrigsten und unbestreitbar gefährlichsten Stoffe beseitigen.“

„In Deutschland bestanden schon lange vor den englischen Reformbestrebungen Anfänge einer guten Gesundheitspflege, insbesondere einer annähernd zweckmäßigen Kanalisation. Hamburg, Altona, Stettin, Würzburg hatten z.B. seit langem gute Kanäle. Aber der eigentlich belebende Hauch kam auch bei uns erst von England herüber. Bei der sozialen Zersplitterung und der einseitigen volkswirtschaftlichen Bildung, bei der schlechten Gewohnheit, alle Initiative von Oben herab zu erwarten und Alles spöttisch zu bekritteln, was nicht gleich ganz vollkommen ist, zum Theil auch wegen der bescheidenen Mittel, fanden die neuen Lehren – obwohl theilweise theorethischer Ueberschwenglichkeit aufgefaßt – in Deutschland practisch schwierigen Eingang. Nur langsam organisierten sich Gesundheitsräthe, die in ihrer rein consultativen Stellung, bei der fehlenden Verbindung unter sich und dem Mangel gesetzlicher Unterlagen nur wenig zu Stande bringen konnten und deshalb – wie hier in Freiburg – bald wieder einschließen.“

„ ... – aber alle Eingeweihten fühlten, daß auf der Grundlage unseres bisherigen öffentlichen Lebens kein Fortschritt zu erwarten, vielmehr eine Zentralisierung, eine Leitung von Oben und Verordnungen nöthig seien, wenn die Organisation des Gesundheitsdienstes eine festere Gestaltung annehmen und seine Wohlthaten zum Gemeingute Aller werden sollte.“

Der Bau einer Kanalisation setzt Kast gleich mit dem Fortschritt des öffentlichen Lebens. Als Garant für ausreichende Hygiene und Gesundheit galt ein möglichst hoher Wasserkonsum, nicht zuletzt verbunden mit dem WC, und eine möglichst schnelle Ableitung des Abwassers.

„Mit 300 Litern per Tag und Kopf nähern wir uns den Anforderungen einer guten Hygiene „ (KAST 1876:18)

Letztlich begründet auch Kast seine Überzeugungen mit statistischen Tatsachen.

„Die Statistik constatiert seit Langem eine bedeutend größere mittlere Lebensdauer der ländlichen Bevölkerung. James Stark hat 1869 aus einer umfangreichen Statistik Schottlands den richtigen Schluß gezogen, daß die gegenwärtige Sterblichkeit in den Städten um ein Drittel größer, als auf dem Lande sei, und daß die Sterblichkeit mit der Größe einer Stadt gleichmäßig zunehme – hat sich aber in Verfolgung seines Themas zu dem fatalistischen Schlusse hinreißen lassen: Alle hygienischen Bestrebungen zur Aenderung jenes Mißverhältnisses seien fruchtlos, weil das Wohlsein, resp. Lebensdauer des Menschen im Grunde ausschließlich von dem Genusse frischer Luft abhänge.“ (KAST 1876:30)

Kast war, wie viele seiner Kollegen, deutlich der Theorie von Pettenkofer zugeneigt. Neben einer guten Wasserversorgung sollte der Bau der Kanali-

sation auch zur Trockenlegung des Bodens dienen und damit zur öffentlichen Gesundheit beitragen.

„Es ist alle Aussicht vorhanden, daß sich mit der Trockenlegung unseres Bodens auch die Lungenphtise vermindere.“ (KAST 1876:36)

„Wäre es überhaupt möglich, alle Fäulnisgase von den Athmungsorganen durch Ventilation ferne zu halten, so wären alle weiteren Maßregeln zur Reinhaltung unseres Wohngrundes überflüssig.“ (KAST 1876:51)

2.11 Der Gutachter Max von Pettenkofer

Wie bereits beschrieben hatte sich Pettenkofer 1866 in seinem Gutachten *"Über die Kanalisation der Stadt Basel mit besonderer Rücksicht auf das Bett des Birsig-Flusses"* noch sehr kritisch gegenüber der Schwemmkanalisation geäußert. Dafür gab es mehrere Gründe. Die aus England bekannten Berichte über den Einfluß der durch Schwemmkanäle eingeleiteten Abwässer aus Gewerbe und Industrie, die viele Flüsse bereits in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in stinkende Kloaken verwandelt hatten:

„Wohin es führt, wenn man es als allgemeines Prinzip aufstellen wollte, daß die Flüsse eines Gebietes zugleich als Abzugskanäle für alle schwemmbaren Abfälle des menschlichen Haushaltes zu dienen haben, hat London der Welt gelehrt, welches jahrelang aus derselben Themse, in welche es seine Kloaken münden ließ, sein Trinkwasser bezog und filtrierte, bis die Verderblichkeit dieses unnatürlichen und ekelhaften Zustandes für die menschliche Gesundheit statistisch nachgewiesen wurde. . .“ (PETTENKOFER 1866)

Wie bereits geschildert konnte er auch für sich die Argumente Liebigs bezüglich des Verlustes wertvoller Dungstoffe nicht entkräften. Zudem stand er unter dem Eindruck einer Untersuchung aus München, die vermeintlich zeigte, daß trotz der Ausdehnung des Sielnetzes und der Aufgabe vieler Versitzgruben bei den Häusern, die Reinheit des Wassers in den Brunnen nicht zugenommen, sondern vielmehr abgenommen hatte. Pettenkofer führte dieses Ergebnis auf die Undichtigkeit der Kanäle zurück:

„Auf die vollkommene Wasserdichtigkeit eines Kanalnetzes ist nach menschlicher Wahrscheinlichkeit nicht zu rechnen, in jedem Mauerwerk, in jedem Röhrensystem werden sich viele Lecke finden; noch kein Kanalnetz ist auch nur annähernd auf den Grad seiner Wasserdichtigkeit untersucht worden.“ (PETTENKOFER 1866)

Folglich kam Pettenkofer im Fall Basel 1866 noch zu dem Schluß:

"Nach langer und reiflicher Überlegung kann ich mich im Prinzip nicht für das Schwemmsystem zur Beseitigung der Fäkalmassen erklären." (PETTENKOFER 1866)

Was war geschehen, daß sich Pettenkofer bereits 3 Jahre später in einem Gutachten, diesmal für Frankfurt, so vehement für die Schwemmkanäle aussprach.

Die Vermutung Pettenkofers, daß sich das Brunnenwasser aufgrund des Baues der Kanalisation seit 1862 im Zentrum der Stadt verbessern müsse, hatten entsprechende Untersuchungen nicht bestätigt. Pettenkofer vermutete die Ursache in den undichten Kanälen, wie es auch im Basler Gutachten zum Ausdruck kommt. Den eigentlichen Grund für die Zunahme der Verschmutzungen im Brunnenwasser erfuhr er erst nach dem Gutachten von Basel. Eine Erhebung von 1874 brachte den Beweis dafür in seiner ganzen Tragweite.

Trotz der 1859 erlassenen Anweisung, alle Abtrittgruben abzudichten, waren noch nahezu 6400 undicht. 500 Häuser hatten gar keine Gruben, 440 Abtritte entließen Urin und Fäkalien direkt und 340 Abtritte ihren Überlauf in die Stadtbäche. Desweiteren existierten zahlreiche reparaturbedürftige Gruben für Dünger, Kehricht- und Aschen, in die zum Teil auch Fäkalien entsorgt wurden. Sogar 300 reine Versitzgruben (Sickergruben) wurden trotz aller Verbote noch entdeckt. Dazu kamen Verunreinigungen durch erlaubte Sikkergruben für das Regenwasser, in denen allzuoft auch Abwasser mit versikkerte.

Diese „schlechten Erfahrungen“ mit der Sanierungspraxis undichter Gruben waren wohl der ausschlaggebende Grund dafür, daß Pettenkofer all seine zuvor gehegten Zweifel ein für allemal begrub. Von nun an war er der wohl schärfste und engagierteste Befürworter der Abschwemmung der Latrinenstoffe mit Hilfe der Spültoilette. Die zu dieser Zeit aufkommenden Berichte vieler Städte über die illegale Einleitung vor allem der Grubenabwässer, an die eine Spültoilette angeschlossen war, konnte ihn in seiner Auffassung nur bestätigen.

Für den nach Ansicht Pettenkofers einzig ernstzunehmenden Einwand – die Gewässerverschmutzung – suchte Pettenkofer von nun an nach einer Lösung.

"Daß die Isar durch München verunreinigt werden könnte, habe auch ich einst befürchtet, aber ich begnügte mich nicht mit der naheliegenden Furcht, sondern suchte die Verunreinigung nachzuweisen, und zwar nicht einmal und auch nicht mehrmals bloß in einem einzigen Jahre, sondern ich und meine Schüler arbeiten seit 1875, also seit 16 Jahren an Constatirung der Tatsache, unter den verschiedensten Wechselfällen.". (PETTENKOFER 1891b)

Ihm ging es ähnlich wie Ohlmüller. Eine *„besondere“* Flußverunreinigung ließ sich durch die Einleitung der Abwässer nicht nachweisen. Er erklärte sich dies unter anderem damit, daß Vorgänge der Reinigung, wie sie auf einem Rieselfeld oder im Boden nachweisbar seien, auch im Wasser stattfinden müßten. Die konsequente Folge war, daß er sich gegen die Anlage von Rieselfeldern und für die Einleitung aller Münchner Abwässer, einschließlich der Fäkalien, in die Isar aussprach.

Seine Untersuchungen an der Isar formulierte er als Vorbedingung für eine ausreichende Selbstreinigung des Gewässers, daß bei 15-facher Verdünnung der ungereinigten Abwässer die Strömungsgeschwindigkeit im Fluß stets größer als die Geschwindigkeit des Abwassers im Kana1 vor der Einleitungsstelle sein muß.

Pettenkofer war sich bewußt auf welch wackligem Boden er mit seinen Kriterien stand und stellte selber fest, daß die Selbstreinigung *„von wissenschaftlicher Seite noch gar mancher Aufklärung bedarf"*. Doch war er *"im Interesse der Praxis auch der Ansicht, daß es einer der unheilvollsten Fehler wäre, von feststehenden Tatsachen so lange keinen praktischen Gebrauch zu machen, bis sie auch theoretisch vollkommen erklärt sind“* und gibt den Rat, *"in solchen Fällen zu handeln und ans Werk zu gehen, ehe die Gelehrten sich einig sind"*.

Nach dem Ausbau der zentralen Wasserversorgung und der Kanalisation waren die Typhustodesfälle schlagartig zurückgegangen. Damit war für Pettenkofer der Beweis für die Richtigkeit seiner Vorschläge und seiner Bodentheorie erbracht. Sein Ziel, mit Hilfe der Kanalisation die Gesamtsterblichkeit positiv beeinflussen zu können, schien ihm erreicht.

Spätestens durch den sich einstellenden Erfolg war die Autorität Pettenkofers zu groß geworden, als daß sich Kritiker in seiner Heimatstadt gegen ihn noch hätten durchsetzen können. So wurde ausgerechnet im Cholerajahr von Hamburg Ende 1892 die große Erweiterung der Kanalisation von München incl. der Einleitung aller Abwässer in die Isar, allerdings mit der Auflage der mechanischen Reinigung genehmigt.

2.12 Pettenkofers letztes Gefecht – die Hamburger Cholera

Pettenkofer, die hygienische Autorität in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts, hatte noch ein Jahr vor dem Ausbruch der Cholera in Hamburg in einem Vortrag zur Empfehlung der Münchner Kanalisation gerade Hamburg als Beispiel dafür angegeben, daß die Trinkwassertheorie nicht stimmen könne:

„Die Elbe fliesst von Böhmen bis Hamburg und es wird Elbwasser getrunken; die Stadt Hamburg, die viel mehr Einwohner als München hat, ist ganz auf Schwemmsystem auch für die Fäkalien eingerichtet und lässt allen schwemmbaren Unrat in den Fluss und dieses Wasser wird einige Kilometer elbeabwärts auch in Altona wieder ohne Nachteil getrunken, und es hat sich das Aussehen der Elbe unterhalb Hamburg seit Menschengedenken nicht verändert“.

(PETTENKOFER zit. in CLASSEN 1899)

Die Choleraepidemie in Hamburg 1892 wurde von vielen als endgültiger Beweis des Gegenteils gewertet. Damals erkrankten in Hamburg 16956 Menschen, von denen 8605 starben. Das Kaiserliche Gesundheitsamt konnte in 116 von 160 Ortschaften in denen sich die Cholera ausbreitete nachweisen, daß sie sich von Hamburg aus verschleppt hatte.

Trotzdem die Abwassereinleitung der Hamburger Kanalisation unterhalb der Entnahmestelle für Trinkwasser lag, erklärte man die Ausbreitung so, daß es durch die Gezeitenströmung dazu gekommen war, daß Abwasser direkt in die Trinkwasserleitungen gekommen sein mußte.

Hamburg-Altona war zunächst von der Epidemie verschont geblieben und die wenigen aufgetretenen Fälle konnten meist auf direkte Verschleppung aus Hamburg zurückgeführt werden. Dies hatte den Grund darin, daß Altona schon seit längerem nur filtriertes Wasser aus der Elbe benutzte. Ein weiterer „Beweis“ für die Anhänger der „Trinkwassertheorie“ war der Ausbruch der Cholera in Altona, als durch Einfrieren ein Filter aus Unachtsamkeit des Personals ausfiel.

Auch Pettenkofers Aussagen zum *„unveränderten Aussehen der Elbe seit Menschengedenken“* (s.o.) wurde in vielen Zeitungsberichten nicht bestätigt. Die Choleraepidemie 1892 in Hamburg führte dazu, daß auch in Deutschland die Flußverunreinigung ganz allgemein und nicht nur wie bis dahin bei lokalen Anlässen wie Fischsterben, Schwefelwasserstoffgeruch oder Färbungen etc., angeprangert wurde (vgl. z.B. BERGHAUS 1892)

Die Hamburger Choleraepidemie stellt vielleicht nicht nur für die Entwicklung der Medizin einen markanten Wendepunkt dar. Die mit der Entdeckung des Choleraerregers einhergehende Infektionstheorie hatte den Vorteil, daß sie Maßnahmen zur Abhilfe formulieren konnte.

Robert Kochs Einfluß

Während Pettenkofer über 2 Jahrzehnte starken Einfluß auf alle Belange der Gesundheitspflege nahm, hatte nun Koch die oberste Leitung über den Kampf gegen die Epidemie übernommen. Seine angeordneten Maßnahmen wie Quarantäne, Desinfizierung und vor allem das Abkochen von Trinkwasser setzte man durch. Es waren genau die Maßnahmen, die Pettenkofer die Jahre zuvor als nutzlos hingestellt hatte. Konsequent wollte Koch die Gunst der Stunde nutzen und in aller Eile ein Reichsseuchengesetz durchsetzen. Seine Maßnahmen sollten im Seuchenfall für alle Bundesstaaten verbindlich werden.

Reichsgesetz zur Bekämpfung der gemeingefährlichen Krankheiten

Zur Bildung eines Fachausschuß des Kaiserlichen Gesundheitsamtes wurden viele Spezialisten aus den verschiedensten Gebieten berufen, um das als Entwurf vorliegende *„Reichsgesetz zur Bekämpfung der gemeingefährlichen Krankheiten“* in allen Einzelheiten zu erörtern. Dem Ausschuß gehörte auch Pettenkofer an und die Sitzung vom 26.9.-1.10.1892 war sein *„letztes Gefecht“* gegen Koch, wie sich Evans in seiner Studie über den *„Tod in Ham-*

burg" ausdrückt (EVANS 1987 in englisch u. 1990 in deutsch). Evans macht deutlich, daß Pettenkofer und Koch auch gesellschaftspolitisch diametral unterschiedliche Auffassungen vertraten. Koch wollte die sanitären Verhältnisse von übergeordneten Medizinalbeamten auch unabhängig von Epidemien kontrolliert und bekämpft wissen, während Pettenkofer auf die Beseitigung der Übelstände vor Ort vertraute.

Selbstversuch Pettenkofers

Die Auseinandersetzung mit Koch, in der er eindeutig unterlag, muß Pettenkofer zu dem heute vielleicht etwas verzweifelt wirkenden Selbstversuch getrieben haben. Er bat Kochs Assistent Georg Gaffky, mittlerweile Leiter des neu gegründeten Instituts für Epidemiologie in Hamburg, in einem Brief Anfang Oktober 1892 um eine Cholerabakterienkultur für wissenschaftliche Zwecke. Er bekam eine solche Probe und 2 Tage nachdem er die Probe zu sich genommen hatte, stellte er Durchfall fest. Erst am 15. Oktober normalisierte sich sein Stuhlgang wieder. Emmerich, ein Schüler von Pettenkofer, wiederholte diesen Versuch am 17. Oktober vor Zeugen und zeigte anschließend deutlich stärkere Symptome. Diese Versuche lieferten für Pettenkofer den Nachweis dafür, daß die Krankheit (der Faktor Z in seiner Terminologie) in Abwesenheit eines Faktors Y (verseuchtes Grundwasser) nicht ausbrach, obwohl der Faktor X (der Erreger) vorhanden war (EVANS 1990). Über die genauen Ursachen und Hintergründe wurde viel spekuliert und behauptet und es soll daher hier nicht weiter darauf eingegangen werden. Sein Selbstversuch erhielt Pettenkofer immerhin seine Autorität soweit, daß Bayern weiterhin gegen den Entwurf des Seuchengesetzes eintrat.

Neben den Argumenten Pettenkofers und seiner Anhänger gab es noch weitere Einwände gegen das Reichsseuchengesetz. Für viele stellte der Entwurf aus unterschiedlichsten Motiven einen Angriff auf die persönliche Freiheit da. Den Ärzten selber ging der Entwurf hinsichtlich der Meldepflicht von Infektionskrankheiten zu weit, die nun nicht mehr nur auf die Ärzte beschränkt sein sollte, sondern auf alle, die von Infektionen erfuhren. Die Einwände waren jedoch nicht der Grund dafür, daß dem Gesetz keine Rechtskraft verliehen wurde, sondern nach Evans 1990 vor allem die Auflösung des Reichstages und Neuwahlen vom Juni 1893. Die ganze nächste Legislaturperiode kam der Entwurf nicht mehr zur Verhandlung im Reichstag, andere Themen waren wichtiger und die Erinnerung an die Cholera in Hamburg war verblaßt. Erst als 1889 die Beulenpest aus dem Mittleren Osten drohte kam das Gesetz erneut zur Vorlage und erlangte schließlich am 30.6.1900 Gesetzeskraft.

3 Ökologische Konsequenzen - die Flußverunreinigungsfrage

In den Sedimenten der Flüsse (bzw. Auen) sind durch den Menschen verursachte Veränderungen der Umwelt seit der letzten Eiszeit vor etwa 10000 Jahren nachweisbar. Meist durch Hochwasser verursachte Ablagerungen von Auenlehm können als „Visitenkarten menschlicher Umweltbeeinflussungen" herangezogen werden (GERLACH & RADTKE 1997). Seit den 40er Jahren hat die Sedimentforschung eine Reihe von Umweltveränderungen, wie z.B. durch die ersten Rodungen vor etwa 7000 Jahren oder Belastungen durch Schwermetalle bestätigen bzw. nachweisen können (vgl. Kap.3.5).

Zusammen mit schriftlichen Quellen über z.B. frühe Handwerksmethoden lassen sich solche schon frühen lokalen Veränderungen genauer erklären. So liegen auch aus der Zeit vor der Industrialisierung eine Reihe von Quellen zu Verschmutzungen von Gewässern z.B. durch Bergbau, die Verwendung von Schwermetallen bei der Behandlung von Wolle oder beim Goldwaschen vor (vgl. z.B. STRELL 1913, SIMSON 1978, DIX 1997).

Die Beeinträchtigung war jedoch – soweit bekannt – meist nur von lokaler Bedeutung und betraf vor allem die kleineren Gewässer, insbesondere Bäche. Die historische Umweltforschung hat, sofern sie sich auf die Zeit vor der Industrialisierung bezieht, vor allem lokale Verschmutzungen meist an kleineren Bächen nachweisen können. Sie stützen sich für die Zeit vor der Industrialisierung fast ausschließlich auf qualitativ auswertbare Quellen (Produkte, Produktionsverfahren und damit verbundene Berufskrankheiten).

Vielfach belegt ist, daß es allgemein üblich war, sich seines Unrates in nahe gelegene Gewässer zu entledigen. Belegt sind aber auch unzählige soziale Absprachen über zeitliche Begrenzungen der Verunreinigung und genaue lokale Vereinbarungen über Nutzungsrechte. Nur so konnten Unterlieger einigermaßen sicher sein, zu welchen Zeiten die eigene Entnahme für Trink- oder Brauchwasserzwecke anzuraten war ohne Gefahr zu laufen, verunreinigtes Wasser von den Oberliegern zu nutzen (vgl. z.B. ILLI 1987, DIX 1997). Während die vielen belegten Streitigkeiten um Wasserrechte an kleinen Fließgewässern (den Privatflüssen) die Wichtigkeit des Elementes Wasser belegen, beschränken sich die Streitigkeiten bei den wasserreichen Flüssen hauptsächlich auf Maßnahmen zum Hochwasserschutz sowie Schiffahrts-, Fisch- und Zollrechte.

Immer Wiederkehrende Argumente

Und wenn einmal das Argument der Verschmutzung bei Wasserrechten ins Feld geführt wurde, so hatte bereits damals der Hinweis auf die Schaffung oder Erhaltung von Arbeitsplätzen größeres Gewicht als der Schutz der Gewässer.

Ein altes Beispiel stellt die Auseinandersetzung um das Wasserrecht zwischen einer Äbtissin und der ersten Eisenhütte im Emschergebiet an der Berne (Kloster Sterkrade) aus dem Jahre 1752 dar:

„Unsere Äbtissin wird sich leicht trösten können, da es doch immer besser ist, daß wir durch diese unsere Hütte in diesem harten Winter vielleicht für 40 arme Tagelöhner täglich Brot zu schaffen in der Lage sind, als daß sie einige Pfund Forellen auf ihrem Tisch mehr zu verzehren hat." (aus REIF 1986)

Immerhin scheint sich doch der eine oder andere auch schon vor der Industrialisierung in Deutschland Sorgen um die großen Flüsse gemacht zu ha-

ben, wie die Verse des Samuel Taylor Coleridge (1772-1834) für die Stadt Köln belegen:

Köln
In Köln, der Stadt der Pfaffen und Schreine,
Und stolpertückischer Pflastersteine,
Der Lumpen, Vetteln und Hexengespenster,
Da zählt' ich zweiundsiebzig Gestänker,
Alle bestimmbar, verschiedene Sorten!
Ihr Nymphen über Kloaken, Aborten,
Der Rheinfluß, das ist ja bekannt,
Wäscht Köln, die Stadt, mit eigner Hand;
Doch sagt mir, Nymphen, die Himmelskraft,
Die dereinst dem Rheinfluß Wäsche schafft?

(Samuel Taylor Coleridge)

Für die Zeit nach der Industrialisierung konzentrieren sich umweltgeschichtliche Arbeiten bisher vor allem auf auf Verunreinigungen der Flüsse (Flußverunreinigungsfrage) und besonders krasse Gewässerverschmutzungen. Erst in den letzten Jahren finden auch die kleinen Fließgewässer und lokalen Aktenbestände wieder vermehrte Aufmerksamkeit. Sie erlauben zum Teil eine sehr viel genauere Rekonstruktion der Gewässerverschmutzung im Sinne des lokalen Normalfalls während der Industrialisierung. Stellvertretend sei an dieser Stelle die Arbeit von DIX 1997 über die Entwicklung der Gewässerverschmutzung der Erft und ihrer Nebengewässer am Beispiel einer Tuchfabrik bei Euskirchen genannt.

Vorbild England

Die ersten starken Belastungen von Flüssen sind aus England bekannt. Zum einen führte vor allem die industrielle Revolution sehr schnell zu großem Bedarf an Wasser. Der Bau von Wasserleitungen, Straßenrinnen und Ableitungskanälen kam diesem Bedarf kaum nach. Zum anderen entwickelte sich in England eine ausgeprägte Badkultur, bei der vor allem die Entwicklung des Wasserklosetts eine herausragende Rolle spielte.

WC als Statussymbol

Noch heute zählt für die Briten das WC zu den wichtigsten Erfindungen überhaupt. Als Statussymbol bürgerlichen Wohlstands führte es unweigerlich zu hohem Wasserbedarf und hohem Abwasseranfall. Die Diskussion um den Bau von Kanalisationen fand daher in England knapp ein halbes Jahrhundert vor der auf dem Festland (ca. 1860-1880) statt. Mit Ausnahme von Paris, daß zu Beginn des 19. Jahrhundert für einige Jahre den englischen Städten in kanalbautechnischer Sicht den Rang ablief. Die Akzeptanz für Kanalbauten war in England von Anfang an wesentlich größer als z.B. in Deutschland im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts. Flußverschmutzungen und der mögliche Zusammenhang mit infektiösen Krankheiten wurde zwar in der Öffentlichkeit diskutiert, aber angesichts der großen Erfolge der Industrie und der Bequemlichkeit des WCs waren selbst die angehenden Hygieniker kompromißbereit.

Chadwick-Report

Als einschlägig in diesem Zusammenhang wird immer wieder Chadwicks „Report of an Inquiry into Sanitary Condition of the Labouring Population of Great Britain" (erschienen 1842) angeführt, in dem die Kompromißbereitschaft so deutlich zum Ausdruck kommt. Chadwick schreibt dort, daß die Verunreinigung von Flüssen verglichen mit der Alternative, die städtischen Abwässer im Stadtbereich zu lassen, eine „evil of almost inapprecialble magnitude" sei (CHADWICK 1842, zitiert in SCHIELE 1909:817 oder SIMSON 1978:371, vgl. auch HAMLIN 1992). Zwangsläufig kam es zu erheblichen Belastungen der Gewässer, die sich unüberseh- und -riechbar bemerkbar machten.

The „great stink" und die ersten Berichte über Flußverschmutzungen aus England

Als sich schließlich selbst das Parlament 1857 bei seiner Arbeit durch die aufsteigenden Gase der Themse gestört fühlte, erlangte das Thema die notwendige Aufmerksamkeit der politischen Kräfte Londons. In der Folge wurden nicht nur die Verhältnisse an der Themse sondern auch vieler anderer Flüsse Englands untersucht.

(zum Teil als Übersetzungen in Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 3:278-309)

Die insgesamt 9 „reports of the comissioners apointed to inquire into the best means of preventing the pollution of rivers“, veröffentlicht in British Parliamentary Papers zwischen 1858-1874 sind Zeugnis vom katastrophalen Ergebnis der Untersuchungen. Man konnte in England bereits von einem flächendeckenden Problem reden, aber auch vom europäischen Festland stammen die ersten Berichte über ähnliche Verschmutzungen aus diesem Zeitraum. Seit 1859 beschwerten sich die Anwohner Brüssels über entsprechende Zustände der Senne (Assainissement de la Senne, Rapport de la Commission nommée ensuite de la décision du Conseil provencial en date du 19.Juillet 1861, Brüssel 1863:38-39).

Die ersten großen Fischsterben in der Seine

Bekannt geworden sind auch die ersten großen Fischsterben der Seine in Frankreich seit 1869, in der wenige Jahre später streckenweise kaum noch ein Fisch oder eine Pflanze zu entdecken war (GERADIN 1870, 1873, 1875, 1877, DURAND-CLAYE 1876).

Die Industrialisierung in Deutschland setzte zu diesem Zeitpunkt erst langsam ein und Verhältnisse wie in England, Brüssel oder Paris waren zu diesem Zeitpunkt noch nicht bekannt. Trotzdem war man aufgeschreckt durch die Berichte aus England (z.B. PETTENKOFER 1867) und es setzte eine verhältnismäßig breite Diskussion vor allem um die Frage der „Städtereinigung“ ein. Viele Sitzungsberichte und eine Flut an Artikeln belegt die Brisanz der Frage **„Abfuhr oder Kanalisation“** (vgl. Bibliographie, Kap. 8.4). Wenn man vom Prinzip des Schwemmkanals sprach ging es um den *„Wert oder Unwerth der Wasserclosette“*, die Einleitung der Fäkalien sowie deren Folgen (vgl. Kap. 2, VARRENTRAPP, G. 1868). Als PETTENKOFER 1870 die Frage beantworten sollte, ob die Einleitung der Frankfurter Kanalisation in den Main für die unterhalb liegenden Orte gesundheitliche Folgen haben könnte, hatte er seine Meinung gegenüber seinem Gutachten zu Basel bereits radikal geändert (vgl. Kap. 2.7) und verneinte diese Frage. Trotzdem Pettenkofer schon damals als eine der Autoritäten galt, stieß er mit seiner Meinung bei vielen auf zunehmenden Widerstand.

Erste Zweifel, die ungereinigte Einleitung zu genehmigen

Bereits 1876 sind in einem Gutachten um die Frankfurter Kanalisation von der Königlich Wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen erste Zweifel an der Einleitung der ungereinigten Abwässer Frankfurts zu erkennen (EULENBERG 1883). Es stellt zwar fest, daß die Verunreinigung des Mains mit denen englischer Flüsse nicht zu vergleichen sei, daß aber angesichts der Erfahrungen aus England dafür gesorgt werden müsse, jeder Verunreinigung der Flüsse durch städtische oder industrielle Abwässer entgegenzuwirken. Die Empfehlung für Frankfurt lautete daher, baldmöglichst für die Anlage von Rieselfelder zu sorgen. Bereits ein Jahr später in Gutachten für die Stadt Köln (EULENBERG 1883) und den Sachsenhausener Hauptkanal in den Main fiel die Beurteilung noch deutlicher gegen die Verunreinigung der Flüsse aus. Darin heißt es, daß die Übertragung von Krankheiten durch verseuchtes Wassers eine Tatsache sei, die man statistisch nachweisen könne und daher die Einleitung der Fäkalien ohne vorherige Reinigung auch nicht als Provisorium gestattet werden könne. Nicht zuletzt durch die Berichte aus England waren die Stellungnahmen einzelner bis zum Ende der 1870er Jahren noch von Bedenken gegenüber der Gefahr der Flußverunreinigung geprägt.

Reinhard Baumeister

Einen maßgeblichen Einfluß auf die Meinungsbildung im Verein für öffentliche Gesundheitspflege hatte der Bauingenieur Prof. Reinhard Baumeister. Sein Vortrag auf der 5. Versammlung des DVföG war Grundlage für die Eingabe an den Reichskanzler vom 3.4.1878, in der am Schluß um die Aufhebung der „Curicular-Verfügung vom 1.9.1877“ (DVföG 10:675-681,1878) gebeten wird (vgl. Kap. 4.4-0). Er argumentierte, daß eine Übertragung von Krankheiten zwar möglich sei, aber neueste Arbeiten z.B. von Pettenkofer und Nägeli dagegen sprechen würden und überhaupt nicht als bewiesen angesehen werden könne. Im Übrigen seien die Gewässer, *„**die natürlichen Wege zur Beseitigung allen Unrathes**“* und eine Abänderung dieses Natur-

rechts würde eine so große Menge von „***Verlegenheiten, Kosten und Übelständen erzeugen, daß unserer ganze Lebensweise auf den Kopf gestellt***“ werde (BAUMEISTER 1878b).

Neben den städtischen Abwässern spielten in steigendem Maße auch die Abwässer von Industrie und Gewerbe eine wichtige Rolle. Durch sie hervorgerufene Beeinträchtigungen wurden in der Regel deutlicher wahrgenommen als Belastungen durch kommunale Abwässer. Sie waren oft schon durch Verfärbungen deutlich zu erkennen und sie enthielten oft direkt tödlich wirkende Chemikalien.

Mit der Entscheidung für das Einleiten von Urin und Fäkalien in die Kanäle und dem undifferenzierten Ausbau der Schwemmkanalisation wurde ein Problem –die Städte von ihrem Abwasser zu befreien (Stadtreinigungsfrage)– durch ein anderes –die Verunreinigung der Gewässer– (Flußverunreinigungsfrage, vgl. SIMSON 1978), ersetzt.

Erste zusammenfassende Berichte über Flußverunreinigungen

Erste Zusammenstellungen der zur Jahrhundertwende dokumentierten Fließgewässerverunreinigungen und ihre Auswirkungen finden sich mit vielen Literaturhinweisen bei KÖNIG 1887, WEIGELT 1892, BONNE 1912 u. SPLITTGERBER 1917 a,b, 1919 a,b, 1920.

Die ersten Gewässerschützer waren die Fischer, die ihren Beruf mehr und mehr gefährdet sahen und für die lange Zeit ein gewisser privatrechtlicher Schutz vor Verunreinigung öffentlicher Gewässer galt (vgl. OPPENHEIMER 1896).

Ein Begriff, der in der Diskussion bei der Flußverunreinigungsfrage eine bedeutende Rolle spielte, war die ‘Selbstreinigung’. Die Meinungen, ob es den Vorgang der Selbstreinigung gebe und was man darunter zu verstehen habe, gingen weit auseinander vgl. Kap. 4.2).

Degradation der Fließgewässer zu Abwasserkanälen

Neben der stofflichen Belastung ist die Degradation von innerstädtischen Fließgewässern ein in seiner Tragweite noch kaum dargestelltes Thema. Viele der ehemals im städtischen Raum vorhandenen Fließgewässer sind in unterirdischen Kanälen verschwunden. Das gesamte Einzugsgebiet des Schwarzbaches, das Teile von Essen, Bochum und Gelsenkirchen entwässert, besteht ausnahmslos aus Schmutzwasserläufen. Vom ursprünglichen Bestand an Fließgewässern von 1842 sind nur noch 10 % der Hauptläufe und ca. 30 % der Quell- und Nebenläufe überhaupt erhalten. Im gesamten Emscherraum (Ruhrgebiet) sind zwar noch 600 km Fließstrecke vorhanden aber zum überwiegenden Teil in Betonrinnen verbaut (DARSCHNIK & LONDONG 1995). Als eine der ersten Städte hat sich Zürich um die Kartierung und „Öffnung“ der verschwundenen Bäche bemüht (SdVgW 1988, 1993, VGL 1991). Ein ebenfalls kaum beachteter Aspekt ist die Fallenwirkung von Entwässerungs- und Abwasserbehandlungsanlagen. Insbesondere Gullys am Ortsrand tragen merklich zur Reduzierung von Amphibien, Kleinsäugern, Reptilien oder auch Laufkäfern bei (RATZEL 1993, TRAUTNER 1998).

3.1 Kommunales Abwasser – Kanalstatistik

In England war Flußverschmutzung rund 30 Jahre früher als in Deutschland Thema. Die Flußverschmutzung wurde aber vor allem in kommunalen Abwässern gesehen – „pollution microbienne“ (LE ROY LADURIE 1973). Die wesentlichen Gefahren bei Fabriken sah man in England noch in ihren gasförmigen Emissionen. Als in Deutschland die Diskussion um Flußverschmutzung begann, bezog sie sich vor allem auf direkte Einleitungen der Industrie – „pollution industrielle“. Vor allem im Bereich der sich schnell entwickelnden Teerfarbenchemie und Zellstoffindustrie sind die ersten Klagen und Skandale bekannt geworden. Die gleichzeitig in Deutschland zunehmende Verschmutzung durch kommunale Abwässer durch den Bau von Kanalisationen und die zunehmende Verbreitung des englischen WCs nutzten die Vertreter der Industrie, um das Hauptaugenmerk auf die kommunalen Einleitungen zu lenken. Umgekehrt versuchten die Gemeinden, sofern sie nicht von der lokalen Industrie abhängig waren (vgl. Beispiel BASF – Ludwigshafen, S. 68), die Aufmerksamkeit auf die industriellen Einleitungen zu lenken.

Umfrage zu Flußverschmutzungen in Sachsen

Eine Umfrage in Sachsen ergab Beschwerden von Flußverunreinigungen in 140 Ortschaften. Die Auswertung der Angaben über die Ursachen ergab, daß in lediglich 7 % der Fälle die städtischen Abwässer für die Verschmutzung verantwortlich gemacht werden können (vgl.Tab. 12). Der Mediziner Günther hatte diese Zahlen auf der zweiten Sitzung des Internationalen Hygienischen Kongresses in Paris vorgetragen. (GÜNTHER 1879). Dieser Befragung lag keinerlei Analytik zugrunde. Ob Günther selbst als Mitglied des Internationalen Vereins zur Reinhaltung der Flüsse des Bodens und der Luft die Absicht unterstellt werden kann, die Bedeutung der kommunalen Abwässer für die Verunreinigung der Flüsse zu relativieren, ist eher zweifelhaft. In jedem Fall wurde die genannte Umfrage jedoch als Argument dafür benutzt, die genannte Curicular-Verfügung von 1877 wieder abzuschaffen (vgl. Tab. 30 und Kap.4.4 - 4.6).

Wie hoch der Mengenanteil kommunaler Einleitungen um 1900 tatsächlich war, wurde im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes abgeschätzt. Grundlagen der Schätzungen sind Angaben zum Ausbaugrad der Kanalisationen, der Einwohner und darüber, von wievielen Einwohnern 1900 vermutlich Fäkalien in den Rhein gelangt sind (vgl. Tab. 45).

Abschätzung der Nährstofffrachten

Im Rahmen der Untersuchungen haben mich vor allem die Nährstofffrachten interessiert. Der Abschätzung der anthropogen verursachten Nährstofffrachten liegt die Annahme zugrunde, daß sie im wesentlichen auf eingeleitete Fäkalien zurückzuführen sind. Diese lassen sich aus den Angaben zur Einleitung von Fäkalien für die Wende zum zwanzigsten Jahrhundert relativ gut abschätzen. (vgl. Tab. 45). Dabei stellt sich heraus, daß die Stickstofffracht um 1900 in der Größenordnung von 1/50 der heutigen Gesamtfracht liegt. Die entsprechenden Werte für Phosphor dagegen liegen bereits in der Größenordnung von 1/10 heutiger Frachten (vgl.Tab. 11).

Dies läßt den Schluß zu, daß die Fracht an Phosphor bereits um 1900 ungefähr bereits in der Größenordnung der Phosphorfrachten aus den 1950er Jahren gelegen haben könnten (vgl. Abb. 20). Von den Stickstofffrachten ist dagegen anzunehmen, daß sie deutlich unter den Werten zu Beginn der 1950er Jahre gelegen haben. Eine Erklärung dafür ist sicher in der Bedeutung diffuser Stickstoffeinträge durch die Landwirtschaft zu suchen. Man kann davon ausgehen, daß die Intensivierung der Düngung mit mineralischen Stickstoffdüngern erst deutlich nach 1900 zu erheblichen diffusen Einträgen geführt hat. Dafür sprechen auch die ersten Grundwasseruntersu-

chungen zu den Nitratgehalten in Brunnen seit Beginn des Jahrhunderts (vgl. Abb. 8).

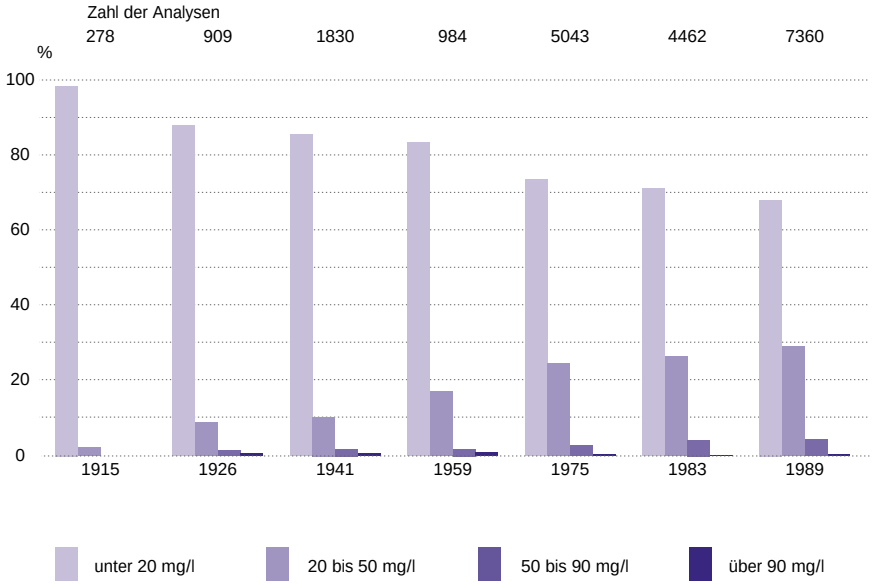


Abb. 8
Nitratgehalte des Trinkwassers in den alten Bundesländern (UBA 1994a,b); bei der Darstellung ist zu berücksichtigen, daß viele der Brunnen, die den Wert von 50 mg/l überschritten, geschlossen wurden und in der Folge unberücksichtigt blieben.

Tab. 11

Abschätzung der Abwasserbelastung am Hoch- und Oberrheins durch kommunale und industrielle Abwässer um 1900 (Quellen vgl. Tab. 45 und Tab. 46).

	Fabriken	**Anzahl einleitender Betriebe**	
•	Brennereien, Brauereien u. Mälzereien (B)		82
•	Chemische Fabriken (C)		34
•	Gerbereien und Lederfabriken (G)		42
•	Textilfabriken, Webereien, Spinnereien, Färbereien, Druckereien und Bleichereien (T)		79
•	Wäschereien (W)		27
•	Zellulose-, Stärke u. Papierfabriken (Z)		31
•	Sonstige (S)		142
		Abwasserbelastung	
1	Geschätzte Abwassermenge (mindestens) durch industrielle Einleitungen um 1900	m^3/d	371049
2	Abfluß unter der Annahme Niedrigwasser mit $500m^3/s$	m^3/d	43200000
3	Verdünnungsfaktor der industriellen Abwässer zum Abfluß bei Niedrigwasser um 1900		116,43
4	Geschätzte Einwohnerwerte (höchstens) durch kommunale Einleitungen um 1900	EW	1700000
5	Geschätzte Abwassermenge (höchstens) durch kommunale Einleitungen (Annahme 100 l/E*a)	m^3/d	170000
6	Geschätzte Abwassermenge (höchstens) durch kommunale Einleitungen mit Fäkalien um 1900	EW	1000000
7	Verdünnungsfaktor der kommunalen Abwässer zum Abfluß bei Niedrigwasser		254,12
8	Geschätzte Phosphormengen durch Fäkalien (2g P_2O_5/E*d)	T/a	730
9	Eingeleitete Stickstoffmengen durch Fäkalien (8gN/E*d)	T/a	2920
10	Verdünnungsfaktor der kommunalen und industriellen Abwässer zum Abfluß bei Niedrigwasser		79,84
11	Phosphorgesamtfracht des Hoch- und Oberrheins	T/a	7 000
12	Stickstoffgesamtfracht des Hoch- und Oberrheins	T/a	150 000

TITTIZER & KREBS 1996 gehen davon aus, daß die stoffliche *Belastung* von Hoch-, Ober- und Mittelrhein um die Jahrhundertwende noch weitgehend punktuell war. Dies kann zumindest für den Abschnitt nördlich von Karlsruhe nur bedingt bestätigt werden (vgl. auch Kap. 3.2).

Ein relativ drastisches Beispiel für eine „punktuelle Belastung“ ist von der Stadt Karlsruhe gut dokumentiert (GLA Karlsruhe 357/8454). Mit dem Bau der Kanalisation wurden die gesamten Abwässer von Karlsruhe in einen kleinen Zufluß des Rheins, der Alb, geleitet. Bei Sommerhochwassern staute sich das Abwasser in der Alb so hoch zurück, daß es schließlich über die Ufer trat und einige Altgewässer des Rheins, insbesondere den „Bodensee“ (ein fischreicher Altrheinarm) mit Abwassern belastete, was regelmäßig zu großen Fischsterben führte. Bereits 1922 hatte der damalige Fischereisachverständige Koch die Reinigung der Karlsruher Abwässer mit dem damals gerade entwickelten biologischen Verfahren gefordert (GLA Karlsruhe 391/47 272). Abhilfe gegen die fast jährlichen Fischsterben schaffte die Stadt Karlsruhe erst mit dem biologischen Ausbau ihrer Kläranlage im Jahr 1976.

3.2 Industrielle Gewässerverschmutzung

Zur Abschätzung der industriellen Abwassermengen in den Hoch- und Oberrhein um 1900 wurden Angaben aus verschieden Quellen zusammengestellt (vgl. Tab. 46, S. 253). Über die Menge der Einleitungen liegen relativ umfangreiche Angaben vor, während über die stoffliche Zusammensetzung der Abwässer (allerdings ohne die einzelnen Betriebsarchive ausgewertet zu haben) nur sehr grobe Angaben von den größten Direkteinleitern bekannt sind. Eine nachträgliche qualitative Beurteilung der verschiedenen Industrieabwässer kann diese Studie nicht leisten; dies bleibt weiteren Arbeiten zur Umweltgeschichte vorbehalten.

Quelle	Anteil der Verschmutzung (%)
Textilindustrie	52,3 ???
Papierfabrikation	9
Lederfabrikation	8
Bergbau	8
Nahrung-/Genußmittelfabrikation	6
Heiz- und Leuchtstoffe	4
Bekleidung/Reinigung	2
Chemie	2
Metallverarbeitung	1
Holz- bzw. Schnitzstoffe	0,7
Städtische Abwässer	7

Tab. 12

Auf Grundlage einer Befragung von 140 sächsischen Orten bestimmte Günther 1879 die Quellen der Verunreinigung wie folgt:

Dem Argument ausgesetzt, die Industrie sei der Hauptverursacher der Gewässerverschmutzung (Tab. 12), hatten sich inzwischen auch die Industrieverbände formiert und entsprechende Argumentationslinien für die Einleitung ihrer Abwässer aufgebaut. Die Industrievertreter behaupteten u.a., daß ihre Abwässer ja keine hygienische und damit keine eigentliche Gefahr darstellen würden. Sie seien somit unschädlich, ja im Gegenteil würde sie noch zu einer gewissen Desinfektion kommunaler Abwässer beitragen. Diese Ansicht vertrat auch die badische Fabrikinspektion in einem gemeinsamen Gutachten vom 15.9.1904 mit der chemisch-technischen Versuchsanstalt zur Genehmigung mehrerer chemischer Fabriken oberhalb Ludwigshafens auf badischer Seite. Eine Gesundheitsgefährdung ging nach Ansicht der Gutachter viel eher von den mit Keimen belasteten kommunalen Abwässern aus. Eine akute Gefährdung durch Fabrikabwässer war nicht nachzuweisen. Anlaß des genannten Gutachtens war ein Einspruch der Stadtverwaltung Ludwigshafen vom 23.7.1904, die eine Beeinträchtigung ihres Trinkwassers befürchteten (StA LU 3277). Die Stelle der Trinkwasserentnahme lag nur wenige Kilometer unterhalb der geplanten Einleitung der von Mannheim genehmigten Fabriken. Folgerichtig stellte das Gutachten fest, daß die BASF dreimal so viel an Abwässern einleiten würde und ohne, daß sich ein Einfluß

auf rheinabwärts gelegene Gemeinden (z.B. Worms, vgl. Kap. 2.9) hätte nachweisen lassen. Der Einspruch der Stadt Ludwigshafen war von der gleichen doppelzüngigen Einstellung geprägt, wie die Einsprüche der Stadt Worms und anderer unterhalb gelegener Gemeinden gegen die Einleitungen Mannheims. Jede Gemeinde war sich selbst die nächste. Gegen eigene Einleitungen (in diesem Falle durch die BASF) hatte man nichts, während man flußaufwärts gelegene Einleitungen in jedem Fall zu verhindern suchte. Darüber hinaus ist davon auszugehen, daß auch wirtschaftliche Interessen der Ludwigshafener, Konkurrenz für die BASF zu vermeiden, hierbei eine Rolle gespielt haben.

Vorgetragene Einsprüche, wie z.B. der des Mannheimer Schwimmklubs „Poseidon“ wurden daher mit Hinweisen, wie z.B. der Keimfreiheit der chemischen Abwässer, vom Bezirksrat kategorisch abgewiesen. Lediglich wenn eine Verfärbung den Badebetrieb beeinträchtigen sollte, so könne man die entsprechende Fabrik dazu verpflichten, die Farbabwässer entweder zu verdünnen, oder nur noch des Nachts einzuleiten (StA LU 3277). Ähnlich hatte man auch am Main argumentiert.

Aus heutiger Perspektive betrachtet war die ganze Auseinandersetzung um industrielle Verschmutzung im letzten Jahrhundert von grenzenloser Naivität geprägt. Die erste Phase der Industrialisierung begann mit der Einführung der mechanischen Webstühle in den alten Zentren des Textilgewerbes. Sie hatten sich überall da angesiedelt wo genug Wasser als Energieträger und zum Färben und Bleichen zur Verfügung stand. In einer zweiten Phase der Industrialisierung kam als wichtigste Zulieferindustrie der Textilindustrie, die chemische Industrie, als Farbenlieferant hinzu. Der Transport von Roh- und Endprodukten spielte eine immer größere Rolle, so daß die wachsenden Industrien entweder auf Eisenbahnverbindungen angewiesen waren, oder sich an gut schiffbare Gewässer wie den Rhein an- oder umsiedelten. Die großen Flüsse boten den Fabriken ja auch den Vorteil ihre sog. „Kuppelprodukte“ (ein moderner Ausdruck der Ökonomie für Abfall der Industrie) auf einfache und billige Weise loszuwerden (FABER et al. 1993, 1996 vgl. S. 75).

Tab. 13

Zeittafel zum Beginn der Industrieabwässer in Deutschland

1856	Entdeckung der Teerfarben: Teerfarbenindustrie führt zu Umweltbelastungen
1861	Beginn der Kaliindustrie, starke Flußverunreinigungen durch Abraumsalze
1863	Farbenfabrik vormals Friedrich Bayer & Co, Leverkusen; entstanden aus einem 1850 von Friedrich Bayer senior gegründeten Geschäft zum Verkauf natürlicher Farbstoffe
1865	Badische Anilin- und Sodafabrik (BASF), Ludwigshafen. Hervorgegangen aus der 1861 errichteten Chemischen Fabrik Dyckerhoff, Clemm & Co.
ab 1870	Erste Düngemittelfabriken: saure, stark phosphathaltige Abwässer -> Fischsterben
1879	Farbwerke Hoechst am Main: 1862 als Anilinfabrik gegründet

Die Beschwerde- und Klage führenden Interessensgruppen, im wesentlichen Fischer und Badeanstalten, hatten langfristig keine Chance gegen einen mit vielen Wünschen, Hoffnungen und Begierden verbundenen Wachstumsmarkt industrieller Produkte. Menge und Art der Produkte sowie der Abfallstoffe wechselten bzw. stiegen so rapide, daß nicht einmal die auffälligsten ökosystemaren Veränderungen sich mit den damaligen Mitteln der Überprüfung hätten dokumentieren lassen.

Kuppelproduktion

Ein vorsorgender Gewässerschutz hätte eine intensive Forschung darüber vorausgesetzt, die Abfallstoffe (Kuppelprodukte) aus umweltpolitischen Gesichtspunkten wiederverwendbar zu machen oder im Idealfall im Kreislauf zu führen.

Bereits bei der für die gesamte Industrie so wichtig gewordenen Sodaproduktion entstanden während des gesamten 19. Jahrhunderts ständig Abfall-

produkte, die, wie z.B. der zunächst in der Luft (als Chlorwasserstoff), dann in den Gewässern (als Salzsäure) zu erheblichen Umweltproblemen führten. Bereits SCHRAMM (1984) konnte zeigen, daß es meist rein ökonomische Interessen waren, die im 19. Jahrhundert zu Verfahren führten, das Abfallprodukt zum Ausgangsstoff für neue Produkte zu machen.

Damit wurde die Belastung der Umwelt durch das einstige Abfallprodukt z.B. dem Chlorwasserstoff bzw. Salzsäure vermindert. Gleichzeitig entstanden

aber aus dem Recycling der Chlorwasserstoff/Salzsäure ständig neue Abfallstoffe (Kuppelprodukte) mit neuen Umweltbelastungen.

Die Idee nach Verwertung der Abfallstoffe, um Umweltbelastungen zu verringern wurde schon früh von Fürsprechern/Gutachtern der Industrie wie Jurisch oder Weigelt als Argument für umweltpolitisches Engagement im Einzelfall verwendet. An eine breitere Umsetzung war angesichts ständig wechselnder Produktionsprozesse, der schnellen Zunahme der Produkte und der schnellebigen ökonomischen Interessen nicht zu denken.

Dabei war es durchaus nicht unmöglich von den Industrieunternehmen Stofflisten zu erhalten, welche Stoffe sich in den Abwässern befinden. Aber die Anzahl war in der Regel so groß und wechselte zudem oft schon innerhalb von Wochen erheblich. Über die Toxizität der meisten Stoffe war praktisch nichts bekannt und die chemische Analytik nicht im entferntesten in der Lage, toxisch bereits relevante Konzentrationen überhaupt zu erfassen.

Angesichts heutigen Wissens über die Toxizität der Stoffe erscheinen die wenigen, damaligen durchgeführten Gutachten über die Wirkung industrieller Ableitungen hilflos.

Das Gutachten des Chemikers Casimir Nienhaus-Meinau ist ein beispielhaftes Dokument für die Beurteilung der Industrieabwässer im ausgehenden 19. Jahrhundert. Soweit das aus heutiger Sicht überhaupt beurteilt werden kann, gehört das Gutachten m.E. zu den redlichsten (d.h. an Objektivität orientiert) seiner Zeit. Dem Gutachten waren Beschwerden der Fischer nicht nur aus Basel, sondern auch aus den flußabwärts gelegenen Gemeinden Kirchen, Märkt und Istein aus dem Jahr 1877 über große Massen von Farbstoffen vorangegangen (GLA 466/199 u.200).

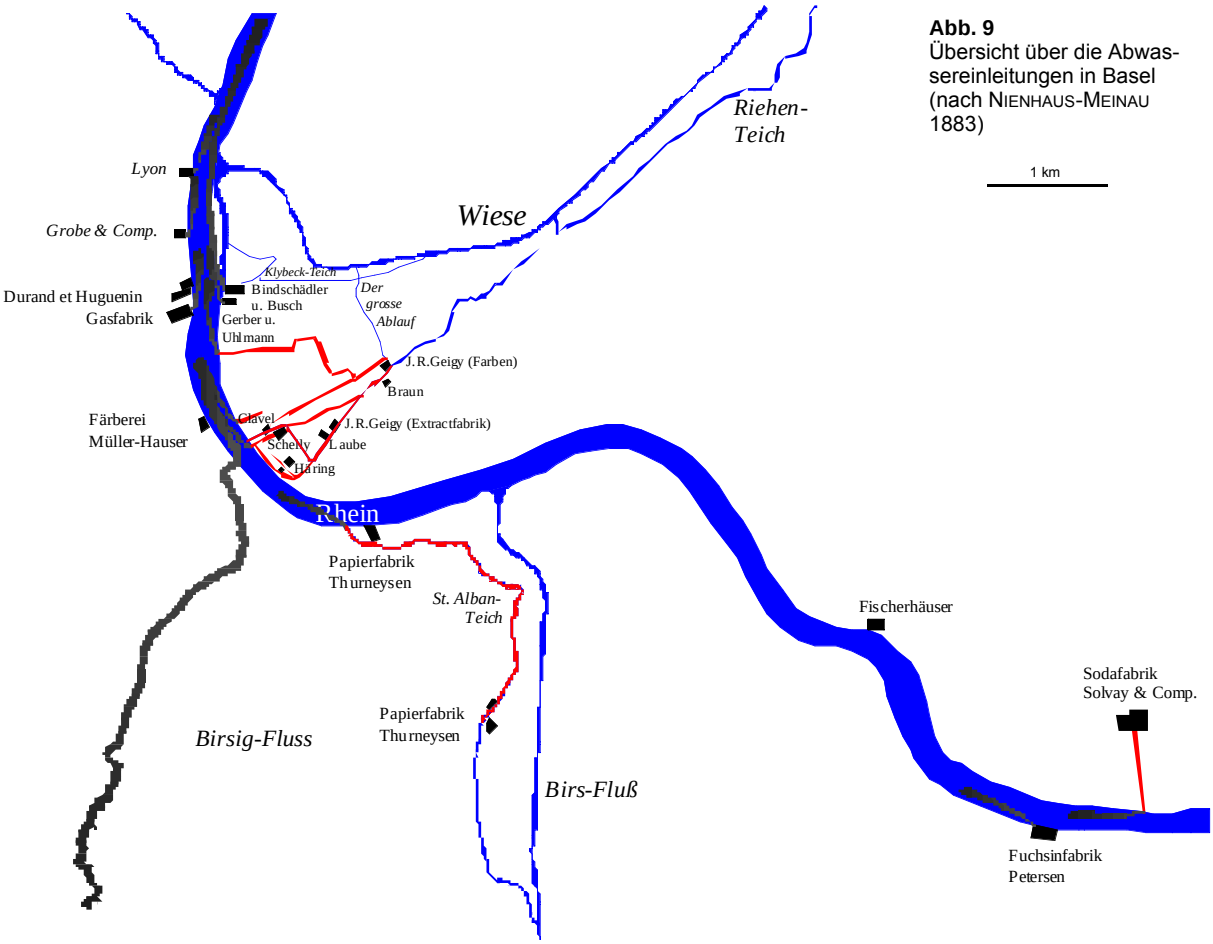


Abb. 9
Übersicht über die Abwassereinleitungen in Basel (nach NIENHAUS-MEINAU 1883)

Im folgenden werden einige Passagen des Gutachtens in gekürzter Form zitiert (vgl. Abb. 9):

Die Verunreinigungen werden dem Rhein von beiden Seiten zugeführt; jedoch wird in dieser Hinsicht das rechte Ufer präpondieren, besonders wenn man die aus dem Wiesenthale kommende Zufuhr mit in Betracht zieht.
Die grösseren Fabriken vertheilen sich örtlich wie folgt:

(NIENHAUS-MEINAU 1883)

1) auf badischem Gebiet, rechtes Ufer:
Sodafabrik von Solvay & Cie. in Whylen
Fabriken des Wiesenthals
2) auf basellandschaftlichem Gebiet, linkes
Fuchsinfabrik Petersen, Schweizerhalle
3) auf baselstädtischem Gebiet,
linkes Ufer: Papierfabrik Thurneysen
linkes Ufer: Papierfabrik Thurneysen, St. Jakon
linkes Ufer: Färberei Müller-Hauser
linkes Ufer: Städtische Gasfabrik
linkes Ufer: Farbenfabrik Drurand & Huguenin
rechtes Ufer: Farbenfabrik J.R. Geigy
rechtes Ufer: Extractfabrik J.R. Geigy
rechtes Ufer: Färberreien - Ausfluss durch den Riehenteich
rechtes Ufer: Farbenfabrik Gerber & Uhlmann
rechtes Ufer: Farbenfabrik Bindschedler & Busch
4) auf elsässischem Gebiet, linkes Ufer
Farbenfabrik Grote & Cie.,
chemische Fabrik Lyon
Farbenfabrik Louis Freund

Direct in den Rhein führen ab die Fabriken: Whylen, Schweizerhalle, grosse Papierfabrik, Färberei Müller-Hauser, sämtliche Farben- und chemische Fabriken und die Gasfabrik

Durch die Gewerbecanäle führen ab: die sämtlichen Färbereien in Klein-Basel und die Papierfabrik in St. Jacob
Die kleineren Betriebe , wie Seifensiedereien, Gerbereien u.s.w. habe ich nicht in Betracht gezogen, weil gegen dieselben keine directen Beschwerden vorliegen. Ueberhaupt wäre auf diese von Alters her betriebenen Gewerbe doch nur in dem Falle zurückzugreifen, wenn die Massregeln gegen die grösseren Sünder mit Erfolg durchgeführt sind und wenn sich dann noch Uebelstände bemerkbar machen, welche in den kleinen Betrieben ihren Ursprung haben. Auch die Privatgasfabriken sind vorläufig nicht visitiert, da deren Betrieb im Sommer ruht.
Die Abfallstoffe, welche aus den obengenannten Fabriken in den Rhein gelangen, sind sehr mannigfaltiger Art. Nur in wenigen Fabriken hat man es mit Abgängen einheitlicher Zusammensetzung zu thun. Die chemischen Fabriken und die Färbereien bringen eine so vollständige Musterkarte aller bekannten Verbbindungen in die Abfälle, dass man von den Elementen fast nur die edlen Metalle nicht darin antrifft. Bei diesen Abfällen hat das Specificieren und Identificieren gar keinen Zweck, weil das Verfahren in den Fabriken einem solchen Wechsel unterliegt, dass wenigstens einigemal monatlich eine Controlle erforderlich wäre. Im Jahre 1877 haben die auch jetzt in Frage kommenden Fabrikanten auf Anfrage des Sanitäts-Departementes von Baselstadt über die Art der Abgänge aus ihren Fabriken eigene Mittheilungen gemacht; als ich dies Angaben, soweit diese dieselben die Fabrik J.R.Geigy betrafen, mit Herrn Cornu, Associé des Hauses, durchging, stellte sich heraus, dass eine ganze Reihe damals abgeführter Stoffe jetzt absolut ausser Gebrauch ist. Dasselbe gilt für die Färbereien, wo neue Beizen und Hülfsmittel unaufhörlich wechseln.
Ausserdem gelangen die Effluvien nur in den seltensten Fällen getrennt in die Wasserläufe, da in allen oder doch beinahe in allen Fabriken Canalsystem sind, in denen sich die Abgänge aus allen Ateliers treffen. Hierdurch werden Zersetzungen aller Art bewirkt, so dass an einem Tage ein Abfallstoff unschädlich erscheinen kann, der zu einer andern Zeit unter Einwirkung hinzutrentender Agentien sehr schädlich wird. ...

1) Sodafabrik von Solvay & Cie. in Whylen
„Nach dem Austritt aus der Leitung (cementierter Canal von ca. 60 Centimeter Weite) bildet das Abwasser einen ca. 600 Meter weit deutlich erkennbaren, mehr oder weniger scharf begrenzten Streifen im Rhein. ... Die nicht filtrierte Flüssigkeit tödtet kleine Fische innert 10 Minuten. ...
Zum directen Versuche wurden am 26. März Nachmittags 3 Uhr ca. 70 Meter unterhalb der Ausmündung des Leitungsrohres der Sodafabrik Wyhlen in einem Trog ausgelegt: 1 Barbe, 1 Alet, 2 Nasen und 5 Häsel. Am 27. März Nachmittags 3 Uhr wurde der Trog gehoben. Die Fische waren alle gesund und munter. Am 29. März Vormittags 11 Uhr wurde der Trog aufgenommen. 1 Nase war Todt, 1 Nase starb gleich, der Alet war krank, 2 Häsel waren ebenfalls krank, die Barbe und 3 Häsel waren normal. Die kranken Fische erholten sich in reinem Wasser vollständig. Die Kiemen der gestorbenen Fische wurden ausgeschnitten und wiederholt sorgfältig mit destilliertem Wasser ausgewaschen; in diesem Waschwasser war leicht Kalk nachzuweisen.
Da sowohl Kalk- wie Chlor-Verbindungen in jedem Fisch vorkommen, wurde von einer Untersuchung in diesem Sinne abgesehen.

2. Fuchsinfabrik Petersen, Schweizerhalle
Die Fabrikation erstreckt sich auf Fuchsin, Anilinblau und Gewinnung der geringeren Farbstoffe aus den Rückständen. Das Fuchsin wird mit Hülfe von Arsensäure hergestellt und ist der Tagesverbrauch an 75% Säure 750-900 Kilo, also ein Jahreskonsum von 225.000 Kilo.

„Für den directen Versuch wurden am 29. März Vormittags 11 Uhr 1 Barbe und 8 Häsel ca. 60 Meter unterhalb der Rohrmündung tief im Rhein ausgelegt. Am 31. März Morgens 7 Uhr waren alle Fische gesund, das Seil welches den Trog am Anker hielt roth gefärbt.
Am 19. April Vormittags 8 Uhr wurden 200m Meter unterhalb des Ausflusses 6 Fische ausgelegt im an der Oberfläche des Wassers schwimmenden Trog. Am 21. April Vormittags 10 Uhr sollte der Trog gehoben werden; das Leitseil, welches zum Ufer ging, war zerschnitten und der Trog erst nach langem Suchen am Nachmittag zu heben. 3 Fische waren todt, 2 krank, 1 gesund. Von den gestorbenen Fischen wurden Kiemen, Leber und Schleimhaut, nach Behandlung mit chlorsaurem Kalium und Salzsäure, im Marsh`chen Apparat untersucht, aber kein Arsen gefunden.“
...

3. Farbenfabrik von J.R. Geigy in Basel
„Bei der vielseitigen Fabrikation ergaben sich folgende feste Abfälle: Chromoxyd, Zinkoxyd, Schwefelkupfer, Gyps, und an flüssigen Abfällen: Kochsalz, Chlorcalcium, Glaubersalz und kleine Quantitäten Brom und Jodnatrium.
Die festen Abfälle werden zweimal wöchentlich von der alten Rheinbrück aus in den Strom geworfen. ...

Arsensäure findet in der Fabrikation keine Verwendung. Von einer Untersuchung des Wassers vor der Leitung dieser Fabrik oder beim Einwerfen der Rückstände wurde abgesehen,

weil die neue Leitung noch im Bau begriffen ist, und weil bei einer anderen Fabrik, welche ganz dieselben Abfallstoffe liefert, doch operiert werden mußte.“
...

5. Farbenfabrik Bindschedler & Busch in Basel
Die Abfälle haben im grossen Ganzen die gleiche Zusammensetzung, wie die bei der Geigy`schen Fabrik aufgeführten. ...
Am 28. April Abends 4_ Uhr wurden 4 Nasen und 1 Aesche etwa 48 Meter unterhalb der Ausflussröhre in das durch die Fabrikabgänge stark gefärbte Wasser des Rheines gelegt. Der Trog wurde gehoben am 29. April Nachmittags 1_ Uhr. 1 Nase war am Sterben, 1 sehr krank, die 3 anderen Fische unversehrt. Die letzteren wurden in einen Zuber mit reinem und druchfliessendem Wasser gebracht, worin sie indes bis zum andern Morgen sämtlich starben.
Die Kiemen der zuerst gestorbenen 2 Fische waren missfarbig und mit einer graubraunen Substanz durchsetzt. Die ausgeschnittenen Kiemen wurden mit einer graubraunen Substanz durchsetzt. Die ausgeschnittenen Kiemen wurden mit destilliertem Wasser gut ausgewaschen, das Wasser trübte sich stark und lagerte nach kurzer Zeit einen Bodensatz ab, der sich als schwefelsaures Calcium (Gyps) erwies. In der Asche der Kiemen, Leber und Schleimhaut fanden sich keine abnormen Substanzen, dagegen auch Kalk und Schwefelsäure in mehr als normaler Quantität.

6. Thurneysen`sche Paierfabrik in Basel nebst Dependance in St. Jacob.
Die erster Fabrik liegt am linken Rheinufer gleich oberhalb des Ausflusses des rechten Armes des gewerbecanals (Albanteich).
An Abgängen, welche in den Rhein gelangen, liefert die Fabrik alcalinische Laugen und die zum Bleichen des Zeuges benützten chlorhaltigen Effluvien, sowie die Rückstände von der Chlorentwicklung.
Am 30. Mai Morgens 7_ Uhr wurden 2 Nasen und eine Barbe vor der Fabrik ausgelegt. ...
Um 5_ Uhr wurde der Trog gehoben, die Fische waren todt. ....
Am 31. Mai Morgens 7 Uhr wurden nochmals 3 Fische versenkt und zwar an einer 15 Meter tiefer gelegenen Stelle. Diese waren abends gesund und erkrankten später auch nicht.
Das kleine, derselben Firma gehörige Etablissement in St. Jacob wurde am 15. Februar Abends in Begleitung des Herrn Regierungs-Rathes Klein besucht. Die Fabrik liegt an dem „Albanteich“ genannten, aus der Birs abgeleiteten Gewerbecanal, und zwar am linken Ufer desselben, welches aus einer ca. 8 Meter hohen Kiesablagerung besteht. Das Wasser des Canals, welches das Wasserrad der Fabrik treibt, strömt ungemein rasch. Der Einfluss der chlorhaltigen Abfälle hat sich aber an den Insassen eines Fischkastens des etwa 100 Meter tiefer wohnenden Wirthes, Herrn Weber, in todbringender Weise bemerkbar gemacht. Jedesmal, wenn die Rückstände der Chlorentwicklung in den Teich ausgeleert sind, sind alle Fische gestorben. Nachdem die Ursache erkannt war, hat die Firma verfügt, dass die Rückstände unterhalb des Fischkastens in`s Wasser gebracht würden, eine Massregel, die dem Klageführer genügte, die aber im Allgemeinen gegen die Schädigung des Fischbestandes dieses kleinen Wasserlaufes nicht sichert. Der Canal soll früher viele Fische geführt haben, weil aber schon höher gelegene Fabriken (Gasfabrik Angenstein, Papierfabrik in Grellingen) stark verunreinigt wirken, sei der Fischbestand ganz zurückgegangen. ...

7. Städtische Gasfabrik in Basel
...Das Etablissement gewährt beim Betreten den erfreulichsten Anblick, wo man hinschaut gewahrt man die grösste Ordnung, die peinlichste Reinlichkeit, die opulenteste Einrichtung.
Das Gaswasser wird auf Ammoniak verarbeitet.
Die nach dem Rheine zu gelegene hintere Seite der Anlage bietet leider durchaus keinen erfreulichen Anblick, es ist eine wahre Kehrseite der Medaille. ...
Die aus diversen Kalkverbindungen bestehenden Abgänge, welche einen graublauen Schlamm bilden, treten aus einem viereckigen gemauerten Canal am Fusse des Schutthaufens aus und fliessen (bei mittlerem Wasserstande) über den untersten Theil des Schuttes in den Rhein. ...
Am 5. Mai Abends 6 Uhr wurde ein Fisch etwa 10 Meter unterhalb des Einlaufes des Schlammes ausgelegt und am 6. Mai Nachmittags 2 Uhr wieder gehoben. Der Fisch war am Sterben.
Die Kiemen waren blassgrau, wurden ausgeschnitten, mit destilliertem Wasser gewaschen. Das Waschwasser reagierte alcalisch und lagerte einen Bodensatz ab, der als Kalk anerkannt wurde. Die Asche der Kiemen, Leber und Schleimhaut enthielt etwas Eisen und reichlich Kalk. ...

8. Farbenfabrik von Durand & Hugenstein in Basel
Am 5. Mai Morgens 7_ Uhr wurden 12 Meter unterhalb des untersten Abflussrohres 2 Fische ausgelegt. Am Abend um 6 Uhr war einer der Fische gestorben. ... Der gestorbene Fisch enthielt ausser den normalen Bestandtheilen nur Eisen und Schwefelsäure und Salzsäure viel reichlicher als normal.
...

9. Färbereien in Basel

Von den grösseren Färbereien sind, bis auf eine, alle an die Gewerbecanäle in Klein-Basel angeschlossen. ...
Diese vielfache Zufuhr von Abfallstoffen verschiedensten Ursprungs lassen den Versuch einer Specificierung der Abgänge aus den einzelnen Fabriken von vornherein als unausführbar erscheinen. Der obere, linke Canalfluss führt die meisten Effluvien dem Rheine zu, und bilden dieselben in der Nähe des Ufers meistens eine mehrere Meter breite, stark gefärbte Wasserschicht, welche auf einer Strecke von 800-1000 Meter ihren Zusammenhang bewahrt und deutlich erkennbar ist.
Am 4. Mai 1_ Uhr Nachmittags wurden 15 Meter unterhalb des Ausflusses des oberen Canalarmes 2 Fische versenkt und Abends 8 Uhr wieder gehoben. Ein Fisch war am Sterben der andere krank.
Bei der Untersuchung fanden sich Eisen, Tonerde, Schwefelsäure und Chlor, letzter beide in mehr als normaler Qualität.
Eisen und Thonerde finden sich in gesunden, normal gestorbenen Fischen gar nicht vor.
Hiermit wurde die Serie der directen Versuche abgeschlossen."
...

Der Tatbestand einer übermäßigen Verunreinigung oder Schädlichkeit derselben war damit für Nienhaus-Meinau nachgewiesen. Gleichzeitig stellte er als Fazit fest, daß alle Versuchstiere, wenn sie nicht gefangen gehalten worden wären, in sauberes Wasser hätten ausweichen können. Eine flächendekkende Gefahr der industriellen Abwässer Basels für die Fische im Rhein war für Nienhaus daher nicht gegeben. Die Verhältnisse am Oberrhein waren damit nicht ganz vergleichbar mit denen im Main oder am Niederrhein.

Der Regierungsrat Beyer (Fabrikinspektor des Regierungsbezirkes Düsseldorf), der zur selben Zeit die Verhältnisse an der Wupper dokumentierte stellte lapidar fest: *„In der Wupper kann zwischen Lennep und Opladen von Fischen keine Rede sein..."* (BEYER 1876). Zwar mußten die Fischer auch im Bereich Basel schon seit Jahren deutliche Ertragseinbußen hinnehmen, aber die Gründe dafür lagen auch im ausgehenden 19. Jahrhundert schon mehr im Verbau der Gewässer und der damit einhergehenden Zerstörung der Laichplätze als in der Belastung mit Abwasser.

Tatsächlich konzentrierten sich die industriellen Verschmutzungen im Rhein im wesentlichen auf die Region Basel, auf Mannheim-Ludwigshafen, vor allem die BASF, auf den Maineinfluß bei Mainz, Köln und die Wupper, die Ruhr und Emscher-Region.

Anhand der zitierten Passagen aus dem Nienhaus-Gutachten lassen sich die Gründe für einen weitgehend fehlenden bzw. vermeintlich unmöglichen Gewässerschutz, bezogen auf industrielle Abfälle, zeigen:

- Es fehlte an Grundlagenwissen in nahezu allen Bereichen - Nachweisverfahren, Toxizität der Abfälle, ökosystemare Zusammenhänge, Chemie, Verfahren der Abwasserreinigung u.v.m..
- Die fehlende wirtschaftliche Kraft derjenigen, die ein essentielles Interesse am Gewässerschutz hatten (Fischer, Gewerbetreibende, die auf sauberes Wasser angewiesen waren) – ihnen blieb als Ausweg der Wechsel an einen anderen Ort oder, für die Fischer meist attraktiver, ein Berufswechsel und zur Fischerei als Nebenerwerb.
- Fehlendes Interesse und finanzielle Möglichkeiten zur Entwicklung von Produktionsverfahren zur Wiederverwendung der Kuppelprodukte (z.B. durch Trennung der Inhaltsstoffe und Aufbereitung).
- Ein vorsorgender Gewässerschutz damals hätte bedeuten müssen, die sofortige und weitgehende Stillegung weiter Industriebereiche, dies war politisch nicht durchzusetzen.

Beispiel Teerfarbenindustrie

Zur Zeit der Diskussion um Schwemmkanal und Spültoilette war Deutschland bereits der größte Produzent an künstlich hergestellten Farbstoffen. Während die Kolonialmacht England lange Zeit auf die Naturfarbstoffe aus Indien zurückgreifen konnte, bot es sich in Deutschland an, die Entwicklung

und Herstellung künstlicher Farben voranzutreiben. Die gesamte Teerfarbenproduktion entwickelte sich aus der Nutzung eines „Kuppelprodukts“ (vgl. S. 69) dem Teer, der z.B. bei der Koksherstellung (aus Steinkohle) zur Eisenverhüttung entstand. Während das dabei entstehende Gas als Leuchtgas sofort nutzbar gemacht werden konnte, fand das Neben- (Kuppel-)produkt zunächst keinen Absatz.

Da Teer zunehmend zum Entsorgungsproblem wurde, galt ihm bereits früh die Aufmerksamkeit der Chemiker. Bereits in den 1830er und 40er Jahren analysierten Chemiker wie Friedlieb Ferdinand Runge, Otto Unverdorben oder N. Zinin unabhängig voneinander verschiedene Teerbestandteile, wie z.B. das Anilin. Doch die mögliche wirtschaftliche Bedeutung wurde erst von dem englischen Chemiker William Henry Perkin (1838-1907) erkannt. Er entdeckte 1856 – eher zufällig – den ersten synthetischen Farbstoff, das violette Mauvein (malvenfarbig), der kommerziell erfolgreich ausgebeutet wurde. Bereits 1858 begann er mit der Produktion des Farbstoffs. Er war zwar zu dieser Zeit noch sehr teuer, doch überzeugte er viele durch seine ungeheure Farbkraft (NAGEL 1869). Ein Jahr später entdeckte der französische Chemiker Emanuel Verguin beim Erhitzen von Anilin mit Zinnchlorid das Anilinrot. Die beiden neuen Farbstoffe galten auf der Weltausstellung 1862 in London als Sensationen und fanden innerhalb weniger Jahre in der Textil-, der Pelz- und Leder-, oder auch der Papierindustrie rasche Verbreitung. Die neuen Farben lösten einen regelrechten Boom zur Entwicklung immer neuer Farben aus und führten auch zur Gründung der meisten Farbenfabriken in Deutschland. Darunter auch die großen späteren Chemieriesen wie BASF, Höchst oder Beyer.

Tab. 14

Deutschlands Ein- und Ausfuhr von Teerfarben in Tonnen (aus: ANDERSEN 1996:239)

Jahr	**Anilin-/Teerfarbstoffe**		**Alizarin**		**Indigo(natürl./künstl.)**	
	Import	**Export**	**Import**	**Export**	**Import**	**Export**
1872	640	407	-	-	1.410	510
1880	500	2140	18	5.888	1.232	497
1890	621	7.280	13	7.905	2.008	733
1900	1.174	23.781	39	8.591	564	1.873
1909	2.107	47.777	390	9.749	85	16.110

Patentrecht als Hemmnis für effizientere Verfahren

Der Grund dafür, daß sich insbesondere die deutsche Farbenindustrie so rasch entwickeln konnte (vgl. Tab. 14), wird zum Teil mit den unterschiedlichen Patentrechten erklärt. So unterlag in Frankreich z.B. nicht nur ein bestimmtes Produktionsverfahren, sondern auch der Farbstoff selbst dem Patentschutz. Entwicklung von effizienteren Verfahren zur Herstellung lohnten sich somit nicht. Die damalige Industriechemie war vor allem geprägt durch Versuch und Irrtum und viele Verfahren waren alles andere als effizient.

Arsensäureverfahren zur Fuchsinherstellung

So benötigte man z.B. beim Arsensäureverfahren zur Fuchsinherstellung (einem der wichtigsten Verfahren über Jahre) um 1 kg Fuchsin herzustellen 10 kg Arsensäure. Bei dem Verfahren konnten nur 70% der Arsensäure wieder zurückgewonnen werden, der Rest lag entweder im Fuchsin selber oder in den Ab- bzw. Nebenprodukten vor. Das Verfahren selber hatte negative gesundheitliche Folgen bei den Arbeitern und die Abfallprodukte führten zu erheblichen Belastungen der Gewässer.

Der Arsenskandal von Basel

Zu den Fabriken, die Fuchsin nach dem Arsenverfahren produzierten gehörte auch die 1860 gegründete Fabrik J.J. Müller & Co.. Sie leitete ihre Abwässer direkt in einen der „Basler Teiche“ (Gewerbebäche). Durch deutliche Symptome einer Arsenvergiftung bei mehreren Anwohnern aufmerksam geworden, wurden im Brunnen unterhalb der Fabrik hohe Arsengehalte nachgewiesen. Der Fabrikbesitzer wurde in einem Straf- und Zivilprozeß zu Scha-

densersatzzahlungen verurteilt und u.a. angewiesen, eine Rohrleitung in den Rhein zu bauen. Dies war dem Fabrikant zu kostspielig, so daß er die Fuchsinabwässer täglich in Fässern zum Rhein transportieren und dort in den Strom entleeren ließ. Trotz der „Sparmaßnahme“ mußte der Fabrikbesitzer schon kurze Zeit später Konkurs anmelden. Aber auch die Übernahme der Müllerschen Fabrik durch den kapitalstärkeren Farbstoffextractfabrikant Geigy-Merian führte zu keinerlei Verbesserung des Arsenproblems. Es kam zu erheblichen öffentlichen Klagen gegen dieses Vorgehen und die damit verbundene weithin sichtbare Verfärbung des Rheins, so daß der „Kleine Rath“ von Basel am 24.12.1864 erneut die Ableitung der Abwässer durch geschlossene Röhren in das Tiefenwasser des Rheins anordnete (HÄMMERLE 1979, MEIER 1988, HENSELING & SALINGER 1990).

Arsenverbot

Dieser Fall erregte weit über Basel hinaus Aufsehen und ein Jahr später am 10.6.1865 veröffentlichte der preußische Minister für Handel und Gewerbe, von Itzenplitz, einen Erlaß zum Schutz der Anwohner bei der Farbenherstellung. Der Erlaß verbot jegliche Einleitung von arsenhaltigen Rückständen in Gewässer und schrieb die Verdampfung der Arsenabwässer vor sowie die Abfuhr der Rückstände in dichten Fässern mit der Aufschrift „Arsenik-Kalk“ zur Verklappung in Nord- und Ostsee (Ministerialblatt für die gesamte innere Verwaltung in den Königlich Preußischen Staaten, 26. Jg, Berlin 1865:158). Dies war kostspielig und wurde zudem von den Hafenstädten beklagt, so daß BASF bereits ein Jahr später wieder ihre arsenhaltigen Abwässer direkt, wenn auch in verdünnter Form in den Rhein einleitete (ANDERSEN 1996).

Auch für den Fabrikanten Geigy war das Eindampfen der Abwässer und die Verklappung ins Meer zu teuer, zumal Frankreich eine Verklappung ins Meer verboten hatte und nur der weitere Transportweg zur Nordsee blieb. Aber auch die geforderten Auflagen bei der Einleitungen in den Rhein schienen zu teuer zu sein. Zumindest mußte der Fabrikant Geigy 1872 auf Befragen des Präsidenten des Basler Sanitätskollegiums zugeben, daß sein Unternehmen inzwischen die arsenhaltigen Abwässer (StAB, HuG, EEE I) wieder in den Rhein leitete, wenn auch nun mit Wasser verdünnt. Inzwischen war es zu weiteren Zwischenfällen gekommen und am 18.12.1872 verbot der „Kleine Rath“ von Basel zum 1.4.1873 die Verwendung der Arsensäure in der Farbenproduktion (StAB, HuG, EEE 2.12). Dieser Beschluß war einerseits einzigartig, da er das einzige Verwendungsverbot zu seiner Zeit aussprach. Die deutschen Regierungen waren weit entfernt ein solches Verbot auszusprechen. Andererseits war den Baslern bekannt, daß erstens die Basler Farbenfabrikanten einen Teil ihrer Produktion längst verlagert oder aus ökonomischen Gründen aufgegeben hatten und zum anderen weil die Einführung eines Alternativverfahren in Aussicht schien.

Das Nitrobenzolverfahren als Alternative zum Arsen

Wie weit sich das Verbot günstig auf die Durchsetzung des alternativen Verfahrens mit Nitrobenzol zu diesem Zeitpunkt noch ausgewirkt hat, bleibt fraglich. Da das Fuchsin mittlerweile auch als Farbstoff in der Lebensmittelindustrie zum Einsatz kam und diese zum Teil hoch mit Arsen belastete, gab es inzwischen viele Gründe, alles daran zu setzen, ein vom Arsen unabhängiges Verfahren zu entwickeln. Der *„Verein zur Förderung des Gewerbefleisses“* in Preussen setzte daher 1869 zwei Preise aus, um die Entwicklung in dieser Richtung anzukurbeln. Schließlich waren es die *„Farbwerke Meister, Lucius & Brüning“* (heute Höchst), die 1872 als erste die Produktion von Fuchsin nach dem Nitrobenzolverfahren aufnahmen. Es dauerte noch bis 1876, bis mit dem neuen Verfahren Gewinn gemacht werden konnte. Trotzdem Firmen wie die BASF bald ebenfalls das neue Verfahren anwendeten, muß davon ausgegangen werden, daß viele, vor allem kleinere Fabriken, weiterhin am Arsenverfahren festhielten und ihre Abwässer in den nächsten Vorfluter leiteten (ANDERSEN & SPELSBERG 1990).

Arsenhaltige Abwässer auch bei der Schwefelsäureherstellung

Die Teerfarbenproduktion war nicht die einzige Quelle für arsenhaltige Abwässer, auch bei der Schwefelsäureproduktion fielen aus den schwefelhaltigen Nichteisenerzen arsenhaltige Rückstände an. Der Chemiker und Spezialist für Verwertung für Abfallstoffe Ferdinand Fischer ging davon aus, daß bei der Schwefelsäureproduktion jährlich ca. 1.500.000 kg Arsen in die Flüsse geleitet wurden (FISCHER 1874:202).

Die Verklappung der giftigen Arsenrückstände war auch für die deutschen Unternehmen kein unwesentlicher Kostenfaktor. Aus Kostengründen mußten die beauftragten Transportunternehmer die Fässer in unmittelbarer Nähe der Häfen ins Meer versenken. Da nun die Küstenfischerei um ihre Existenz fürchtete, forderte der Minister in einem Schreiben vom 1.8.1866 eine genaue Überwachung der Verklappung durch die Polizeibehörden an (BA Koblenz, R 86/2515). Prinzipiell schien jedoch das Problem für den Minister mit der Verlagerung der arsenhaltigen Abfälle gelöst. Wenige Jahre später waren jedoch aus Kostengründen die meisten Farbenfabriken am Oberrhein wieder zur direkten Einleitung der arsenhaltigen Abwässer in den Rhein übergegangen. Auf eine an Deutschland gerichtete Bitte der niederländischen Regierung vom 6.1.1876 (zit. in ANDERSEN 1996:259), die Verklappung der Abfälle in die Nordsee zu unterbinden, teilte das bayerische Staatsministerium am 25.1.1876 mit, daß die BASF bereits seit 1868 keine arsenhaltigen Abfälle mehr ins Meer verklappen lasse, sondern die verdünnte Arsensäure direkt in den Rhein leite (BA Koblenz R 86/2515). Auch in Hessen wurde ein entsprechender Antrag auf Einleitung der Fa. Kalle aus Biebrich in den Main, trotz Einspruch, genehmigt (zit. in ANDERSEN 1996:260). Da aber die Regierungsbezirke Düsseldorf und Kassel weiterhin Arsenkalk ins Meer verklappten, konnte der Reichskanzler gegenüber der niederländischen Regierung nur ausweichend Stellung nehmen. Man versuchte wahrscheinlich, Zeit zu gewinnen, weil man auf die Lösung des Problems durch ein inzwischen anderes patentiertes Produktionsverfahren hoffte.

Vom Abfall zum Rohstoff

Die Teerfarben sind eines von vielen spektakulären Beispielen dafür, wie aus einem ehemals häßlichen Kuppelprodukt (Abfall) ein Ausgangsprodukt (Rohstoff) wird. Es läßt sich zeigen, daß dabei vor allem wirtschaftliche Fragen eine Weiterentwicklung auslösten. Einleitungsverbote führten dabei nie zum Erfolg, sie wurden in aller Regel umgangen. Mit der Synthese des Alizarins (Synthese 1869 durch Baeyer, Graebe und Liebermann, Produktion seit 1870), des Indigos (Synthese 1879 Adolf von Baeyer, Markteinführung 1897 durch Höchst und BASF) und den auf dem Naphtol aufbauenden Azofarbstoffen (Entdeckung durch Griess 1858, Produktion seit den 1870ern) wurde die Farbenindustrie um die Jahrhundertwende zum drittgrößten Industriezweig in Deutschland nach der Eisen-/Montan- und der Textilindustrie. Auch die ersten pharmazeutischen Wirkstoffe wuden aus den Zwischen- und Kuppelprodukten der Farbstoffsynthesen entwickelt.

Unternehmensgeschichteder BASF

Bereits seit den 1880er kann die BASF als der größte Direkteinleiter an Hoch- bzw. Oberrhein gelten. Die Entwicklung des Weltkonzerns ist in vieler Hinsicht beispielhaft für die Verschmutzung des Rheins mit industriellen Abwässern. Die Lage am wasserreichsten Fluß Deutschlands gab dem Argument der Unschädlichkeit industrieller Abwässer durch Verdünnung den notwendigen Hintergrund. Die Gründung der BASF, wie der meisten Chemieunternehmen, ist eng mit der Geschichte der Teerfarben verknüpft. Der Gründer der BASF, Friedrich Engelhorn, war zuvor Besitzer einer Gasfabrik, die zunächst nur an Privatkunden lieferte und ab 1851 zusammen mit den Karlsruher Gasfabrikanten Spreng und Sonntag anfing, die Stadt Mannheim mit Gaslaternen auszustatten. Engelhorn genoß allgemeines Ansehen und gehörte zwischen 1855 und 1861 dem Bürgerausschuß Mannheims an. Für den bei der Gasproduktion anfallenden Teer, gab es damals keine ausreichende Verwendung und es lag nahe, sich nach neuen Verwertungsmöglichkeiten umzusehen. Die Entdeckung der Teerfarben mußte demzufolge bei

Engelhorn auf großes Interesse stoßen. Um die Marktchancen für die Herstellung von Teerfarben besser einschätzen zu können, ließ er sich von dem Stuttgarter Naturstoffabrikanten Rudolph Knosp beraten, der sich 1859 bereits die Alleinvertriebsrechte des Teerfarbstoffs Mauvein in Preußen, den übrigen deutschen Ländern sowie Österreich, Holland, Belgien, Frankreich und der Schweiz gesichert hatte.

Im Juni 1861 gründete er mit seinem Gaswerks-Partner Friedrich Sonntag, dem Kaufmann Otto Dyckerhoff sowie dem Mannheimer Chemiker Dr. Carl Clemm die *„Chemische Fabrik Dyckerhoff, Clemm & Comp.“* als offene Handelsgesellschaft. Unternehmensstrategie war von Beginn an nicht nur die Herstellung der Endprodukte, sondern auch die der Ausgangsprodukte (wie dem Teer aus der Gasfabrik), um von möglichen Einkaufspreisen möglichst unabhängig zu sein. Die Konzession für eine Fabrik sowie ein dafür geeignetes Gelände einer ehemaligen Zinkhütte waren schon vorhanden, so daß die Produktion wenig später aufgenommen werden konnte.

Ende 1862 stieg der jüngere Bruder eines der Mitgesellschafters, August Clemm, ebenfalls Chemiker, mit in die Handelsgesellschaft ein. Dyckerhoff mußte wegen finanzieller Schwierigkeiten aus der Firma aussteigen.

Fusionsangebot zur Konkurrenzvermeidung

Die Produktion wurde erheblich ausgeweitet und die vier Teerfarben Fuchsin, Hofinanns-Violett, Anilinblau und Bismarckbraun sowie die Mineralfarbe Chromgrün hergestellt und der Verbrauch an Ausgangssubstanzen wie Schwefel- oder Arsen- und Salpetersäure stieg immer weiter. Die Ausgangschemikalien stammten damals von der Aktiengesellschaft *„Verein chemischer Fabriken“* in Mannheim.

Engelhorn bot der Aktiengesellschaft einen Zusammenschluß oder zumindest eine Zusammenarbeit als Interessengemeinschaft an. Doch die AG lehnte 1864 eine Fusion aus Zweifeln am langfristigen Absatz der Teerfarben ab. Daraufhin beschloß die mittlerweile in *„Engelhorn, Sonntag & Clemm“* umbenannte Farbenfabrik, den Bau einer eigenen Sodafabrik. Um das notwendige Kapital dafür zu erlangen, gründete man 1865 die Aktiengesellschaft, der *„Badischen Anilin- und Sodafabrik (BASF)“*. Das bisherige Fabrikgelände reichte nicht für die neu zu errichtende Sodafabrik nach dem LeBlanc-Verfahren und man bemühte sich um ein Grundstück bei der Stadt Mannheim. Es ist unklar, ob der Große Bürgerausschuß das Anliegen der BASF ablehnte aus Angst vor Konkurrenz zum Verein der chemischen Fabriken, oder aus Gründen der befürchteten Umweltverschmutzung. Die Folgen wie Fischsterben einer Einleitung von Salzsäure aus Sodafabriken war in der Öffentlichkeit bekannt.

das Arbeitsplatzargument

Mit dem Argument, der Schaffung von 400 Arbeitsplätzen war es für Engelhorn kein Problem, von der Stadt Ludwigshafen ein entsprechendes Grundstück auf der linken Rheinseite zu bekommen. Der Wechsel nach Ludwigshafen hatte eine Reihe von Vorteilen. Das Grundstück lag am gerade fertiggestellten korrigierten Rheinabschnitt („Friesenheimer Durchstich“) und es war damit gerade erst für die Dampfschiffahrt erschlossen worden. Einsprüche waren von Anliegern kaum zu erwarten. Das spätere Firmenareal grenzte im Norden an ein freies Feld, im Osten stand der Rhein als zukünftiger Abwasserkanal zur Verfügung und im Westen sollte eine neue Arbeitersiedlung entstehen. Lediglich im Süden grenzte das Areal an den Ludwigshafener Ortsteil Hemshof, der später vorwiegend von BASF-Mitarbeitern bewohnt wurde.

Vereinfachte Genehmigungspraxis in Bayern

Vorteilhaft erwies sich der Wechsel von Baden nach Bayern aber vor allem durch die wesentlich vereinfachte Genehmigungspraxis in Bayern. Erst 1863 hatte der bayerische König Maximilian eine Verordnung zur *„Vorsorge von Gefahren und Belästigungen bei Errichtung oder wesentlicher Veränderung von Fabriken und Werkstätten“* erlassen, die vorherige Einspruchsmöglichkeiten einschränkte. Noch wenige Jahre zuvor waren die Pläne der Fa. Giulini, an gleichem Ort eine Sodafabrik zu errichten, mit der Begründung abge-

lehnt worden, daß eine Sodafabrik erhebliche Gefahren und Belastungen für die Anwohner mit sich bringen würde. Inzwischen hatte sich die Stimmung gegenüber Industrieansiedlungen geändert und man war daran interessiert, der Stadt Mannheim einen potentiell zahlungskräftigen Steuerzahler abwerben zu können. Eine Strategie, die bis heute etabliert ist. Die Stadt Ludwigshafen setzte sich selbst für das Konzessionsgesuch beim zuständigen Königlichen Bezirksamt zu Speyer ein. Auf die Gefahren ging der Antrag der BASF mit keinem Wort ein. Das notwendige gesundheitspolizeiliche Gutachten des Bezirksarztes lag bereits 2 Wochen später vor und enthielt keinerlei medizinische Bedenken. Der damalige Gutachter Dr. Carl Knapp wurde Ende 1866 als erster Fabrikarzt (in Teilzeit) angestellt. Das Grundstück des einzigen Einwenders kaufte Engelhorn bei einem Ortstermin noch an Ort und Stelle auf (StAL, LU 710). Bereits 2 Tage später am 8.5.1865 bekam die BASF die Konzession zum Betrieb einer Sodafabrik. Sie enthielt u.a. die Erlaubnis für die Produktion von Schwefelsäure, Salpeter und anderen Säuren, nicht aber die für Arsensäure. Ein Jahr später bereits stellte die BASF Antrag zur Errichtung einer Farbenfabrik, da inzwischen das Gelände in Mannheim zu klein geworden war. Diesmal kamen zum Ortstermin am 9.7.1866 4 Parteien mit Einwänden, die diese jedoch zurückzogen, nachdem Ihnen die BASF materielle Entschädigung angeboten hatte. Die „nachträgliche“ Genehmigung der Anilinproduktion mittels des Arsensäureverfahrens durch den bereits genannten Bezirksarzt Knapp weist darauf hin, daß BASF auch vorher schon auf dem Areal in Ludwigshafen Arsensäure produziert haben muß. Das Abfallproblem der Arsenreste war bei der BASF genauso wenig gelöst wie anderswo und es reichte dem Bezirksarzt der Nachweis einer Aufbewahrung in einem Schuppen mit asphaltiertem Boden. Bei der Gewährung der Konzession wird die beabsichtigte Ableitung der Abwässer in den Rhein weder bedacht noch erwähnt. Einsprüchen von Anliegern wurde mit Kauf ihrer Grundstücke oder durch materielle Entschädigungen der Wind aus den Segeln genommen. Schließlich profitierten Landbesitzer nicht nur durch den Verkauf, sondern auch durch die Ansiedlung von Arbeitern. Die Erlöse durch Vermietungen etc. stiegen und auf diese Weise konnte die BASF durch entsprechende Zugeständnisse oder großzügige Beträge jede Erweiterung ihres Werksgeländes durchsetzen. Eine Kommission aus dem Apotheker Bohlig, Bezirksarzt Knapp und dem Baubeamten Schlichtegroll zeigte bei weiteren Genehmigungen Verständnis für die scheinbaren Sachzwänge der BASF. So durfte die BASF z.B. auch die bei der Chlorkalkherstellung anfallende Chlormanganlösung, für die es keine Verwendung gab, unverdünnt in den Rhein ableiten. Die Abwässer färbten den Rhein zwar rot, aber bereits nach wenigen Metern sei ein chemischer Nachweis der Substanzen nicht mehr zu führen, argumentierte die Kommission in ihrem Gutachten vom 26.6.1867 (StAL, LU 710).

Bodenschutz vor Gewässerschutz

Eine Rheinverschmutzung durch BASF war nach Ansicht des Königlichen Bezirksamt zu Speyer auch später das kleinere Übel, gegenüber einer sonst möglichen Verseuchung des Bodens bei entsprechender Lagerung der Gifte. Hier machte sich der Einfluß des Bodentheoretikers Pettenkofers bemerkbar, der eine Gesundheitsgefährdung eher durch den Boden als durch Wasser gegeben sah und auf die Verdünnung und Selbstreinigung der Flüsse vertraute (vgl. Kap. 2.4 und 2.11).

Rapides Wachstum bei der BASF

Angesichts des wirtschaftlichen Erfolges der BASF und der großen Wassermenge des Rheins wurde offensichtlich über vieles hinweggesehen. Durch die Grundstoffe der BASF angezogen kamen weitere Unternehmer nach Ludwigshafen und die Einwohnerzahl von Ludwigshafen wuchs von 3331 im Jahr 1861 auf 28712 im Jahr 1890. Die Zahl der Beschäftigten bei der BASF wuchs im gleichen Zeitraum von 310 auf 3.596. Ludwigshafen war abhängig geworden von der BASF und Beschwerden von Anliegern waren kaum zu erwarten. Kritik wurde mit dem Hinweis auf eine mögliche Schließung/Abwanderung des Unternehmens schon im Keim erstickt. Die

BASF war mit täglich bis zu 75.000 cbm Abwässer der größte Einzeleinleiter des Rheins.

3.3 Vom Leben am und mit dem Rhein zum Leben neben dem Rhein

Für die Qualität des Lebensraum Rhein sind neben dem Grad seiner Verschmutzung durch Abwassereinleitungen viele weitere Belastungsfaktoren von entscheidender Bedeutung. Zu den wichtigsten zählen die Nutzung als Energiequelle, die Schiffahrt (Bau von Staustufen), land- und forstwirtschaftliche Umnutzungen sowie die Siedlungsentwicklung (vgl. Tab. 15).

Tab. 15

Überblick über Einflüsse auf den Rhein und Veränderungen an Hoch- und Oberrhein.

Eingriffe durch den Menschen (Ursache)	**unmittelbare Folgen / Wirkungen (Primärfolgen)**	**weitere Folgen / Wirkungen (Sekundärfolgen)**
Land- und Forstwirtschaft (z.B. Waldrodungen, Entwässerung, Flurbereinigung in den Auen)	Veränderung der Baumartenzusammensetzung zugunsten standortfremder Nutzhölzer	Veränderungen von Flora und Fauna, z.B. Rückgang höhlenbrütender Vogelarten
Zufluß nährstoffreicher Gewässer, Zürichsee, Bodensee, Aare, Main etc.	Eintrag von Nährstoffen, Zunahme der Produktion und der sauerstoffzehrenden Vorgänge	Organismensterben, Veränderungen der Bakteriengemeinschaften und des Planktons
Bau von Buhnen und Leitwerken	Änderung der Fließgeschwindigkeiten	
Durchstiche		
Bergbau (geologisch-morphologische Verhältnisse)	vor allem am Niederrhein	
Beseitigung von Kiesinseln, Sandbänken	Verlust von Brutplätzen für zahlreiche Vogelarten (z.B.See schwalbe, Flußuferläufer) Rückgang der Kieslaicher (z.B.Barbe)	
Uferbefestigungen	Zerstörung des Lebensraum zahlreicher Tierarten (z.B. Ringelnatter, Biber, Otter, viele Insekten) Begünstigung einiger Tierarten (z.B. Flußnapfschnekke, Dreikantmuschel, Hohltiere, Moostierchen)	
Fischerei (Überfischung, Fischbesatz)	veränderte Fischfauna	veränderte Nahrungsnetze
Schiffahrt, (z.B. Schraubenstrahl, Wellenschlag)	hydraulische Veränderungen im Uferbereich	Abwandern von Tierarten, Zerstörung von Laichplätzen etc.
Bau von Wehranlagen	Wanderungsbarrieren Tiefenerosion/Grundwasserabsenkung	Bestandsrückgang bzw. Ausrottung der Langstreckenwanderer (z.B.Lachs, Meerforelle) Bestandsrückgang der Laich-, Nahrungs- und Kompensations wanderer (z.B.Nase) Umwandlung der Eichen-Ulmen-Auenwälder zu Eichen Trockenwäldern und Hainbuchenwälder
Niedrigwasserregulierungen (z.B. Vertiefungen der Fahrrinne)	Veränderungen des Abflußregimes / der Stromsohle	veränderte Sedimentationsverhältnisse
Ansiedlung von Industrie und Gewerbe	Einleitung sauerstoffzehrender oder toxischer Stoffe	akut oder langfristig auftretende Vergiftungserscheinungen, Erbgutschädigungen etc.

Fortsetzung Tab.		
Eingriffe durch den Menschen (Ursache)	**unmittelbare Folgen / Wirkungen (Primärfolgen)**	**weitere Folgen / Wirkungen (Sekundärfolgen)**
Einführung der Kanalisation	Einleitung sauerstoffzehrender Stoffe, Zunahme der Trübstoffe	Abnahme des Sauerstoffgehaltes, in der Folge Absterben und/oder Abwandern von Organismen (Fische u.a.)
Einführung des WCs / Einleitung der Fäkalien (Nährstoffeintrag)	Zunahme der Produktion und der sauerstoffzehrenden Vorgänge	Organismensterben, veränderte Organismengemeinschaften
Straßenbau	Straßen sind Ausbreitungsbarrieren für viele Tierarten, Gullis als Tierfallen (z.B. Amphibien und Kleinsäuger)	Artenrückgang
Rohstoffgewinnung, Kiesabbau	Zerstörung der Aue	Sekundärstandorte für viele Tier- und Pflanzenarten der ehemaligen Kiesinseln
Freizeit und Erholung (z.B. Freizeiteinrichtungen, Wassersport)	Lärm, lokale Verschmutzungen	Vertreibung von zahlreichen Tieren
Ausstoß klimarelevanter Gase	Veränderung des Klimas, der Regenfälle und des Abflußregimes	veränderte Hochwasserereignisse
Bevölkerungszunahme: Zwischen 1819 und 1970 ist die Einwohnerzahl des Rheineinzugsgebiets von 5,4 Millionen auf etwa 32 Millionen angewachsen (KALWEIT 1976)	Siedlungsbau, Ansiedlung von Gewerbe, Industrie	Flächenversiegelung,

Hochrhein

Die am Hochrhein mit Abstand prägendste Veränderung stellen die seit dem Ende des 19. Jahrhunderts zur Energiegewinnung und Erleichterung der Schiffahrt gebauten Staustufen dar (vgl. Tab. 16).

Tab. 16

Bau der Staustufen am Hochrhein

Hochrhein-Ausbau		
Inbetriebnahme	Ausbauart	
1898	Schlingen	Rheinfelden
Staustufen zur Energiegewinnung		
1912	Stromausbau	Augst-Whylen
1914	Stromausbau	Laufenburg
1920	Stromausbau	Eglisau
1930	Stromausbau	Ryburg-Schwörstadt
1932	Schlingen	Albbruck-Dogern
1942	Stromausbau	Reckingen
1966	Stromausbau	Säckingen
1954	Stromausbau	Birsfelden
1956	Schlingen	Rheinau
1975	Stromausbau	Koblenz-Kadelburg

Durch den Ausbau und Aufstau des Hochrheins ist nur noch an einigen wenigen Abschnitten der ursprüngliche Fließwassercharakter des Hochrheins erhalten (vgl. Tab. 17).

Dadurch verschwand auch die für diesen Rheinabschnitt auentypische Vegetation. Heute existieren hier nur noch kleinflächige Reste von Hartholzauenstreifen und Schilfröhrichten mit Weidengebüschen. Der einzige verbliebene Silberweidenwald ist bei Dogern-Albbruck zu finden. Auengewässer existieren lediglich noch in Form einiger Gräben in landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Abschnitte des Hochrheins mit Fließcharakter	Rheinkilometer	Länge [km]
Untersee bis Gailingen/Diessenhofen	25 - 34	9
Flurlingen bis unterhalb Rheinfall	45.5 - 49	3,5
Unterwasserstollen Kraftwerk Rheinau bis Höhe Altrheine bei Rüdlingen an der Thurmündung	59,5 - 65,5	6
Kraftwerk Reckingen bis zur Aaremündung inkl. Koblenzer Laufen	90,0 - 102,0	12
Gesamtlänge der Abschnitte		**30,5**

Tab. 17

Abschnitte am Hochrhein mit vergleichsweise ursprünglichem Fließwassercharakter

Oberrhein

Noch dramatischer war die Entwicklung am Oberrhein. In den letzten 200 Jahren ist auch hier die typische Vernetzung von Fluß und Aue als einem der artenreichsten Lebensräume zunehmend zerstört worden. Durch die Kleinflächigkeit der strukturreichen Restbiotope ist noch immer der Fortbestand vieler Arten bedroht. Um in den folgenden Kapiteln das Ausmaß der Bedrohung anhand einzelner Artengruppen besser einordnen zu können, versucht das vorliegende Kapitel einen kleinen Überblick über die Landschafts- und Kulturgeschichte an Hoch- und Oberrhein (vgl.

Tab. **19**, S.91).

Vor der Tullaschen Rheinbegradigung (1817-1876) erstreckte sich der Oberrhein (= Rhein von Basel bis Mainz) auf einer ausgedehnten Fläche von ein bis zwei, zuweilen bis vier Kilometern Breite.

Furkationszone

Durch unterschiedliches Gefälle entstand im badisch-französischen Abschnitt des Rheins bis etwa zur Murgmündung die Furkationszone (kommt von lateinisch furca, die Gabel, und bedeutet Vergabelung). Sie war gekennzeichnet durch zahlreiche teils parallel verlaufende, teils vergabelte Wasserläufe von geringer Tiefe. Dazwischen lagen über 2000 Kies- und Sandbänke, die oft verformt oder verlagert wurden.

Siedlungen waren im wesentlichen am äußersten Rand der Ebene zu finden. Die von den zahlreichen Flußarmen eingeschlossenen Flächen wurden kaum landwirtschaftlich genutzt, da sich hier bei der großen Dynamik des Rheins nur an wenigen Stellen eine Pflanzendecke ausbilden konnte. Am Rande herrschte der von Wasser durchflossene Auwald vor. Die Nutzung beschränkte sich auf Fischerei, (Vogel-) Jagd, Holzschlag und Goldwäscherei durch Rheinanliegergemeinden.

Mäanderzone

Anders in der Mäanderzone. Auf dieser Strecke nimmt das Gefälle ab. Die Kiese und Sande wurden an Stellen schwacher Strömung angelandet und an Stellen starker Strömung abgetragen. Es entstanden die typischen Flußmäander (Mäander: dem stark geschlängelten, kleinasiatischen Flußlauf "Maiandros" entlehnter Begriff). Sie bildeten immer stärkere Schlingen, bis sie sich schließlich selbst abschnitten. Die abgetrennten Schlingen verlandeten im Lauf der Jahrhunderte allmählich und werden Altrheine genannt. So entstand ein tiefer Hauptstrom mit wenigen Nebenarmen und ca. 60 großen Kiesinseln. Die Amplitude der Mäander wächst mit abnehmendem Gefälle. Während die Flußausbuchtungen am südlichen Oberrhein (Furkationszone) mit 0,8 km geringe Ausmaße hatten, so sind diese im Abschnitt Karlsruhe-Speyer mit 2-4 km und zwischen Worms und Mainz mit 5-7 km erheblich größer.

In der Mäanderzone fanden sich auch nahe der weit ausgreifenden Stromschlaufen einige größere Ortschaften. Das Land nahe des Rheines wurde überall bewirtschaftet, wenn auch aufgrund häufiger Überschwemmungen wenig intensiv. Zwar stand es bei Hochwasser immer wieder unter Wasser, doch konnte die Pflanzendecke den Boden in der Regel halten. Jedes Hochwasser bedeutete einen Eintrag düngenden Schwemmschlamms, unter Umständen aber auch wochenlang stehenden Morastes. Fruchtbarer Acker- oder

Wiesenboden wurde teilweise mit einer undurchdringlichen Kies- oder Sandschicht überzogen.

Hochwasserereignisse

Die Sommerhochwasser werden durch die Schnee- und Gletscherschmelze im Alpenbereich verursacht, nehmen jedoch mit größer werdendem Einzugsgebiet am Oberrhein zügig ab, da sie keinen Nachschub vom Schwarzwald und den Vogesen bekommen. Die Winterhochwasser stammen auch aus dem voralpinen Bereich, werden aber zusätzlich durch die Nebenflüsse weiter aufgebaut. Besonders folgenreiche Hochwasser entstanden im Winter durch blockierendes Eis. Der "Große Winter" 1740 leitete eine bis in die 1820er Jahre nicht abbrechende Kette von Hochwassern ein. Zwischen 1810 und 1824 lag eine etwa 15-jährige Periode höchst unruhiger Wasserstandsbewegungen im Rheingebiet. Danach folgten 20 Jahre mit verhältnismäßig niederen Wasserständen. Ab 1844 begann eine Periode starker Wasserführung mit einem Hochwasser 1845 nach dem strengsten Winter des Jahrhunderts von 1844/45 und den Hochwassern von 1851 und 1852. Nach 1852 herrschten über zwei Jahrzehnte vorwiegend niedrige Wasserstände vor mit örtlichen Hochwassern, beendet durch das Hochwasser 1876. Es folgte eine Phase hoher Wasserstände, die im Katastrophenhochwasser von 1882/83 gipfelte. Dabei ist zu beachten, daß es kein Hochwasser gab, das für den gesamten Rhein maßgebend war. In den Teilgebieten wurden jeweils andere Hochwasser als größtes Ereignis beobachtet. Hochwasser entstanden und entstehen durch extreme Witterungsbedingungen und anhaltende, starke Niederschläge. So z.B. das außerordentliche Katastrophenhochwasser zum Jahreswechsel 1882/83:

Ende 1882 kamen zu einer Schneeschmelze ungewöhnlich hohe Niederschläge hinzu, von der insbesondere das Mittelrheingebiet sowie die Nebenflüsse Main, Lahn und Mosel betroffen waren. Nach dem Absinken des Wasserstandes trat eine Frostperiode ein. Der mit Feuchtigkeit gesättigte Boden gefror. Es folgten Niederschläge, die ihren Höhepunkt am 26./27. Dezember erreichten. Gleichzeitig führte warme Luft zum Abschmelzen des Schnees. Der meiste Regen fiel im Schweizer Jura, Alpenvorland und im südlichen Schwarzwald. In drei Tagen (25. bis 27. Dezember 1882) fielen beispielsweise in Altdorf (Schweiz) 102 mm, in Zürich 78 mm, in Baden 148 mm und in Höchenschwand (Schwarzwald) 213 mm Niederschlag. Die Hochwasserwelle von Aare und Hochrhein wurden noch durch die Gewässer des Schwarzwaldes und der Vogesen erhöht. Die Deiche brachen an so vielen Stellen, daß die Hochwasserwelle am Mittelrhein bereits gedämpft ankam. Die Hochwasserwelle des Neckars erreichte die Mündung drei Tage früher als die Welle des Oberrheins, so daß am Mittelrhein durch das Neckarwasser unterhalb der Neckarmündung bereits höhere Wasserstände erreicht wurden, bevor die eigentliche Rheinwelle eintraf.

Ortsverlegungen

Die andauernden Umlagerungen des Stromes durch Hochwasser zwangen im Laufe der Jahrhunderte zu Ortsverlegungen, die aus Sicht der Gemeinden sicherlich dramatisch waren. Hochwasser konnten Ufer so stark unterspülen, daß eine halbe Stadt – wie bei dem vielleicht prominentesten Beispiel Neuenburg (Furkationszone) im Jahre 1480 geschehen – fortgespült wurde. Oder der sich ändernde Stromlauf zwang Dörfer zur Umsiedlung an einen anderen Ort, wie zum Beispiel Knaudenheim (Mäanderzone), das nach seiner Umsiedlung 1758-1761 Huttenheim genannt wurde.

Dämme konnten zwar, wenn sie nicht einbrachen, gegen Überflutung schützen, jedoch nicht verhindern, daß Wasser unterirdisch durch den durchlässigen Untergrund gelangte und jenseits der Dämme aufstieg. Dieses weniger dramatische, dafür aber längerfristig schädigende Druckwasser – früher Quellwasser genannt – drang in Häuser, Dämme, Straßen und Felder ein und führte bei längerem Anstehen zu erheblichen Ernteausfällen. Die neuen flußnahen Aufschüttungen des Rheingeschiebes lagen nun höher und verhinderten die Überschwemmung der Auen. Dies führte in den Siedlungen stromabwärts in zunehmendem Maße zu Hochwassereinbrüchen. Sowohl die

Siedlungen, als auch die im 18. Jahrhundert neu angelegten flußnäheren landwirtschaftlichen Nutzflächen, versuchte man ebenfalls verstärkt durch höhere Dämme zu schützen. Diese engten die Hochwassermassen so ein, daß sie ihrerseits erhöht werden mußten. Ein Teufelskreis, der zu weiteren Ortsverlegungen und zur Aufgabe von landwirtschaftlichen Nutzflächen zu führen drohte.

Rektifikation des Oberrheins

Die deswegen von Johann Gottfried Tulla in der zweiten Dekade des 19. Jahrhunderts vorgeschlagene Oberrheinkorrektion war also nicht der erste Eingriff in die Natur- und Kulturlandschaft der Oberrheinniederung.

Kein Strom oder Fluss, also auch nicht der Rhein, hat mehr als ein Flussbett nöthig, oder, welches einerlei ist, kein Strom oder Fluss hat in der Regel mehrere Arme nöthig. (Johann Gottfried Tulla, 1812)

Tullas Vorschläge zur **„Rectification“** des Oberrheins (= **„Korrektion"**) zielten im Gegensatz zu allen früheren Eindeichungen auf die Tieferlegung des Strombettes. Der Rhein sollte in einen zwischen zwei parallelen Ufern eingefaßten Hauptstrom überführt werden, damit sich das auf diese Weise gebündelte Wasser selbst tiefer in das Rheinbett eingrabe. Dadurch sollten der Grundwasserspiegel entlang des Rheines abgesenkt, die durch Hochwasser verursachten Zerstörungen gemindert und fruchtbares Ackerland trockengelegt werden (**„Landesmelioration“**). Der geplante Lauf in leichten Bögen sollte die Gefahr von Aufstauungen durch Eis reduzieren. Die Schutzdeiche sollten ausgebaut und die Nebengewässer reguliert werden, um Rückstauungen bei Hochwasser zu vermeiden. Der Schutz gegen Übersschwemmung und Versumpfung waren noch bis weit ins 20. Jahrhundert der Grund für die Korrektion der vielen Zuflüsse des Rheins, z.B. Pfinz-Saalbach-Korrektion 1934 (SCHAAL & BÜRKLE 1993:44). In der Regel genossen solche Arbeiten vorrangiges Interesse. Bei einem so großen Vorhaben wie der Tullaschen Pläne gab es jedoch Bedenken und Einsprüche.

Kritiker und Befürworter

Schon ein Gutachten der Oberbaudeputation in Berlin verwies darauf, daß dem preußischen Rhein insgesamt durch das Zusammentreffen der Hochwasserspitzen des Rheins mit denen seiner Nebenflüsse höhere Flutwellen als bisher zugeführt würden. Vor allem den mittelrheinischen, zwischen Felsen eingebetteten Städten und Dörfern drohe Gefahr. Es sei außerdem zu befürchten, daß durch die zu erwartende Geschiebezunahme die nicht eingedeichten Felder am Niederrhein bei Hochwasser mit Sand und Kies überdeckt werden könnten, und daß im Winter die Gefahr von Eisstopfungen vermehrt würde.

Fritz André, einer der schärfsten Kritiker der Oberrheinkorrektion, äußerte sich wie folgt:

"Die Krümmen der Flüsse sind als eine sehr wohlthätige Einrichtung der Natur zu betrachten, welche vermöge der öfteren Stauungen, dem Zunehmen der Geschwindigkeit und dem Zuseichtwerden der Flüsse bei niederem Wasserstande, wesentlich steuert, und so eine bessere Schiffahrt gewährt und erhält." (ANDRÉ 1828)

Die Befürworter bestritten dagegen jeden Anhaltspunkt dafür, daß die Hochflut des Rheines mit jenen der größeren Nebenflüsse zusammentreffe könne und daß mit größeren Gefahren an Mittel- und Niederrhein zu rechnen sei.

Der Strom durchbreche die Mäander auch natürlicherweise, dann aber unkontrolliert und mit unübersehbaren Folgen auch für die unteren Stromabschnitte. Zudem seien künstliche Durchschnitte auch keine Neuerung und es gebe viele historische Beispiele ohne Einsprüche der rheinabwärtsliegenden Staaten. Durch künstliche Durchstiche würden Uferabbrüche vermieden und damit der Geschiebetransport verringert und die Neubildung von Krümmen erschwert. Das Geschiebematerial der Durchstiche würde zur Verlandung der Altrheine benötigt. Schließlich könnten auch im Mittelrhein Schutzmaßnahmen gegen Überschwemmungen unternommen werden, wie Felsensprengungen am Binger Loch und die Erhöhung der Leinpfade und Uferstraßen. (HONSELL, 1885)

Mit der Oberrheinkorrektion ist auf eine – auch für den Oberrhein – neue Epoche verwiesen, in der große Flüsse vor allem unter dem Aspekt ihrer Nutzbarkeit als Wasserstraße und ihre Landschaft unter land- und forstwirtschaftlichen Gesichtspunkten wahrgenommen wurden. Der Preußische Baurat Dieck formuliert 1879 :*"Der Mensch muß das Wasser beherrschen, und naturgemäß verwenden"*.

Für den badischen Staat mit seiner Verwaltung und seiner Ständeversammlung stellte die Natur einen kostenerzeugenden Störfaktor dar. Die Auseinandersetzungen über die Tullaschen Pläne beschränkten sich folgerichtig auf eine Gewinn- und Verlustrechnung. Die vielen Befürworter der Korrektion im 19. Jahrhundert betrachteten Flüsse und Ströme in ihrem natürlichen Zustand als Einschränkung der Menschen. In den Korrektionen fanden sie das Mittel, das den Menschen am Oberrhein und an anderen Flüssen erlaubte, besser zu leben und zu wirtschaften.

Argument Hochwasserverschärfung

Das aus heutiger Sicht bedeutende Argument der Hochwasserverschärfung für Mittel- und Niederrhein infolge des Zusammentreffens der Hochwasserabflüsse des Rheins und seiner Nebenflüsse wurde schließlich nicht mehr aufgegriffen. Es blieb am Ende ohne weitere politische Auseinandersetzung stehen.

Die Arbeiten wurden – weitgehend nach Tullas Plänen – zwischen 1817 und 1876 ausgeführt. In der Furkationszone verbaute man vom Hochufer aus die zahlreichen Nebenarme und die dadurch erhöhte Schleppkraft des Hauptarms tiefte bei jedem Hochwasser sein eigenes Bett ein. Die Seitenarme wurden danach weniger stark durchflossen und der Hauptstrom konnte weiter in Richtung geplanter Linienführung verbaut werden. Nach der Korrektion war das Hauptstrombett südlich Breisach nur noch 200 m und nördlich Breisach nur noch 250 m breit. Diese Breite des Flußbettes reichte für eine Wassermenge bei mittlerem Abfluß. Höhere Abflüsse überschwemmten das seitlich davon liegende Grünland und Auwaldgebiet bis zu den Dämmen. Erst mit dem Bau der Staustufen am Oberrhein im 20. Jahrhundert wurden die Hochwasserdämme noch näher an den Rhein gelegt.

Im Zuge der langsamen Verlandungen der Altrheine wurden immer mehr orts- und auenuntypischen Holzarten, wie zum Beispiel die Italienische Pyramidenpappel, aufgeforstet. Hinzu kam das ab 1779 bereits durch die Rheindeichordnung geregelte Anpflanzen von Faschinenwäldern. Faschinen sind etwa 3 bis 6 m lange und 0.3 m dicke Bündel aus nichtsperrigem Laubholz, vorwiegend Weiden, die zum Rheinverbau gebraucht wurden. In der Rheinniederung wurden in jener Zeit durch Trockenlegungen neue landwirtschaftliche Nutzflächen geschaffen. Neue, sogenannte Dammfelder, wurden angelegt, in dem Altwasserarme mit Dämmen verbaut, entwässert und schließlich zu Wiesen, selten zu Äckern, umgebrochen wurden. Sie lagen in Rheinnähe oder in der Nähe von Seitenflüssen. Durch Dammfelder und die gezielte Verlandung durch Einschwemmen von Festpartikeln und ihre Fixierung durch Weidenpflanzen, wurden schon vor der Oberrheinkorrektion ausgedehnte Wiesenflächen gewonnen. Entwässerte Bruchgebiete bargen Torf in einiger Tiefe, der ab der Jahrhundertwende bis etwa zur Mitte des 19. Jahrhunderts gestochen wurde.

Doch all dies neu gewonnene Wiesenland war noch immer zu feucht und häufig überschwemmt. Die gezielte Austrocknung von Auwald und das Absenken des Grundwasserspiegels war erst mit der Tullaschen Oberrheinkorrektion im 19. Jahrhundert möglich.

Rektifikation in Zahlen

Durch die Oberrheinkorrektion wurde der Stromlauf in der Furkationszone um 14 % von 218 km auf 188 km verkürzt und in der Mäanderzone um 37 % von 135 km auf 85 km. Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit erhöhte sich von 0,08 m/s auf 2,0 m/s und das Bett des Rheins erodierte stärker als geplant. Schon 1884 war auf der gesamten Strecke eine Senkung der Stromsohle eingetreten. Zwischen Kembs und Karlsruhe gingen etwa 660 km^2

Überflutungsfläche durch den Deichbau und weitere rund 80 km^2 durch die Tiefenerosion des Rheinbettes (insgesamt ca. _ des natürlichen Überschwemmungsgebietes) verloren (vgl. Abb. 10, S.90).

Für die Siedlungen der Oberrheinniederung bedeutete das eine weitgehende Sicherung gegen Überschwemmungen durch den Rhein und seine Nebenflüsse. Nur die großen Hochwasser der 1870er und 1880er Jahre brachten noch größere Verluste, die alljährlichen periodischen Sommeranstiege dagegen waren nicht mehr gefährlich und keine wochen- und monatelangen Überschwemmungen mehr zur Folge. Nach wenigen Jahrzehnten überwog auch in den alten Fischerdörfern die Landwirtschaft als Hauterwerbszweig.

Rektifikation als Wirtschaftsfaktor

Durch beruhigte und deshalb besser nutzbare Häfen gewannen die sonst weitgehend isolierten Oberrheinsiedlungen Anschluß an eine europäische Wasserstraße, auf der Großschifffahrt nun zumindest saisonal bis Straßburg möglich war. Die Oberrheinkorrektion wirkte wie eine „Konjunkturspritze" auf die Siedlungen der Niederung, nicht nur durch den direkten Effekt der großen Verdienstmöglichkeiten bei den arbeitsintensiven Rheinbauten, sondern auch durch die Aufwertung der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LÖBERT 1997). Die wirtschaftlichen Verlierer dieses Prozesses – vor allem die Fischer und Goldwäscher – konnten auf andere Verdienstmöglichkeiten ausweichen. Die Bewohner paßten sich an die Veränderungen der Landschaften an und nutzten letztlich vor allem ihre Vorteile. Die veränderte Natur aber wurde anscheinend von kaum jemandem, weder Spezialisten noch Betroffenen, wahrgenommen, jedenfalls ist in den Quellen vor 1880 keine Rede davon.

Vom Gegner zum beherrschten Rhein

Tulla selber wußte sehr genau um die Bedeutung seines vorgeschlagenen Eingriffes. Die Wirkungen auf Klima, Landschaft etc. sagte er erstaunlich genau voraus. Trotzdem sich seine Schriften noch heute teilweise wie ein ökologisches Lehrbuch lesen, sah er den Rhein als Gegner, dem Einhalt zu gebieten war. Dies wird schon aus dem Vokabular der Wasserbauingenieure jener Zeit deutlich. Tulla bezeichnete sein Vorhaben als "generalen Operationsplan" zur *"Abwehr der Angriffe"* des Rheines, um *"den Kampf gegen die Ausschreitungen des Stromes"* zu gewinnen (J. G. Tulla zitiert nach: Honsell 1885:4f., aus: Bericht vom 1.3.1812 an das Großherzogliche Ministerium der auswärtigen Angelegenheiten über die Grundsätze, nach welchen die Rheinbauarbeiten künftig zu führen sein möchten). Die Korrektion diene dazu, "daß die Natur weniger Gefahr bringen" könne, führte der Abgeordnete Roßhirt im Jahre 1825 vor der zweiten Kammer aus, und pries die Pläne Tullas mit den Worten: *"endlich wird nun ein wohlentworfener und deshalb wahrscheinlich erfolgreicher Kriegsplan gegen die Gewässer des Rheins geführt."* (Protokoll der 29. öffentlichen Sitzung der zweiten Kammer vom 19.5.1825, Verhandlungen der Ständeversammlung des Großherzogthums Baden 1825. Enthaltend die Protokolle der zweiten Kammer mit deren Beilagen, von ihr selbst amtlich herausgegeben, Zehntes Heft, Karlsruhe 1825, S.146.)

Im Laufe der Korrektionsarbeiten veränderte sich das Vokabular. Militärische Ausdrücke wurden zwar noch bis ins 20. Jahrhundert verwendet, doch gehörte der "Krieg" nach und nach der Vergangenheit an. 1857 notierte der Begründer der Volkskunde Wilhelm Heinrich Riehl in seinem *Rheinischen Volksbild* über die Pfalz und den Oberrhein:

"Es ist bald ein kleiner, bald ein großer Krieg, den der Mensch hier heute noch mit der Natur kämpfen muß, mit jedem Jahrzehnt siegreicher daraus hervorgehend, während früher oft der halbe Landstrich unterlag." (RIEHL 1857:11)

Max Honsell resümierte in seinem Abschlußbericht über die Oberrheinkorrektion in Bezug auf die Arbeiten bei Istein: *"Allein 1876, nach hartnäckigem, mehrjährigen Kampf mit dem Strom war die Korrektion auch hier ge-*

lungen" (HONSELL 1885:20). Die Wasserbauingenieure begriffen sich immer weniger als Gegner der Flüsse und Ströme, sondern vielmehr als ihre Herren, wie sich aus der verwendeten bildhaften Sprache ablesen läßt. Aus dem einst existenzbedrohenden und nun unterworfenen Feind wurde allmählich ein Diener, der bestimmte Aufgaben, die ihm der Ingenieur zuwies, zu erfüllen hatte. Der Eisenbahningenieur Müller schildert in seiner Schrift von 1857, nach allgemeinen Bemerkungen über Flußkorrektionen, das aus seiner Sicht ideale Verhältnis zwischen Ingenieur und Fluß:

"Der Ingenieur muß hier besonders den Zweck des Flusses und seine Aufgabe begreifen, und dann mit diesem Flusse selbst das Gerinne suchen, in dem er sich am vorteilhaftesten bewegen kann. Es hat dann der Techniker blos die gewöhnlichen Excesse des Flusses zu verhindern, und den Abschweifenden wieder auf seinen Zweck, seine Aufgabe hinzuweisen." (MÜLLER 1857:45)

Die „naturgemäße“ Aufgabe von Strömen und Flüssen sei es, den wirtschaftenden Menschen, insbesondere der Industrie, zu dienen. Entsprechend wies er den Flüssen und Strömen Aufgaben in Transport, Energie- und Wasserlieferung zu (DIECK 1879). Diesem Bild der damaligen Ingenieure folgend wurde mit der Korrektion auch dem Oberrhein eine dem Menschen dienende Funktion zugewiesen. Der Rhein sollte landwirtschaftliche Nutzflächen bereitstellen, um den Rheingemeinden zu wirtschaftlichem Aufschwung zu verhelfen. Bereits 1878 kann Honsell eine erfolgreiche Bilanz ziehen:

"Die verlassenen Stromkrümmen und Arme, die Altwasser und Giessen sind gegenwärtig schon grossentheils verlandet, sonst fast überall in der Verlandung begriffen; die gewonnenen Flächen sind mit Wald bedeckt, vielfach auch schon in Cultur genommen. Sie repräsentieren mit den mit der Zeit noch zu erwartenden Auflandungen einen Zuwachs an culturbarem, sehr ertragsfähigem Gelände von mehr als 20.000 Hectaren, welche Fläche mit der weiteren Ausbildung und Consolidirung des Correctionswerkes in der Folge auch durch Eindeichungen gegen Überschwemmungen sicher gestellt werden kann." (HONSELL 1878)

Der Krieg gegen den Rhein schien im wesentlichen gewonnen und man hatte gezeigt, wer der Herr im Hause Deutschland war:

„ . . . lege dem muthwillig vagabundierenden Schweizerburschen, – serpentiren nennen die Hydrotecten diese Unart – wie den mit ihm auf der Wanderschaft begriffenen (...) Kiesbänken ihr Handwerk, halte den Ersteren zu einem bescheidenen sittsamen Laufe an und zu fleissiger Arbeit und die Letzteren mache man sesshaft in dem von ihm keck in Deutschland geschaffenen Labyrinthe, damit Beide erfahren, dass, Dank unserm Reichskanzler, jetzt Ordnung bei uns herrsche!“ (Anonym, zitiert nach Max Honsell ca. 1878)

Das Ergebnis muß außerordentlich positiv bewertet worden sein. Dies ist vielleicht auch der Grund dafür, daß bis heute die eigentlichen Folgen der Tullaschen Rektifikation erstaunlich wenig aufgearbeitet worden sind. Das wäre um so interessanter, da einige Biologen dazu tendieren, bei der Wahl eines Referenzzustandes, den Zustand des Rheins nach der Tullaschen Rektifikation zu favorisieren. Schon kurz nach der Tullaschen Korrektion waren, vor allem auf der Strecke zwischen Basel und Breisach, auf verlandeten Kiesflächen Wälder entstanden. Die Eintiefung des Strombettes führte jedoch zur baldigen Austrocknung großer Waldflächen. Aus ehemals aquatisch geprägten Auwaldgebieten wurden zum Teil extreme Trockenstandorte.

Ausbau des südlichen Oberrheins

Weitaus tiefgreifender waren für das Ökosystem Oberrhein die Folgen der Kanalisierung des Oberrheins und der Staustufenbau. Wesentliche Ziele der erheblichen Baumaßnahmen waren eine weitere Landgewinnung, die Schiffbarmachung bis Basel sowie die Energiegewinnung. Die Kanalisierung des Oberrheins begann 1932 in Kembs. Sie wurde bis heute auf einer Länge von 165 km bis Iffezheim (10. Staustufe 1977) durchgeführt. Mit jeder Staustufe wurde die fortschreitende Erosion flußabwärts verlagert.

Grand Canal d'Alsace

Zwischen Basel und Breisach entstand ein gänzlich neuer Schiffahrtskanal (Grand Canal d'Alsace bzw. Rheinseitenkanal), der als abgedichtete Betonrinne auf langen Strecken (Basel-Breisach) die größte Wassermenge des Rheins sowie die Abwässer aus der Region aufnimmt. Der Kanal bildet eine hydrologische und biologische Barriere, der die rechtsrheinische Region zwischen Kembs und Breisach von der französischen Ebene abtrennt.

Restrhein

Neben dem Grand Canal d'Alsace blieb ein „RESTRHEIN“ übrig, mit einer festgelegten Mindestwasserführung von 30 m^3/s im Sommer und 20 m^3/s im Winter. Rechnet man die Grundwasserzuflüsse hinzu so beträgt der Niedrigwasserabfluß des Restrheins ca. 40-50 m^3/s. Um den Grundwasserstand zu heben, muß ständig nachgeholfen werden. Der gleichzeitige Schutz von verbliebenen, oligotrophen Gewässern ließ aufwendige Ableitungs- und Pumpvorrichtungen entstehen, die die Abwasserentsorgung übernahmen (BUTZ 1968). Die am Oberrhein durchgeführten wasserbaulichen Maßnahmen bewirkten eine Absenkung des Wasserstandes im Restrhein um 2-3 m und folglich auch des Grundwasserspiegels. Um eine weitere Grundwasserabsenkung zu verhindern, wurde 1965 im Restrhein bei Breisach ein Stausystem errichtet, das als "Kulturwehr" in die Literatur einging (FELKEL 1972a,b; RAABE 1968). Durch die Sohlenerosion als Folge der Tullaschen Rektifikation werden auch bei Hochwasserabflüssen lediglich einige wenige Flächen (bei Rkm 217, nördlich der Karpfenhodschlut) zwischen Rheinseitenkanal und Restrhein noch überschwemmt. Diese Verhältnisse haben zwischen Basel und Breisach zur Entwicklung zahlreicher, heute als wertvoll eingestufter Trockenstandorte, geführt. An den Ufern des eingetieften Restrheins hat sich durch die zum Teil starke Auflandung der Buhnenfelder ein Streifen von Auenvegetation mit Weiden-, Grauerlen und Pappelbeständen entwickelt.

Tab. 18

Bau der Staustufen am Oberrhein

Oberrhein-Ausbau		
Staustufen zur Energiegewinnung		
Inbetriebnahme	Ausbauart	Staustufe
1932	Seitenkanal/Restrhein	Kembs
1952	Seitenkanal/Restrhein	Ottmarsheim
1957	Seitenkanal/Restrhein	Fessenheim
1959	Seitenkanal/Restrhein	Vogelgrün
1956	*Oberrheinvertrag, beinhaltet die Vereinbarung über die “Schlingenlösung” zwischen Breisach und Straßburg*	
1961	Schlingen	Marckolsheim
1963	Schlingen	Rheinau
1967	Schlingen	Gerstheim
1970	Schlingen	Straßburg
1974	Stromausbau	Gambsheim
1977	Stromausbau	Iffezheim

Schlingenlösung

Ursprünglich sollte der Rheinseitenkanal auch nördlich von Breisach fortgeführt werden. Aufgrund der starken Grundwasserabsenkungen entschied man sich jedoch für die „Schlingenlösung“, in der sich kanalisierte Abschnitte des alten Rheinbettes (Mindestabfluß 15 m^3/s) mit einem parallel zu Restrheinarmen gebauten künstlichen Kanal (Wassermenge bis zu 1500 m^3/s) abwechseln (vgl. Tab. 16). Ebenfalls um die gesunkenen Grundwasserstände auszugleichen, wurde bei Rheinau-Sundhausen ("Taubergießen") ein *„Altrheinverbundsystem“* gebaut (KRAUSE 1968). Sowohl die Schlingenlösung als auch das Altrheinverbundsystem verursachten das Gegenteil

der beabsichtigten Wirkung (KRAUSE, E & HÜGIN 1987). Grundwasser konnte noch schneller abfließen.

Staustufen Gambsheim und Iffezheim

Die durch die Stauregulierung ausgelöste verstärkte Sohlenerosion versuchte man durch Errichtung von zwei weiteren Stauanlagen bei Gambsheim (1974) und Iffezheim (1977) zu mindern (deutsch-französische Vereinbarung vom 4. Juli 1969). Die Wehre, Kraftwerke und Schleusen befinden sich bei diesen Staustufen auf derselben Achse, quer zum Fluß. Überflutungsbereiche fehlen hier weitgehend, Druck- und Sickerwasser aus dem kanalisierten Rhein wird durch Entwässerungskanäle beiderseits des Flusses abgeführt. Grundwasserschwankungen vor allem nach unten sind daher heute weitgehend reduziert. Obwohl die Stauanlagen Gambsheim und Iffezheim sich im Bereich geringen Gefälles befinden, konnte die Sohlenerosion auch dadurch nicht minimiert werden. Das Problem wird derzeit durch ständige künstliche Geschiebezugabe unterhalb des Stauwehres Iffezheim kompensiert (FELKEL et al. 1977; KUHL 1980; FELKEL 1987).

Künstliche Grundwasserspiegelhebung

In allen Abschnitten, in denen der Rhein durch parallele Dämme gefaßt ist (insbesondere Schlingenlösung, Staustufen), wurde eine gewisse künstliche Grundwasserspiegelhebung durch eine Verbindung von Altrheinen zu einem Speisewasserlauf erreicht.

Verbliebene Auen am südlichen Oberrhein

Die zwischen Kanal und Restrhein verbliebenen Flächen (Marckolsheim, Rhinau, Gerstheim und Rohrschollen) werden auch heute noch bei Hochwasser fast vollständig überschwemmt. In diesen Bereichen finden sich die einzigen noch verbliebenen Aueflächen am südlichen Oberrhein. Auf deutscher Seite können stellenweise Flächen von 1,5 km Ausdehnung bis zu den Hochwasserdämmen geflutet werden. Zwar lassen sich durch die hydrologische Steuerung Teile der Aue künstlich fluten, die Dynamik einer natürlichen Aue läßt sich damit jedoch nicht nachbilden. Weite Teile der ursprünglichen Auen konnten auch so nicht erhalten werden. Selbst große Teile der ehemaligen Eichen-Ulmen-Wälder sind infolge mangelnder Überflutung bis auf kleinere Überschwemmungsbereiche verschwunden (HÜGIN 1981). Auch eine Naturverjüngung der Silberweidenwälder fand in der Regel nicht mehr statt. Die Grundwasserabsenkung erreicht besonders am südlichen Oberrhein sehr große Ausmaße. Sie betrug 1950 bei Rheinweiler 7 m und bei Breisach 2 m. Die Senkung setzte sich bis zum Schwarzwald-Gebirgsfuß fort. Der Fehlbetrag des Grundwasservorkommens am südlichen Oberrhein beläuft sich heute auf ca. 3 Milliarden Kubikmeter (RAABE 1968; SCHEIFELE 1968).

Giessen

Durch das nördlich von Breisach immer noch relativ starke Gefälle des Rheins (zwischen 1‰ und 0,5‰) und die große Abflußmenge (bis über 5.700 m^3/s) bei Hochwasser wurde die Bildung von Ablaufrinnen gefördert, die bei Niedrigwasser ausschließlich durch klares Grundwasser gespeist werden. Diese „Giessen" bilden heute wichtige Rückzugsräume für Tier- und Pflanzenarten, die an oligosaprobes bzw. kaltes Wasser angepaßt sind.

Zuflüsse

Die Mündungen der Zuflüsse wie Ill, Moder, Kinzig, Rench oder Acher wurden mit Hilfe von Entwässerungsgräben ins Unterwasser der jeweils nächsten Staustufe verlegt, die ehemals überflutbaren Uferzonen durch Dämme abgeschnitten. Linksrheinisch ist der ehemalige Charakter der die Zuflüsse begleitenden Aue weitgehend verloren gegangen (z.B. Wantzenauer Wald im Bereich der alten Illmündung, Offendorfer Wald). Rechtsrheinisch sind viele Baggerseen entstanden. Innerhalb der ehemaligen Tulladämme ist die Landschaft landwirtschaftlich geprägt. Der ökologische Wert dieser Landschaft ist heute vor allem durch vereinzelte Röhrichtbestände, Wirtschafts- und Pfeifengraswiesen sowie den Halbtrockenrasen auf den Hochwasserdämmen gegeben. Auf französischer Seite zwischen Basel und Beinheim sind derzeit noch etwa 15% der heute bestehenden Waldflächen innerhalb des ehemaligen Überschwemmungsgebietes flutbar. Für den

überwiegenden Teil der schützenswerten Flächen auf französischer Seite ist eine Schutzkategorie ausgesprochen oder zumindest beantragt.

Abnahme der Überflutungsfläche (Aue)

Zwischen Kembs und Karlsruhe gingen nach der Tullaschen Rektifikation noch einmal ca. 130 km^2 Überflutungsfläche durch die Kanalisierung des Oberrheins verloren (Abb. 10).

Nördlicher Oberrhein

Der nördliche Oberrhein erstreckt sich von Iffezheim bis Bingen mit einer Stromlänge von 195 km (Rkm 334 bis 529). Die ersten 18 km bis zur Einmündung der Alten Lauter liegt das rechte Rheinufer noch auf französichem Gebiet. Das Fließgefälle nimmt unterhalb der Murgmündung deutlich ab und es beginnt die Mäanderzone. Von den ursprünglichen Mäandern zeugen noch die heute von den Hochwasserdämmen abgetrennten Altarme. Die Lauflänge des Rheins wurde im nördlichen Oberrhein um 70 km gekürzt. Das Rheintal nimmt zwischen Iffezheim und Mainz (Rkm 334 - 500) eine Breite von bis zu 10 km ein. Zwischen Mainz und Bingen (Rkm 500 - 529) verengt es sich zum Teil wieder bis auf 800m, begrenzt durch den Rheingau im Norden und das Rheinhessische Hügelland im Süden. Linksrheinisch ist das Rheinbett im überwiegenden Teil der Rheinstrecke Rkm 334-354 durch anliegende Deiche eingeschlossen. Nur in der Höhe von Seltz, Mothern und Lauterbourg sowie im Rückstaubereich der Sauermündung sind überflutbare Flächen erhalten. Rechtsrheinisch sind etwas breitere Überflutungsbereiche erhalten. In den nördlicheren Abschnitten sind die Überflutungsbereiche etwas weitläufiger und zum Teil sind einige Altrheine noch an den Rhein angeschlossen. Im Bereich der ehemaligen Aue ist die Siedlungsdichte sehr groß und Wohnbereiche, Industrie und Landwirtschaft reichen bis dicht an den Rhein heran. Unterhalb Lampertheim (Rkm 436) sind die ehemaligen Mäander (Altarme) sowie die Uferverbauungen schwächer ausgeprägt. Zum Teil konnten sich auf den Verlandungsflächen zwischen den Buhnenfeldern Silberweidengebüsche entwickeln. Flächen, vor allem Wiesen, die durch Sommerdeiche vom mittleren Hochwasser abgeschnitten sind, werden nur noch alle 10-25 Jahre überflutet. Die Landschaft ist hier vor allem durch großflächige Landwirtschaft geprägt.

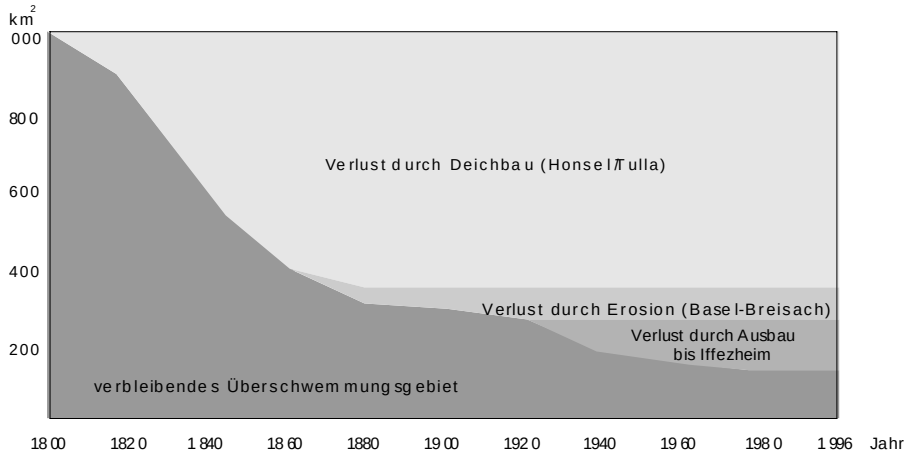


Abb. 10
Verlust der Überschwemmungsflächen seit 1800 am südlichen Oberrhein (aus IKSR 1998b)

Insgesamt sind heute am gesamten Oberrhein nur noch etwa 2 % der ehemaligen Aue als naturnah erhalten. Sie zeigen zwar noch den üppigen Vegetationscharakter, doch sie entbehren der ursprünglichen Dynamik der schnellen Umlagerungen.

Die Höhe des Rheinwasserstandes bestimmte und bestimmt bis heute den Grundwasserspiegel in der Niederung. Die Änderungen des Grundwasserspiegels folgen mit geringem zeitlichen Abstand denen des Rheinwasserspiegels. Deshalb ist der Grundwasserspiegel in Rheinnähe starken jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen und die Ebene litt deshalb immer wieder unter starker Trockenheit.

Tab. 19
Die Landschafts- und Kulturgeschichte des Rheins im Überblick mit Schwerpunkt Hoch- und Oberrhein (zusammengestellt aus REICHELT 1986, KUNZ 1975, MUSALL 1982, TITTIZER & KREBS 1996, sofern nichts anderes angegeben)

Zeit	**Von der Natur- zur Kulturlandschaft an Hoch- und Oberrhein – Ein Überblick**
ca. 4000 v. Chr.	Erste bekannte Siedlungen.
800-400 v. Chr. (Hallstatt-Zeit)	Nachweis von Siedlungsresten (Pfahlbauten) und Grabhügeln am nördlichen Oberrhein aus den Wäldern und der Aue (SCHÄFER 1974b).
0 - ca. 1000	Zur Zeit der Römer lag Breisach linksrheinisch.
800 -1200 n. Chr.	Rodung der oberrheinischen Hartholzauenwälder mit der Folge starker Erosion. Durch Wind verfrachtete Materialien bildeten Dünen und Flugsanddecken (äolische Sedimente), wie sie zwischen Karlsruhe und Ingelheim zu finden sind (LAUTERBORN 1917, BURCKHARD & BURGSDORF 1964, 1966) beschreibt die oberrheinischen Sanddünen und -flächen bis in die ersten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts noch als weitgehend vegetationsfreie Flächen. Die fluviatile Erosion und Sedimentation führte zu verstärkter Bildung von Auelehmdecken und Uferwällen. Durch die Rodungen entstanden verstärkt Flächen für wärme- und trockenheitsliebende Pflanzen und Tiere. An Stellen kräftiger Erosion wurden Nährstoffe ausgewaschen und Wälder vernichtet, an anderen entstanden durch Bodenanlandung fruchtbare Flächen. Während noch im 7. Jahrhundert davon ausgegangen werden kann, daß _ der Rheinebene von Wald bedeckt war und etwa _ Feld, so kann man bereits im 13. Jahrhundert von einer umgekehrten Verteilung (_ Wald zu _ Feld) ausgehen (WALTER 1979a,b; DISTER 1986b). In der Summe stellten diese Rodungen wohl die ersten gravierenden Änderungen des Menschen der Rheinaue dar.
10. Jahrh.	Breisach beidseitig umflossen.
10. Jahrh.	Der letzte bekannte Hinweis auf Bär und Wolf am Oberrhein (in den Ardennen noch bis zum Beginn des 19. Jahrhundert, LAUTERBORN 1918).
1025	Letzter Beleg für den Elch am Niederrhein.
11. Jahrh. n.Chr.	Erste Nutzungen des Hochrheins als Verkehrsweg, Talschiffahrt bis nach Basel (REICHELT 1986), ausgedehnte Rodungen an Hoch- und Oberrhein.
13. Jahrh.	Breisach wieder linksrheinisch.
1300-1700	Tendentiell feuchtkühle Klimaperiode mit erhöhten Niederschlagsmengen und intensiven Laufveränderungen am Oberrhein. Lokal gab es Holznot. Der Siedlungsdruck in die Aue stieg. Erste Forderungen nach korrigierenden Eingriffen am Fluß (MUSALL 1982). In der Aue entstand eine unsystematische Niederwaldwirtschaft (SCHÄFER 1974b). Rodungen der Auenwälder am Niederrhein.
1302 (im August)	Wegen ausgiebiger Regenfälle stand die gesamte Rheinebene am Kaiserstuhl bis nach Freiburg unter Wasser.
1344	Letzter Hinweis auf den Ur am Rhein.
1391	Erster bekannter künstlicher Durchstich bei Liepoldsheim.
1396	Durchstich bei Germersheim
14. Jahrh.	Einführung der Kiefer zu Zeiten der Rodung und Holznot (HAUSRATH 1899; HUBER 1981), Breisach liegt rechtsrheinisch.
1492	wurde der letzte Bär in der Rheinebene bei Schwetzingen erlegt (LAUTERBORN 1917).
1515	Durchstich bei Neupotz
1541	Durchstich bei Jochgrim
1560	Durchstich bei Kembs
1579	Durch Hochwasser entstand ein „See“ von Freiburg bis Offenburg, viele Menschen und Nutztiere ertranken.
16. Jahrh.	Rheinau wird vom Hochwasser des Rheins weitgehend zerstört
1600 (um)	Erste landschaftsverändernde Maßnahmen an den Wildflüssen.
1615/1652	Daxlanden wird zweimal vom Rhein weitgehend zerstört, 1652 Durchstich bei Daxlanden
17. Jahrh.	Neuenburg wird vom Hochwasser des Rheins weitgehend zerstört

1700 (seit)	Begradigung der schweizerischen Landquard.
1758	Knaudenheim wird vom Hochwasser des Rheins weitgehend zerstört und als Huttenheim auf dem Hochgestade wieder aufgebaut
1762	Durchstich bei Dettenheim
1765-1781	Unter Friedrich dem Großen wurden die Ufer des Niederrheins planmäßig befestigt und von 25 Inseln wurden 19 an das Ufer angeschlossen (BÜRGER 1926).
18. Jahrh.	Die Lauflänge des Niederrheins wurde durch mehrere Durchstiche um ca. 15 km gekürzt (VAN URK & SMIT 1989). Fast vollständige Rodung der Auwälder in den Niederlanden; LAUTERBORN schließt auf die Waldvernichtung aufgrund der Aussterberate und des Rückganges verschiedener waldbewohnender Großsäuger (Elch, Ur, Bär, Edelhirsch, Wildschwein). Pollenanalytische Untersuchungen für die östliche niederrheinische Bucht belegen den rodungsbedingten Rückgang von Niederterrassen- und Auenwaldbäumen wie Hasel (Corylus avellana), Feldulme (Ulmus minor), Winterlinde (Tilia cordata), Schwarzerle (Alnus glutinosa) und Buche (Fagus sylvatica). Stieleiche (Quercus robur) und Hainbuche (Carpinus betulus) wurden im Mittelalter und darüber hinaus gefördert. Eichen dienten bis zur Einführung der Kartoffel als Schweinemastbäume und die Hainbuchen wurden wegen ihres Stockausschlages waldwirtschaftlich genutzt (SAUER 1956/57).
1802	Beginn der Werkzeugstahlproduktion in Schaffhausen.
1813	Wegen weitgehender Zerstörung durch Hochwasser werden die Einwohner Dettenheims nach Karlsdorf umgesiedelt
1816	Erstes Dampfschiff auf dem Rhein
1817 - 1885	Oberrheinkorrektion nach den Plänen des badischen Oberst Johann Gottlieb Tulla.
1825	Letzte künstliche Laufveränderung am Niederrhein bei Grietherort.
1825	2218 Kiesinseln am Oberrhein gezählt, 63 davon unterhalb der Murgmündung (SCHWARZMANN 1964).
1825-1886	Oberrheinkorrektion nach Tulla; Folgen: Verminderung der natürlichen Auenflächen auf die Bereiche der Dammvorländer, Verschwinden der Kiesinseln - bänke, Intensivierung der Land- und Forstwirtschaft im Auenbereich, beginnende Versandung und Verschlickung der Altarme, Tiefenerosion; Grundwasserabsenkung (durchschnittlich 1,50- 2,50 m); Laufverkürzung (81,8km = 23 %); Steigerung des Materialtransportes, Einengung des Flußtales von bis zu 12km Breite auf eine Rinne von 200-250. (KNÄBLE 1968).
1830	Biber (Castor fiber albicus) fast ausgerottet (RIEDER & ROHRER 1982; GERKEN 1988).
1832	Beginn der Schweizer Alpenkorrektion auf der Strecke von Thusis nach Reichenau (unterer Hinterrhein).
1850	Beginn einer spürbaren Oberflächenversiegelung durch Siedlungen und Verkehrswege. Eine Flächenbilanz liegt zu diesem Thema bislang nicht vor.
1850	Beginn eines deutlichen Rückgangs der Fischbestände: Hauptursachen sind Stoffeintrag, Wasserbau und Schiffahrt. Hinzu kommen Überfischung und Verlust von Laichplätzen durch Uferverbau; Zunahme der Motorschiffahrt bzw. des Wellenschlages, der zu Schäden an der Fischbrut im Uferbereich führt (MONE 1853).
1850	Europäische Sumpfschildkröte (Emys orbicularis) bis auf Reliktvorkommen verschwunden (LAUTERBORN 1917,1918, SCHNELL 1971, KINZELBACH 1988).
1860	Beginn des Staustufenbaus am Hochrhein; Teilstau bei Schaffhausen wird errichtet.
1860	Beginn der Teerfarbenindustrie (Hoffmann-LaRoche, Ciba Geigy, Sandoz) in Basel.
1866	Beginn des systematischen Verbaus aller schweizerischen Wildbäche am Alpenrhein.
1873	Erstmals wird mit Wasserkraft elektrischer Strom erzeugt und Schloß Linderhof in Bayern damit beleuchtet
1878 - 1885	Ausbau der Aare.
1880	Beginn der Soda und Ätznatronproduktion in Whylen.

1880 - 1900	Mittelwasser-Regulierung am Niederrhein, d.h. auf der Strecke Köln-Emmerich eine Fahrwassertiefe von 2,5 m bei MNQ (Mittleres Niedrigwasser).
1883	Gründung des “Centralbureaus für Meterologie und Hydrographie des Großherzogtums Baden” (Leiter Max Honsell).
1884 - 1953	Österreich verbaut über 100 Wildbäche um die Geschiebezufuhr in den Alpenrhein zu vermindern (TÖNDURY 1954, WAGNER 1954).
1885	Vorschlag der Niedrigwasser-Regulierung von Max Honsell als Fortsetzung der Tulla'schen Rheinkorrektion (HONSELL 1885); Uferbefestigungen, weitere Einengung des Flusses, sowie Trennung von Fluß und Aue; intensive Sohlenerosion; Absenkung des Rhein- und Grundwasserspiegels; Austrocknung der Auenwälder (LAUTERBORN 1917); Rückgang der Pionierkrautfluren; Flächen- und Vitalitätsverlust der Silberweidenwälder.
1885	Staatsvertrag über die Lachsfischerei im Rhein zur Regelung des Lachsfanges.
1890 - 1940	Steigerung des Transportaufkommens auf dem Rhein von ca. 20 Millionen Tonnen Ende des 19. Jahrhunderts bis auf 90 Millionen Tonnen Ende der dreißiger Jahre
1891	Plan des Deutschen Fischereivereins alljährlich 6 Millionen Junglachse auszusetzen (SELIGO 1926).
1895	Die internationale Maifischkommission beschließt die Maifischbestände durch Schonmaßnahmen und künstliche Erbrütungen zu schützen (SRU 1976).
1897	Staustufe bei Rheinfelden (KNÄBLE 1968; REICHELT 1986).
1900	Verlegung und Begradigung des Alpenrheins bei Fußach zum Bodensee verlegt und begradigt.
1900 (um)	Erste deutliche Geschmacksveränderungen bei Speisefischen aus dem Rhein; Wertminderung der Fischerei; Ausbleiben der anadromen Wanderfische; Umstellung auf den Aalfang; der im Meer laichende Aal war durch keinen Verlust von Laichplätzen betroffen und tolerierte Abwasser; Einführung eines neuen rentablen Fischereigerätes, des Aalschockers ergab lohnende Fangerträge. Infolge der zunehmenden Intensivierung des Aalfanges wurden jedoch immer mehr abwandernde jung Lachse und Maifische als Beifang abgefangen.
1906 - 1907	Ausbau der Emscher zum reinen Abwasserkanal.
1907 - 1924	Niedrigwasserregulierung auf der Strecke Sondernheim-Straßburg
1919	Versailler Vertrag billigt Frankreich die alleinigen Rechte der Energienutzung am Oberrhein und durch den Marshall-Plan (1948) auch über das Geld zum Weiterbau des Rheinseitenkanals zu.
1926	Beginn Kanalisierung und Staustufenbau am Oberrhein.
1930 - 1940(62)	Niedrigwasserregulierung Strecke Kehl-Basel (KUNZ 1982).
1932	Baubeginn Staustufe Kembs und des Grand Canal d'Alsace (Rheinseitenkanal).
1935 - 1947	Infolge des zweiten Weltkrieges kurzzeitig niedrigere Abwasserbelastung; Erholung der Fischbestände; nach der Zerstörung des Kembser Kraftwerkes 1945 stiegen wieder Lachse in den Hochrhein auf (BARSCH 1968). Etwa 40 % der industriellen und etwa 50 % aller kommunalen Einleitungen auf Reichsgebiet werden in den Rhein abgeleitet (MAYER 1939, 1940).
1940	Würfelnatter (Natrix tessellata) und Kreuzotter (Vipera berus) am Rhein weitgehend ausgestorben. Otter (Lutra lutra), bis auf Vorkommen am holländischen Niederrhein und Nerz (Mustela leutreola) ausgerottet.
1945-1975	2. Jura-Gewässerkorrektion der Aare, wurde durch die vorherige Kanalisierung zum Hochwasserschutz notwendig.
1949/ 1950	Wiederaufbau / Wirtschaftswunder: Ende des Lachsfangs im Rhein; Ende der Berufsfischerei an Mittel- und Niederrhein nach dramatischen Fischsterben in den Jahren 1949, 1969 und 1971 (TRAHMS 1955a,b, ANT 1969, KLEINSTEUBER 1971). Am Oberrhein und Hochrhein konnte noch durch die Befischung der Altwässer oder die Umstellung der Fischerei auf die Befischung der Kraftwerksstaue ein gewisser Fang erzielt werden.

3.4 Rückblickende Bioindikation

Bioindikation

Sieht man von den ersten Arbeiten von Kolenati, Hassal, Cohn, Weigelt usw. ab (vgl. Kap. 4.2), so werden eine Reihe von Organismenarten seit Beginn des Jahrhunderts als Indikatoren für Umweltbelastungen eingesetzt. Vereinfachend kann man unterscheiden:

- **Zeiger und Charakterarten**; sie werden zur ökologischen Bewertung von Lebensräumen herangezogen, das Saprobiensystem und Trophieveränderungen aufgrund des Rückgangs oder der Ausbreitung von entsprechenden Charakterarten sind hierfür die klassischsten Beispiele (vgl. Tab. 47).
- **Testarten**; ausgewählte Pflanzen- oder Tierarten, die unter definierten Bedingungen zur ökotoxikologischen Bewertung einzelner Chemikalien oder zur Schadenserkennung von ansonsten schwer nachweisbarer Umweltbelastungen herangezogen werden. Klassische Beispiele sind die Versuche von Weigelt zur Sterberate von verschiedenen Fischarten (vgl. 3.2 Kap. 4.3). Heute gibt es eine große Zahl standardisierter Tests (z.B. Daphnientest usw.).
- **Mißbildungsindikatoren**; seit etwa 20 Jahren werden einzelne Organismengruppen auf Mißbildungsraten bestimmter Organe untersucht. Ein moderner Anwendungsfall dieser Methode ist, daß sich auch an Überresten von zum Teil vor lange Zeit abgestorbener Organismen Umweltbelastungen erkennen lassen (z.B. bei chitinisierten Überresten von Chironomiden, vgl. Kap.3.5).
- **Akkumulationsindikatoren**; vor allem Konsumenten reichern in ihren Organen eine Reihe von Schadstoffen an. Die Anreicherungsfaktoren können mehrere Zehnerpotenzen betragen. Die Anreicherung kann je nach Chemikalie und Gewebeeigenschaft histologisch oder analytisch bestimmt werden. Dies gilt auch für abgestorbene Organe von Organismen. Die Schalen von Mollusken lassen zum Teil langzurückliegende Belastungen erkennen (vgl. Kap. 3.5).

Methodische Fehler bei der Nutzung von Bioindikatoren

Das Vorkommen der Organismen, die für oben angegebene Zwecke herangezogen werden, hängt dabei nicht nur von den sich verändernden ökologischen Bedingungen ab, sondern auch von historischen Ereignissen. Sie wirken zum Teil auf den Artenbestand sehr lange nach. Hierin liegt der Vorteil als auch der Nachteil der genannten Methoden. Der Vorteil ist, daß eben auch länger zurückliegende oder nur periodisch auftretende Verschmutzungsereignisse erkannt werden können, ohne kontinuierliche chemische Messungen unendlich vieler Parameter vornehmen zu müssen. Der Nachteil darin, daß je größer die interessierende Zeitspanne und der zu bewertende Raum, desto unsicherer auch die Aussagen über Veränderungen werden.

Verhältnismäßig ähnliche ökologische Bedingungen bedeuten noch lange keine vergleichbare Besiedlung. So kommen bestimmte Organismen, obwohl sie aufgrund ihrer ökologischen Präferenz und Ausbreitungsmechanismen nach ökologischem Ermessen z.B. in allen Flußstrecken vorkommen könnten, nicht in allen Teilen vor. Ein Teil dieser *„Inhomogenitäten“* (KINZELBACH 1990) kann durch paläogeographische oder paläohydrologische Zustände erklärt werden.

Das Saprobiensystem schreibt jeder vorgefundenen Art, unabhängig von solchen Inhomogenitäten, einen bestimmten Wert zu, der für statisch ökologische oder zumindest physiologische Eigenschaften einer Art stehen soll. Der zu den chemischen Messungen ergänzende Wert der Methode liegt im integrativen Charakter aller Belastungen und einer meist brauchbaren Bewer-

tung der Wasserqualität in kurzer Zeit mit vergleichsweise wenig Aufwand. Die Methode eignet sich dagegen wenig bis gar nicht, um Standards des Gewässerschutzes festzulegen.

In der Regel wird übersehen, daß die Ermittlung des Saprobienindexes eine Reihe von Unsicherheiten beinhaltet, die den Aussagewert im Einzelfall auf ein Minimum einschränken. Das Ergebnis wird verfälscht durch

- rasche genetische Drift einzelner Populationen, d.h. falsche Bewertung des Indikatorwertes einzelner Arten
- Polymorphismen
- Neozoa, die eine höhere Diversität vortäuschen
- paläogeographisch bedingte Inhomogenitäten

Die genannten methodischen Fehler gelten selbstverständlich auch für die rückblickende Bioindikation. Heutige Erkenntnisse über die Lebensraumansprüche müssen nicht unbedingt mit jenen übereinstimmen, die den Fundorten aufgrund historischer Fundangaben der gleichen oder auch ähnlicher Arten zugesprochen werden.

Floren und Faunengeschichte als Grundlage der Rückblickenden Bioindikation

Grundlage für eine rückblickende Bioindikation sind Angaben zur Floren- und Faunengeschichte einer Region oder eines Gewässers. Untersuchungen zur Floren- und Faunengeschichte sind m.E. Grundlage eines weitergehenden Gewässerschutzes. Insbesondere dann, wenn er sich an historischen Leitbildern orientiert und „Re“naturierung bzw. „Re“-vitalisierungen der Gewässer zum Ziel hat. Durch die Institutionalisierung solcher Erkenntnisse im Bereich der Botanik liegen zur Charakterisierung der Floren vergangener Zeiten mittlerweile eine Menge Kenntnisse vor. Im Gegensatz zur Florengeschichte ist die Faunengeschichte bisher meist nur sehr unsystematisch betrieben worden und entsprechend wenige Kenntnisse liegen vor. Der Rhein ist dennoch ein vergleichsweise dankbares Objekt solcher Forschung, da zumindest einige qualitative Untersuchungen der Altmeister der Limnologie und Zoologie vorliegen (z.B. LAUTERBORN 1904-1911, 1916-18, 1930, 1934, 1938, KOBELT 1908, HAAS 1910,).

Rekonstruktion der Auwaldvegetation

Nach Angaben der BFANL existieren heute lediglich noch 90 ha naturnaher Auwald am Rhein (HENRICHFREISE 1981). Sie befinden sich nördlich der Staustufe Iffezheim. Für die Rekonstruktion früherer Zustände der Aue erlauben insbesondere Bäume Rückschlüsse auf vergangene Landschaften. Große Hochwasser führen in der vom Menschen unbeeinflußten Aue immer wieder zu neu aufgeschütteten Kies-, Schotter-, Sand- oder Auelehmflächen.

Pionierpflanzen

Zu den Besiedlern der „ersten Stunde“ gehören heute neben den Weiden und Pappeln z.B. Polygonum lapathifolium (Ampferknöterich), Polygonum mite (Milder Knöterich), Atriplex hastata (Spießblättrige Melde), Chenopodium glaucum (Graugrüner Gänsefuß), Bidens cernua, Bidens connata, Bidens frondosa, Bidens trip artita (Zweizahn-Arten), Rorippa palustris (Sumpfkresse), Papaver somniferum, Papaver hybridum (Mohn-Arten), Echium vulgare (Natternkopf), Daucus carota (Wilde Möhre), Melilotus albus (Weißer Steinklee), Melilotus officinalis (Echter Steinklee), Oenothera biennis (Gemeine Nachtkerze), Petasites hybridus (Gemeine Pestwurz). Wenn es den Pioniergehölzen gelingt mit ihren flach und flächig wachsenden Wurzeln den Untergrund zu festigen, entstehen waldfähige Inseln, die ihrerseits wieder zur Dynamik eines Flusses beitragen.

Weichholzaue

Abhängig von der Flußdynamik können auf solchen Standorten Weichholzauen entstehen. Je nach Untergrund und Belichtung kommen hinzu: Alnus incana (Grauerle), Populus nigra (Schwarzpappel), Populus alba (Silberpappel), Populus canescens (Graupappel) Ulmus minor (Feldulme), Ulmus laevis Flatterulme), Fraxinus excelsior (Gemeine Esche) sowie Cornus sanguinea (Hartriegel), Rorippa amphibia (Sumpfkresse), Oenanthe aquatica (Wasserfenchel), Bidens spp. (Zweizahnarten), Myosotis palustris (Sumpf-

Vergißmeinnicht), Carex gracilis (Schlanksegge), Clematis vitalba (Waldrebe) und Viscum album (Mistel).

Hartholzaue

Sofern nicht erneut durch die Flußdynamik unterbrochen, entwickelt sich die Weichholzaue nach ca. 100 Jahren zu einem Eichen-Ulmen-Auenwald der Hartholzaue. Typisch sind hier Anemone ranuncoloides (Gelbes Buschwindröschen), Gagea lutea (Gemeiner Gelbstern), Scilla bifolia (Zweiblättriger Blaustern), Arum maculatum (Aronstab) und Lathraea squamaria (Braunroter Schuppenwurz). Wenn z.B. durch Eindeichung etc. die Überflutung der Flächen immer seltener oder ganz unterbunden wird, so entwickelt sich die Hartholzaue zur sog. Altaue dem Eichen-Hainbuchen-Wald. Hier halten Pflanzen wie die Hainbuche, die weniger tolerant gegen Überflutung sind, immer mehr Einzug.

Ursprüngliche Waldgesellschaften

Nach HÜGIN (1980) lassen sich die ursprünglichen Waldgesellschaften der Rheinaue abhängig vom mittleren Wasserstand (MW) in 3 Grundtypen zusammenfassen: Bei einer Geländehöhe mit 10-80 cm über Mittelwasser entsteht ein Silberweidenwald (Salicetum albae), bei 80-250 cm über Mittelwasser ein Eichen-Ulmen-Wald (Querco-Ulmetum) und bei Geländehöhen über 250 cm ein Eichen-Hainbuchen-Wald (Ulmo-Carpinetum). Die Waldgesellschaften sind bis auf wenige Restvorkommen erloschen. Ihr Bestand beträgt weniger als 0,3% des Bestandes vor 1800. Die Entwicklung vom frisch abgelagerten Kiesstandort zur Hartholzaue dauert etwa 300 Jahre (vgl. auch GERKEN 1988a).

Ganz entscheidend für die Lebensgemeinschaften einer Flußaue sind die Wasserverhältnisse. Die in dieser Hinsicht am meisten störenden anthropogenen Eingriffe sind daher Korrektion und Staustufenbau. So wurden aus ehemaligen Fließgewässern Stillgewässer und aus vielen Feuchtgebieten Trockenstandorte.

Rückgang der nährstoffarmen Gewässer

Weiterhin werden die anthropogenen Eingriffe durch die Belastung der Gewässer mit Nährstoffen deutlich. Oligo- und mesosaprobe Gewässer wurden zu meso- und eutrophen Gewässern.

Der Anteil jener Flächen, die ständig mit Wasser bedeckt sind, hat deutlich zugenommen. Periodisch überflutete Flächen dagegen sind auf ca. 10 % am gesamten deutschen Rhein zurückgegangen. Damit ändert sich das Mikroklima der niederschlagsarmen Region des Oberrheins (500-600 mm) an vielen Stellen von feuchtwarm zu trockenwarm mit Auswirkungen auf den gesamten Lebensraum.

Die ehemals überstauten Silberweidenwälder sind großenteils verlandet. Anreicherung von zersetzbarem Material verursacht Sauerstoffmangel und läßt die Bäume sterben. Gefördert werden Lebensgemeinschaften stehender eutropher Gewässer. An noch durch Grundwasser- oder Uferfiltrat vernäßten Bereichen entstehen Erlen-Bruchwälder.

Die ehemaligen Eichen-Ulmen-Auenwaldreste haben sich zu Hainbuchen-Winterlinden Trockenwäldern entwickelt. Auf brachliegenden Trockenflächen bildeten sich zur Mitte des 20. Jahrhunderts vor allem am südlichen Oberrhein Trocken- und Halbtrockenrasen mit einer Fülle seltener und schützenswerter Pflanzen- und Tierarten. Sie sind inzwischen durch Kiefernaufforstungen und Kiesabbau wieder stark dezimiert worden.

Mit der „Tullaschen Korrektion“ herrschte im Hauptstrom eine so hohe Strömung, daß er schon nach den Korrektionsarbeiten ohne Samenpflanzen war. Neben den durch den Rhein, seine Nebengewässer oder oberflächlichen Abfluß gespeisten Bäche oder Rinnen gibt es solche, die durch Uferfiltrat oder Grundwasser gespeist werden. An ihnen lassen sich tiefgreifende Änderungen des gesamten Wasser- und Stoffhaushaltes eines Gewässer deutlich ablesen.

Vegetation der Gießen

Ursprünglich waren die meisten Gießen der Rheinauen gespeist durch Grundwasser. Heute handelt es sich meist um „Uferfiltrat“ das klar aber

nicht mehr unbedingt nährstoffarm ist. Das meist kalkhaltige und bei seinem Austritt noch sauerstoffarme Wasser, läßt sich bei den wenigen Restvorkommen indizieren durch Charakterarten wie Hippuris vulgaris (Tannenwedel), eine Reihe verschiedener Characeen (Armleuchteralgen), Sium erectum (Aufrechter Merk) oder Hottonia palustris (Wasserfeder). Im Verlauf der Fließstrecke nimmt das Nährstoffangebot zu und zur potentiellen Besiedlung kommen z.B. verschiedene Potamogeton-Arten (Laichkräuter), Utricularia-Arten (Wasserschlauch), Callitriche (Wasserstern), Sparganium simplex (Einfacher Igelkolben) u.a..

Wassermoose als Indikatoren für nährstoffarmes Wasser

Zu den Indikatoren für nährstoffarmes Wasser zählen auch die Wassermoose Fissidens rufulus und Pachyfissidens grandifrons. Bis zur Jahrhundertwende konnte man sie noch im Rhein selbst vom Bodensee bis nach Straßburg finden. Heute sind sie nur noch von wenigen Standorten am Hochrhein bekannt. Auch die letzten Vorkommen in Gießen am Oberrhein sind etwa seit 1960 erloschen (PHILIPPI 1982b).

Ab der Mitte des letzten Jahrhunderts nimmt die Verschmutzung des Rheins und vor allem einiger Nebengewässer über einen langen Zeitraum zu. Nährstoffarme Gewässer werden an Hoch- und Oberrhein zunehmend zur Seltenheit. Zunächst waren von der Verschmutzung im wesentlichen die Oberflächengewässer betroffen. Nach der Korrektion des Rheins und seiner zunehmenden Belastung mit Abwasser konnten viele Pflanzen, die auf nährstoffarmes Wasser angewiesen waren, in den vergleichsweise nährstoffarmen abgeschnittenen Altarmen oder Gießen überleben. So sind einige gegenüber Verschmutzung empfindliche Arten, wie z.B. die Laichkräuter P. agramineus, P. angustifolius, bereits zu Beginn dieses Jahrhunderts nur noch auf einige Altarme beschränkt. Heute sind sie allenfalls noch als Restvorkommen bekannt (vgl. Tab. 20).

Nach den Flußbaumaßnahmen dieses Jahrhunderts sind viele der ehemaligen Gießen verschwunden, einige wenige neue durch die veränderten Grundwasserstände sind entstanden. Die Nährstoffgehalte haben durch Einträge aus der Landwirtschaft fast überall zugenommen und im Elsaß sind auch die Salzgehalte enorm gestiegen, so daß nur noch wenige Quellwasseraustritte unbelastet geblieben sind.

CARBIENER & ORTSCHEIT (1987) haben an elsässischen Bächen festgestellt, daß man mit Hilfe der Wasserpflanzen den Zustand solcher Grundwasserbäche insbesondere hinsichtlich der Nährstoffgehalte ihres Wassers beurteilen kann.

Tab. 20

Wasserpflanzen, deren Ausbreitung z.B. durch die Zunahme der Nährstoffe an Hoch- und Oberrhein erloschen, zurückgegangen ist oder begünstigt wurde (zusammengestellt nach LAUTERBORN 1917; OBERDORFER 1977 KRAUSE 1974a,c 1981 und WESTERMANN & SCHARFF 1987/88)

Wasserpflanze	Bemerkungen
Alopecurus aequalis (Roter Fuchsschwanz)	heute häufig, typische Uferpflanze
Azolla filiculoides (Algenfarn)	in nährstoffreichen Gewässern, zum Teil mit Wasserlinsen in Ausbreitung begriffen
Bidens spp. (Zweizahn)	stickstoffliebender Neophyt
Blackstonia acuminata (Später Bitterling)	früher Charakterart als Pionierpflanze feinkörniger Schwemmböden oberhalb der Mittelwasserlinie, heute nur noch vereinzelt an Baggerseen
Butomus umbellatus (Schwanenblume)	in flachen, sehr nährstoffreichen Gewässern, in Ausbreitung; vor allem im Bereich der Staustufen in den strömungsfreien, eutrophen Randzonen in Ausbreitung
Callitriche obtusangula (Nußfrüchtiger Wasserstern)	in mäßig strömenden und mäßig nährstoffreichen nicht zu tiefen Altrheinen häufig, vor dem Rheinausbau im 20. Jahrhundert größte Verbreitung, heute selten, zusammen mit S. erectum Indikator für mäßig nährstofreiche Gewässer (mesoeutroph)
Centaurium pulchellum (Kleines Tausendgüldenkraut)	früher Charakterart als Pionierpflanze feinkörniger Schwemmböden oberhalb der Mittelwasserlinie, heute nur noch vereinzelt an Baggerseen
Ceratophyllum (Hornkraut)	in nährstoffreichen, wenig bewegten, sommerwarmen, oft beschatteten Gewässern

Chara hispida (Armleuchteralge)	bildet Reinbestände in tiefen, strömungsarmen Kolken, bis auf Restvorkommen erloschen
Chara spp. (Armleuchter-Algen-Arten)	selten geworden
Cladophora crispata (fädige Grünalge)	Wasseroberfläche bedeckend in nährstoffreichen, in strömungsarme Altrheinen
Elodea canadensis (Kanadische Wasserpest)	im Hochrhein
Enteromorpha intestinals (fädige Grünalge)	Wasseroberfläche bedeckend in nährstoffreichen, strömungsarmen Altrheinen (KRAUSE 1974a,c), Darmalge,häufig, vermutlich durch Versalzung gefördert
Epilobium dodonaei (Rosmarinblättriges Weidenröschen)	vor allem im Bereich der Staustufen in Ausbreitung
Equisetum variegatum (Bunter Schachtelhalm)	auf schluffigen Schwemmböden, an Hoch- und Oberrhein verschwunden.
Fissidens rufulus (Wassermoos)	bis auf Restvorkommen erloschen
Glyceria maxima (Wasserschwaden)	zum Teil massenhaft
Hildenbrandia rivularis (Rotalge)	im Rhein und in bachartigen Rinnen auf Kieseln früher häufig
Hippuris vulgaris (Tannenwedel)	bis auf Restvorkommen in den Ausflüssen aus Quelltöpfen erloschen; auch am Hochrhein selten
Hottonia palustris (Wasserfeder)	
Hydrodictyon reticulatum	Wasseroberfläche bedeckend in nährstoffreichen, in strömungsarme Altrheinen
Impatiens nolitangere (Springkraut)	stickstoffliebender Neophyt an allen Ufern in Ausbreitung
Juncus alpinus	in Flachmoorgesellschaften auf kiesigem Schwemmboden; wächst noch als Relikt in trockenliegenden Schluten der Altaue (PHILIPPI 1968; MÜLLER 1974a,b), durch Austrocknung, Eutrophierung, Überwucherung und Auffüllungen stark gefährdet. Sekundärstandorte: Baggerseen der Rheinniederung
Lamprocystis roseo-persicina	rosa gefärbte Leitart einer Bakterien-Gemeinschaft in Quelltöpfen, Restvorkommen
Lemna gibba (Buckellinse)	in stehenden nährstoffreichen Gewässern bis zu mehrere Zentimeter dicke Schwimmdecken bildend, Indikator für abwasserbelastete Gewässern
Mentha aquatica (Wasserminze)	Zusammen mit S. erectum Indikator für nährstoffarme Gewässer (oligo-mesotroph)
Myriophyllum spicatum (Ähriges Tausendblatt)	im Hochrhein
Myriophyllum verticillatum (Quirlblättriges Tausendblatt)	zusammen mit Tannenwedel Indikator für klare, mäßig nährstoffreichen bis 2 m tiefen Gewässern
Najas marina (Nizenkraut)	selten geworden
Nuphar lutea (Große Teichrose)	in nährstoffreichen strömungsberuhigten Altarmen einer Tiefe von 1-1,5 m (oft zusammen mit Lemna minor und Spirodela polyrhiza als Schwimmdecke)
Nymphaea alba (Weiße Seerose)	zusammen mit M. verticillatum und H. vulgaris für klare mäßig nährstoffreiche Gewässer; stark zurückgegangen
Nymphoides peltata (Seekanne)	bilden Schwimmdecken in mäßig nährstoffreichen Gewässern mit Wassertiefen um 60 cm zusammen mit Röhricht gesäumten Ufern (gegenüber Austrocknung unempfindlich, durch Bildung von Landformen), selten geworden
Pachyfissidens grandifrons (Wassermoos)	bis auf Restvorkommen erloschen
Phalaris arundinacea (Rohrglanzgras)	vor der Korrektion selten
Phragmites communis (Schilf)	empfindlich gegen Hochwasser und Strömung, breitete sich nach der Korrektion aus, durch die Wiederherstellung der Verbindung der Altrheine zum Strom geht es heute wieder zurück
Potamogeton angustifolius (Schmalblättriges Laichkraut)	bis auf Restvorkommen erloschen
Potamogeton densis (Dichtes Laichkraut)	zusammen m. Z. palustris und C. obtusangula Anzeiger für eutrophe Gewässer, selten

Potamogeton gramineus (Grasartiges Laichkraut)	bis auf Restvorkommen erloschen
Potamogeton lucens (Glänzenden Laichkraut)	massenhaft in strömungsarmen, nährstoffreichem, sommerwarmen Gewässern, auch am Hochrhein
Potamogeton natans (Schwimmendes Laichkraut)	stark zurückgegangen
Potamogeton pectinatus (Kamm-Laichkraut)	am gesamten Hochrhein in Stilwasserzonen etc. im Oberrhein nur bei Mainz (LAUTERBORN 1917)
Potamogeton perfoliatus (Durchwachsenes Laichkraut)	oft zusammen mit P.lucens und P. pectinatus, vor der Korrektion eher selten KRAUSE 1981; am gesamten Hochrhein in Stilwasserzonen etc. im Oberrhein nur bei Mainz (LAUTERBORN 1917)
Ranunculus fluitans (Flutender Hahnenfuß)	Massenentwicklung im Hochrhein bei Basel seit den vierziger Jahren, seit den Siebzigern im Ganzen Hochrhein und in einigen Altrheinarmen, begünstigende Ursachen sind: höhere Phosphat (> 20 *µg/l* $P04^3$-P) und Ammoniumkonzentrationen (> 30 *µg/l* NH_4+-N) und begünstigte Lichtverhältnisse, geringe Trübstoffgehalte, Indikator für stark eutrophe Gewässer (HUBER 1976, THOMAS 1976, KNECHT 1985)
Rumex obtusifolii (Stumpfblättriger Ampfer)	auf zeitweise trockenfallenden Schlammflächen der Altrheinufer und der alten Kiesbänke im Restrhein südlich Breisach
Sagittaria sagittifolia (Pfeilkraut)	in flachen, sehr nährstoffreichen Gewässern, in Ausbreitung
Salvinia natans (Schwimmfarn)	bis auf wenige Restvorkommen zwischen Karlsruhe und Manriheim erloschen
Schoenoplectus tabernaemontani (Steinsimse)	vor dem Rheinausbau noch weit verbreitet, heute gilt sie an Hoch- Oberrhein als verschollen, letzte Funde in den Siebziger an Baggerseen (PHILIPPI 1978a, b),
Schoenoplectus triqueter (Dreikantige Teichsimse)	Vorkommen gilt als erloschen, zusammen mit der Steinsimse auf kiesig, sandigen Schwemmböden und Ufern ehemals häufig
Scrophularia canina (Hundsbraunwurz)	vor allem im Bereich der Staustufen in Ausbreitung
Sium erectum (Aufrechter Merk	Zusammen mit der Wasserminze Indikator für nährstoffarme Gewässer (oligo-mesotroph), selten geworden
Solidago canadensis (Nordamerikanische Goldrute)	stickstoffliebender Neophyt auf offengelassenem Kies und an befestigten Ufern in Ausbreitung
Sparganium emersum (Einfacher Igelkolben)	in flachen, sehr nährstoffreichen Gewässern, in Ausbreitung
Trapa natans (Wassernuß)	in nährstoffreichen an den Rhein angeschlossenen Altarmen mit Wassertiefen um 80 cm (MW) bis auf Restvorkommen erloschen
Typha latifolia (Breitblättriger Rohrkolben)	zum Teil massenhaft
Typha minima (Zwerg-Rohrkolben)	aus den Alpen stammend, vor der Korrektion auf schluffigen Schwemmböden zum Teil bestandsbildend, heute nur noch Restvorkommen an Sekundärstandorten (GÖRS & MÜLLER 1974)
Veronica peregrina (Amerikanischer Ehrenpreis)	stickstoffliebender Neophyt auf offengelassenem Kies in Ausbreitung
Zannichellia palustris (Teichfaden)	Zusammen m. P. densis und C. obtusangula Anzeiger für eutrophe Gewässer

Veränderungen im Längsverlauf

Die typische Artenzusammensetzung der Auenstandorte verändert sich im Längsverlauf des Oberrheins. Richtung Norden nehmen Böden mit grobkörnigem Substrat ab und darauf angewiesene Pflanzen verschwinden. Ebenso werden im nördlichen Abschnitt Elemente alpiner (wie z.B. Alnus incana, Hippophae rhamnoides, Typha minima, Carex alba und Myricaria germanica), atlantischer oder mediterraner Herkunft seltener. Die Böden des nördlicheren Abschnitts sind in der Regel feinkörniger, feuchter und öfter schlammig. In der Weichholzaue dominieren Salix alba (Silberweide) und Populus nigra (Schwarzpappeln).

Eine Verjüngung der Weichholzarten auf Flächen, die durch ein Hochwasser von Vegetation freigespült wurden, kann hier eher erfolgen als am südlichen

Oberrhein. Die Artenzusammensetzung ist dabei ganz von den nachfolgenden Niedrig- und Hochwasserbedingungen abhängig.

Aus dem Silberweidenwald der Senken und der Altrheinarme mit Charakterarten wie z.B. Rorippa amphibia (Wasserkresse) oder Myosotis palustris (Sumpfvergißmeinnicht) bilden sich im Zuge der Verlandung Schilfbestände, später Brennesselfluren und zuletzt ein Eichen-Ulmen-Wald. Je nach Hochwassereinfluß treten Pionierbäume der Hartholzaue, wie die Feldulme früher oder später auf.

Häufig überflutete Hartholzaue

Im häufig überfluteten Hartholzauenwald dominieren dann Ulmus laevis (Flatterulme) und Quercus robur (Stieleiche). An trockeneren Stellen finden sich auch Ulmus minor (Feldulmen), Fraxinus excelsior (Esche) und Pyrus pyraster (Wildbirne). Typisch für die Krautschicht sind Urtica dioica (Brennessel), Aster tradescantii (Kleinblütige Aster) und Rubus caesius (Kratzbeere), aber auch viele Carexarten, das Rohrglanzgras (Phalaris arundinacea), die Wasser-Schwertlilie (Iris pseudacorus), Sumpf-Vergißmeinnicht (Myosotis palustris), Gemeiner Gilbweiderich (Lysimachia vulgaris) sind häufig. Die Strauchschicht besteht im wesentlichen aus Crataegus monogyna (Weißdorn) und Viburnum opulus (Wasserschneeball).

Weniger häufig überflutete Hartholzaue

Die weniger überfluteten Hartholzauenwälder zeichnen sich durch Bäume wie Quercus robur (Stieleiche), Ulmus minor (Feldulme), Fraxinus excelsior (Esche), Ulmus laevis (Flatterulme) und Populus alba (Silberpappel) in der ersten Baumschicht aus. Darunter folgen Pyrus pyraster (Wildbirne) und Malus sylvestris (Wildapfel). Typische Sträucher sind neben Crataegus monogyna (Weißdorn) und Viburnum opulus (Wasserschneeball), Cornus sanguinea (Hartriegel), Euonymus europaea (Pfaffenhütchen), Prunus spinosa spp. fruticans (Schlehe), Sambucus nigra (Holunder). Das typische verhangene Bild des Auenwaldes entsteht durch Pflanzen wie Clematis vitalba (Waldrebe) und Vitis vinifera ssp. sylvestris (Echte Wildrebe), Hedera helix (Efeu) Humulus lupulus (Hopfen) und Cucubalus baccifer (Taubenkropf).

Die trockensten Standorte der Hartholzaue beherbergen den größten Artenreichtum. Dort treten hinzu: Tilia cordata (Winterlinde), Acer campestre (Feldahorn), Carpinus betulus (Hainbuche), Corylus avellana (Hasel), Ligustrum vulgare (Liguster), Lonicera xylosteum (Heckenkirsche) und Rhamnus cathartica (Kreuzdorn). Ihren für den Betrachter typischen Charakter erhalten diese Wälder durch Geophyten wie Anemone nemorosa (Buschwindröschen), Scilla bifolia (Blaustern), Allium ursinum (Bärlauch), Convallaria majalis (Maiglöckchen), Arum maculatum (Aronstab) und Polygonatum multiflorum (Salomonsiegel).

Auewiesen

Durch die mehr oder weniger intensive Beweidung entstanden aus den genannten potentiellen Wäldern der Hartholzaue mehr oder weniger intensiv genutzte Wiesen. Die Artenzusammensetzung dieser Wiesen hängt ganz von der Überflutungsdauer und der Bewirtschaftung ab. Die Existenz solcher Auewiesen ist bis zum Niederrhein seit mindestens über 1000 Jahren bekannt. Auch die meisten Waldflächen der ehemaligen Rheinaue werden spätestens seit dem Ende des Mittelalters intensiv genutzt. Der mehr oder minder ungeregelten Plenterwaldnutzung folgte bis zum 20. Jahrhundert eine Nieder- und Mittelwaldbewirtschaftung. Der Mittelwaldcharakter hat sich an vielen Stellen bis heute erhalten können, obwohl seit der Korrektion viele hochwachsende Baumarten eingebracht wurden. Insbesondere viele schnellwachsende Pappelhybriden sollten einen schnellen Holzertrag sichern. An Stellen mit anstehendem Druckwasser war der Boden zu sehr gestört, so daß viele der Versuche keinen Erfolg hatten. Durch den Staustufenbau in diesem Jahrhundert fiel der Grundwasserspiegel zwischen Basel und Breisach stellenweise um bis zu 7 m. Dadurch entstanden extreme Trockenstandorte, an denen allenfalls Kiefern und Douglasien einen Holzertrag versprachen. Als eine einschneidende Veränderung in der Baumartenzusammensetzung sei hier noch das in den Siebziger Jahre einsetzende Ulmensterben genannt.

Während bis dahin in einigen, vor allem naturnahen Auewäldern, die Ulme die häufigste Baumart war, muß sie heute als Rarität gelten. Der Aufbau der Hochwälder ist außerdem durch den hohen Besatz an Rehwild beeinflußt, das durch Verbiss eine natürliche Verjüngung der Bestände weitgehend verhindert.

Seston und Phytoplankton

Neben den höheren Pflanzen liegen auch über das Seston (Gesamtmenge der belebten und unbelebten Schwebstoffe) und das Phytoplankton bis heute nur relativ wenige Untersuchungen vor. Die ersten qualitativen Untersuchungen vom Ende des 19. Jahrhunderts stammen von Lauterborn (LAUTERBORN 1896a,b, 1910b, 1917, 1939). Während zum Zooplankton nur einige wenige qualitative Angaben vorliegen, existieren zum Phytoplankton auch einige quantitative Angaben (vgl. Tab. 21).

Trotzdem Lauterborn bereits früh die Veränderungen des Phytoplankton im Rhein durch die stark erhöhte Planktonfracht seit etwa 1890 durch die Aare festgestellt hat, dürfte der Rhein noch in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts außerordentlich planktonarm gewesen sein (LAUTERBORN 1896a,b). Die ersten quantitativen Angaben zum Phytoplankton im Hoch- und Oberrhein stammen von MARSSON 1909, 1911a, und KOLKWITZ 1912. Etwa 25 Jahre später liegen die Planktongehalte um den Faktor 10-40 höher (SEELER 1936). Die Werte bestätigen die Annahme, daß bereits in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts ein deutlicher Eutrophierungsschub auch im Hoch- und Oberrhein zu erkennen ist. Wiederum etwa 20 Jahre später liegen die Werte auf dem gleichen Niveau (CZERNIN-CHUDENITZ 1958). Ein weiterer Eutrophierungsschub in den 1970er Jahren kann neben der steigenden Abwasserbelastung mit dem Bau der Kläranlagen erklärt werden. Sie verschieben zwar die abbauenden Vorgänge vom Rhein in die Kläranlagen, das Nährstoffniveau steigt durch die weitgehende Nitrifikation in den Kläranlagen jedoch weiter an. Ende der 1970er Jahre pendeln sich die Phytoplanktondichten auf hohem Niveau ein. FRIEDRICH 1990 geht davon aus, daß eine weitere Zunahme durch Licht limitiert wurde. In den letzten Jahren nehmen die Phytoplanktondichten durch die deutliche Reduktion der Nährstoffgehalte wieder etwas ab.

Tab. 21

Untersuchungen des Rheinphytoplanktons im Hoch- und Oberrhein im 20. Jahrhundert ([1] nach Schließung des Harllingsvliet bei Rkm 22,9, [2] nach Schließung des Harllingsvliet bei Rkm 108, [3] Einzelprobe bei Rkm 34, [4] Einzelprobe bei Rkm 497 bzw. 498,5)

Jahr	Monat (e)	Zellen/ml Durchschnittswerte (Maxima) [µg/l Chlorophyll, Durchschnittswerte]		Mon.d. Max.	Quelle
		Hochrhein	Oberrhein		
1907/08	7		6-10		MARSSON 1909a,1911
1911	8-9	ca. 20 (23)	20-30 (44)	8	KOLKWITZ 1912
1936			500	9	SEELER 1936
1955	9	130-280	300-1300	3	CZERNIN-CHUDENITZ 1958
1956	4	1800	1600		CZERNIN-CHUDENITZ 1958
1974	4-9	1150-53000[1]			BACKHAUS & KEMBALL 1978
1974	4-9	680-10800[2]	630-16000 (17300)	4	BACKHAUS & KEMBALL 1978
1981	5-7	75[3]	220-1750[4]		PYRIKI 1982
1982	4-9		200-2050[4]		PYRIKI 1985
1983	4-9		400-2200[4]		PYRIKI 1985
1985	7	[2,5-3,5]	[3-10]		FRANZ 1990
1986	5	[2-8]	[3,5-8]		FRANZ 1990
1987	4	[19-29]			FRANZ 1990
1988	5	2500- >5000	2500- >5000		SCHRÖDER ET AL. 1988

Ehemals häufig waren vor allem Fragilaria crotonensis, Asterionella formosa oder Diatoma vulgare (vor allem im Hochrhein). Ab 1941 wurde Tabellaria fenestrata als dominante Art nachgewiesen, 1974 starker Rückgang festgestellt (BACKHAUS & KEMBALL 1978). Zugenommen haben vor allem auch salztolerante Arten wie Nitzschia acicularis, Melosira varians oder Stephanodiscus hantzschii. Letztere gilt als eine alpha-mesosaprobe Art (SLADECEK 1973), und konnte 1955 ab Germersheim (Rkm 384) als dominierend festgestellt werden (CZERNIN-CHUDENITZ 1958).

Bakterioplankton

Über das Bakterioplankton liegen insgesamt nur wenige Untersuchungen vor. Die lokal vorgenommen Bakterienzählungen (Splittgerber u.a.) geben im wesentlichen die Verhältnisse lokaler Einleitungen wieder. Erst in den letzten Jahren beschäftigt man sich damit, inwieweit Bakterien am Stoffhaushalt des Rheins beteiligt sind. (vgl. z.B. KNÖPP 1967a,b, SCHMITZ et al. 1994)

Bereits SEELER (1936) vermutete bei seinen Untersuchungen aus dem Jahre 1933 des Planktons von Straßburg bis zum Deltarhein, daß die Industrieabwässer das potentielle Planktonwachstum hemmen. Zu Veränderungen des Planktons siehe auch KOLKWITZ 1912, SEELER 1936, CZERNIN-CHUDENITZ 1958, BACKHAUS & KEMBALL 1978; FRIEDRICH & MÜLLER 1984, BUWAL 1992.

Phytobenthos

Relativ wenig ist über die Veränderung der benthischen Algen, wie Rivularia haematites (Kalkkrusten-Blaualge, eine der häufigsten "Algen" am Hochrhein), Schizothrix lacustris (Blaualge), Phormidium favosum (Häutchenblaualge), Cladophora glomerata (Grüne Fadenalge), Batrachospermum moniliforme (Froschlaichalge), Hydrurus foetidus (Goldalge, bildet flutende fingerlange Büschel), Chantransia sp. (Rotalge), Hildenbrandia rivularis (Rotalge) und Lithoderma fontanum (Braunalge) bekannt (vgl. LAUTERBORN 1916, 1917,1918, JAAG 1938 für den Hochrhein). Lediglich über die Artenzusammensetzung der Diatomeengesellschaften liegen einige Untersuchungen vor, die sich u.a. dazu eignen, die Wasserqualität zu indizieren (z.B. LANGE-BERTALOT & LORBACH 1979). Zu den charakteristischsten Gattungen gehören Navicula, Gomphonema und Cymbella.

Fauna

Die Erforschung der Fauna großer Flußauen und damit der potentiellen Fauna der Rheinauen hat in den letzten Jahren erst begonnen. Die wenigen übriggebliebenen naturnahen und noch vergleichsweise wenig durch den Menschen veränderten Flußlandschaften Europas, wie an der Loire (Frankreich) oder an der Theiß (Ungarn), lassen erahnen welchen Artenreichtum der Rhein und seine ehemaligen Auen beherbergten.

"In der Rheinebene sind seit dem Anfange unseres Jahrhunderts ausgedehnte sumpfige Flächen, s.g. Brücher, trockengelegt und zu schönen Wiesen umgewandelt worden; die landwirthschaftliche Cultur ist dicht an die Ufer des Stromes, seiner Altwasser und Nebenflüsse vorgerückt, und so sind den Sumpf und Wasservögeln, welche vordem in grossen Massen hier zu finden waren, beliebte Aufenthaltsorte entzogen worden, wovon ihre numerische Abnahme die natürliche Folge gewesen ist." (v. KETTNER 1849:42-43)

Das ungestörte Abflußgeschehen eines Flusses wie dem Rhein sorgt für eine große Vielfalt der Lebensbedingungen auch und gerade für viele Tiere. Schätzungen gehen davon aus, daß in den unterschiedlichen Lebensräumen der ungestörten Flußaue des Rheins potentiell die Hälfte aller einheimischen Tierarten gefunden werden könnten (GEPP 1985). Bei einigen Gruppen ist der Anteil deutlich höher. So wären die ungestörten Flußauen auch potentieller Lebensraum für alle heute bekannten heimischen Amphibien- und Reptilienarten (GEPP 1985; GERKEN 1988a).

Vom Rheingebiet liegt eine ganze Reihe von frühen Arbeiten über Tierfunde vor. Sie sind jedoch nur mit allergrößter Vorsicht verwertbar, da meist die damaligen Bezeichnungen nicht mit den heutigen übereinstimmen, Fehlbestimmungen nur selten auszuschließen sind und genaue Fundangaben in der

Regel fehlen. Nur in wenigen Ausnahmefällen ist die Überprüfung mit Hilfe von Belegsammlungen anhand des heutigen taxonomischen Wissenstandes noch möglich.

Der am meisten zitierte Vergleichsmaßstab sind die Arbeiten des Rheinforschers Robert Lauterborn. Seine umfangreichen Beleg- und Quellensammlungen wären heute von hohem Wert, sie sind jedoch durch Bombenangriffe während des 2. Weltkrieges vollkommen verloren gegangen (LANGE 1990, 1998). Seine Beobachtungen, ergänzt durch seine Literaturstudien, geben ein vergleichsweise umfassendes Bild vom Zustand des Oberrheins nach der Korrektion und des Hochrheins nach dem Bau der ersten Staustufen bzw. Kraftwerke am Hochrhein.

Makrozoobenthos

Lauterborns Angaben für die Bodenbewohner (Makrozoobenthos) des schiffbaren Rheins sind immer wieder zu qualitativen und quantitativen Vergleichen herangezogen worden. Zählt man die Artenangaben von Lauterborn mit denen einiger weniger anderer Autoren für die Jahrhundertwende zusammen, so ergibt sich die Summe von ca. 165 für den gesamten schiffbaren Rhein nachgewiesener Arten des Makrozoobenthos (TITTIZER & KREBS 1996). Da bei den Angaben (zum Teil artenreiche) Taxa, wie die der Diptera oder der Oligochaeta weitgehend fehlen, muß selbst nach der Korrektion von einem deutlich höheren Arteninventar des Makrozoobenthos ausgegangen werden. Die wenigen vergleichbaren Untersuchungen zwischen 1955 und 1980 (KNÖPP 1957, ARBEITSGEMEINSCHAFT UMWELT MAINZ 1972, CONRATH et al. 1977) weisen zum Teil weniger als 20 % dieses Arteninventars nach und sind ein eindrücklicher Beleg für den Zustand des damals zum reinen Transport- und Abwasserkanal ausgebauten Rheins. Heute liegen durch die verbesserte Wasserqualität, aufwendigere Untersuchungen, durch Einbeziehung früher kaum bearbeiteter Gruppen wie z.B. der Dipteren sowie einer ganzen Reihe von Neozoen, die Artenzahlen deutlich über 300. Ein bloßer Vergleich der Artenzahlen, wie er vielfach in der Literatur zu finden ist, täuscht über die eigentliche Dramatik der Veränderungen im Rhein hinweg. Es zeichnet sich erst heute mit der Verbesserung der Wasserqualität ab, welche Arten für immer dem potentiellen Arteninventar des Rheins verloren gegangen sind (vgl. Tab. 47, S.258), ca. 20 Arten mit V gekennzeichnet). So sind einige im Rhein schon für ausgestorben gehaltene Arten, wie das in den letzten Jahren auch durch die Presse bekannte Beispiel des Uferaas (Ephoron virgo) heute wieder zum Teil massenhaft vertreten (vgl. Tab. 47, mind. 6 Arten mit A gekennzeichnet). Daneben gibt es eine Reihe von Arten (Tab. 47, ca. 25 Arten mit W gekennzeichnet), die sich an ganz wenigen Fundorten bis heute erhalten haben und bei denen eine Wiederbesiedlung bei geeigneten Sanierungsmaßnahmen möglich erscheint. Zuletzt sind solche Arten zu nennen, die entweder nur rezent nachgewiesen (Tab. 47, ca. 5 Arten mit R gekennzeichnet) wurden oder als Neozoen (Tab. 47, ca. 36 Arten mit N gekennzeichnet) eingewandert sind.

KINZELBACH 1988c schätzt die Artenzahl allein des anthropogen unbeeinflußten Makrozoobenthos im Rhein auf über 500. Diese Zahl läßt sich zwar nicht belegen, ist bei Einbeziehung aller Taxa und der Einbeziehung aller heute, wenn auch nur als zweifelhafte Einzelfunde, nachgewiesenen Arten sowie einem Zuschlag für bereits ausgestorbene Arten, durchaus eher am unteren Ende einer realistischen Schätzung. Vor allem wenn man bedenkt, daß die Grenzen des Rheins als Fluß gegenüber den zahlreichen Gewässern der Aue fließende waren und man kaum entscheiden kann, welche Standorte man nun dazu zählt und welche nicht. Angaben dieser Art werden wohl für absehbare Zeit Spekulation bleiben müssen.

Qualitativer Vergleich Makrozoobenthos 1900 zu heute

Bei einem qualitativen Vergleich der Makrozoobenthosbesiedlung von 1900 bis heute zeigt sich, daß

- sich durch die Nivellierung von Strömungsgeschwindigkeit, Substratbeschaffenheit, Temperatur und Wasserbeschaffenheit das Arteninventar deutlich auf relativ kommune Arten reduziert hat,
- die Abschnitte des Rheins sind anhand des Makrozoobenthos kaum noch zu unterscheiden,
- heute Arten mit relativ geringen ökomorphologischen Ansprüchen (euryök) und vergleichsweise schnellem Ausbreitungspotential (z.B. Ancylus fluviatilis, Dreissena polymorpha, Bithynia tentaculata, Corophium curvispinum) überwiegen,
- eine Reihe, vor allem „gewässermorphologisch anspruchsvolle“ Arten, als unwiederbringlich ausgesorben gelten können,
- die filtrierenden Organismen (vor allem Weichtiere, Krebstiere und Moostiere) insgesamt zugenommen haben und im Längsverlauf zunehmen,
- die Zahl und der Anteil an Neozoa am Arteninventar bis heute stark zugenommen hat (um 1900 ca. 3%),
- durch die verbesserte Wasserqualität des Rheins viele Organismen die Wiederbesiedlung seit dem Belastungsmaximum des Rheins in den Siebziger Jahren aus den Nebengewässern geschafft haben (z.B. auch die schon für ausgestorben gehaltene Ephoron virgo).

Ob die Wiederbesiedlung des Rheins durch viele Arten, die bis heute im Rheingebiet als Relikte überlebt haben, schon beendet ist, kann derzeit noch nicht abgeschätzt werden. Maßnahmen zur Verbesserungen der ökomorphologischen Verhältnisse des Rheins wie seiner Nebengewässer würden eine solche Wiederbesiedlung in jedem Fall unterstützen und als Brücke vieler noch vorhandener Besiedlungsinseln dienen.

Makrozoobenthos des Hochrheins

Der Hochrhein ist gekennzeichnet durch sein starkes Gefälle, viele felsige Strecken mit zahlreichen Makrozzobenthos-Arten, die eine schnelle Strömung und felsig-steinigen Untergrund bevorzugen. Charakteristisch für den Hochrhein ist daher das zahlreiche Vorkommen der Eintags, Stein- und Köcherfliegen, das für den Beginn des Jahrhunderts vergleichsweise gut dokumentiert ist. Vor allem im mittleren und nördlichen Oberrhein sind mit der Korrektion ähnliche Lebensbedingungen weitgehend verschwunden. Für viele strömungsliebende Arten bedeutete der Geschiebetrieb auf der Stromsohle das Aus. Im Gegenzug fanden festsitzende Organismen durch die Steinblock-Ufer zunehmend günstigere Besiedlungsflächen.

Die Aare, deren Abfluß größer ist als der des Hochrhein, bringt viele Trüb- und Sinkstoffe mit sich. In strömungsberuhigten Zonen zwischen der Aareeinmündung kommt es zur Sedimentation von Sand und Schlick, so daß sich hier auch die Lebensbedingungen ändern. Zum Ausdruck kommt die veränderte Situation am Hochrhein auch durch die Besiedlung der Weichtiere. Lauterborn fiel die geringe Besiedlung durch Weichtiere auf, er berichtet von nur vier Schneckenarten und einer Muschelart am Hochrhein. Heute sind dagegen über 21 (ohne Arten der Gattung Pisidium) nachgewiesen. Beachtenswert ist auch die vor allem die durch Ris bekanntgewordene Libellenfauna am Hochrhein mit mindestens 17 Taxa.

Schwebstoffzehrende Organismen

Im Längsverlauf eines Flusses wie dem Rhein nimmt in aller Regel der Gehalt an Schwebstoffen zu. Die Zusammensetzung der Schwebstoffe kann dabei sehr stark variieren, insbesondere zwischen belebtem und unbelebtem Anteil. Gerade hinsichtlich zunehmender organischer Belastung und Eutrophierung nehmen im Stoffhaushalt die schwebstofffressenden Organismen eine herausragende Rolle ein. Die Taxa des Makrozoobenthos im Rhein, die

als Schwebstoffkonsumenten festgestellt worden sind, hat FRANZ (1986, 1992) aufgeführt. Als für den Stoffumsatz bedeutend, da vergleichsweise biomassereich, gehören u.a. die Taxa: Spongia, Cordylophora caspia, einige Bryozoa, Bithynia tentaculatea, Anodonta piscinalis, Unio pictorum, Unio tumidus, Sphaerium corneum, Pisidium supinum, Dreissena polymorpha sowie die Larven der Köcherfliegengattung Hydropsyche und der Chironomidengattung Rheotanytarsus. FRANZ (1992) hat mit Hilfe einer Auswahl dieser sestonophagen Organismen, vor allem der Bryozoen, versucht ein Stück ökologischer Geschichte des Rheins nachzuzeichnen. Er stellt die wenigen Angaben über Nahrungsangebot (Schwebstoffe, Phytoplankton, vgl. Tab. 21) und der Besiedlungsangaben der Bryozoen im Zusammenhang dar. Er kommt dabei für den Hochrhein zum Ergebnis, daß er in seiner Planktonfracht weitgehend von der Primärproduktion des Bodensees und der schweizerischen Voralpenseen abhängig ist. Er gibt an, daß, beginnend mit dem Ende des 19. Jahrhunderts, sich das Nahrungsangebot im Hochrhein auf ein Niveau steigerte, daß einigen Bryozoen eine dauerhafte Ansiedlung ermöglichte. Es sind dies einerseits Paludicella articulata und Fredericella sultana, die bei einem relativ geringeren Nahrungsangebot ausreichende Lebensbedingungen finden. Für die Periode erhöhter lokaler Belastung (etwa 1960-1975) kamen lokal Arten hinzu, die von erhöhter Saprobität profitieren, wie Plumatella emarginata, P. repens oder P.fungosa (Abb. 11).

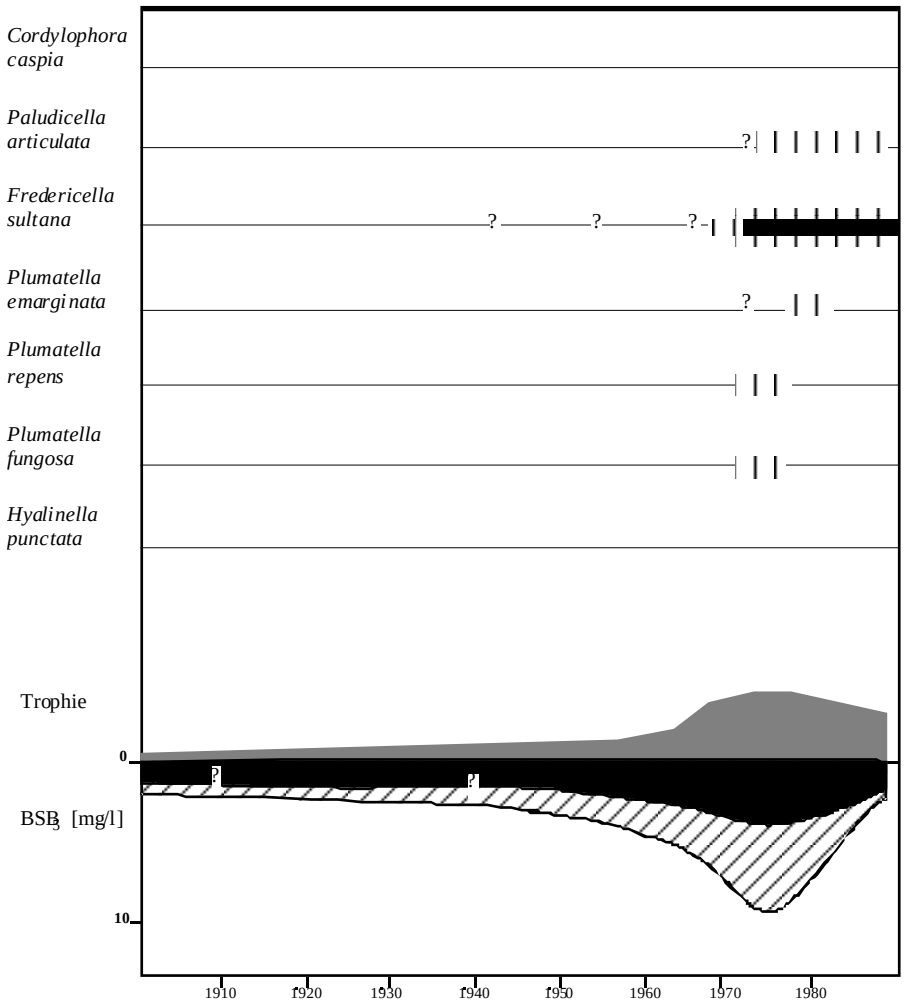


Abb. 11
Vorkommen sestonophager Organismen im Hochrhein seit 1900, etwa Rkm 120-150 (aus FRANZ 1992; gerade Schraffur = nur lokale Vorkommen; schwarz = hohe Präsenz; Dicke des Balkens gibt Abundanz an; ? = Vorkommen warscheinlich bzw. Schätzwerte; schräge Schraffur = starke lokale BSB_5-Werte durch Abwassereinleitungen)

Im Oberrhein läßt sich durch die Besiedlung der Bryozoen ebenfalls die Zunahme der Gewässerverschmutzung erkennen. Hier haben vor allem die zahlreichen Nebengewässer einen deutlichen Einfluß auf den Schwebstoff-

gehalt des Rheins. Im Frühjahr und Sommer füllen sie sich bei steigenden Flußwasserständen mit nährstoffreichem Rheinwasser, Schwebstoffe sinken auf den Grund. In den überwiegend stehenden oder langsam fließenden und relativ klaren Neben- und Seitengewässern bilden sich rasch erhebliche Planktondichten, die bei fallendem Wasser in den Rhein zurückfließen. Ähnliches gilt für die zunehmenden Stauhaltungen der nährstoffbelasteten großen Nebenflüssen wie Neckar und Main. Zudem steigen seit Ende des 19. Jahrhunderts die lokalen Einleitung mit leicht abbaubarer organischer Substanz in den Rhein (vgl. Tab. 45 und Tab. 46) und damit die Saprobität. Die abbauenden Vorgänge und auch die Nitrifikation wurde ab 1960 zunehmend aus dem Rhein in die neugebauten Kläranlagen verlegt. Die Nährstoffbelastung stieg jedoch weiterhin und förderte das Planktonwachstum und damit auch Bryozoen wie Fredericella sultana, Paludicella articulata und Cordylophora caspia. Plumatella repens und Plumatella fungosa fanden durch die Abnahme der Saprobität nach 1980 kein ausreichendes Nahrungsangebot mehr (vgl. Abb. 12).

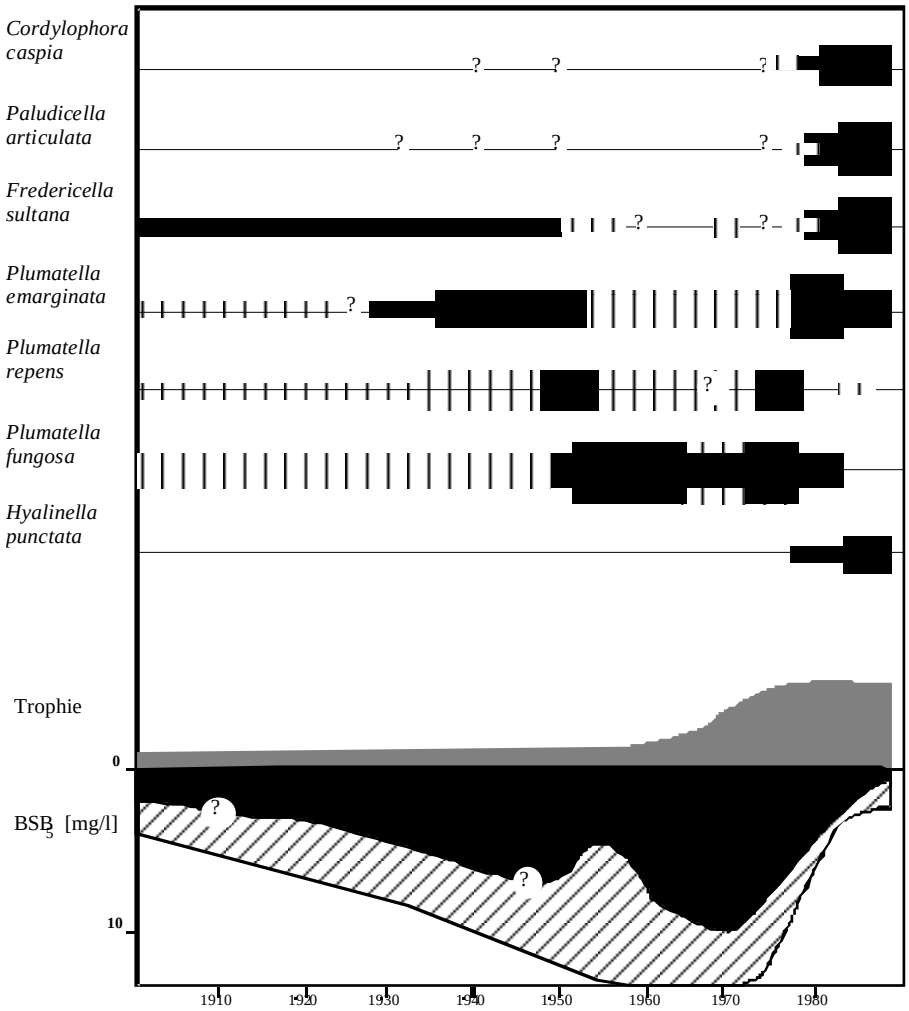


Abb. 12
Vorkommen sestonophager Organismen im nördlichen Oberrhein seit 1900 (aus FRANZ 1992; Legende siehe Abb. 11)

Fische und Vögel

Neben den sehr viele Taxa umfassenden Angaben von Lauterborn liegen die umfangreichsten Literaturquellen/Hinweise für Fische und Vögel vor.

Die weitgehende Zerstörung der ehemaligen Auenwälder des Hoch- und Oberrheins entzog unzähligen ehemaligen Brutvogelarten ihre Lebensgrundlage. Daneben galten vor 1900 vor allem Raubvögel mit ihren großen Arealansprüchen als Nahrungskonkurrenten des Menschen. Viele der Arten wurden solange gejagt, bis sie schließlich ausgerottet waren. Nur von einigen wenigen Ornithologen wird die systematische Jagd schon im letzten Jahrhundert und zu Beginn des 20. Jahrhunderts bedauert (OTTO 1908).

Viele der Brutvogelarten sind angewiesen auf die Aue. Dies ergibt sich aus der Tatsache, daß in Baden-Württemberg von heute ca. 125 Brutvogelarten 54 in den übriggebliebenen Auengebieten brüten (BFANL 1980). Über die Säugetierfauna des Rheingebiets ist bis heute vergleichsweise wenig bekannt.

Über die frühere Mikrofauna des Rheins, wie Rotatorien (Rädertiere), Entomostracen (Niedere Krebse), Wimpertiere (Ciliaten), Heliozoen (Sonnentierchen), Larven Niederer Krebse (Nauplien), Larven z.B. Veligerlarve von Dreissena polymorpha, Flagellaten (Geißelträger), Rhizopoden (Wurzelfüßer) des freien Wassers oder des Aufwuches ist bis auf wenige Angaben von Lauterborn 1916-1918 nichts bekannt.

Fischfauna

MAKIES (1988) schätzt den potentiellen jährlichen Fischertrag der natürlichen Fischfauna des Rheins auf ca. 15-20 Millionen DM. Dies ist ca. 60 mal soviel wie 1985 tatsächlich erzielt wurde. Daran wird deutlich wie insgesamt die Fischfauna, vor allem durch die enorme Abwasserbelastung, zwischen 1950 und 1970 abgenommen hat.

Neben der Wasserverschmutzung sind aber auch

- die Wehre im Strom und in den Zuflüssen, die die Laichgebiete vom Hauptstrom getrennt haben,
- die abnehmenden Makrophytenbestände (Rückgang krautlaichender Arten),
- Störungen durch Wellenschlag, Schraubenstrahl oder Lärm der Schiffahrt
- sowie die Überfischung

hauptverantwortlich für den Rückgang der gesamten Rheinfischfauna.

Auch bei den Fischen würde ein bloßes Vergleichen der Artenzahlen (z.B. um 1900 zu heute) über die eigentlichen gravierenden Veränderungen hinwegtäuschen.

Einerseits bestreiten 3 Fischarten Plötze, Ukelei und Brachsen ca. 75% des Fischbestandes (LELEK & KÖHLER 1989). Andererseits wurden vom Menschen insgesamt mindestens 25 Arten eingebracht. Hiervon könnten jedoch nur Giebel, Zwergwels, Sonnenbarsch und Zander ohne menschliche Hilfe auf Dauer überleben. Beklagt wird auch ein zu hoher Bestand an Raubfischen wie dem Aal, dem Hecht, dem Zander und dem Flußbarsch (z.B. MICHLING 1988). Vor allem die Bestände der strömungsliebenden Fischarten wie Lachs, Forelle, Äsche, Nase, Schneider, Strömer und Schmerle sind deutlich zurückgegangen. Der Stör kann schon immer als Rarität am Hoch- und Oberrhein gelten. KINZELBACH 1987 hat insgesamt 178 Fangnachweise in einem Zeitraum von über 500 Jahren für den Mittel- und Oberrhein dokumentiert. Ein Störfang im Rhein war offensichtlich immer etwas besonderes und der Rhein wahrscheinlich kein typisches Störgewässer wie etwa die Elbe. Über den Aufstieg der Finte gibt es nur wenige Hinweise (z.B.LEUTHNER 1877), sie kann am Rhein natürlicherweise ebenfalls als selten gelten. Auch nach LAUTERBORN 1917 wurde die Finte schon um die Jahrhundertwende seit längerer Zeit nicht mehr am Oberrhein beobachtet. Auch der Maifisch, so muß vermutet werden, ist im Rhein auch natürlicherweise eher selten gewesen. Laichplätze waren z.B. von der Birs bei Basel bekannt. Weniger häufig waren im Hoch- und Oberrhein wohl auch Meerforelle und Meerneunauge. Weniger selten war dagegen das Flußneunauge. Der bedeutendste Standfisch war vor der Korrektion die Nase, von der bis weit ins 19. Jahrhundert große Fänge belegt sind.

Hochrhein

Der Hochrhein zeichnete sich in seinem ganzen Verlauf durch hohe Strömungsgeschwindigkeiten aus, strömungsberuhigte Zonen waren relativ selten. Im Gegensatz dazu der Oberrhein, der sich durch alle Übergänge vom stark strömenden bis zum stehenden Gewässer auszeichnete.

Heute kommen in den Stauhaltungen des Hochrheins vor allem Stillwasser bevorzugende aber strömungstolerante Arten wie Rotfeder, Plötze, Schleie, Brachsen, Blicke, Karpfen, Flußbarsch, Großer Stichling, Bitterling und von Laufenburg abwärts auch die Karausche vor.

Fischereibiologisch ließ sich der Hochrheinabschnitt bis zur Aaremündung der Äschenregion zurechnen, von dort bis Basel sowie der südliche Oberrhein bis Karlsruhe der Äschen-Barbenregion, der nördliche Oberrhein der Barbenregion und der Rheingau schließlich der Brachsenregion.

Der Lachs

Nach der Korrektion waren die Laichplätze im Oberrhein selber bereits deutlich auf wenige Flächen reduziert. Doch es ist anzunehmen, daß die Korrektion des Oberrheins allein niemals zum Aussterben der Rheinlachspopulation geführt hätte. Entscheidend war wohl eher die flächendeckende Zerstörung der Laichplätze, auch in den Nebengewässern des Rheins. Entweder wurden sie ebenfalls „korrigiert“ oder sie waren bereits so verschmutzt, daß aus diesem Grunde der Aufstieg und das Ablaichen für den Rheinlachs unmöglich wurde. Bereits im Jahr 1883 hat Max von dem Borne die ehemaligen Laichgewässer des Lachses beschrieben. Für den Hochrhein beschrieb er als Laichgewässer die Thur (bis Unter-Toggenburg), die Töss (im Mündungsbereich), die Glatt (bis zum Wehr bei Glattfelden), die Aare (bis zum Thuner Wehr), die Aarezuflüsse, die Saane, die Grosse Emme, die Reuss, die Limmat und die Wutach bis Thiengen. Für den Oberrhein konnten als Laichgewässer noch gelten die Wiese bis Schopfheim, der Kanderbach bis Eimeldingen, die Kinzig bis Wolfach, die Rench bis zum Wehr Memprechtshofen und die Murg. Die Elz, der Neckar, die Ill und der Main bis Bamberg gehörten ebenso zu den großen Laichgewässern, jedoch war die Verschmutzung der Gewässer schon so groß geworden, daß der Lachs 1883 dort nur noch selten aufgestiegen ist. Bereits V.D. BORNE 1883 beklagt sich über die Verunreinigungen der Fabriken unterhalb Schaffhausen und den dadurch reduzierten Fischreichtum. Für Kieslaicher, wie dem Lachs, kann schon eine relativ geringe Sauerstoffzehrung im Lückensystem die Entwicklung der in ca. 20-40 cm eingegrabenen Lachseier stören. Eine weitere Gefahr für die Lachsbrut geht von den hohen Nitratbelastungen aus intensiv landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten aus, die unter bestimmten Bedingungen zum Freiwerden von toxischen Nitritkonzentrationen führen können (INGENDAHL et al. 1995, NEUMANN 1996). Es ist derzeit noch offen, ob zur Entwicklung einer stabilen Lachspopulation genügend Laichplätze mit ausreichendem Sauerstoffangebot vorhanden sind, oder ob es erst noch einer entsprechenden Sanierung bedarf.

Neben der Wasserverschmutzung sind es aber vor allem die nicht zu durchwandernden Stauwehre mit ihren Stauhaltungen, die die Wiederbesiedlung durch Wanderfische behindern und zu wesentlichen Veränderungen der Fischfauna geführt haben.

Fischfauna der Stauhaltungen

Einige der Stauhaltungen und ihre Fischfauna vor allem im Hochrhein sind in den letzten Jahren genauer untersucht worden (vgl. z.B. DÖNNI 1993, ZEH 1993). Neben der trotz Fischtreppen erheblichen Wanderungssperre (Bildung von Teilpopulationen) folgen in einer Stauhaltung auf kurzer Strecke Bereiche mit Geschiebebetrieb bzw. hohen Strömungsgeschwindigkeiten mit Bereichen geringer Strömung und entsprechender Sedimentation. Hinzu kommt, daß die Ufer gerade für die Entwicklung von Jungfischen, auch der an strömungsarme Bereiche angepaßten Arten, selten ausreichend gute Fortpflanzungsbedingungen bieten. Stark vereinfacht bilden sich in den Staustufen statt einer Äschen- oder Barbenregion, alternierende kleine Zonen potentieller, aber schlecht entwickelter Salmoniden- bzw. Cyprinidengewässer aus.

Schon die Korrektion hatte den südlichen Oberrhein in eine Barbenregion verwandelt, eine weitgehend noch durchlässige Kiessohle sowie die durchströmten Altrheine ermöglichten den Kieslaichern noch eine Fortpflanzung.

Noch heute sind die Verbindung des Stroms zu seinen Nebengewässern (Brutstätten) die wichtigste Voraussetzung für die Fortpflanzung der Fische im Rhein.

Rhein 2000

Der Lachs wurde zum Symbol des Gewässerschutzes am Rhein. So werden seit einigen Jahren wieder Junglachse im Rhein ausgesetzt, mit dem Erfolg, daß in der Sieg 1994 die ersten ausgesetzten Rückkehrer nachgewiesen werden konnten. Es werden jedoch auch z.B. fast ununterbrochen seit 1900 Lachse in die Wiese bei Lörrach ausgesetzt, ohne daß die Lachse eine Chance hätten, durch die vielen Staustufen (vgl. Tab. 16, S.81) dorthin zurückzukehren. Diese Aussetzungen sind wohl auch eher als politisches Signal zu verstehen, die Staustufen endlich durchlässiger werden zu lassen.

3.5 Paläoökologische Analysen

Flußhochwasser führen zu Überschwemmungen und diese zu Ablagerungen. Die sich aus den Ablagerungen bildeten Sedimente werden auch als Hochwasser- oder Auelehme bezeichnet. Unter günstigen Bedingungen lagern sie sich so ungestört ab, daß die Untersuchung der einzelnen Schichten Rückschlüsse über anthropogene Umweltveränderungen über zum Teil viele Jahrhunderte zulassen. Einen ersten Forschungsschwerpunkt hatte die Auelehmforschung in den 40er bis Anfang der 60er Jahre diesen Jahrhunderts.

Untersuchung von Auelehmen zur Indikation von Rodungsphasen

Es wurde die These aufgestellt, daß sich Auelehm vor allem dann ablagert, wenn Rodungen vorausgegangen waren, die das Abschwemmen von Material erst ermöglichten (u.a. REICHELT 1953). Anfang der 60er Jahre wurde diese Auffassung widerlegt, man erkannte, daß z.B. auch natürliche Klimaschwankungen ähnliche Erosions- und Sedimentationsvorgänge zur Folge haben konnten. Um solche „natürlichen“ von eher durch anthropogene Einflüsse, wie Rodungen, entstandene Ablagerungen unterscheiden zu können, bedurfte es der genauen zeitlichen Einordnung einzelner Sedimentschichten. Dies gelingt mit Hilfe der C-14-Messungen und der Dendrochronologie in immer genauerem Maße. Betrachtet man die historische Flußaue, so stellt man seit der letzten Eiszeit vor ca. 10.000 Jahren an den mitteleuropäischen Flüssen bis zu 7 Aueterassen fest, die durch Erosion und Sedimentation entstanden. Anfang der 80er Jahre stellte SCHIRMER (1983,1991,1993) am Obermain fest, daß vor allem die Flußaufschüttungen aus der Römerzeit mit einer deutlich mächtigeren Auelehmschicht abschlossen, als die Terrassen zuvor. Die daraus gezogene Schlußfolgerung ist, daß bereits zur Römerzeit erhebliche Rodungen stattgefunden haben mußten, die die Böden vermehrt der Erosion freigaben. Noch mächtiger sind die Auelehmablagerungen aus den Terrassen des Mittelalters und der Neuzeit. Untersuchungen am Oberrhein, an Donau und Isar bestätigten, daß seit der Römerzeit zum Teil beträchtliche Mengen fruchtbaren Bodens ins Meer abgeschwemmt wurden, denn nur ein geringer Teil davon wird vorher als Auelehm abgelagert.

Waldrodungen erhöhen die Erosion und steigern den oberflächlichen Abfluß. Größere Wasser- und Schwebstoffmengen schaffen sich, sofern sie nicht künstlich daran gehindert werden, ein breiteres Flußbett. Je nach Gefälle entstehen dabei mehr oder weniger gekrümmte Seitenarme. Es verwundert daher nicht, daß auch die Untersuchungen der Sedimente bestätigen, daß der Rhein durch die Rodungen zur Römerzeit und im Mittelalter deutlich breiter, flacher und verzweigter war als in den Jahrtausenden vorher und heute.

Schadstoffmessungen in alten Flußsedimenten

Seit wenigen Jahren sind Flußsedimente auch Gegenstand von Schadstoffmessungen. Insbesondere die Schwermetalle, die meist vergleichsweise gut gebunden im Boden bleiben und nicht abbaubar sind, lassen Rückschlüsse auf frühere Belastungen durch den Menschen zu. Leider sind mir bisher keine Untersuchungen aus dem Hoch- oder Oberrheingebiet bekannt geworden. In den letzten Jahren sind Schwermetallanalysen veröffentlicht worden u.a. aus Sedimenten des Mains (SCHÖNFISCH 1990), dem Rhein bzw. Stadtböden bei Duisburg (GERLACH et al. 1993), der Wupper (SCHENK 1994), und Proben des „Ketelmeer“, dem Mündungsgebiet des nördlichsten Deltaarm des Rheins der Issel (BEURSKENS et al. 1994). Den Untersuchungen kann man entnehmen, daß Schwermetallbelastungen schon lange vor dem 19. Jahrhundert feststellbar sind und in Einzelfällen heutige Bodengrenzwerte bereits überschreiten. Die Schwermetallgehalte am Ende des 19. Jahrhundert und zu Beginn des 20. Jahrhunderts liegen im Einzelfall schon deutlich höher als aktuelle Belastungen der Rheinsedimente. BEURSKENS et al. konnte nicht nur für die Schwermetalle wie Blei, Quecksilber und Arsen, sondern auch für andere organische Schadstoffe, wie die schwer abbaubaren polycylischen aromatischen Kohlenwasserstoffe, ein deutliches Belastungsmaximum vom

Ende der 1950er bis zum Beginn der 1970er Jahre feststellen. Dagegen zeigt sich am Ende des zweiten Weltkrieges ein deutliches Belastungsminimum (vgl. Abb. 13).

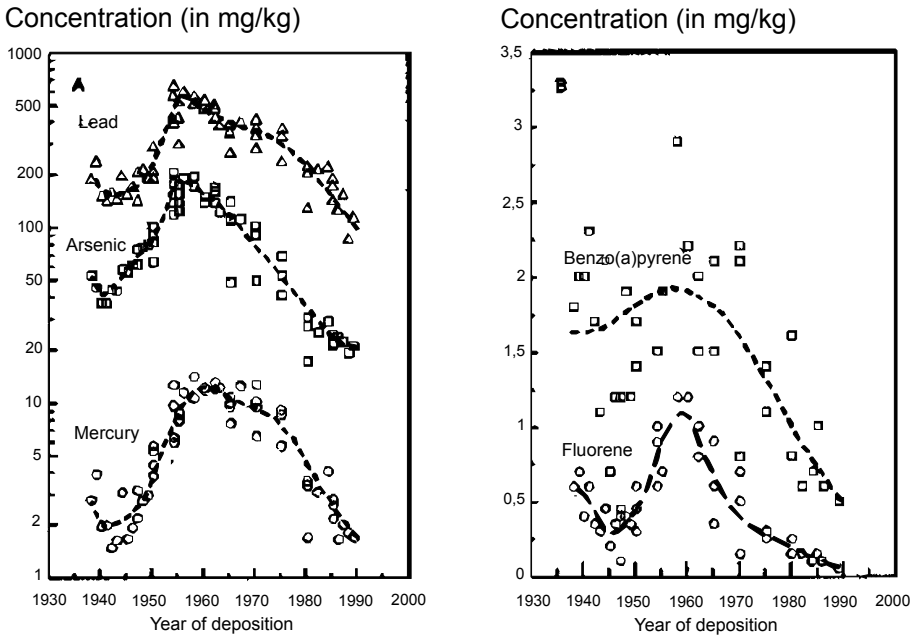


Abb. 13
Schadstoffkonzentrationen in Sedimenten des Mündungsgebietes des Rheins (aus: BEURSKENS et al. 1994)

Eine andere ebenfalls aus Holland stammende Untersuchung versucht eine Rekonstruktion der Wasserqualität aufgrund von Mißbildungsraten von Insektenlarven, deren Überreste ebenfalls aus Sedimentkernen gewonnen werden können (KLINK 1985, 1989). An 12 Stellen in Waal, Lek und Ijssel wurden die Sedimente auf ihr Alter bestimmt. Insgesamt konnten in 52 Proben fast 15.000 Insekten aus 167 verschiedenen Taxa gefunden werden. Die weitaus artenreichste Gruppe war dabei die der Zuckmückenlarven (Chironomidae). Von den Exuvien einiger Chironomiden ist bekannt, daß ihre Kopfkapseln Deformierungen aufweisen, die relativ gut definierbar sind. Einige Arbeiten haben gezeigt, daß der Anteil an Deformierungen mit dem Verschmutzungsgrad eines Gewässers zunehmen kann und insofern einen, wenn auch sehr unspezifischen, Indikationswert für Gewässerverschmutzungen hat. Die holländische Studie hat ebenfalls die Deformierungen an den Kopfkapseln der Exuvien der Gattung Chironymus untersucht, und kommt zu dem Ergebnis, daß die Deformierungen im 20. Jahrhundert deutlich zugenommen haben (vgl. Abb. 14).

Die Studie stellt darüber hinaus fest, daß der Anteil der typischen Arten großer Fließgewässer tendenziell stark abgenommen hat. Vor allem das fast völlige Verschwinden von Arten der Simuliiden (Kriebelmücken) gegenüber den Chironomiden (Zuckmücken) ist ein deutlicher Hinweis hierfür.

Trotzdem die Untersuchungen der Sedimentprofile nur seltene Stichproben aus einem komplexen Abfluß- und Belastungsgeschehen darstellen, lassen sich m.E. daraus doch einige allgemeine Aussagen ableiten, die auch für den Hoch- und Oberrhein gegolten haben dürften. Danach kann man deutliche lokale Belastungen der Böden und des Wassers durch Schwermetalle bereits vor der Industrialisierung feststellen, die zum Teil bereits über heute geltenden Grenzwerten liegen. Heutige Konzentrationen liegen wieder deutlich unter denen vergangener Perioden, insbesondere unter denen des ausgehenden 19. Jahrhunderts. Die Belastungsmaxima vieler Schwermetalle und heute noch nachweisbarer, da schwer abbaubarer Stoffe, liegen in den 1960er bis 1970er Jahren. Bestimmte Stoffe und Stoffklassen weichen von

dieser Tendenz jedoch deutlich ab. Stoffe wie die anionischen Tenside haben bereits einige Jahre früher ihr Maximum überschritten, da sie durch andere Stoffe ersetzt wurden.

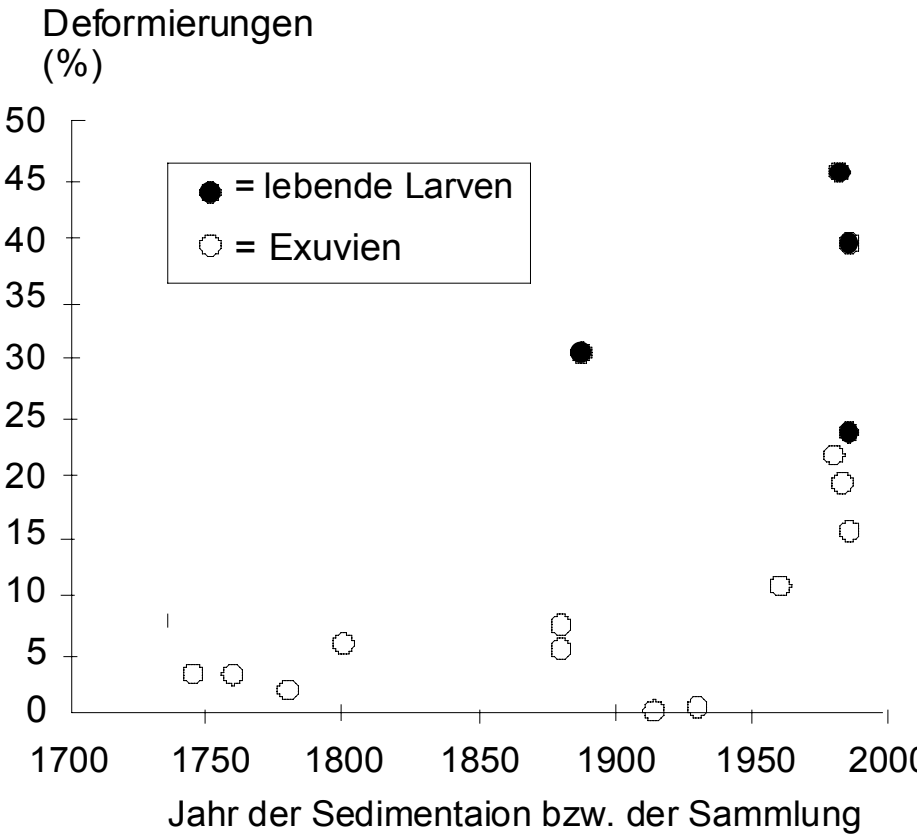


Abb. 14
Deformierungen von Chironomiden-Kopfkapseln (aus KLINK 1989)

Die wenigen Aussagen, die sich aufgrund der Untersuchungen von wenigen Einzelstoffen in den alten Flußsedimenten machen lassen, dürfen jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, daß ein Stoffkatalog der Abwässer um 1900 deutlich geringer ausfallen würde als ein aktueller.

In Zukunft wäre wünschenswert, auch am Hoch- und Oberrhein oben genannte Analysen durchzuführen und zusätzliche Erkenntnisse durch z.B. Radioisotop-Analysen zu gewinnen (vgl. Kap. 6, CARELL et al. 1987).

3.6 Versuch einer Gewässergütekarte um die Jahrhundertwende

In den beiden folgenden Abbildungen wurde der Versuch unternommen, den ungefähren Verschmutzungsrad des Hoch- und Oberrheins sowie einige seiner Zuflüsse um 1900 gegenüber heute graphisch zu illustrieren. Als Quellengrundlage der Darstellung dienten die für die Tab. 45 und Tab. 46 ausgewerteten Literaturangaben. Daneben gingen die eigenen Schätzungen aus dem Ausbaugrad der Kanalisationen, der Einwohner und die Abschätzung der anthropogen verursachten Nährstofffrachten (vgl.Tab. 11) sowie die Literaturnachweise einiger weniger Indikatorarten (vgl. Tab. 47) ein.

Um 1900 noch weitgehend unbelastete Flußabschnitte

Nach Auswertung der Literatur können um die Jahrhundertwende noch folgende Nebenflüsse (bzw. Abschnitte) als weitgehend unbelastet gelten: die Cyach (bei Bahlingen), die Enz (bei Bissingen und Besighaus), die Jagst (bei Buttach, Bühler, Langenburg, Gschwend, Kirchberg, Künzelau), der Kocher (bei Künzelau, Ingelfingen), die Technitz (bei Hersbruch), die Loquitz (bei Teuschnitz), der Main (bei Offenburg und Staffelstein), die Murg (bei Klosterreichenbach, Murgtal), die Nagold (bei Nagold), der Neckar (bei Rottweil, Unterweißach, Murr, Horb), der Ohrn (bei Hohenl.-Oehringen), der Oosbach, der Steinbach (bei Teuschnitz), die Tauber (bei Rotenburg), die Wutach und die Zaber.

Belastungsschwerpunkte an Hoch- und Oberrhein

Die Abwasserbelastung im Hoch- und Oberrhein um 1900 konzentriert sich auf einen Bereich bei Basel (farbige Abwasserfahnen waren bis zu 40 km unterhalb Basel wahrnehmbar, GLA Karlsruhe 466/199, 200) und einen Bereich ab Karlsruhe, vor allem zwischen Mannheim und Worms. Aus den Zwischenbereichen liegen kaum nennenswerte Hinweise vor. Lokal sind am Oberrhein, seinen Zuflüssen und vielen Seiten- und Nebengewässern zahlreiche Fischsterben dokumentiert. Ebenso ist an vielen Stellen die unmittelbare hochtoxische Wirkung vieler Industrieeinleitungen belegt. Gleichzeitig kann von einer, im Vergleich zu heute, wesentlich geringeren Zahl von eingeleiteten Stoffen ausgegangen werden. Auch mengenmäßig auf den gesamten Oberrheinlauf gesehen, dürfte die industrielle Belastung deutlich geringer als vor 60, 40 oder 20 Jahren gewesen sein. Bisher fehlt jedoch eine aus den Archiven der Industrieunternehmen zusammengestellte Liste der wichtigsten Stoffe und ihrer Produktions- bzw. Einleitungsmengen.

Abb. 15
Gewässergüte an Hoch- und Oberrhein um 1900 (zusammengestellt aus den Daten Tab. 45, Tab. 46)

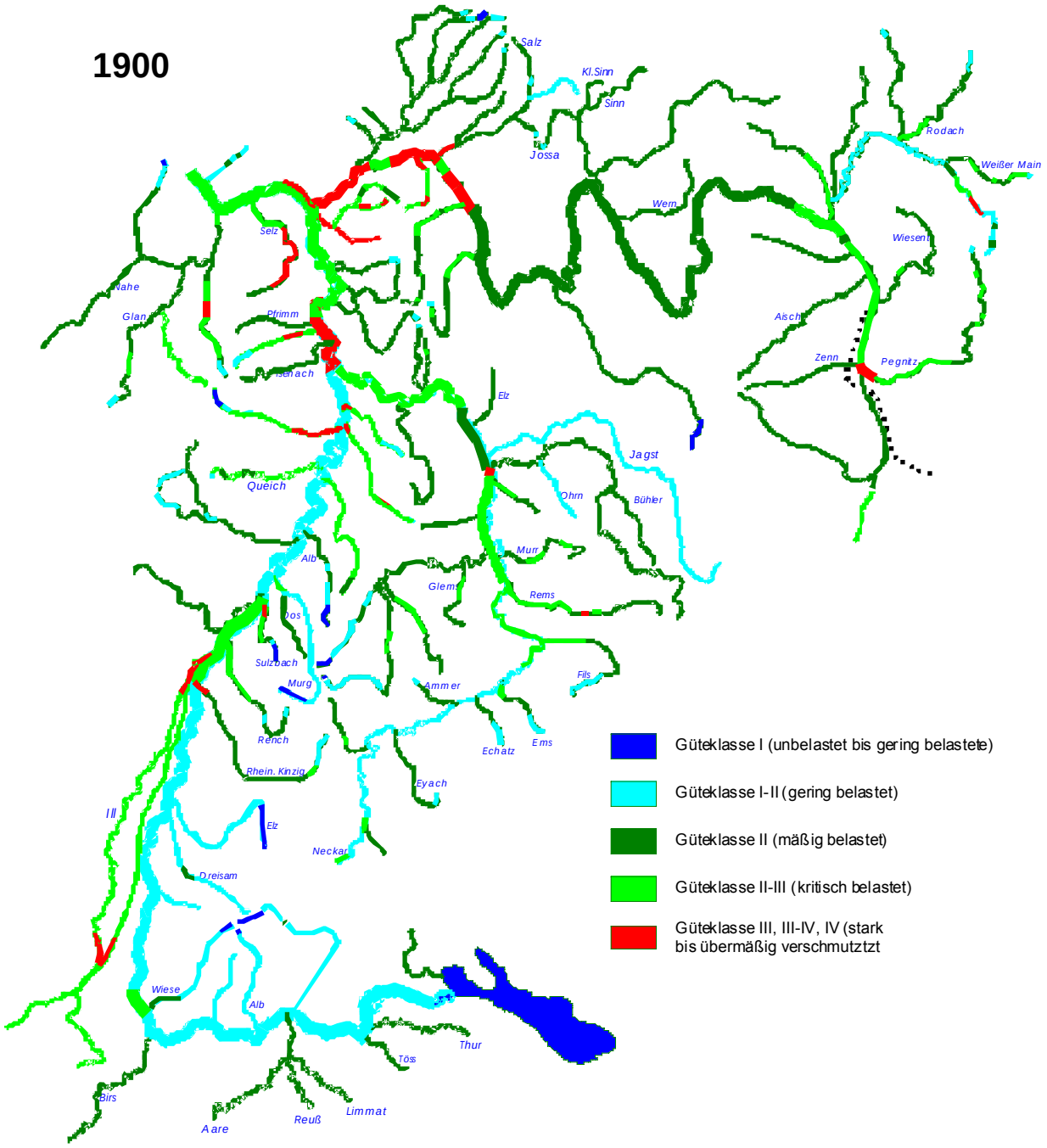
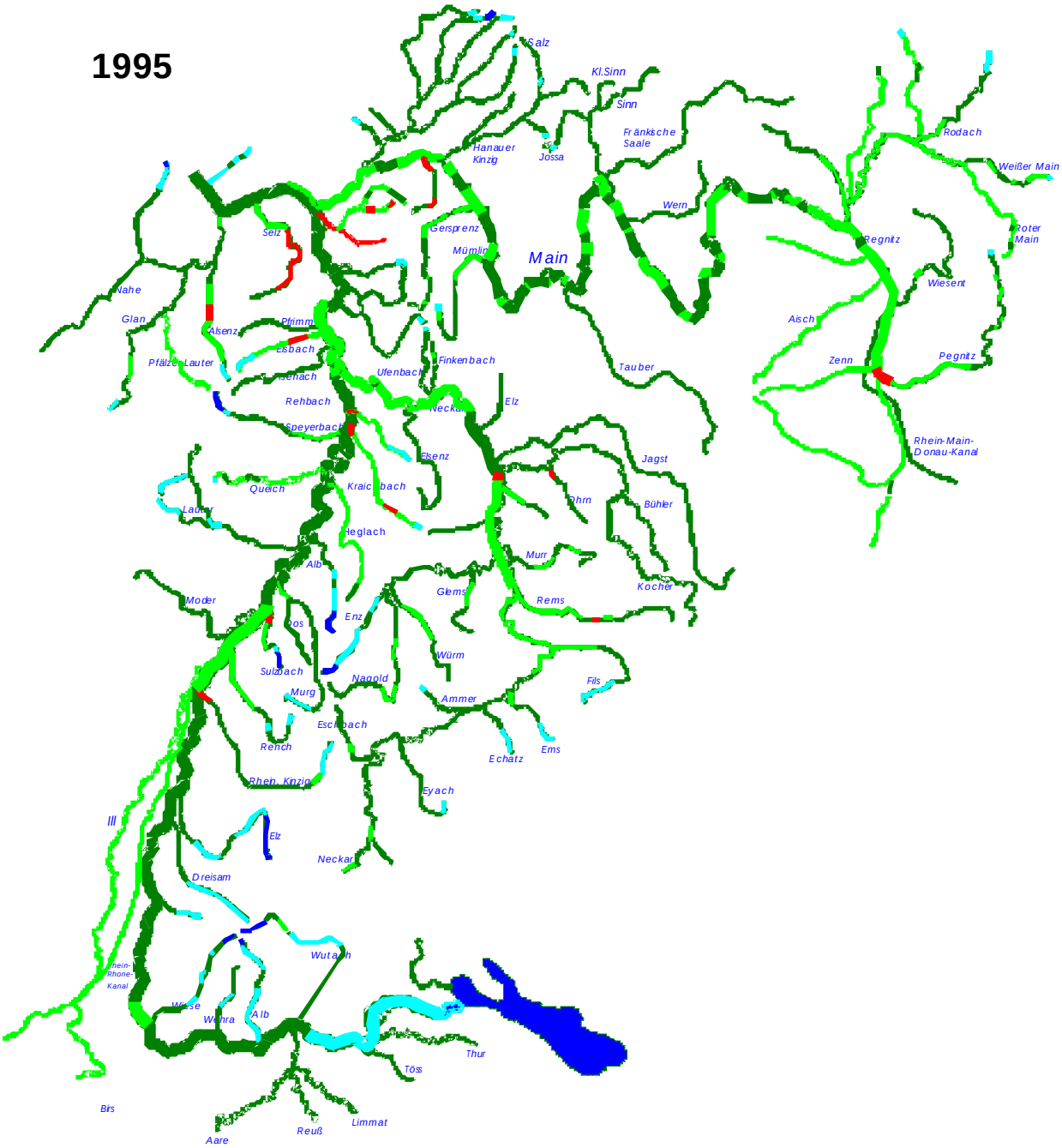


Abb. 16
Gewässergütekarte 1995
nach Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)



4 Geschichte des Gewässerschutzes

Den folgenden Kapiteln liegt die These zugrunde, daß der Gewässerschutzpraxis bis heute traditionelle und zum Teil irrationale Begründungsmuster zugrunde liegen und es eine Illusion ist zu glauben, man könne Ziele des Gewässerschutzes naturwissenschaftlich begründen oder objektivieren. Begriffen wie Gewässergüte, Grenzwert oder Natürlichkeit und Naturnähe fehlt die notwendige Genauigkeit, um verallgemeinerbare Standards zu formulieren. Für wen, zu welchem Zweck ist ein Wasser gut ? Welcher Naturzustand soll als Bewertungsmaßstab herangezogen werden, der von 1400, 1815 oder 1941 ?

Schwellenwerte dafür, ab wann etwas als Schaden erkannt wird sind sehr verschieden und haben sich mit der Zeit stark geändert – die vorangegangenen Kapitel enthalten zahlreiche Beispiele dafür. In den folgenden Kapitel wird daher versucht sich der Frage was Gewässerschutz war, ist und sein könnte zu nähern, indem Begründungen für bestimmte Interessen untersucht werden.

4.1 Ideengeschichtliche Grundlage der Selbst reinigung ?

Kreislaufvorstellungen

Bezogen auf den stofflichen Gewässerschutz, spielen nicht erst seit dem Kreislaufwirtschaftsgesetz Modelle und Vorstellungen vom Kreislauf eine entscheidende Rolle. Ideengeschichtlich lassen sich solche Kreislaufvorstellungen bereits auf antike Vorbilder (Vorformen) zurückführen. Seit der Antike ist mit einer zyklischen Vorstellung in der Natur (Kreislauf) auch ein reinigender Vorgang (Reproduktion) verbunden, insbesondere beim Kreislauf des Wassers. Das Verständnis für die Entwicklung der Kreislaufvorstellungen und der damit seit der Antike verbundenen Vorstellung der Reinigung bzw. Reproduktion ist m.E. Voraussetzung dafür den Stellenwert der Diskussion um die Selbstreinigung der Flüsse am Ende des 19. Jahrhunderts. Der Begriff der Selbstreinigung ist bis heute zentral geblieben.

Schramm hat in seiner Dissertation eine ideengeschichtliche Aufarbeitung von Kreislaufmodellen begonnen. Sie konzentriert sich auf die Debatte um Agrarchemie und siedlungswasserwirtschaftliche Fragen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Ziel war neben der Historiographie vor allem aus einem *„historischen Verständnis heraus wesentliche konzeptionelle Limitationen eines Kreislaufdenkens nachzuzeichnen“* (SCHRAMM 1997:10). Schrammbetrachtet den Begriff Kreislauf auf 3 Ebenen: als Konzept, als Modell und als Symbol. Schramm untersucht dabei den Abbildungswert (Konzept), den Vorbildcharakter (Modell), als auch die Wirkung des Begriffes Kreislauf als politische Leitvorstellung (Symbol).

Kreislauf in der Antike

Nach Schramm waren in der Antike zyklische Weltvorstellungen für Vorhersagen und Handlungsanweisungen von zentraler Bedeutung. Hierzu gehört zum Beispiel die Vorstellung des Hippokrates von der gesundheitsgefährdenden Wirkung von Trinkwasser aus stagnierenden Gewässern. Regenwasser dagegen war für Hippokrates *„am leichtesten, süßesten, feinsten und klarsten“*, da es *„unmittelbar aus dem Kreisprozeß Wasser-Luft-Wasser stammte“*. Nach aristotelischer Auffassung war, um Erneuerung bzw. Re-

produktion zu erreichen, der kreislaufartige Durchgang durch andere Elemente, beispielsweise die Kreisbewegung von Verdunstung und anschließender Kondensation notwendig, die in stillstehenden Gewässern nach der damaligen Anschauung kaum stattfinden konnte (Hippokrates zitiert nach SCHRAMM 1997:43).

Ineinanderverwandlung der antikischen Urelemente

Wesentlich nächste ideengeschichtliche Neuerung sind für Schramm die Kreislaufvorstellungen von KIRCHWEGER 1728, die auf alchimistische Traditionen zurückgehen. Im Unterschied zu diesen wird jedoch der Kreislauf nicht mehr als die *„Ineinanderverwandlung der antikischen Urelemente“* (Himmel, Erde, Wasser, Luft) aufgefaßt. An seine Stelle tritt der Kreislauf von Stoffen (Substanzen, Elementarteilchen). Jede Elementarsphäre behalte nur soviel Substanzen, wie sie für ihren *„Stoffwechsel“* benötige, überflüssige Substanz tritt aus in eine andere Elementarsphäre. So wird auch Verdunstung, Kondensation und letztlich Regen erklärt und der Kreislauf des Wassers beschrieben. Auch in Kirchwegers Konstruktion ist nach Schramm der Kreislauf ein auf die Substanz bezogener zyklischer Reinigungsvorgang. Die nach Schramm *„aufgeklärte Konzeption vom Stoffkreislauf“* von Kirchweger schloß insofern an alchimistiche Traditionen an, als es immer noch um die Umwandlung von Urelementen geht, wenn auch nun durch mehr oder minder identifizierbare Stoffe (SCHRAMM 1997:81-90).

Wasserkreislauf

Schramm widerspricht GARBRECHT 1984, der davon ausgeht, daß die antiken Autoren *„den hydrologischen Kreislauf in seinem grundsätzlichen Ablauf erkannt und beschrieben hätten“*. Er wendet ein, daß Autoren wie Aristoteles keineswegs davon ausgingen, daß das Wasser im Kreislauf geführt würde, sondern daß er *„in der Kondensation eine Verwandlung des Elementes Luft in das Element Wasser“* sah. Zudem gingen einige Autoren, wie z.B. Plinius oder auch Leornardo da Vinci davon aus, daß das Wasser durch eine Art unterirdisches Leitungsnetz vom Meer zurück zu den Quellen kommt. Ein Wasserkreislauf einer ganz anderen Art.

Er widerspricht Garbrecht auch in der Interpretation, den Handwerker und Ingenieur Bernard Palissy zum allein wesentlichen Entdecker des neuzeitlichen hydrogeologischen Kreislaufs zu erklären. Seine Argumentation beruht einerseits darauf, daß Palissy in seiner Zeit praktisch nicht zur Kenntnis genommen wurde und darauf, daß das den damaligen Autoren zugrunde liegende Kreislaufkonzept noch alle möglichen Konstruktionen zuließ. Es dauerte bis zum Ausgang des 18. Jahrhunderts, bis sich auch in rein naturwissenschaftlichen Schriften der hydrogeologische Kreislauf durchsetzte.

Blutkreislauf

Schramm geht davon aus, daß der Rückgriff auf das (noch unfertige) Grundmodell vom Wasserkreislauf für die Vorstellungen des Blutkreislaufs seit dem späten 16. Jahrhundert extrem hilfreich war. Durch den von Harvey 1628 konzipierten Blutkreislauf läuft nur noch ein Stoff, die Blutflüssigkeit (SCHRAMM 1997:118). Unklar dagegen war auch noch lange nach Harvey der eigentliche Vorgang der Reproduktion, der Reinigung (Recycling) des Blutes. Die antikischen Vorstellungen von den Elementen und ihrer kreisförmigen Ineinanderverwandlung mußten endgültig erst nach Lavoisiers Beiträgen zur Klärung der chemischen Natur des Wassers am Ende des 18. Jahrhunderts aufgegeben werden. Erst damit (nach dem Übergang von der Alchimie zur modernen Chemie) wird die heutige Vorstellung vom einheitlichen Wasserkreislauf möglich (SCHRAMM 1997:141).

Erst mit der Verknüpfung von Bilanz- und Kreislaufvorstellung im 19. Jahrhundert werden für Schramm die Modelle des Stoff- bzw. Wasserkreislaufs technisch, ökonomisch und politisch handhabbar (SCHRAMM 1997:144). Da es aus technischen Gründen nicht gelingen konnte, alle Teilstationen (Teilkreisläufe) eines Kreislaufs zu bilanzieren und hochzurechnen, führte dies – zum Teil bis heute – zu immer weiteren Naturabstraktionen.

Stoffkreislauf

Schramm arbeitet heraus, daß das *„proto-ökologische Konzept“* vom Stoffkreislauf unabhängig von Modellvorstellungen vom Wasser, Blut oder

Geldkreislauf entwickelt wurde und auf eigenständigen Vorstellungen wie denen des Botanikers Carl von Linné oder des Chemikers Georg Ernst Stahl aufbaut. Gemeinsam ist bei allen Kreislaufvorstellungen des 17. und 18. Jahrhunderts lediglich der Rückgriff auf antike Vorstellungen von reproduktiv wirkenden Kreisprozessen (SCHRAMM 1997:175).

„Wenn nun aber Gewächse und Thiere verfaulen, werden sie zur Erde (Humus); diese Erde dient nachgehendes zu einer Nahrung der Gewächse, die sich darin säen und Wurzel schlagen, so daß die prächtigste Eiche und schlechteste Nessel aus einerley Stoff sind, nehmlich aus den zartesten Theilen der Erde, (Humus) zusammengesetzt sind, vermöge ihrer Natur oder eines besonderen Lapis philosophorum, den der Schöpfer in jedes Samenkorn gelegt hat, die Erde in ihre eigene Substanz verwandeln. Die Thiere werden nach dem Tode durch die Fäulnis in Erde, die Erde in Gewächse, und diese, wenn sie von den Thieren gefressen werden, und diesselben nähren, wieder in thierische Körper verwandelt. Solchergestalt gehet die in Getreide verwandelte Erde nachher unter dem Namen des Getreide in den menschlichen Körper über, wird darin von der Natur des Menschen in Fleisch, Beine, Nerven &c. verwandelt; wenn aber der Mensch nach dem Tode verfault, gehet die Kraft der Natur verlohren, und der Mensch wird wieder zur Erde von der er genommen war. Wenn sich nun Gewächse in dieser Erde aussäen, wachsen sie darin sehr gut, so daß aus der schönsten Jungfer das häßlichste Bilsenkraut, und aus dem stärksten Goliath der schwächste Hünerdarm werden kann; das Bilsenkraut wird von einem stinkenden Cimex <Wanze> gefressen, und zu einem solchen Thiere; dieser Cimex wird von einem Vogel gefressen, und wird zum Vogel; der Vogel dient dem Menschen zur Speise und wird also Theil derselben.“

(LINNÉ, 1765, Th.2:261ff. zit. in SCHRAMM 1997:151-152)

Bei Linnés Betrachtung lagen zwei Probleme zugrunde: zum einen der Bedarf nach mehr Düngemittel zum anderen das religiöse Interesse der Totenruhe.

„Wenn wir demnach die Erde von einem Kirchhofe nehmen, so nehmen die Theile, welche Menschen ausgemacht haben, und von Menschen in Erde verwandelt worden sind; führen wir diesselbe auf unsre Kohlgärten, und setzen Kohlpflanzen hinein, so bekommen wir Kohlköpfe statt Menschenköpfe. ... Auf diese Weise essen wir unsere Todten, und sie bekommen uns wohl; ich meines Theils aber gestehe, daß ich, wenn ich es wüßte, ... an dergleichen Kohl nicht gerne gehen würde, ich müßte dann sehr starken Appetit haben..“

(LINNÉ, 1765, Th.2:262, zit. in SCHRAMM 1997:153-154)

In der Folge sind es vor allem Chemiker, die die Ideen vom Kreislauf aus der alchimistichen Tradition herauszulösen beginnen. Als wichtiger Wegbereiter gilt der Chemiker Georg Ernst Stahl, der die Verbrennung als einen umkehrbaren chemischen Vorgang bezeichnet (im Gegensatz z.B. zu Paracelsus u.a.) und den Zusammenhang zwischen belebter und unbelebter Natur durch die Stoffe betont. Es liegt daher nahe, daß er sich u.a. mit der Erklärung von Zersetzungs- und Fäulnisvorgängen beschäftigt. Aus seinen Untersuchungen wird plausibel, daß die Luft keineswegs ein einheitlicher Stoff sein kann. Ein brennbarer Stoff – das Phlogiston – sollte bei allen Verbrennungsvorgängen entweichen. Diese erste einheitliche Deutung chemischer Vorgänge (Phlogistontheorie) beherrschte die chemischen Vorstellungen des 18. Jahrhunderts. Die Phlogistontheorie läßt sich auch als Kreislauftheorie interpretieren. Wenngleich Stahl eine solche nicht explizit formuliert, kann man in seiner Konstruktion von Auf- und Abbau der zusammengesetzten Substanzen der Naturreiche und seiner Beschreibung als „Zirkulation“, das Bild des Kreislaufs wiedererkennen.

Stahls Vorstellungen der Zirkulation unterscheiden sich jedoch noch deutlich vom Bild des modernen Stoffkreislaufs. Der Stofferhaltungssatz, *„die prinzipielle Nichtvernichtbarkeit“* (SCHRAMM 1997:170) ist noch nicht allgemein anerkannt, so daß ein wichtiges ideengeschichtliches Merkmal der Vorstellungen vom Stoffkreislauf noch entwickelt werden muß, nämlich die Verknüpfung der Zirkulationsvorstellungen mit Stoffbilanzen.

Auch in theoretischer Hinsicht gab es nach Schramm für Protochemiker des 18. Jahrhunderts wie Stahl kaum Gründe, in Stoffkreisläufen zu denken. Sie

arbeiteten noch an der Überwindung der Materiekonstruktionen und waren *„wenig daran interessiert, den Weg dieser Materie durch die Welt zu verfolgen“* (SCHRAMM 1997:177).

Die Annahme der Erhaltung von der Materie (vgl. z.B. LAVOISIER 1789) gilt als eine der wesentlichen Grundlagen der aufgeklärten Naturforschung des 19. Jahrhunderts. Es ermöglichte die quantitative Untersuchung chemischer Reaktionen, die Entwicklung stöchiometrischer Gleichungen und damit von Stoffbilanzen. Trotz der Popularisierung des Bildes vom Kreislauf, z.B. bei der Beschreibung des Recyclings von Alltagsgegenständen um 1800, findet der Begriff des Stoffkreislaufes in der frühen Fachliteratur der Chemiker noch keine Anwendung. Die Chemiker verlagerten ihren Experimentalraum mehr und mehr in ihre Labors, ihre Erklärungen entfernten sich zunächst von der *„Natur“*. Auch die Untersuchungen zu den Grundlagen der Pflanzenernährung und die Analyse der Böden fand damals schon im Labor statt. Die wichtige Frage des Ertrags und der Ernährung gab diesem wissenschaftlichen Zweig die notwendige Aufmerksamkeit.

Für Schramm – und darin folgt er im wesentlichen Krohn und Schäfer (SCHÄFER 1985) – ist die „Agrikulturchemie“ Justus von Liebigs die erste etablierte und angewandte Wissenschaft, die auf Vorstellungen des Stoffkreislaufes im modernen Sinne zurückgreift.

„Liebig war von der – bezogen auf die damalige Praxis – kritischen Absicht geleitet, daß die Landwirte den biogeochemischen Stoffaustausch auf ihren Feldern bilanzieren müßten; dabei sollte das Ideal vom Schließen der Stoffkreisläufe handlungsanleitend sein. Vor allem Krohn und Schäfer haben nachdrücklich darauf hingewiesen, daß deshalb der Nährstoffkreislauf als ein Grundbegriff des durch Liebig entscheidend geförderten „agrikulturchemischen Paradigmas“ anzusehen ist. Krohn und Schäfer machten in ihrer dem Finalisierungstheorem verpflichteten Untersuchung deutlich, daß Liebig den Stoffkreislauf als normative Vorstellung entwickelte, die einen ökologisch-reproduktiven Zweck erreichen sollte;...“. (SCHRAMM 1997:190-191)

Die Begründung Liebigs baut auf der normativen Vorstellung vom Gleichgewicht des veratmeten Sauerstoffs der Tiere zur Aufnahme des Kohlendioxids der Pflanzen auf. Von den zum Teil noch falschen Vorstellungen über die Atmungsvorgänge, beschreibt er zunächst den Kreislauf des Kohlenstoffs, später der Nährstoffe wie Stickstoff, Phosphor, Kalk und Kalium. Als Begründer der *„Mineraltheorie“* konzentriert er sich in den späteren Schriften auf den Stickstoff, als vermeintlichen wesentlichen Minimumfaktor. Ohne jeden empirischen Beleg ging er davon aus, daß der Stickstoff, ähnlich wie der Kohlenstoff, aus der Atmosphäre in den Boden gelange und auch hier ein Gleichgewicht gestört würde, wenn dem Boden durch Nahrungspflanzen Stickstoff entzogen würde. Daraus leitet er seine Vorschläge für die Landwirte zur Nährstoffversorgung ab. *„Nährstoffverlust und Düngerabgabe müßten ins Gleichgewicht“* (SCHRAMM 1997:194) gebracht werden. Die Begründung der Kreislaufvorstellungen beruht zum erstenmal auf einer Bilanz. Die Landwirtschaft wird als Störung des natürlichen Gleichgewichts verstanden, das durch Düngerzugabe wieder hergestellt werden kann (muß).

Liebigs Vorschläge für die Landwirtschaft stießen zunächst auf wenig Umsetzungswillen bei den Landwirten, wie Liebig in seiner Auflage der Agrikulturchemie von 1862 bedauert und mit englische Erfahrungen mahnt.

„Der englische Farmer wisse zuverlässig, daß die Erträge seiner Felder fallen würden, wenn er diese Stoffe nicht wieder ersetze.“ (LIEBIG 1862:36)

Er kritisiert in diesem Zusammenhang auch die Praxis Englands, mittels der Kanalisation die Nährstoffe aus den Fäkalien in die Flüsse fortzuspülen.

Die Untersuchungen Liebigs konzentrieren sich, trotz der ansatzweise vorhandenen (proto-)ökologischen Betrachtung des Bodens bzw. der Stoffkreisläufe, auf die Bilanzierung des Ackers, d.h. vorangiges Ziel war es Nährstoffmangel bei der Pflanzenproduktion zu verhindern.

In der Debatte um die Neuordnung der Fäkalienabfuhr versuchte er seine Konstruktion von der Nährstoffbilanzierung zu verankern und schlug mehrfach vor, daß jeder Landwirt ebensoviel Düngestoffe aus der Stadt abführen solle als er Erträge einführe. In den Folgejahren beriefen sich folglich alle Abfuhrbefürworter auf die Autorität Liebigs. Liebig bezog jedoch in der Frage der Kanalisation keine eindeutige Stellung. In seinem Gutachten von 1865 für die Stadt London hielt er die Schwemmkanalisation auf der Grundlage einer „ausgiebigen Wasserleitung“ für die angemessenste Methode. Gleichzeitig kritisiert er die Verluste der Nährstoffe und spricht sich in seinem Gutachten deutlich für die Verrieselung der Kanalisationsabwässer aus. Mittels Dampfmaschinenpumpe sollten die verflüssigten Fäkalien auf die Felder gebracht werden und den, aus Liebigs Sicht, aufwendigeren Transport in Tonnen ersetzen (SCHRAMM 1997: 206-207). Schramm identifiziert umwelthistorisch in dieser undifferenzierten Sichtweise Liebigs den Ausgangspunkt erheblicher Folgeschäden (SCHRAMM (1997:208-210).

Der Hinweis auf die mögliche Anlage von Rieselfeldern führte in vielen Städten zur Durchsetzung von Spülklosetts und Kanalisation. Tatsächlich wurde auf die Anlage von Rieselfelder mit dem Argument der nicht Finanzierbarkeit bis auf wenige Ausnahmen verzichtet.

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erfährt der Begriff des Kreislaufs vielfältige Popularisierungen und Überhöhungen. Insbesondere das Wasser wird zum Symbol des Kreislaufs schlechthin und damit zum Symbol der Zusammenhänge in der Natur. Die Eingriffe des Menschen in diesen Kreislauf stehen somit nicht im Einklang mit der Natur und müssen ausgeglichen werden. Verdunstung und Destillation werden als Argumente für „Reproduktionskräfte“ der Natur benutzt. Wasser und Luft würden durch diese Selbstheilungskräfte ihrer Stoffnatur nach immer gleich bleiben. Die Sonnenenergie wird zum Motor der Stoffkreisläufe des Wassers, des Sauerstoffs und des Kohlenstoffs und damit der Selbstreinigung (vgl. WINKLER 1913a, nach SCHRAMM 1997:225).

Kreislauf als Symbol der Selbstreinigung

Der Kreislauf in der Natur wird zum Symbol für Selbstreinigungsvorgänge der Natur. In der Diskussion um die Städtereinigungsfrage in England wird dies ganz deutlich. Kreislaufvorstellungen dienten den britischen Ärzten und Hygienikern als Handlungsanweisungen. Die Probleme der industrialisierten Städte führte man auf allgemeine Tendenzen der Stagnation zurück. Leitbild und Ziel der Bemühungen sollte die Wiederherstellung der Zirkulation sein. Es ging dabei sowohl um die Lösung hygienischer als auch sozialer Fragen. Der Begriff der Gesundheit ist ebenfalls unter beiden Gesichtspunkten zu deuten. Es ist daher nur folgerichtig, daß Chadwick den menschlichen Körper, insbesondere den Blutkreislauf, als Analogie für seine Argumentationen verwendet.

Die Vene als Analogie zum Abwasserkanal

Das benutzte Bild vom natürlichen Kreislauf und der Stadt als Organismus in Analogie zum menschlichen Körper war einfach und überzeugend. Mit Dampfmaschinen betriebene Pumpen (Herz) sollten über Wasserleitungen (Venen) den „sozialen Organismus“ Stadt mit sauberem Quellwasser versorgen. Das entstehende Abwasser von dort über die Kanalisation (Arterien) ggf. wieder über eine Pumpe (Herz) in das Meer fließen, um von dort gereinigt über den natürlichen Kreislauf des Wassers (Selbstreinigung) wieder zu den Quellen zurück zu zirkulieren (SCHRAMM 1997:229, vgl. auch SIMSON 1983). Die Einfachheit dieses Bildes muß bestechend gewesen sein. Auch die maßgebenden Ingenieure der ersten Kanalisationsprojekte in Deutschland (Lindley in Hamburg, Hobrecht in Berlin und Varrentrapp in Frankfurt) wußten dieses einfache Bild für ihre Zwecke zu nutzen.

Das einfache Bild war aber in der Konsequenz vor allem deshalb irreführend, weil es völlig undifferenziert den Wasserkreislauf mit denen Kreisläufen der Stoffe gleichsetzt.

Die technische Variante der Verrieselung der Abwässer vor der Einleitung veränderte an dem eingängigen Bild nichts. Die Bodenpassage verband in idealer Weise die Vorstellung der natürlichen Selbstreinigungskraft mit der Forderung Liebigs nach Nutzung der Nährstoffe. Auch Liebig, der ein differenziertes Bild von den Kreisläufen der Stoffe gegenüber dem Wasserkreislauf hätte haben müssen, konnte oder wollte diesem Bild offensichtlich nicht konsequent entgegentreten. Sein „Stoffkreislauf“ war vor allem orientiert an der Stoffbilanz der Äcker und Kulturpflanzen. Es bleibt die Frage, ob er die Gleichsetzung von Wasser- und Stoffkreisläufen daher nicht erkannte.

Bilanz und Geldkreislauf

Schramm widerspricht der in der Literatur gemachten Behauptung, daß Liebigs Agrarchemie die Leitvorstellung des Kreislaufs zugrunde liege, sondern lediglich eine an der Düngepraxis orientierte Bilanzierung. Hinzu kommt bei Liebig der Vergleich am Industriebetrieb und dem Geldkreislauf.

„Der landwirtschaftliche Betrieb ist seiner Grundlage nach in keiner Weise verschieden von einem gewöhnlichen industriellen Betriebe. Der Fabrikant und Manufacturist weiß, daß sein Anlage- und Betriebs-Capital dauernd nicht abnehmen darf, wenn sein Geschäft nicht ein Ende nehmen soll, und so setzt der vernünftige landwirthschaftliche Betrieb voraus, daß der Landwirth die Summe der wirkenden Dinge im Boden, mit welchen er seine Producte erzeugt, wenn er höhere Ernten haben will, vermehren müsse.“ (LIEBIG 1862:147)

In Deutschland hat jedenfalls die Gleichsetzung von Wasser- und Stoffkreisläufen wesentlich zur Durchsetzung der Schwemmkanalisation, des Spülklosetts und damit zur allgemeinen Akzeptanz der Flüsse als „natürliche Kanäle für jegliches Abwasser“ beigetragen. Die Natur wird mit einer chemischen Fabrik verglichen, die zugeführte Stoffe immerzu umsetzt und sich selbst fortwährend reproduziert. Folglich kann es Verschmutzungen in der Natur nicht geben. Die Natur wird als Vorbild für die chemische Fabrik herangezogen. Da der Industrie aber nicht die gleichen Mittel (Energiemengen) zur Verfügung stehen wie der Natur, kann von einer Fabrik keine Nullemission verlangt werden (WINKLER 1913b). Winkler war daher, nicht zuletzt auch aus volkswirtschaftlicher Sicht dafür, auf die Selbstreinigungskräfte der natürlichen Kreisläufe zu setzen. Insbesondere der große Wasserkreislauf sorge dafür, daß alle Verunreinigungen sich als Exkludate an vermeintlich unproblematischen Stellen der Natur ablagern oder doch sehr stark verdünnen würden. Es wurde übersehen oder verdrängt, daß dies bis zu einem gewissen Grad nur für den großen Wasserkreislauf galt, aber in keinem Fall für die sonstigen Stoffkreisläufe, die durch das Endlager Meer die Kreisläufe unweigerlich störten. (SCHRAMM 1997:234-235).

Ausnahmen wurden lediglich für Verunreinigungen bzw. Stoffe gemacht, die sich aus ökonomischen Gründen zur Weiterverarbeitung eigneten und die die Ökonomie heute als Kuppelprodukte bezeichnet. Auch das down-cycling gehörte seit den Anfängen der Industrie zum allgemeinen Repertoir (vgl. BABBAGE 1833). Die weitgehende Verwendung von industriellen Abfallstoffen als Düngemittel wird von der chemischen Industrie zum Teil bis heute als „perfektes Recycling“ verkauft. Insbesondere das so preiswert anzubietende Kuppelprodukt „Thomasmehl“, führte dazu, daß sich der Transport der Exkremente auf die Felder und damit das Schließen lokaler Stoffkreisläufe nicht mehr lohnte.

Analogiebildung zwischen Natur und Fabrik

Die konstruierte Analogie zwischen Fabrik und Natur verlangte geradezu danach, auch die Produktion und den Stoffdurchfluß in der Natur zu steigern. Es wurde dabei nicht hinterfragt, ob die Erhöhung des Stoffdurchflusses die Natur nicht so stark verändert (z.B. in bodenökologischer und biogeochemischer Hinsicht), daß sie sich auch für eine gesellschaftliche Entwicklung als störend erweisen würde. Das Vertrauen in die selbstreinigenden Kräfte der Natur und die Reproduktionskraft war durch das Bild des Kreislaufes offensichtlich kaum zu erschüttern. Als Antrieb dieses Kreislaufes galt die Sonne als schier unerschöpfliche Energiequelle.

Auch die schärfsten Kritiker von Schwemmkanal und WC sowie der Flußverunreinigung konnten sich dieser Kreislaufvorstellung nicht entziehen. Folglich konnten sie das Argument des Stoffkreislaufes für ihre eigene Argumentation kaum nutzen. Ihnen blieben lediglich Argumente wie das der Nährstoffverschwendung, des Risikos durch die Einleitung von Krankheitskeimen sowie Fischsterben.

Die Folgen dieses Glaubens an die scheinbar unbegrenzt mögliche Dynamisierung des Stoffdurchflußes, wie z.B. die enorme Verschiebung von Nährstoffen in die Randzonen der Meere, wurden weder erkannt noch thematisiert.

„Angesichts der mit der Weltanschauung des Vulgärmaterialismus im Einklang befindlichen sanitärtechnischen Lösungsvision wurde überhaupt nicht thematisiert, daß das rein-technische Anfügen von mehreren Stofftransportmechanismen und technisch betriebenen Teilkreisläufen, in denen die verschiedensten Zirkulate miteinander vermischt wurden, auf Dauer wahrscheinlich auch unter technischen Gesichtspunkten aufwendiger sein müßte als die Etablierung eines sozial und ökologisch nachhaltigen Umgangs mit den Stoffkreisläufen der Biogeosphäre. Historisch brauchte aber dieser Gedanke der Nachhaltigkeit nicht eingeführt werden, da der Kreislauf von vornherein als ewig funktionierend galt. Daher konnte sich auch im 20. Jahrhundert die praktische Orientierung an Stoffkreisläufen auf die Behebung von etwaigen regionalen Bilanzstörungen durch Wiederherstellung der Substanzmengen an bestimmten Stationen beschränken.“ (SCHRAMM 1997:251-252)

Eine konzeptionell klare Trennung zwischen Stoff- und Wasserkreislauf beim Abwassermanagement konnte sich bis heute nicht durchsetzen. Offenbar entwickeln sich die verschiedenen konstruierten Kreisläufe scheinbar noch immer unabhängig voneinander.

Bis heute ist das Abfallmanagement, zumindest in Deutschland, organisatorisch, rechtlich und auch wissenschaftlich vom Bereich des Abwassers getrennt. Mit dem Abfallproblem scheint der Begriff Stoffkreislauf wesentlich enger verknüpft zu sein als mit dem Thema Abwasser. Das Kreislaufwirtschaftsgesetz ist ein Abfallgesetz, kein Wassergesetz.

Selbst ausgesprochenen Stoffkreislaufspezialisten wie Liebig gelang es nicht, zur Lösung des Konflikts zwischen der Städtereinigungsfrage und der Flußverunreinigungsfrage beizutragen. Die vermeintliche Lösung „Verrieselung“ interpretiere ich als „faulen Kompromiß“ zwischen der Parteinahme für den notwendig erachtenden Stoffkreislauf und dem gesellschaftlichen Zwang zum Statussymbol Wasserklosett seiner Zeit/bzw. Liebigs gesellschaftlicher Stellung. Die Erkenntnis der Steigerung des Pflanzenwachstums durch Zugabe eines einzelnen, ins Minimum geratenen Nährstoffes, war Auslöser für die schnelle Verbreitung von Handelsdüngern wie Guano oder Thomasmehl. Damit nahm das Interesse an organischen Düngern aus der Stadt ab und sie wurden zum Entsorgungsproblem.

4.2 Die Vorstellungen von der „Selbstreinigung“

Stand der biologischen Wissenschaften

Bereits um 1620 hat Antony van Leeuwenhoek *„Leben im Wassertropfen“* beobachtet und in der Folge sind eine ganze Reihe von systematischen Arbeiten zu den Organismen im wäßrigen Milieu entstanden. Stellvertretend sei hier nur das grundlegende Werk Ehrenbergs über „Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen“ genannt, in dem die damals bekannten einzelligen Tiere beschrieben und erstmals zusammenfassend auf 64 Kupfertafeln dargestellt werden (EHRENBERG 1838).

Erste Indikatoren und mikroskopische Untersuchungen des Trinkwassers

Es dauerte bis zur Mitte des 19. Jahrhundert, bis die Organismen des Wassers auch unter dem Gesichtspunkt der Gewässergüte oder des Verschmutzungsrades des Wassers oder Gewässers betrachtet wurden. Auf eine der

ersten Arbeiten hat Thienemann hingewiesen, die 1848 erschienene Arbeit von M. Kolenati über den „Nutzen und Schaden von Trichopteren“ (KOLENATI 1848). Für den Autor gelten Köcherfliegen als Anzeiger für ein gutes Fischgewässer. Zwei Jahre später veranlaßten Klagen über verschmutztes Wasser und die Vermutung, daß die Ausbreitung der Cholera über verschmutztes Wasser erfolgt, den Apotheker und Botaniker A.H. Hassall zu mikroskopischen Untersuchungen von einigen englischen Gewässern, u.a. der Themse sowie des Leitungswassers der verschiedenen Wasserversorgungsgesellschaften Londons. Seine Arbeit *„A microscopic examination of the water supplied to the inhabitants of London and the suburban districts“* bildet sämtliche mikroskopierten Bewohner der verschiedenen Wasserproben auf Tafeln ab. Er hält die Lebewesen an sich für nicht schädlich, aber wichtig als Indiz für Verunreinigungen. Er erläutert, daß Trinkwasser, das aus verschmutzten Flüssen entnommen werde, zwangsläufig auch verschmutzt sein müsse und fordert daher die Filtration des Trinkwassers, sofern es weiterhin aus verschmutztem Flußwasser entnommen werden soll. Bereits Hassall äußert deutlich Kritik an den ausschließlich an Gewinn orientierten Londoner Versorgungsunternehmen:

"ein Teil der Londoner müssen ihre eigenen Exkremente trinken und für dieses Privileg auch noch bezahlen". (HASSALL 1850)

Auf die aus den Flüssen aufsteigenden Faulgase und ihre gesundheitsschädigende Wirkungen macht er aufmerksam (HASSALL 1850).

Selbstreinigung in England

SCHUA & SCHUA (1981) gehen davon aus, daß die Lehre von der Selbstreinigung auf den Chemiker Dr. Letheby, Prof. am London Hospital und Medicinalbeamter für die Gesundheitspflege der Stadt London zurückgeht. Seine Arbeiten aus den 1860iger Jahren zeigen, daß in einem schnell fließenden Fluß mit reicher Vegetation eine Verunreinigung durch Kanalwasser, das mit seinem zwanzigfachen Volumen Flußwasser vermischt wird, bereits nach 10-12 Meilen weder auf chemischem noch auf mikroskopischem Wege nachgewiesen werden könne. Anhand seiner Ergebnisse kommt er zu dem Schluß, daß im Fluß eine vollständige Oxydation stattgefunden haben muß, kein Rückstand mehr an organischer Substanz im Wasser gefunden werden könne und es folglich absolut unschädlich als Trinkwasser sei. Es sei eine Übertreibung, wenn man den Rat erteile, man sollte Wasser, von dem man wisse, daß es einmal mit Auswurfstoffen vermischt worden sei, womöglich niemals mehr als Trinkwasser benutzen. Wenn es, mit seinem Vielfachen an reinem Flußwasser gemischt und etwa 20 englische Meilen Fließstrecke hinter sich hätte, sei es durch die oxydierende Wirkung des von dem fließenden Wasser aus der Luft absorbierten Sauerstoffs, die Absorptionsfähigkeit des Flußbettes sowie der darin wachsenden Pflanzen vollständig gereinigt (vgl. VARRENTRAPP, F. 1869:443-444).

Letheby war damit zum wissenschaftlichen Sprachrohr der Wasserversorger Londons geworden, die sich, wie die königliche Commission für Wasserversorgung, für die Beibehaltung der Wasserversorgung Londons aus der Themse ausgesprochen hatten. Die Commission befand, daß man mit den jetzigen Einrichtungen sehr gut lebe und neue Einrichtungen nur neue Ausgaben und neue Übelstände brächten. Lethebys Hauptkontrahent war der amtlich verpflichtete Chemiker Dr. Frankland. Seine Aufgabe war die chemische Untersuchung des Trinkwassers von London. Seine Untersuchungen widersprachen denen Lethebys. Für Frankland waren die erhöhten Werte an Nitraten, Ammoniak, Salpetersäure und auch Kochsalz deutliche Belege für den unvollständigen Abbau der Kloakenverunreinigung und damit der Beweis, daß die Oxidation der Verunreinigungen deutlich langsamer abliefen, als die Unternehmen der Wasserversorger und die Mitglieder der Commission für Wasserversorgung dies gern gesehen hätten. Franz Varrentrapp hat den Streit zwischen Letheby und Frankland für den deutschsprachigen Raum zusammengefaßt (VARRENTRAPP, F. 1869). Die Diskussion ging damals hauptsächlich um die Frage, ob durch Beimengung von Auswurfstoffen ver-

unreinigtes Flußwasser nach einer gewissen Fließstrecke genauso rein ist, wie Quellwasser, das von fernen Gegenden mit großem finanziellen Aufwand herangeführt wird. Weder die Wasserversorgungsunternehmer noch die Commission wagten damals der Forderung nach reinem Trinkwasser entgegenzutreten. So versuchten sie die Person Frankland und seine chemischen Nachweisverfahren in Mißkredit zu bringen, um ihre Position „Trinkwasser aus der Themse“ aufrecht erhalten zu können. Dies gelang jedoch nur zum Teil. 1868 wurde die *„Commission to inquire into the best means of preventing the pollution of rivers“* unter der Leitung von M. Frankland eingerichtet und Frankland unternahm die wohl ersten systematischen Experimente zur Frage der Selbstreinigung (KÖNIG 1887). Ins deutsche übersetzte Auszüge aus den Berichten der englischen Commission sind abgedruckt in der Deutschen Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege im Jahre 1878.

Die erste BSB_5-Messung (aus KÖNIG 1887:95-97)

Frankland mischte 1 Anteil Londoner Kanalwasser mit 9 Teilen Wasser und bestimmte den darin enthaltenen Anteil an Kohlenstoff (2,67 mg/l) und Stickstoff (0,81 mg/l). Das Wasser wurde nun über einen 3 Fuß hohen Abfall ständig in Bewegung gehalten und war der Luft und dem Sonnenlicht ausgesetzt. Nach 92 Stunden stellte man fest, daß an Kohlenstoff nur noch 2,5 mg/l und an Stickstoff nur noch 0,58 mg/l zu messen waren und nach weiteren 96 Stunden 2 mg/l an Kohlenstoff und 0,54 mg/l an Stickstoff. Die Commission schloß daraus, daß der Abbau der organischen Stoffe nur vergleichsweise langsam vor sich geht und stellte fest, daß es in ganz England keinen Fluß gebe, der lang genug wäre, um die organische Fracht vollständig abzubauen. Die Abnahme des Kohlenstoffs und des Stickstoffs erklärte man sich durch die rein chemische Oxidationskraft des im Wasser gelösten Sauerstoffs. Ein weiterer Versuch der Commission bestand darin, 1 Teil Kanalinhalt mit 19 Teilen Wasser zu vermischen und in verschlossenen Gefäßen diffusem Tageslicht auszusetzen. Alle 24 Stunden wurden die Flaschen geöffnet und das Gewicht des im Wasser gelösten Sauerstoffs bestimmt.

Man bestimmte in 1 Liter verdünntem Abwassers an gelöstem Sauerstoff:

unmittelbar nach der Mischung	9,46 mg
nach 24 Stunden	8,03 mg
nach 48 Stunden	6,16 mg
nach 96 Stunden	3,15 mg
nach 120 Stunden	2,01 mg
nach 144 Stunden	0,8 mg
nach 168 Stunden	0,36 mg

Dies ist, wenn auch unter Lichtbedingungen, wohl die erste BSB_5-Messung gewesen.

Die englische Commission kam aufgrund dieser Ergebnisse zu dem Schluß, daß eine Selbstreinigung der Flüsse nicht oder kaum angenommen werden kann.

Selbstreinigung ein biologischer Vorgang (Saprobie und Trophie)

In Deutschland begann eine Diskussion um die Selbstreinigung erst etwa 10 Jahre später, obwohl Prof. Dr. Alexander Müller bereits zur gleichen Zeit die wesentlichen Grundlagen der als Selbstreinigung bezeichneten Umsetzungsvorgänge m.E. vollkommen richtig erkannt und beschrieben hat. Seine aus dem Jahre 1869 stammenden Versuchsergebnisse zur „Selbstreinigung von Spüljauche“, sind zwar seit 1873 publiziert, aber erst bekannt geworden, als Pasteur, Hulwa und Emich ähnliche Untersuchungen unternahmen (z.B. HULWA 1884, 1894, EMICH 1885):

MÜLLER 1873

„Die Bestandtheile der Spüljauche sind wesentlich organischen Ursprungs und demzufolge greift in der Spüljauche ein kräftiger Fäulnissprocess Platz, durch welchen die organischen Stoffe allmälig in mineralische aufgelöst oder kurz „mineralisiert“ und zu Ernährung einer neuen Pflanzengeneration geschickt gemacht werden. Dem oberflächlichen Beobachter erscheint der Vorgang als chemische Selbst-

mischung; in Wirklichkeit aber ist sie vorwaltend ein Verdauungsprocess, in welchem die verschiedenartigsten, meist mikroskopisch kleinen thierischen und pflanzlichen Organismen die organisch gebundene Kraft für ihre Lebenszwecke ausnutzen“ ... „Die Fäulniss der Spüljauche in ihren verschiedenen Stadien charakterisiert sich durch massenhaftes Auftreten von Spirillen, dann von Vibrionen (Schwärmsporen?), endlich von Schimmelpilzen – von da ab beginnt ein Wiederaufbau organischer Substanz mit der Ansiedlung des chlorophyllführenden Protococcus“ . ...

M.E. sind hier die wesentlichen Vorgänge der heute als Saprobie und Trophie bezeichneten biologischen Vorgänge auf den Punkt gebracht und es muß auf den ersten Blick verwundern, warum viele der in den Folgejahren unternommenen Versuche und unzähligen Arbeiten zur Selbstreinigung zu zum Teil vollständig anderen Schlüssen kamen.

Selbstreinigung ein politischer Kampfbegriff

Die Erklärung liegt m.E. darin, daß die eigentlich wissenschaftlich zu klärende Frage von Abbau- und Umbauvorgängen, der als Selbstreinigung benannten Phänomene, zur Klärung hochbrisanter politischer Fragen diente. Bereits der Begriff „Selbstreinigung“ verweist auf die politische Motivation. Wenn ein Gewässer sich von selbst reinigt, muß die Verunreinigung als etwas vollkommen Hinnehmbares erscheinen.

Bakteriologie und mikroskopische Trinkwasseranalyse auf dem Kontinent

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nahm vor allem die systematische Bearbeitung der aquatischen Organismengruppen zu und bis zum Ende des 19. Jahrhunderts lagen zu vielen Gruppen erste zusammenfassende Werke vor (z.B. EATON 1883-1886). Stark zugenommen hatte auch die Anzahl der Bakterienuntersuchung. Grundlegende Arbeiten gehen dabei auf den Botaniker Ferdinand J. Cohn (1828-1898) zurück, der u.a. bei Chr. G. Ehrenberg in Berlin Mikroskopie studiert hatte. Er gründete 1866 das pflanzenphysiologischen Institut in Breslau, das gleichzeitig eines der ersten herausragenden Forschungsstätten der Bakteriologie war. Anläßlich einer Choleraepidemie in Breslau veranlaßte die dortige Sanitätskommission eine Untersuchung des Wassers einiger Hausbrunnen. Die mikroskopische Untersuchung wurde dem damaligen Privatdozenten Cohn übertragen, der 1853 seine Ergebnisse veröffentlichte. Er wertete einige im Trinkwasser festgestellte Organismen als Indiz für eine "nicht zuträgliche Beschaffenheit", hielt die Organismen selbst aber nicht für schädlich bzw. Krankheiten auslösend.

„Wenn das Wasser nicht eine gewisse Menge organischer Substanz enthält, so werden keine Infusorien entstehen und die grossen Räderthiere und Daphnien müßten dann verhungern. Wasser, welches eine größere Menge solcher organischer Substanz enthält, ist leicht geneigt zu faulen...“ „In solchem faulenden Wasser gehen die meisten mikroskopischen Thiere und Pflanzen, insbesondere die grösseren höher organisierten, grün oder sonst gefärbten, bald zu Grunde; dagegen finden in ihm andere Formen jetzt ihren geeignetsten Boden und vermehren sich überwiegend: und zwar ebensowohl Wasserpilze als gewisse Infusorienarten, die man als Gährungs- oder eigentliche Aufgussthierchen bezeichnen kann. Dahin gehören insbesondere neben den Vibrionen die Monaden, Vorticellen, Paramecien, Oxytrichen, all die Formen, die wir in unseren Brunnen beobachteten, und die ebenso in jeder gährenden Infusion in Menge auftreten, in reinen Brunnen-, wie harten Wasser der Bäche, selbst klarer Teiche und Gräben aber fehlen. Ihre Gegenwart in einem Brunnen ist daher ein untrüglicher Beweis, daß das Wasser desselben sich in einem unreinen Zustand befindet, daß es namentlich eine gewisse Menge organischer Substanz enthält, daß es geeignet ist zu faulen...“ (COHN 1853)

Zu diesen ersten Arbeiten der mikroskopischen Analyse von Trinkwasser gehört auch die Arbeit von RADLKOFER 1865, der eine Beurteilung des Trinkwassers aufgrund seiner mikroskopischen Analyse noch offenläßt.

„Welcher Schluß aus diesem Befunde zu ziehen sei, ob das von aussen in das offene Quellbecken gelangte organische Trümmerwerk schon ausreichendes Material zur Ernährung dieser niederen Alge liefere, oder ob auch der in dieser Quelle zu Tage tretende Theil des Grundwassers durch die über seinem Flussgebiete liegenden Dorfschaften und Häuser in erklecklichem Grade mit organischen Zersetzungsproducten geschwängert sei; ob ferner zur Ernährung solcher Organismen vielleicht (RADLKOFER 1865:37)

schon eine so geringe Beimengung organischer Stoffe hinreiche, wie sie wohl fast jedes Quellwasser aus der vegetabilischen Decke des Bodens zugeführt erhält, oder ob endlich unsere Anschauungen über die Ernährung solcher chlorophylloser Wasserpflanzen, wie die beschriebene Palmella flocculosa, einer Correction bedürfen – darüber kann eine Entscheidung erst von der Zukunft erwartet werden. Vielleicht ist die zufällige Beimengung organischen Trümmerwerks nebst der unvermeidlichen Zufuhr organischer Stoffe aus der vegetabilischen Decke schon ausreichend, um die Anwesenheit der in Rede stehenden Vegetation in einer Quelle oder einem Brunnen mit von jedermann noch als gut bezeichnetem Wasser zu erklären.

Nicht die blosse Anwesenheit einer solchen Vegetation, sondern erst das Mass ihres Auftretens würde dann, im Zusammenhalte mit der Quantität und Qualität des gleichzeitig vorhandenen Thierlebens, einen Massstab für die Brauchbarkeit oder etwaige Schädlichkeit des Wassers abgeben.

Als erste Arbeit, die eine vergleichsweise fundierte Bewertung des Trinkwassers auf Grundlage einer mikroskopischen Analyse vornahm, zählt die Arbeit *„Über den Brunnenfaden (Crenothrix polyspora) mit Bemerkungen über die mikroskopische Analyse des Brunnenwassers“* von Ferdinand Cohn aus dem Jahre 1875. Seit seiner Arbeit von 1853 wurden ihm immer wieder Proben verdächtiger Brunnen zur mikroskopischen Untersuchung übergeben. Cohn gibt als Motivation für seine Arbeit an, „dass die mikroskopische Brunnenanalyse, wenn auch zunächst im Dienste der öffentlichen Gesundheitspflege unternommen, doch auch der reinen Wissenschaft manches werthvolle Material zu unterbreiten vermag“. Der überwiegende Teil der Arbeit Cohns ist der von ihm entdeckten Crenothrix polyspora gewidmet. Seine Arbeit liefert jedoch auch eine Beschreibung der Methodik der „mikroskopischen Wasseranalyse“ und schildert die Vorteile gegenüber der bis dahin fast ausschließlich chemischen Untersuchungsmethodik. Etwa 35 Arten werden genannt, die zur Klassifizierung des Wassers in drei Kategorien eingeteilt werden:

- *„an organischen Stoffen armes Wasser“*
- *„Brunnenwasser, das viel organische Reste in fester Form suspendirt enthält“, und*
- *„Brunnenwasser endlich, das organische Stoffe in grosser Quantität gelöst enthält“*

Daneben verweist Cohn auf die Möglichkeit, *„dass unter den mikroskopischen Organismen des Trinkwassers auch solche vorhanden sind, welche zu den Epidemien in directer Beziehung stehen.“* (COHN 1875:115).

Im folgenden sei der weitere Text aus Cohns Arbeit ausführlich zitiert, da er den Wissens- und Diskussionsstand der Infektionsbakteriologie zu dieser Zeit gut zusammenfasst.

„Bekanntlich hat Klob angenommen, die sogenannten Reiswasserstühle der Cholera seien, verschieden von gewöhnlichem Darmschleim, Gallertmassen, welche die Organisation einer Zoogloea besitzen und aus zahllosen äussert kleinen (0,003mm), in Gallert eingebetteten farblosen Zellchen bestehen, die auch frei sich als Bacterien bewegen; diese Angabe ist meines Wissens noch nicht widerlegt worden. Andererseits hat sich aus den Zahlreichen Verhandlungen in der Pariser Akademie und insbesondere durch die Versuche von Raimbert (Comtes rendus 11.10.1869) mit hoher Wahrscheinlichkeit herausgestellt, dass die von Davaine im Blute von milzkrankem Vieh kurze Zeit vor dem Tode in ungeheurer Menge beobachteten Bacteridien, durch Aasfliegen auf gesunde Tiere gebracht, die Ansteckung übertragen. Anscheinend sind diese Bacteridien den corpusculus en chapelets verwandt, welche nach Béchamps und Pasteur`s Beschreibungen im Blute der an der epidemischen Flacherie leidenden Seidenraupen gefunden werden; hieran reiht sich der durch Chauveau mit glücklichem Scharfsinn durch Diffusionsversuche geführte Nachweis, dass das Virus der Schafpocken, der Vaccine und Variola weder gasförmig noch flüssig sein kann, sondern dass es an geformte ausserordentlich kleine Körperchen gebunden sein müsse. Erwägt man alle diese Thatsachen, so lässt sich, wie ich bereits im Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für 1867 (Verhandlungen der botanischen Section vom 12. Dezember p.57) hervorgehoben, die Möglichkeit nicht in Abrede (COHN 1875:115-116)

stellen, dass unter den Schizomyceten und farblosen Palmellen (Bacterien, Zoogloeen etc.) des Brunnenwassers auch die mikroskopischeen Träger specifischer Contagien vorhanden seien. In dieser Beziehung ist hervorzuheben, dass ich fast in allen von mir untersuchten Brunnen, die aus besonders stark von der Cholera inficirten Häusern herrührten, bewegliche Bacterien oder Zoogloeagallert meist in grösster Menge beobachtet habe.

In den Brunnen der Mehlgasse und des Laurentius-Kichhofs, wo 1866 die Seuche mit ganz besonderer Intensität wüthete, habe ich so zahllose Bacterien gefunden, dass dieselben den von mir oben pag. 114 geschilderten Charakter boten und dass ich in meinem amtlichen Bericht an den Stadtphysikus, Geh. Medizinalrath Dr. Wendt im August 1866 die Vermuthung ausgesprochen habe, die sich mir durch den Anblick des mikroskopischen Befundes gewissermassen unwillkührlich aufdrängte, es möchten jene Bacterien vielleicht die unmittelbaren Träger des Choleragiftes sein. Wenn diese Beobachtungen noch zu keinen bestimmten Schlussfolgerungen berechtigen, so liegt dies an dem viel zu spärlichen und unsicheren Material der bisherigen Untersuchungen, namentlich darin, dass noch von keinem einzigen Brunnen regelmässige, mikroskopische Analysen, welche längere Zeiträume umfassen und etwaige Unterschiede in normalen Zeiten und während einer Epidemie hervortreten lassen könnten, gemacht worden sind. Um so dringender scheint mir die Pflicht der Sanitätsbehörden, solche Beobachtungsreihen an möglichst zahlreichen Trinkbrunnen zu veranlassen, deren Ergebnisse, seien sie positiver oder negativer Art, in gleicher Weise der öffentlichen Gesundheitspflege zu Gute kommen würden.“

Cohn gibt mit seiner Arbeit nicht nur der Bakteriologie entscheidende Impulse, sondern legt auch den Grundstein für die Wasseruntersuchung anhand von Organismen aus verschiedensten taxonomischen Gruppen. Vier Jahre nach der Veröffentlichung Cohns nimmt ein Kollege, Prof. Dr. Hirt, die Methode Cohns wieder auf und urteilt über ihren Wert wie folgt:

„Dass man der mikroskopischen Wasseruntersuchung im Vergleich zur chemischen Analyse fast überall einen nur untergeordneten Werth beimisst, hat seinen Grund hauptsächlich in der Thatsache, dass der Mikroskopiker bei Angabe seiner Untersuchungsresultate nicht wie der Chemiker über gewisse allgemein angenommene Grenzwerthe, welche zur Charakteristik der Wasserqualität ausreichen, verfügt, sondern dass er sich einfach auf die Mittheilung des jedesmaligen Befundes beschränken muss, wobei es jedem eben überlassen bleibt, sich von der Güte oder dem Verunreinigungsgrade der untersuchten Wasserprobe ein beliebiges Bild zu entwerfen. Die Unsicherheit in der Deutung der mikroskopischen Befunde war und ist jetzt noch die Hauptursache, die ganze Untersuchung wenn auch nicht mit misstrauischem Auge zu betrachten, so doch in ihrem Werthe stark zu unterschätzen.“...

(HIRT 1879: 92)

„Bei der Beurtheilung der Güte des Wassers wird vorzugsweise auf die Menge der Saprophyten Rücksicht zu nehmen sein, da aus dem Vorkommen einzelner Exemplare wenig oder nichts zu schliessen ist; eine beschränkte Anzahl vereinzelter findet sich bisweilen in gutem Wasser.“

Hirt unterscheidet, unter Bezugnahme auf Cohn, anhand der Häufigkeit von Bakterien, Saprophyten (Pilze), Algen, Infusorien drei Qualitätsstufen: (1) reines (genießbares), (2) verdächtiges und (3) faulendes (ungenießbares) Wasser.

Diese Zitat verweist auf die schon damals unterschiedlichen Sicht- und Herangehensweisen der technisch-gebildeten Ingenieure gegenüber den eher biologisch gebildeten Wissenschaftlern hin. Da sich die Ergebnisse der biologischen Untersuchungsmethode nicht in Zahlen oder Grenzwerten angeben ließen, wurden sie von den Ingenieuren entweder igoriert oder zumindest doch unterschätzt. Dieses Verhältnis, gegenüber lediglich qualitativ zu fassenden Erkenntnissen der Ökologie, hat sich bis heute nur wenig geändert. Bis heute werden von Biologen/Ökologen/Limnologen im angewandten Wissenschaftsbereich grenzwertfähige Ergebnisse erwartet (vgl. Kap.1.1).

HIRT 1879: 93

„Pfisters Mühle“

Cohn war u.a. auch Sachverständiger in dem um 1881/82 geführten Gerichtsstreits der Mühlenbesitzer Müller und Lüderitz aus Bienrod und Wenden gegen die Aktiengesellschaft der Zuckerfabrik Rautheim in Braunschweig. Aus den damaligen Gutachten für den Kläger von Cohn und Bek-

kurts geht hervor, daß die Entwicklung von Schwefelwasserstoff und die Verpilzung des Mühlrades so stark gewesen sein muß, daß der Müller seine Tätigkeit einstellen mußte. Die beiden Müller gewannen in erster Instanz, laut der Entscheidung der 3. Civilkammer beim Herzoglichen Landgericht Braunschweig vom 14.3.1883. Doch legte die beklagte Partei Berufung ein, der das Reichsgericht am 20.5.1884 stattgab. Die Zuckerindustrie hatte zwischen 1881 und 1886 eine wirtschaftliche Krise zu verkraften, die den Beklagten Aktionären als Argument diente, nicht in Reinigungsverfahren investieren zu müssen, deren Effektivität in Zweifel stand (BECKURTS 1882, RAABE 1884, THIENEMANN 1925a,b, POPP 1959, DENKLER 1980).

Der genannte Prozeß diente Wilhelm Raabe als Grundlage für seine Novelle „Pfisters Mühle“, dessen erste Auflage von 1500 Büchern erst nach 10 Jahren verkauft war (RAABE 1884). Die literarische Kritik Raabes richtete sich gegen die damaligen Folgen des „Fortschritts“. Darunter verstand er, neben den Errungenschaften und Neuerungen von Wissenschaft, Technik und Industrie, vor allem die Begleit- und Folgeerscheinung, die den Drang nach rücksichtsloser Bereicherung mit dem Streben nach Glück verwechselten. Das Mühlenmotiv und die Verschmutzung hatte er bereits 1876 in seinen „Krähenfelder Geschichten“ verarbeitet. Darin geht es u.a. um die Innerste (einen vom Harz kommenden Zufluß der Leine), die schon im 18. Jahrhundert durch Bergabwässer stark verschmutzt wurde (RAABE 1876).

Diskussion um Selbstreinigung in Deutschland

Die Diskussion um die Selbstreinigung in Deutschland eröffnen m.E. die Artikel aus den Jahren 1876-1878 in der Deutschen Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege von Professor Baumeister über die *„Verunreinigung der Flüsse und amerikanische Beobachtungen darüber“*. In diesen Artikeln bemängelt Baumeister, daß in Deutschland bisher keine *„zu praktischen Folgerungen geeignete“* Untersuchungen zu Flußverunreinigungen vorliegen und bringt seine Hoffnung zum Ausdruck, daß eine entsprechende vom Verein für öffentliche Gesundheitspflege 1876 beschlossene Eingabe an das Kaiserliche Gesundheitsamt (Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 9:123-125, 1877 in: BA, Abt. Potsdam, RdI 9239, Bl. 5-11) Erfolg habe, um sich nicht länger auf „ausländische Arbeiten“ berufen zu müssen. Aus den von ihm zitierten und beschriebenen Ergebnissen aus den Annual Report(s) of the State Board of Health of Massachusetts von 1876 und 1877 leitet er ab, daß aufgrund der in Massachusetts gemachten Flußwasseruntersuchungen die Selbstreinigung nachgewiesen sei, und die Ergebnisse die Untersuchungen der englischen Commission nicht bestätigen könnten. Der Artikel von Baumeister erscheint im Jahr der Ministerialentscheidung von 1877, die das Einleiten von Urin und Fäkalien in die Kanalisation ausdrücklich untersagt. Sie ließ kein Kanalisationsprojekt ohne ministerielle Zustimmung zu und ohne Abwasserreinigung wurde keinem Kanalisationsprojekt zugestimmt (vgl. Kap. 4.4). Baumeister, als Straßen- Wasser und Kanalisationsbaumeister, begrüßte daher die Ansicht der Amerikaner, ein Einleitungsverbot für unangemessen zu halten. Sein Artikel schließt mit den Worten:

„Wir halten das bei Männern, welche doch die öffentliche Gesundheitspflege ernst nehmen und viel Mühe darauf verwenden, keineswegs für eine einseitige Folge des Dollarstandpunktes, sondern für eine ganz gesunde praktische Behandlung. In Deutschland bedroht uns dagegen leider eine einseitig doctrinäre Anschauung der Sache, indem gewisse Kreise die absolute Reinheit der Gewässer, mindestens diejenige von menschlichen Abfallstoffen, rücksichtslos um jeden Preis wiederherstellen möchten.“ (BAUMEISTER 1877)

Trotz der intensiven Diskussion um Abfuhr oder Kanalisation und die zunehmende Flußverschmutzung und den Forderungen nach Flußuntersuchungen (z.B. durch den Deutschen Verein für öffentliche Gesundheitspflege an das Reichsgesundheitsamt von 1876, vgl. Kap. 4.5), begann die Welle der Untersuchungen zu Flußverunreinigungen und zum Phänomen der Selbstrei-

nigung im deutschsprachigen Raum erst in den 80er Jahren des 19. Jahrhunderts. Zu den ersten ausführlichen Untersuchungen zum Phänomen der Selbstreinigung an einem mitteleuropäischen Fluß gehört die Arbeit von Hulwa zum Einfluß der Abwässer Breslaus auf die Oder (HULWA 1884). Er untersucht nicht nur chemisch, sondern auch biologisch und beschreibt den Vorgang der Saprobie und Trophie anhand der Zu- und Abnahme von Bakterien (Saprogenen), Pilzen und Infusorien (Saprophile) und Algen auf eindrückliche Weise. Bezüglich der Bedeutung der Organismen an der Selbstreinigung und der Bedeutung der Selbstreinigung für die Flüsse kommt er zu folgenden Schlüssen:

„... Wahrscheinlich, dass das niedere und höhere vegetabilische und animalische Leben im Strome hierbei von gewisser Bedeutung sind, indem diese Lebensprozesse entweder nach vorhergängiger Oxydation, oder auch ohne dieselbe jene Stickstoffverbindungen absorbieren und in Formen überführen, welche der analytischen Bestimmung entgehen: möglich auch andererseits, dass entweder während des vegetativen Prozesses, oder beim Aufhören desselben durch die übrigbleibende organische Materie eine stetige Reduction von bereits oxydirten Stickstoffverbindungen zu elementarem Stickstoff erfolgt.

(HULWA 1884, zit. in KÖNIG 1887:106-107)

...

Wenn nach dem Gesagten daran festgehalten werden muss, dass eine Selbstreinigung des Flusswassers in dem angedeutenden Sinne wirklich existiert, so haben andererseits die an einer Anzahl englischer, in überaus hohem Grade verunreinigter Flüsse gemachten Erfahrungen zur Genüge erwiesen, daß es unter Umständen mehr oder weniger wohl auch in der Folge des Vorhandenseins von, die Oxydations-Vorgänge und das Leben der Organismen feindlich beeinflussenden Abwässern aus chemischen Fabriken eine gewisse Grenze der Verunreinigung von Flusswasser gibt, bei welcher die Selbstreinigung nicht mehr im Stande ist, die fäulnissfähigen und fäulnisserregenden Stoffe zu beseitigen oder durchgreifend zu verändern, wo vielmehr Fäulnissprozesse stetig die Oberhand behalten und das Wasser völlig untauglich zum Genusse machen, so dass selbst die ausgdehnteste Filtration ihre sonst so augenfälligen Dienste versagt“

Während Hulwa sich noch unsicher bezüglich der Bedeutung der Organismen ausdrückt, erscheint bereits ein Jahr später eine experimentelle Arbeit, die nachweist, daß die spontane Reinigung mit organischen Stoffen ein rein biologischer Prozeß ist, der unabhängig von der Berührung mit Luftsauerstoff und von der Bewegung des Wassers vor sich gehe und ausschließlich auf niedere Organismen beruhe (EMICH 1885). In mehrtägigen Versuchen beobachtet Emich den organischen Abbau von Abwasser und weist die vollständige Mineralisierung der organischen Stoffe nach. Nach zwei Monaten konnte er bei seinen Versuchen das untersuchte Abwasser nicht mehr von Trinkwasser unterscheiden. Die Wirkung der Mikroorganismen wies er durch Parallelversuche mit sterilisierten Abwasserproben nach. Schon Emich vermutete, daß eine künstliche Belüftung die Abbauprozesse beschleunigen würden (EMICH 1885).

Preisausschreiben des Königs von Sachsen

Aufschwung erhielt die Forschung in Deutschland durch die Ausschreibung eines Preises auf Initiative des Königs von Sachsen. Zunächst sollte der Preis vergeben werden für die beste Arbeit über die Verunreinigung der Gewässer und deren Abhilfe mit besonderer Rücksicht auf Gesundheit und Leben der Fische. Der Preis konnte zunächst nicht zuerteilt werden, die Arbeiten entsprachen offensichtlich nicht den hohen Anforderungen der Ausschreibung. Daraufhin wurde der Preis durch den Vorstand der Hygiene-Ausstellung in Berlin 1882 und 1883 erneut formuliert und ausgeschrieben. Dem Preis des Königs von Sachsen fügte das Comité der Hygiene-Ausstellung zwei Preise und der Deutsche Fischereiverein einen weiteren hinzu.

Schließlich wurden die Preise im Frühjahr verliehen. Der Preis des Königs von Sachsen ging an Joseph König für seine Arbeit *„Die Verunreinigung der Gewässer, deren schädliche Folgen, nebst Mitteln der Reinigung der*

Schmutzwässer" (KÖNIG 1887). Der Fischereibiologe Weigelt erhielt den Preis des Deutschen Fischereivereins für seine Wirkungsanalysen bei Fischen (WEIGELT et al. 1885, vgl. Kap. 4.3) und Georg H. Gerson beide zusätzlichen Preise des Comités (GERSON 1889). Königs Literaturauswertung gilt als die umfangreichste des letzten Jahrhunderts. Seine Darstellung konzentriert sich auf die verschiedenen Abwasserarten, ihre Schädlichkeit in hygienischer und fischereilicher Hinsicht und die Reinigungsverfahren. König kommt bei seiner Diskussion der damals vorliegenden Literatur zu der folgenden Auffassung:

„Eine directe Oxydation durch den Sauerstoff der Luft fand nicht statt; selbst eine solche durch Ozon und Wasserstoffperoxid spielt, wenn sie auch bei dem in der Natur sich abspielenden Reinigungsprozess vielleicht mitwirken, gegenüber dem biologischen Process nur eine untergeordnete Rolle. Die Art der Lebewesen, welche die Reinigung der Wässer bewirken, ist ohne Zweifel je nach Umständen eine verschiedene; jedenfalls wird wie im Boden ... auch im Wasser bei der Selbstreinigung die Zersetzung der organischen Stoffe durch die Lebensthätigkeit von Mikroben verursacht und alle die Factoren, welche diesen Process im Boden beeinflussen, müssen auch im Wasser sich geltend machen, nämlich Wärme, Licht, Luft d.h. Sauerstoffzufuhr etc." (KÖNIG 1887: 99-100)

Gersons Arbeit konzentriert sich gegenüber der Arbeit Königs mehr auf die landwirtschaftlichen Aspekte der Städtereinigung und der Flußverunreinigung. In Bezug auf die Frage der Selbstreinigung führt Gerson aus.

„Es ist nicht schwer, die in einem Abflusswasser vorhandenen Bakterien durch Zusatz eines Alkali (am billigsten meistentheils Kalk) oder durch antiseptische Zusätze (wie Mangen, Eisenchlorid u. dergl.) zu tödten, wie die neusten Untersuchungen des Professor Cohn der Abflusswässer der Zuckerfabriken beweisen; die Selbstreinigung des Flusses wird durch diese Tödtung (nach Müller) aber verlangsamt. Welches Verfahren ist nun das richtige? Man muss wohl annehmen, dass das Vorhandensein von Fäulnisserregern oder Bacterien in Abflusswässern unerwünscht ist, weil die Frage der Selbstreinigung noch nicht entschieden und weil bei Annahme derselben der Fall zu selten ist, dass man einen Flusslauf von einiger Länge nicht für Hausgebrauch und industrielle Zwecke benutzt, dass also diese Benutzung erst dann wieder anfängt, wenn die Selbstreinigung stattgefunden hat, drittens, weil die Bacterien den Fischen schädlich sind." (GERSON 1889: 142-143)

Trotzdem Gerson darauf hinweist, daß die Frage der Selbstreinigung noch nicht entschieden sei, ist auch für ihn der Beweis der wesentlichen Beteiligung der Mikroorganismen an diesem Phänomen spätestens durch Müller und Emich geführt.

Um so bemerkenswerter ist die Wendung, die die Arbeiten in den 1890er Jahren zur Frage der Selbstreinigung bringen. Sie setzt ein mit der 1889 von Prausnitz auf Veranlassung Pettenkofers durchgeführten Untersuchung über den Einfluß der Münchner Kanalisation auf die Isar (PRAUSNITZ 1890). Sie belegt die Abnahme der Bakterien im Längsverlauf der Isar nach der Einleitung der Münchner Kanalwässer (vgl. Tab. 22).

Entfernung von München	Ort der Entnahme	Bakterien in 1ccm Wasser (mittel)
- km	oberhalb München	305
1 km	Bogenhauserbrücke	9394
3,1 km	Hinter dem Eisbach	15 231
4,4 km	Oberföhring	13 503
7 km	Unterföhring	12 607
10 km	Ziegelstadel	8 764
13 km	Ismanning	9111
22 km	Erching	4 796
33 km	Freising	2 378

Tab. 22
Mittelwerte der durch Prausnitz erhobenen Bakterienzahlen in der Isar (aus BUCHNER 1893)

Auch Baumeister hoffte zunächst wie viele andere, daß die Abwässer durch Verdünnung und Selbstreinigung im Flußlauf allmählich unschädlich würden. Doch auch Baumeister mußte bald feststellen, daß Verdünnung und Selbstreinigung nicht für beliebig hohe Einleitungsmengen herhalten können, und auch der Pettenkofersche Grenzwert von der 15-fachen Verdünnung für viele Fälle nicht zu akzeptieren ist. Daher versuchte er die notwendige Verdünnungsrate, die bei Einleitungen von Schmutzwassern einzuhalten sei, mit Hilfe eines mathematischen Modells zu bestimmen. Er ging davon aus, daß die Selbstreinigung ein oxidativer Vorgang sei, der, meistens unter der Einwirkung von Mikroorganismen, wesentlich von der Fließgeschwindigkeit abhängig sei. Daraus leitete er ein Verfahren ab, das sowohl die Wassermenge als auch die Fließgeschwindigkeit des Vorfluters berücksichtigte und schlug zur Berechnung eines Immissionsgrenzwertes folgende Formel vor (BAUMEISTER 1892):

$$VZ = Q\,v / E(1+c)$$

(VZ = Verunreinigungsziffer; Q = Wassermenge des Flusses bei dem niedrigsten Wasserstande $m^3/24$ h; v = mittlere Fließgeschwindigkeit in m/s; E = Einwohnerzahl, c = Verhältniszahl derjenigen Einwohner, welche ihre Fäkalien planmäßig in die Canäle bringen)

Daraus ergaben sich nach Baumeister für verschiedene Flüsse folgende Verunreinigungszahlen.

Tab. 23 Verunreinigungsziffern verschiedener Flüsse (aus BAUMEISTER 1892)

Stadt	**Fluß**	**Q**	**v**	**E**	**c**	**Verunreinigungs-ziffer:**
Breslau	Oder	20	0,7	335 000	1	1,8
Paris	Seine	45	0,13	2 000 000	0,3	1,9
Cassel	Fulda	12	0,4	72 000	0,8	3,2
Stuttgart	Neckar	13	0,6	140 000	0	4,8
Prag	Moldau	30	1,2	283 000	0,9	5,8
Neißse	Bielearm	2	0,97	13 000	1	6,5
Dresden	Elbe	50	0,5	276 000	0,1	7,1
München	Isar	42	1,05	345 000	0,5	7,4
Frankfurt	Main	47	0,6	177 000	0,7	8,1
Magdeburg	Elbe	120	0,58	203 000	0,9	15,6
Würzburg	Main	30	0,8	60 000	0,8	19,2
Heidelberg	Neckar	32	0,7	32 000	0	60,5
Budapest	Donau	700	1,0	420 000	1	72
Basel	Rhein	385	1,08	70 000	0,3	395
Mainz	Rhein	500	0,7	72 000	0	420
Linz	Donau	520	1,1	40 000	1	617

Baumeister führte dann weiter aus, daß für die drei ersten in der Liste genannten Städte eine Reinigung des Kanalwassers angeordnet sei und stellt zur Diskussion, ob eine Verunreinigungsziffer von 5 als niedrigster Wert angesehen werden könne, bei dem Kanalwasser noch unmittelbar in den Fluß geleitet werden dürfe. Der Vorschlag Baumeisters stand im Zusammenhang mit der langjährigen Forderung des Vereins für öffentliche Gesundheitspflege gegenüber der Reichsregierung nach Grenzwerten und entsprechenden wissenschaftlichen Untersuchungen zur Flußverunreinigung (vgl. Kap. 4.5).

Inzwischen wurde von einigen Hygienikern die Frage, ob und wann ein verunreinigtes Flußwasser wieder zur Trinkwasserversorgung herangezogen werden dürfe, von der Wirkung der Selbstreinigung abhängig gemacht. Folglich war die Frage der „Selbstreinigung“ nicht nur Gegenstand zahlreicher Untersuchungen, sondern von hoher praktischer Bedeutung und politischer Brisanz. Bereits Uffelmann stellte in einer der ersten zusammenfassenden Darstellungen über die wissenschaftlichen Untersuchungen zum Phänomen der Selbstreinigung diese praktische Bedeutung der Selbstreinigungsfrage heraus (UFFELMANN 1892).

Er faßt die Faktoren, denen die Reinigung zugeschrieben wird wie folgt zusammen:

- *Schwebende Bestandtheile, organischer und anorganischer Natur, sinken bald rascher, bald langsamer zu Boden und werden dadurch aus dem Wasser eliminiert. Sie bilden den Schlamm und Schlick auf dem Boden des Flußbettes.* (UFFELMANN 1892)
- *Der Zufluss reinen Wassers aus Nebenflüssen und vom Grundwasser her verdünnt die Unreinigkeiten, welche in den Fluss hineingerathen sind.*
- *Wasser pflanzen jeder Art (auch Algen) und Infusorien verzehren gelöste bzw. ungelöste organische Materie und reinigen dadurch das Wasser von ihr.*
- *Mikroorganismen des Wassers zersetzen organische Materie, führen sie in einfache Verbindungen über und reinigen auf diese Weise das Wasser.*

- *Beim Fliessen tritt in Folge der Bewegung eine Lüftung des Wassers ein; dasselbe kommt mit immer neuen Mengen Sauerstoff in Berührung, und oxydirt die organische Materie.*
- *Das Sonnenlicht regt die Oxydation der org. Materie im Wasser an und bringt Mikroben zum Absterben.*
- *Es können während des Laufes gewisse unlösliche anorganische Verbindungen (so Schwefelmetalle) entstehen und ausgefällt, oder Humussubstanzen durch Thone, Aluminiumsulfat, Aluminiumhydroxid niedergeschlagen werden.*

Pettenkofer hatte den Selbstreinigungseffekt in der Isar nicht zuletzt auf die im Wasserlauf enthaltenen Algen zurückgeführt (PETTENKOFER 1890, 1891b,c). Ein 1892 aufgrund der Pettenkoferschen Vermutungen durch die Stadt Köln in Auftrag gegebenes Gutachten stellte für den Rhein fest, daß die Algenzahlen sowie die Ufervegetation viel zu gering sei, um einen wesentlichen Anteil an der Selbstreinigung haben zu können (SCHENK 1893a,b). Schenk stellte massenhaftes Auftreten des "Abwasserpilzes" Beggiatoa alba an einigen Stellen in der Nähe von Köln fest. Seiner Ansicht nach trugen die Beggiatoen unterhalb von Abwassereinleitungen unter anaeroben Bedingungen an flachen Ufern zur Faulschlammbildung bei. Aus der Beobachtung, daß sich an steileren Ufern kein Schlamm absetzte, leitete Schenk den Vorschlag ab, bei allen Schmutzwasserkanälen das Rheinufer durch steile Mauern oder mit Steindämmen zu versehen, um so eine Ablagerung zu verhindern.

Pettenkofer hatte aus den Untersuchungen seiner Mitarbeiter geschlossen, daß die im Fluß vorkommenden Bakterien, die pathogenen Keime aus dem zugeleiteten Abwasser verdrängen würden. Seine Thesen sowie die praktische Bedeutung für die Frage der Trinkwasserversorgung aus Flußwasser führten dazu, daß sich viele der in der Folgezeit durchgeführten Untersuchungen auf die Bedeutung der Vegetation (incl. Algen) und der Bakterien für die „Selbstreinigung“ konzentrierten. Insbesondere Uffelmann ließ durch einige Arbeiten unter seiner Leitung nachweisen, daß sich insbesondere der Typhusbacillus in Flußwasser acht Tage und länger halten kann (UFFELMANN 1892). Er kam daher zu der Ansicht, daß eine direkte Einleitung von Exkrementen in einen Flußlauf, der der Trinkwassergewinnung dienen soll, verboten werden müsse. Er widersprach damit der Auffassung, daß die Einwirkung des Sonnenlichts eine abtötende Wirkung auf pathogene Organismen hätte. Den schädigenden bzw. abtötenden Einfluß des Sonnenlichtes auf Bakterien hatten zuerst die Engländer Downes und Blunt 1877 entdeckt. Auch Prof. Buchner griff die Ergebnisse über die Einwirkung des Sonnenlichts auf und veranlaßt die Überprüfung der Wirkung des Sonnenlichts anhand von Freilanduntersuchungen an der Isar. Die Untersuchungen bestätigten zwar die grundsätzlich abtötende Wirkung des Sonnenlichtes, stellten aber auch klar, daß verschiedene Bakterien unterschiedlich schnell absterben. Zudem konnten seine Mitarbeiter Buchners Vermutung belegen, daß die Bakteriengehalte des Nachts in der Isar wesentlich höher sind als tagsüber gegen abend, und sich somit die keimabtötende Wirkung des Sonnenlichts in Flüssen auf den Tag beschränkt (BUCHNER 1893).

Die Untersuchungen im Auftrag der Stadt Köln aus dem Jahr 1892 stellten zwar ebenfalls eine starke Abnahme der Bakterienzahlen nach der Einleitung der Abwässer der Stadt Köln fest, konnten aber nicht bestätigen, daß die Abnahme vor allem durch das Sonnenlicht zu erklären wäre (STUTZER & KNUBLAUCH 1893). Steuernagel faßte die Ergebnisse von SCHENK 1893a,b und STUTZER & KNUBLAUCH 1893 in der Weise zusammen,

„daß eine Selbstreinigung der Flüsse unbedingt stattfindet, wenn auch die Ursachen derselben bis jetzt von der Wissenschaft noch nicht mit ausreichender Schärfe und Klarheit vollständig nachgewiesen werden können. (STEUERNAGEL 1893)

Erst im Jahre 1898 unternahm Lossen im Rahmen einer Dissertation unter Leitung von Prof. Kruse (Prof. für Hygiene, Bonn) die Überprüfung der Ergebnisse von STUTZER & KNUBLAUCH und konnte nachweisen, daß die Feststellung einer Selbstreinigung auf der Strecke zwischen Köln und Düsseldorf, definiert als Abnahme der Bakterienzahl, weitgehend mit methodischen Fehlern, wie zu geringer Probenahmezahl und der nicht berücksichtigten Schwankungen im Tagesverlauf, erklärt werden können (LOSSEN 1899). Gleichzeitig stellte Lossen auf der Strecke zwischen Mainz und Oberlahnstein eine Abnahme des Bakteriengehaltes um etwa die Hälfte fest. Den Grund für diese Abnahme ließ Lossen bis auf die Vermutung einer gewissen Lichteinwirkung offen. Weiterhin stellte Lossen eine sehr hohe Bakterienzahl beim Bodenseeausfluß nach Konstanz im Vergleich zum Hochrhein fest, die er auf die Verwirbelung des Sedimentes durch regen Schiffsverkehr zurückführte. Kruse gab in seinem Beitrag zur praktischen Hygiene eine Übersicht der bis dahin gemachten Untersuchungen und befaßte sich mit der Frage, welche Verdünnung denn nun für eine Gewinnung von Trinkwasser aus Rheinwasser noch zu akzeptieren wäre. Der Prozeß der bakteriologischen Selbstreinigung sei im wesentlichen auf die Sedimentation zurückzuführen. Kruse kam daher im Gegensatz zu Pettenkofer zu dem Schluß, daß je langsamer die Strömung desto größer die Selbstreinigung sei.

Er argumentierte, daß bei einer 1000fachen Verdünnung weder die Zunahme der suspendierten, noch der gelösten Substanzen im Wasser nachzuweisen seien und man lediglich eine geringe Zunahme der Bakterien erwarten könne. Die Erfahrung hätte gezeigt, daß in Städten, wie z.B. in Worms oder in Hamburg, in denen unter solchen Verhältnissen auf filtriertes Wasser aus Flüssen zurückgegriffen werde, die Typhuserkrankungen in keinem Fall höher seien als in anderen Städten. Kruse ging davon aus, daß der Rhein auch wenn ihm sämtliche Abwässer zugeführt würden, sie mindestens 1000fach verdünnt würden, und daher für den Rhein keinerlei Gefahr bestünde, selbst wenn alle geplanten Kanalisationsprojekte der Städte am Rhein zur Ausführung gelangten (KRUSE 1899).

Trotz der zahlreichen Untersuchungen im letzten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts zur Bedeutung der Organismen für das Phänomen der Selbstreinigung, wurde sie um 1900 nicht allgemein akzeptiert. Mit den zuvor genannten Arbeiten befaßte sich auch der Ingenieur Classen aus Worms. Zunächst wies er anhand eines Tiefenprofils des Rheins und der unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten nach, daß die Geschwindigkeit von Schwebstoffen sehr verschieden sein kann, und sich einzelne Wasserpartien nur sehr langsam und unvollständig mischen. Daraus leitete er ab, daß die bisher gemachten Messungen im Fluß, die sich nur auf kleinste Bruchteile der Wassermenge beziehen, in keinerweise auf die gesamte Wassermenge übertragbar sind. Daß Laborversuche nicht ohne weiteres auf Flüsse übertragbar sind, machte er anhand der Meßergebnisse von Bokorny fest, denen zufolge 10 g Algen 0,01 g organische Substanz am Tag aufnehmen. Nach Classens Hochrechnung müßten sich in der Isar pro Quadratmeter Flußbett 93 kg Algen nachweisen lassen, sofern die Algen dort tatsächlich die organische Substanz der Kanalabwässer Münchens aufnähmen. Classen widersprach auch den Schlußfolgerungen aus Rinnenversuchen am hygienischen Institut München. Pettenkofer hatte aus der Abnahme der Trübstoffe und der Bakterien aus im Kreis geführten Abwassers geschlossen, daß ein Teil der Selbstreinigung durch *„Adhäsion“* und *„Capillaratraktion“* hervorgerufen würde. Classen entlarvte diese Vorstellung als rein mechanischen Einfluß durch die Zentrifugalkräfte, die auf die Teilchen gewirkt haben mußten. Zuletzt gibt Classen in seiner systematischen Zusammenstellung der Argumente gegen die Selbstreinigung zu bedenken, daß im Längsverlauf eines Flusses die Fracht an organischer Substanz immer zunähme. Nur wenn man die Verdünnung durch zulaufendes Grund- und Oberflächenwasser nicht berücksichtige, würde man auf ab-

nehmende Zahlen kommen, welche aber nicht als Beweis für einen Prozeß der Selbstreinigung gelten dürften (CLASSEN 1898).

Auch Grosse-Bohle gibt in seiner Dissertation unter der Leitung von Josef König einen Überblick über die im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts gemachten Untersuchungen und kommt aufgrund der Diskussion der verschiedenen zitierten Arbeiten und eigener Versuche zu dem Schluß, daß die Bakterien zwar zur Selbstreinigung einen Beitrag leisten, aber die Aufnahme organischer Substanzen durch Pflanzen ein wesentlich wichtigerer Beitrag sei.

Die Möglichkeit einer heterotrophen Ernährung ist aber zuzugeben, wenn eine Pflanze ohne Kohlensäure bei Anwesenheit geeigneter organischer Körper zu wachsen vermag; wenn sie aus organischen Stickstoffquellen ihren Stickstoffbedarf dekken kann, so daß sich eine Zunahme desselben ergiebt, ja auch, wenn sich nur feststellen lässt, dass die Pflanze bei gleichmäßig gebotenem anorganischen Nährstoffe in einer Lösung, die zugleich gewisse organische Stoffe enthält, wesentlich besser gedeiht, als in einer rein anorganischen Lösung, ist wenigstens die Wahrscheinlichkeit für eine fakultative Heterotrophie so gross, dass der Hygieniker mit dieser Pflanze als Faktor zu rechnen berechtigt ist. (GROSSE-BOHLE 1900)

Aufgrund von Rinnenversuchen kam Grosse-Bohle zu der Schlußfolgerung, daß weder das Licht, die Wasserbewegung, der Sauerstoff noch die Bakterien zu einer wesentlichen Abnahme gelöster organischer Stoffe führen. Seine Kulturversuche mit verschiedenen grünen Wasserpflanzen (z.B. Wasserpest, Laichkraut, Hornkraut usw.) ergaben, daß Pflanzen in der Lage sind, ihren Stickstoffbedarf aus organischen Substanzen zu decken. Auch aus diesen Versuchen ergab sich für Grosse-Bohle, daß manche höhere Pflanzen einen wesentlichen Beitrag zur Selbstreinigung der Gewässer leisten (GROSSE-BOHLE 1900).

Bakterienzählungen als Maßzahl für die Selbstreinigung

In den 1880er Jahren war unter den wenigen Forschern, die sich mit dem Phänomen der Selbstreinigung befaßten, die Ansicht verbreitet, daß die Bakterien einen wesentlichen Anteil an dem Phänomen Selbstreinigung haben. Nicht zuletzt deshalb waren zu Beginn der 1890er Jahre viele Wissenschaftler der Ansicht, daß sich die Selbstreinigung am besten mit der Abnahme der Bakterien beschreiben bzw. feststellen lasse. Ausgelöst durch die Behauptungen Pettenkofers bezüglich der Untersuchungsergebnisse an der Isar, war die bis dahin für einige Jahre vertretene Auffassung, daß vor allem Bakterien für die Selbstreinigung verantwortlich seien, ins Wanken geraten. Je nach betrachteten Parametern kam man zu ganz entgegengesetzten Schlüssen. Der Begriff „Selbstreinigung“ wirkt mit seiner „wissenschaftlichen“ Konnotation hierbei meinungsbildend und umgekehrt wirkt das politische Motiv auf das Experiment.

Erst die Untersuchungen von Spitta knüpfen an die vor den 1890er Jahren gemachten Untersuchungen wieder an und bestätigen die Ergebnisse aus bereits vor 1890 publizierten Arbeiten, wie z.B. daß die Sauerstoffzehrung mit der Menge der organischen Verunreinigung zunimmt, und daß in sterilisierten Flußproben keine signifikante Sauerstoffzehrung stattfindet, folglich die Sauerstoffzehrung an das Vorhandensein von Bakterien geknüpft ist (SPITTA 1900). Da Spitta seine Untersuchungen zum Plankton, zu den Bakterien und zur Sauerstoffzehrung vergleichend an der langsam fließenden Spree und dem schnell fließenden Rhein durchführte, konnte er auch, im Gegensatz zu seinen Vorgängern, den Einfluß der Fließgeschwindigkeit auf die Vorgänge der Selbstreinigung besser einschätzen.

Eine vorläufige Klärung in Fragen der Selbstreinigung kam erst durch die Gründung einer Kommission aus Chemikern, Bakteriologen, Botanikern und Zoologen zustande, die verschiedene Gewässer mit dem Ziel untersuchte, Leitorganismen für bestimmte Verunreinigungen zu finden. Von da ab setzt nicht zuletzt durch die am 1.4.1901 in Berlin gegründete Königliche Versuchs- und Prüfanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung bis zum 1. Weltkrieg rege Forschungstätigkeit zu der Verunreinigung der Ge-

wässer ein (vgl. Kap. 4.3, S.146). Im Verlaufe des ersten Jahrzehntes des 20. Jahrhundert setzte sich die Erkenntnis durch, daß der Vorgang, den man als „Selbstreinigung“ bezeichnete, „im wesentlichen ein biologischer Prozeß“ ist. In seinem Artikel „Die biologische Selbstreinigungskraft der Gewässer“ (LAUTERBORN 1911c), stellt Lauterborn noch einmal die Bedeutung der Lebewesen für die Selbstreinigung heraus. Er faßte den damaligen Wissensstand über die stofflichen Vorgänge in fließenden Gewässern prägnant zusammen und machte erstmals auch den Versuch einer quantitativen Abschätzung:

„Je reicher ein Gewässer an Tieren und Pflanzen, desto größer seine selbstreinigende Kraft. Oder mit anderen Worten: Die Selbstreinigungskraft eines Gewässers ist direkt proportional der Absorptionsfläche seiner Pflanzen- und Tierwelt“. (LAUTERBORN 1911c:483)

Als Beispiel für die Funktion höherer grüner Pflanzen bei der Selbstreinigung führte LAUTERBORN (1911c) den Rhein-Nebenfluß Ill an, der die Abwässer von Straßburg aufnahm.

Am Beispiel der Abwässer Straßburgs verdeutlicht er auch die mögliche Funktion der höheren Pflanzen für die Selbstreinigung, die ja zuvor von Pettenkofer und anderen für wesentlich an der Selbstreinigung der Flüsse angenommen wurden. So hatte Lauterborn in seinen alljährlich vorgenommenen Rheinuntersuchungen festgestellt, daß die in die Ill abgeführten Abwässer Straßburgs im Winter noch im 18 km entfernten Rhein wahrnehmbar waren, im Sommer dagegen nicht. Lauterborn stellt dar, daß das üppige Pflanzenwachstum in der Ill wie ein mechanischer Filter wirkt, dessen große Oberfläche die Schwebstoffe zurückhält und für die tierischen Organismen verfügbar macht.

Entdeckung des Phänomens der Eutrophierung

Auch die Wirkung hoher Nährstoffkonzentrationen auf Pflanzenwachstum und die Artenzusammensetzung war von Lauterborn bereits früh erkannt worden. Schon Ende der 1890er Jahre entdeckte Lauterborn neue Formen im Rheinplankton (Cyanophyceen und Diatomeen). Rund 10 Jahre später konnte er feststellen, daß diese aus dem Zürichsee stammten und durch Limmat und Aare in den Rhein gelangt waren. Bis dahin hatte niemand die Zunahme dieser Organismen deuten können. Lauterborn führte sie auf die Zunahme der Nährstoffe im Untersee des Zürichsees zurück und beschrieb mit Hilfe seiner Planktonstudien als erster die langsame Umwandlung eines „oligotrophen“ (nährstoffarmen) Sees in ein „eutrophes“ (nährstoffreiches) Gewässer (LAUTERBORN 1910a, 1939a). Damit hatte Lauterborn die Grundlagen zum Phänomen der Eutrophierung bereits erkannt (vgl. auch MERKER 1952), die beiden Begriffe „eutroph“ und „oligotroph“ wurden erst später durch Einar Naumann (NAUMANN 1919) in Zusammenarbeit mit August Thienemann (THIENEMANN 1911, 1914, 1928) in die Limnologie eingeführt und stammten ursprünglich (zit. nach HOLMBERG & NAUMANN 1927) aus der Moorforschung (WEBER 1907). Die Bedeutung des Phosphors als limitierendem Faktor für die Biomasseproduktion in Süßgewässern und entsprechende Eutrophierungserscheinungen schon bei geringen Konzentrationserhöhungen, erkannte man erst in den 1930er Jahren. In der Öffentlichkeit wurden diese Konsequenzen kommunaler Einleitungen – Überdüngung und Verschlechterung der Wasserqualität – in Deutschland erst Anfang der sechziger Jahre am Beispiel des Bodensees diskutiert.

Vergiftung der Selbstreinigung

Wie bereits König vermutet hatte, stellte auch Lauterborn in seinem Artikel zur Selbstreinigung noch einmal heraus, daß von einer Selbstreinigung für giftige Abwässer keine Rede sein könnte (KÖNIG 1899a,b; LAUTERBORN 1911b). Eine Beobachtung, die erst seit wenigen Jahrzehnten systematisch untersucht wird.

Nachdem die grundsätzlichen biologischen Zusammenhänge des Phänomens Selbstreinigung allgemein geklärt schienen, ging die Forschung im wesentlichen in zwei Richtungen. Zum einen versuchte man die Erkenntnisse, die man im Rahmen der Forschung und Diskussion um die Selbstreinigung er-

langt hatte, für die Abwasserreinigung nutzbar zu machen. Zum anderen gab es in der Folge immer wieder Versuche, die „Selbstreinigung“ in Zahlen zu fassen, um daraus eine zumutbare Abwassermenge für ein Fließgewässer errechnen zu können (MAHR 1929, 1930, IMHOFF 1936). Eine regelmäßige und einheitliche Ermittlung der Kenngrößen Sauerstoff und Temperatur sollten eine *"Planbewirtschaftung der Selbstreinigung der Flüsse"* ermöglichen (WELDERT 1934).

Selbstreinigung: Ein Begriff zwischen Mißverständnis und Mißbrauch?

Der doppeldeutige Charakter des Begriffs *„Selbstreinigung“* ist m.E. bis heute erhalten geblieben. Im Begriff selbst liegt schon die Gefahr des Mißverständnisses. Die Übertragung von der Wissenschaft in die Politik wird so ***selbstverständlich*** wie die ***Reinigung*** der menschlichen Abwässer durch die Flüsse ***selbst***. Der Begriff erweckt den Eindruck, daß Gewässerverschmutzungen durch selbstreinigende Kräfte der Natur kompensiert würden. Mindestens im letzten Jahrzehnt vor 1900 wird der Begriff der „Selbstreinigung“ dazu mißbraucht, um Gewässerverunreinigungen herunterzuspielen, zu verdrängen oder zu negieren. (vgl. Kap.4.10). Gegenstand und Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen lassen sich durch andere Begriffe wie z.B. Abbau von organischer Substanz, Zu- oder Abnahme von saprobieller Aktivität, Änderung des trophischen Zustandes u.v.m. genauer und ohne politische Konnotation ausdrücken.

„Selbstreinigung“ ungeklärt bis heute

Die Abbauvorgänge im Rheinwasser durch Bakterien sollten erst in den 1960er und 1970er Jahre unseres Jahrhunderts ein vertieftes Forschungsthema werden. Auch die Schadwirkung von Substanzen auf die „biologische Selbstreinigung“ wurde bis etwa zum Ende der fünfziger Jahre fast ausschließlich in Abwasserreinigungsanlagen und den dort vorliegenden konzentrierteren Rohabwässern untersucht (z.B. BUCKSTEEG & THIELE 1957, zit. aus KNÖPP 1958). Erst auf Anregung von KNÖPP (1958) werden auch die vermeintlich schwachbelasteten Oberflächengewässer auf Schadstoffwirkungen untersucht (KNÖPP 1958, 1959a,b 1960, 1961a,b, 1962, 1963, 1964a,b, 1965, 1967a,b, 1968a,b).

Tab. 24
Ursachen und Wirkungen der Selbstreinigung im Überblick

Erklärungsansätze zum Phänomen „Selbstreinigung“	**Maßgebliche Autoren und ihre Erklärungs- bzw. Definitionsversuche**
chemische Oxydationsvorgänge	In den 1860er Jahren wird Selbstreinigung als rein chemischer Oxydationsvorgang verstanden (Frankland u.a.).
biologischer Vorgang (Saprobie und Trophie)	Bereits 1873 beschreibt Müller den Vorgang von Saprobie und Trophie für die „Selbstreinigung“ zutreffend: „Dem oberflächlichen Beobachter erscheint der Vorgang als chemische Selbstmischung; in Wirklichkeit aber ist sie vorwaltend ein Verdauungsprocess, in welchem die verschiedenartigsten, meist mikroskopisch kleinen thierischen und pflanzlichen Organismen die organisch gebundene Kraft für ihre Lebenszwecke ausnutzen“ ... „Die Fäulniss der Spüljauche in ihren verschiedenen Stadien charakterisiert sich durch massenhaftes Auftreten von Spirillen, dann von Vibrionen (Schwärmsporen?), endlich von Schimmelpilzen – von da ab beginnt ein Wiederaufbau organischer Substanz mit der Ansiedlung des chlorophyllführenden Protococcus“ ... (MÜLLER 1873).
Allgemein	"Unter Selbstreinigung der Flüsse verstehen wir die völlige Unschädlichmachung verunreinigender Bestandtheile, sei es dadurch, dass die letzteren mit den natürlichen Bestandtheilen des Wassers eine Verbindung eingehen, die bleibend und für alle Fälle unschädlich ist, sei es dadurch, dass die verunreinigenden Stoffe in unschädliche Umsetzungsprodukte, z.B. in unschädliche Salze oder in sich verflüchtigende Gase umgewandelt werden" (KÖNIG 1899a).
Unwirksam, bzw. nicht nachweisbar	Einige Autoren suchten etwa durch hydrometrische Untersuchungen den Nachweis der Wirkungslosigkeit von Selbstreinigung beim Vorhandensein von Fäkalien-Abwässern zu erbringen (z.B. FRANK 1888, CLASSEN 1898a,b).

Verdünnung	Pettenkofer gibt an, daß Sielwässer mit menschlichen Auswürfen keinen Fluß auf eine längere Strecke verunreinigen können, wenn er mindestens die 15fache Wassermenge [später: die 40fache] der Wassermenge des Siels führt und seine Fließgeschwindigkeit nicht geringer als die des Sielwassers (mindestens 0,6 m/s) ist (PRAUSNITZ 1890, PETTENKOFER 1891).
Sedimentation	Flußcomission in England erkennt in der Sedimentation den wesentlichen Grund der Selbstreinigung. PERCY F. FRANKLAND 1891 und CLASSEN 1898 akzeptieren Sedimentationsvorgänge als einzige Wirkung der Selbstreinigung. FRANK 1888, KRÜGER 1889, SCHLATTER 1890, PRAUSNITZ 1890, LISSAUER 1889 sehen vor allem in der Abnahme der Bakterien durch Sedimentation angeheftet an Schwebstoffen die Bedeutung der Selbstreinigungsvorgänge.
mechanisch-chemische Umsetzungsprozesse	Absetzen von Schmutzstoffen bei geringer Fließgeschwindigkeit in Verbindung mit chemischen Umsetzungen, wie z.B. Neutralisation freier Säuren durch Karbonate und Oxidationsvorgänge (WEIGELT 1903). Weigelt spricht von „chemischer Selbstgesundung“ und dem „Säurebindungsvermögen“ als wesentlichem Faktor für die Selbstreinigung eines Gewässers.
durch biogene Kombinationswirkungen	MÜLLER 1873 beschreibt bereits die Vorgänge der Saprobie und Trophie. Zum Ende der 1880er Jahre beginnt eine heftige Diskussion um die Bedeutung der Organismen an der Selbstreinigung (vgl. z.B. KÖNIG 1899a, S. 217; SPITTA 1900 LAUTERBORN 1911).
Pflanzen	In seiner Dissertation bestritt GROSSE-BOHLE 1900, daß Bakterien an der Selbstreinigung in nennenswertem Umfang beteiligt seien. Lediglich höheren Pflanzen billigte er einen wesentlichen Beitrag zur Selbstreinigung zu. SCHENK (1893) widerspricht Grosse-Bohle und argumentiert, daß z.B. im Rhein Vegetation viel zu rar sei, um einen wesentlichen Beitrag zur Selbstreinigung leisten zu können.
Verdunstung	z.B. Abnahme des Gehalts an freiem Ammoniak.
Licht	Absterben von Bakterien (BUCHNER 1893).

Aufgrund von Untersuchungen des Mittel- und Niederrheins in den Jahren 1965-1968 mittels des kurzfristigen Biologischen Sauerstoffbedarfs (BSB_{7h}), der zusätzlichen Zehrung von Pepton (Modellsubstanz für den Eiweißabbau) und der zusätzlichen Zehrung von Glucose (Modellsubstanz für den Kohlenhydratabbau) sowie Untersuchungen zum Potentials der Sauerstoffproduktion, konnte eine Vergiftung der „Selbstreinigung“ durch toxische Abwässer erstmalig demonstriert werden (KNÖPP 1967a,b; KNÖPP & MAUCHER 1968; KNÖPP 1970; KREBS 1978d). Um bis zu 40 % war der mikrobielle Abbau und die sauerstoffliefernde Assimilation gehemmt (vgl. auch TITTIZER & KREBS 1996). Spätere Untersuchungen stellten fest, daß es insbesondere durch Aufkonzentrierung toxischer Stoffe bei Niedrigwasser zu einer erheblich niedrigeren mikrobiellen Abbauleistung (Selbstreinigung) kommen kann (HOLZAPFEL-PSCHORN et al. 1987, SCHMITT-BIEGEL 1989; OBST & SCHMITT-BIEGEL 1990; SCHMITT-BIEGEL & OBST 1990).

Bis heute sind die Vorgänge, die man noch immer unter dem Begriff Selbstreinigung zusammenfaßt, in vielen Einzelheiten unverstanden. So gibt es bis heute noch kaum quantitative Aussagen zu den Produktions- und Abbauleistungen von Fließgewässern.

Tab. 25

Zeittafel zum Begriff der Selbstreinigung

1848	Arbeit von Kolenati über Lebensgemeinschaften in verschmutzten Gewässern.
1853	Ferdinand Cohn zeigt den unterschiedlichen Einfluß verschiedener Abwassermengen auf verschiedene Organismen (Indikatororganismen).
1867	Pasteur erkennt die Abhängigkeit verschiedener Oxidations- und Reduktionserscheinungen von der Anwesenheit bestimmter Mikroorganismen.
1869	Große Fischsterben in Themse und Seine.
1873	Géradin und Müller betonen die Rolle der Lebewesen für die Selbstreinigungsvorgänge.
1874	Pettenkofer äußert die Ansicht, daß die Zersetzungsprodukte des Abwassers die Bodenluft verpesten und dadurch die Menschen krank machen; seine wissenschaftliche Begründung stellte sich als falsch heraus.
1874	Französische Kommission beobachtet Selbstreinigung in der Seine, Phänomen wird vor allem auf die Wirkung des Luftsauerstoffs zurückgeführt.
1875	Ferdinand Cohn versucht als erster eine Korrelation zwischen „Wasserqualität“ und den vorhandenen lebenden und toten Bestandteilen herzustellen; (lichtmikroskopische Arbeit über den Brunnenfaden <Crenothrix polyspora>), von da ab und vor allem zwischen 1887 bis 1900 zahlreiche Artikel über die Verunreinigung der Gewässer.
1877	Pasteur stellt einen hohen Bakteriengehalt im Wasser der Seine fest, gleichzeitig sagt er voraus, daß Quellwasser keimfrei sei.
1883	Entdeckung der Cholerabakterien durch Robert Koch. Erst mit dem Verständnis ihrer Ausbreitung erkennt man die ungeheure Bedeutung einer peinlichen Trennung von Fäkalien und Trinkwasser.
1885	Emich weißt durch Experimente nach, daß die Selbstreinigung ein biologischer Vorgang ist, in dem er bei sterilisiertem Abwasser im Gegensatz zu nicht sterilisiertem Abwasser keinen Abbau organischer Substanz und auch keinen Sauerstoffverbrauch feststellen kann.
1891	Pettenkofer schreibt „über die Selbstreinigung der Flüsse“, daß eine 15-fache Verdünnung bei 0,6 m/s Stromgeschwindigkeit genüge, um organische Stoffe unschädlich zu machen; Abwässer könnten somit in die Flüsse geleitet werden, wenn diese Bedingung eingehalten würde; seiner Meinung nach waren für diese Selbstreinigung ausschließlich die Pilze, später auch noch die Algen verantwortlich. Er stützte sich dabei auf Laborarbeiten der Botaniker Löw und Bokorny, die zeigten, daß Pflanzen aus dem freien Wasser organische Substanz aufnehmen und Stärke bilden. Er bewertete die „Kräfte der Selbstreinigung“ völlig über.
1892	Baumeister schlägt Formel zur Berechnung von Einleitungsgrenzwerten vor, welche die Wassermenge in Bezug zu einleitenden Einwohner und Fließgeschwindigkeit in Bezug setzt.
1898	Classen bezweifelt die Existenz einer Selbstreinigung.
1899	Kommission aus Chemikern, Bakteriologen, Botanikern und Zoologen, die verschiedene Gewässer untersuchen mit dem Ziel, Leitorganismen für bestimmte Verunreinigungen zu finden. Am 1.4.1901 wird daraufhin die Königliche Versuchs- und Prüfanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in Berlin gegründet.
1900	Spitta bestätigt Emichs Experimente, daß sterilisiertes Abwasser kaum Sauerstoff zehrt und schlägt die Beurteilung von Abwasser nach der Sauerstoffzehrung vor. Erst 30 Jahre später wird die Methode des Biologischen Sauerstoffbedarfs in 5 Tagen in der standardisierten Form aus Nordamerika übernommen.
1902	Kolkwitz & Marsson veröffentlichen ihre „Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna“, das sogenannte Saprobiensystem.
1911	Lauterborn formuliert in seiner Arbeit über die Selbstreinigung der Gewässer erstmals explizit, daß die Selbstreinigung „im wesentlichen ein biologischer Prozeß ist“; sie ist nur bei organischen Abwässern möglich und „muß daher versagen bei allen Abwässern, die Giftstoffe, wie Säuren, Laugen, Chlor usw. enthalten“.

4.3 Chemische, bakteriologische und biologi sche Gewässeranalytik

Wie bereits geschildert, gründeten sich politische Entscheidungen zu Fragen der Einleitung von Abwässern bis zum Beginn des 20. Jahrhundert nur ganz vereinzelt auf chemische oder bakteriologische Untersuchungen. Und diese waren in aller Regel völlig unzureichend, um zu aussagekräftigen Urteilen kommen zu können. Aus heutiger Sicht hätte man deshalb aus Unkenntnis und Vorsorgegründen weitgehend auf Abwassereinleitungen verzichten müssen. Dies war politisch aber auch verfahrenstechnisch in keinerweise realistisch. Daher wurde mit allen Mitteln versucht, mit scheinbar wissenschaftlichen Argumenten (Verdünnung etc.) die eigenen Interessen durchzusetzen. Einleitungsgrenzwerte wurden zwar von vielen Seiten immer wieder gefordert. Zu ihrer Begründung sowie ihrer Überprüfung fehlte es in den allermeisten Fällen an wesentlichen Grundlagen.

Chemische Meßverfahren

Die Nachweisgrenzen der meisten chemischen Meßverfahren, die im 19. Jahrhundert und zu Beginn des 20. Jahrhunderts zur Verfügung standen, waren zu hoch, um in großen Flüssen wie dem Rhein, Main oder Neckar z.B. den Einfluß der Zunahme der Nährstofffrachten nachweisen zu können (vgl. z.B. TIEMANN & GAERTNER 1889, 1895 OHLMÜLLER 1896). Eine der wenigen Ausnahmen hätte der Fall der Kaliabwässer sein können. Hier wäre die Aufstellung und Überprüfung von überregional verbindlichen Grenzwerten aufgrund der damaligen Analytik möglich gewesen.

Geschmack als Grenzwertgeber

Nachdem seit 1881 die Fabriken der Kaliindustrie nach § 16 der Reichsgewerbeordnung zu den genehmigungspflichtigen Anlagen gehörte, erhöhte sich die Zahl der Einsprüche gegen Einleitung der Abwässer aus der Kaliindustrie. Trotzdem blieb die Festlegung von Grenzwerten lange Zeit eine lokale Angelegenheit, die, je nach lokalen Interessen, ganz unterschiedlich ausfiel. Die Diskussion um einen Grenzwert spielte vor allem in solchen Regionen eine wichtige Rolle, in denen Flußwasser noch als Trinkwasser diente. Hier stellte sich die Frage, nach welchem Kriterium ein entsprechender Grenzwert formuliert werden sollte. Insbesondere der Geschmack sollte dazu dienen, Grenzwerte festzulegen. Dazu wurden von Vertretern aller Interessensgruppen Geschmackstests unternommen, die jedoch letztlich keine Hilfe waren. *„Wie kaum anders zu erwarten war, besaßen die Protagonisten der öffentlichen Gesundheitspflege offenbar die empfindlicheren, die Gutachter der Kaliindustrie dagegen die gröberen Geschmacksorgane“* (BÜSCHENFELD 1997:315).

Sauerstoffmessungen nach Winkler

Eine weitere Ausnahme bildete die Sauerstoffmessung. Aus heutiger Sicht hätten umfangreichere Meßkampagnen und eine konsequente Interpretation der Sauerstoffmesswerte eine anwendbare Möglichkeit geboten, den Einfluß organischer Abwässer festzustellen. Das Meßverfahren nach Winkler, bzw. in leicht abgewandelter Form wird noch heute angewendet (WINKLER 1888,1889,1915) und war damals bereits weit verbreitet und allgemein anerkannt.

Die Sauerstoffmessungen hätten auch in gewissen Umfang dazu genutzt werden können, um toxische Einflüsse bestimmter Chemikalien auf z.B. die biologische Abbaubarkeit (Biochemischer Sauerstoffbedarf, vgl. Kap. 4.2) zu prüfen. Doch von einem solchem Vorgehen war man noch weit entfernt.

Phänomenologische Beurteilungen

Es überwog die Prüfung mittels des Augenscheins. Ein Wasser galt als zum Genuß einladend, wenn es als farblos, klar und geruchlos wahrgenommen wurde. Zwar maß man einer Beurteilung durch chemische, mikroskopische und bakteriologische Methoden hohen Stellenwert bei, aber sie war die Ausnahme und nicht die Regel. Es blieb die Beurteilung nach ästhetischen Gesichtspunkten. Über Maßstäbe oder Beschreibungen einer solchen ästheti-

schen Prüfung liegt kaum Literatur vor. Zu den ersten Untersuchungen, die versuchen, einen Zusammenhang zwischen ästhetischer Beurteilung und Wasserinhaltsstoffen herzustellen, zählen die Arbeiten von Doktoranden des Hygienikers Lehmann aus Würzburg (BLUME 1902, vgl. Tab. 26, Tab. 27).

Tab. 26

Von Blume festgestellte Konzentrationen, bei denen verschiedene Stoffe im Wasser nicht mehr mit bloßem Auge wahrnehmbar sind (BLUME 1902)

Optische Prüfung durch Blume			
Farbstoff	**zum Baden widerlich, aber allenfalls noch dienbar**	**Als Trinkwasser entwertet, aber im Notfalle verwendbar, als Badewasser schon brauchbar**	**Keine Verunreinigung mehr durch Färbung wahrnehmbar**
Theerfarbstoffe			
Fuchsin	0,02 mg/l	0,01 mg/l	0,006 mg/l
Methylenblau	0,05 mg/l	0,05 mg/l	0,01 mg/l
Safranin	0,02 mg/l	0,006 mg/l	0,006 mg/l
Malachitgrün	0,05 mg/l	0,02 mg/l	0,01 mg/l
Congoroth	0,15 mg/l	0,07 mg/l	0,04 mg/l
Eosin	0,05 mg/l	0,02 mg/l	0,01 mg/l
Anilinblau	0,15 mg/l	0,07 mg/l	0,04 mg/l
Fluorescin	0,02 mg/l	0,01 mg/l	0,01 mg/l
Bismarckbraun	0,25 mg/l	0,12 mg/l	0,06 mg/l
Pikrinsäure	0,25 mg/l	0,01 mg/l	0,008 mg/l
Andere Stoffe			
Kaliumpermanganat	0,06 mg/l	0,03 mg/l	0,01 mg/l
Torfauszug	11,0 mg/l Rückstand, 6,31 mg/l Asche	5,5 mg/l Rückstand, 3,16 mg/l Asche	2,75 mg/l Rückstand, 1,58 mg/l Asche
Blut	0,12 ccm/l	0,06 ccm/l	0,03 ccm/l
Harn	7,81 ccm/l	1,95 ccm/l	0,98 ccm/l
Cellulose	0,99 mg/l	0,49 mg/l	0,25 mg/l
Holzkohle	62,5 mg/l	31,25 mg/l	15,62 mg/l
Blutkohle	125 mg/l	31,25 mg/l	15,62 mg/l
Lehm	31,25 mg/l	15,62 mg/l	7,81 mg/l
Thon	15,62 mg/l	7,81 mg/l	3,91 mg/l
Calciumcarbonat	39,06 mg/l	19,53 mg/l	9,76 mg/l
Calciumsulfat	312,5 mg/l	156,25 mg/l	78,12 mg/l

Erstaunlicherweise geht es hier nicht nur um die Frage, bis zu welchen Konzentrationen eine Verunreinigung als Färbung noch wahrnehmbar bzw. schmeckbar ist, sondern auch um eine Beurteilung der Brauchbarkeit.

Tab. 27

Von Blumes Kollegen Assman festgestellte Konzentrationen, bei denen verschiedene Stoffe im Wasser nicht mehr schmeckbar sind (BLUME 1902)

Geschmacksprüfung durch Blumes Kollegen Assman			
Farbstoff	**zum Baden widerlich, aber allenfalls noch dienbar**	**Als Trinkwasser entwertet, aber im Notfalle verwendbar, als Badewasser schon brauchbar**	**Keine Verunreinigung mehr durch Färbung wahrnehmbar**
Theerfarbstoffe			
Fuchsin	0,05 mg/l	0,02 mg/l	0,01 mg/l
Methylenblau	0,02 mg/l	0,01 mg/l	0,005 mg/l
Safranin	0,02 mg/l	0,01 mg/l	0,006 mg/l
Malachitgrün	0,02 mg/l	0,01 mg/l	0,006 mg/l
Congoroth	0,15 mg/l	0,1-0,15 mg/l	0,05 mg/l
Eosin	0,05 mg/l	0,02 mg/l	0,01 mg/l
Anilinblau	0,25-0,5 mg/l	0,2 mg/l	0,05 mg/l
Fluorescin	0,02 mg/l	0,01 mg/l	0,006 mg/l
Bismarckbraun	0,25-0,5 mg/l	0,25 mg/l	0,12 mg/l
Pikrinsäure	0,25 mg/l	0,008 mg/l	0,004 mg/l
Andere Stoffe			
Kaliumpermanganat	0,15 mg/l	0,07 mg/l	0,04 mg/l
Blut	0,12 ccm/l	0,06 ccm/l	0,03 ccm/l
Harn	7,81 ccm/l	3,90 ccm/l	1,95 ccm/l
Cellulose	1,98 mg/l	0,99 mg/l	0,49-0,25 mg/l
Calciumcarbonat	156,25 mg/l	39,06 mg/l	19,53 mg/l
Calciumsulfat	156,25 mg/l	39,06 mg/l	9,76 mg/l

Dies läßt sich u.a. darauf zurückführen, daß Untersuchungen zur Toxizität einzelner Stoffe noch so gut wie nicht vorlagen. Zu den ersten Untersuchungen zählen die Toxizitätstest des Fischereibiologen und Chemikers Weigelt,

die er als Leiter der königlichen landwirtschaftlichen Versuchsstation in Rufach anläßlich einer Anfrage der Colmarer Bezirksregierung zum Rückgang der Forellenbestände im Fechtfluß bei Münster vornahm (WEIGELT et al. 1885, 1892).

Nach einer Beschreibung der Einleitungen in den Fechtfluß faßt Weigelt in seiner Einleitung den Stand des Toxizitätswissens seiner Zeit wie folgt zusammen:

Die erwähnten Etablissements konnten in ihren Abwässern freies Chlor (resp. unterchlorige Säure), Chloride, kohlensaure und ätzende Alkalien, Säuren, Ammoniak und Ammoniumverbindungen, Theer und seine Begleiter, sowie mancherlei organische, nicht näher definierbare Substanzen und deren Zersetzungsprodukte enthalten. (WEIGELT et al. 1885:43-44)

Der Volksmund bezeichnet fast alle die genannten Stoffe als giftig für die Fische, mindestens aber für die Forelle, mit welcher ja anderes als klares reines Gebirgswasser schlechterdings nicht vereinbar gedacht wird.

Die Schädlichkeit der erwähnten Chemikalien zugestanden, liegt doch die Annahme verschiedenartiger Wirkung, stärkere oder minder heftiger Schädigung, sagen wir schwerer oder leichter Erkrankung als Folge der Einflüsse jener Stoffe auf der Hand. Die oben erwähnten Gutachten berührten vielfach diesen Punkt, und alle diejenigen, welche überhaupt die Möglichkeit einer Vergiftung zugaben, sahen in dem Chlor das besonders giftige Agens.

Die Annahme liegt allerdings ziemlich nahe; der Mensch ist gegen Chlorgas äusserst empfindlich, warum sollte es der Fisch nicht sein ? Wir sind gewöhnt, von uns auf andere zu schliessen, unseren Masstab allüberall anzulegen und mit Recht, wo die Erfahrung fehlt bleibt uns kein anderes Maass; ohne in vielen Fällen klar zu sein über die Berechtigung hierzu, hängen wir derartigen Schlüssen höchstens die Modification an, dass wir für kleinere Vergleichsobjecte geringere Dosen als schädlich erachten, während wir bei körperlich grösseren auch eine stärkere Widerstandsfähigkeit voraussetzen. Eine Fülle feststehender Beobachtungen stützt die Annahme, bemisst doch die Heilkunde ihre Dosen – der Ausnahmen nicht zu gedenken – nach dem Körpergewicht, vorab die Thierheilkunde.

Solchen Erwägungen mögen Aeusserungen der erwähnten Gutachten, wie etwa – das, den Chlorbleichereien entfliessende Wasser muss die Forellen tödten, denn man riecht ja sogar das Chlor – ihre Berechtigung verdanken, und auch der diesem Satze direct widersprechende Passus eines anderen Gutachtens, welches die Chlorabwässer für unschuldig hält, weil sie kaum nach Chlor riechen, steht unter dem Druck der selben Ideenverbindung.

Aehnliche Unklarheiten und Widersprüche bis herab zu Auszügen aus Chemiebüchern für Schule und Haus, lehrte das Studium der Gutachten. Kein Wunder! ist doch der Abstand zwischen Mensch und Forelle oder zwischen Luft- und Wasserbewohner ein viel zu gewaltiger, um ohne weiteres einen gleichen Maassstab, sei es auch nur mit dem Schatten einer richtigen Meinung, zu gestatten.

Eine Rundschau nach exacten Beobachtungen und vor allem nach ziffermässigen Belegen in der deutschen Literatur blieb so gut wie erfolglos.“

Lediglich einige Untersuchungen des Franzosen Grandeau (1872) zu den Wirkungen industrieller Abwässer bei der Schleie konnten Weigelt als Vorbild dienen. Er versuchte seine eigenen Experimente auf die Grandeaus soweit abzustimmen, daß seine Versuche an der Forelle mit denen der Schleie vergleichbar sein sollten. Mit den Ergebnissen der empfindlichen Forelle und der eher als robust eingestuften Schleie hoffte Weigelt die Spanne der Schadstoffkonzentrationen angeben zu können, bei denen ein Schaden eintritt.

Die ersten Untersuchungen von Weigelt stammen aus dem Jahre 1878 und wurden in den Folgejahren fortgesetzt. In künstlich durchflossenen Steintrögen setzten Weigelt und seine Mitarbeiter Forellen und Schleien unterschiedlichen Stoffen in unterschiedlichen Konzentrationen aus. Sobald ein

Fisch Seitenlage einnahm wurde der Versuch abgebrochen und der Fisch konnte sich im frischen Wasser erholen, bis er ggf. wieder zu einem Toxizitätsversuch benutzt wurde. Neben den Inhaltsstoffen der Industrieabwässer testete Weigelt auch die Auswirkungen von Grau- und Schwarzwasser, und vermutete Schwefelwasserstoff, Kohlensäure, Sauerstoffmangel und Bakterien als Ursache für die schädigende Wirkung.

Grenzwert-untersuchungen

Zu Beginn der Untersuchung hatte die Frage nach dem Nachweis bestimmter Schädigungen durch industrielle Einleitungen im Vordergrund gestanden. Mit der vom König von Sachsen gestellten Preisaufgabe stand nun vor allem die Suche nach einer Methode zur Vermeidung von Schädigungen auf dem Programm. Die Konzentrationen wurden in weiteren Versuchen so lange variiert, bis innerhalb der Beobachtungszeit von einigen Stunden keine schädliche Wirkung mehr zu beobachten war und die Fische in reinem Wasser mehrere Tage nach dem Versuch noch am Leben waren. Damit waren aus den Toxizitätstests Weigelts die ersten Untersuchungen zu (Emissions-) Grenzwerten geworden. Unter anderem ergaben die Experimente auch, daß Jungfische und Larvalstadien wesentlich empfindlicher reagierten. Gleichzeitig zeigte sich aber auch, daß mit Körpergewicht und Temperatur wohl nicht alle wesentlichen Einflußfaktoren berücksichtigt wurden, und daher von einer strikten gutachterlichen Verwendung der Ergebnisse abgesehen werden mußte. Dennoch bestätigte sich für Weigelt die Vermutung, daß Verdünnung und Neutralisation der industriellen Abwässer eine für den Schutz der Fische wichtige Forderung ist:

"Unbedingt erforderlich ist die Verdünnung der Abwässer bis unter die gefundenen Werthe. Saure oder basisch ablaufende Schmutzwässer in die Flüsse gelangen zu lassen ist überhaupt unstatthaft, Ansinnen, denen eine sorgsame Fabrikinspection wohl zu genügen wissen dürfte. Die Verdünnung muß im Sommer weiter getrieben werden als im Winter." (WEIGELT et al. 1885: 67)

Die Industrie zweifelte die Ergebnisse und Schlußfolgerungen mit dem Argument an, daß die Fische ja von sich aus höhere Konzentrationen im Bachwasser meiden würden und somit die Experimente lediglich von theoretischem Nutzen seien (JURISCH 1890). Einige wenige Arbeiten ergänzten die Ergebnisse Weigelts, indem sie Schadwirkungen auf andere Organismen feststellten. König konnte für das bereits bekannte Gift Arsen nachweisen, daß die damals geringste, noch nachzuweisende Konzentration von 1 mg Arsen pro Liter, bereits eine hemmende Wirkung auf Erlen hatte (KÖNIG 1887). Und der Biologe ZACHARIAS 1889 stellte fest, daß Metallkonzentrationen, wie sie Weigelt als schädlich für Fische festgestellt hatte, auch auf Fischnährtiere wie Wasserflöhe oder Bakterien bereits nach kurzer Zeit tödlich wirkten. Die giftige Wirkung des Arsens war inzwischen nicht zuletzt durch den Arsenskandal von Basel allgemein anerkannt (10. Juni 1865 Erlaß zum Schutze des Publicums bei der Farbenherstellung und Ministerialblatt für die gesamte innere Verwaltung in den Königlich Preußischen Staaten: 26 (158) v. 1865), so daß 1888 die wissenschaftliche Deputation für das Medizinalwesen für Blei und Arsen erste Grenzwerte festlegte (BA, Abt. Potsdam RdI 9241 nach ANDERSEN 1996 und BÜSCHENFELD 1994). Auch wenn der Schweizer Gewerbeinspektor Casimir Nienhaus-Meinau bereits 1883 nachgewiesen hatte, daß Fische im Ausfluß der Farbenfabrik auch ohne Arsen starben und deren Kiemen mit einer graubraunen Substanz durchsetzt waren (vgl. Kap. 3.2), so blieben die toxikologischen Kenntnisse noch auf Jahrzehnte zu dürftig, um Grenzwerte auch für andere Chemikalien festlegen zu können. War schon der Nachweis von Schmutzstoffen im Gewässer weitgehend aussichtslos, so schien der spezifische Nachweis, daß sich Vergiftungen auf bestimmte Substanzen zurückführen ließen, vollkommen unmöglich.

Bakteriologie

Etwas weiter als die Toxikologie war die Bakteriologie. Dazu verhalf vor allem Kochs Methode der Bakterienkultur auf unterschiedlichen Nährlösungen. Sowohl qualitative als auch quantitative Aussagen über das Vorkommen von Bakterien war damit möglich geworden (KOCH 1881). In der Folge

setzt eine intensive Forschung zu Nährmedien und ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen ein. Seit 1894 hatte das Kaiserliche Gesundheitsamt eine Vorschrift zu einem Standardverfahren der Nährgelatine veröffentlicht, die Bakterienzählungen vergleichbar machen sollte (Literaturübersicht z.B. bei DEJONC 1904). Fortan wurden an vielen Orten Bakterienzählungen durchgeführt. Bereits als es um die Frage der Reinigung der Kölner Abwässer ging wurden bei Köln im Rhein erste Bakterienzählungen vorgenommen (STUTZER & KNUBLAUCH 1894a,b). Mit der Erlaubnis vom 12.4.1901 (vgl. Kap. 2.9) zur Einleitung ihrer gereinigten Abwässer wurde die Stadt Mannheim zu regelmäßigen chemischen und bakteriologischen Untersuchungen zwischen dem Ludwigshafener Kanalauslaß bis zum Wormser Kanalauslaß verpflichtet. Bis 1907 übernahm das Hygienische Institut in Heidelberg die Untersuchungen, ab 1907 (Erlaß des Großherzoglich Badischen Ministeriums vom 10.5.1907, Nr. 21773) übernahm das neu errichtete städtische Untersuchungsamt Mannheim diese Aufgabe (CANTZLER & SPILTTGERBER 1915, 1916). Bereits Koch wies darauf hin, daß die Menge an Bakterien noch keinen Anhaltspunkt auf die Pathogenität der Bakterien zulasse. Auch die Bakterienzählungen ließen daher einen eindeutigen Nachweis einer Gefährdung des Allgemeinwohls nicht zu. Die einzige Methode, die damals zur Verfügung stand, die Pathogenität zu testen, waren Tierversuche. Solche wurden aber nur an wenigen Stellen und nur bei schwerwiegendem Verdacht durchgeführt. Hierzu wurden entsprechend isolierte und angereicherte Bakterienkulturen z.B. Meerschweinchen injiziert oder zum Fressen gegeben und die Tiere beobachtet (vgl. z.B. OHLMÜLLER 1896).

Einen Vorschlag zur besseren Beurteilung der Pathogenität eines Abwassers bzw. seiner Verunreinigung mit Fäkalien machte der Stadtarzt Direktor Dr. Petruschky aus Danzig auf der 27. Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege in München zum Tagungsthemas „Die hygienische Überwachung der Wasserläufe“ im Jahre 1903:

(PETRUSCHKY in: Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 1903:50-52)

„... Außerdem werde auch hin und wieder von Nichthygienikern eingewendet, die einfache Zahl der Bakterien beweise doch nichts, die meisten von ihnen seien ja ganz unschuldige Schmarotzer, die Krankheitserreger müsse man finden. Das aber gerade sei eine der schwierigsten Aufgagen der bakteriologischen Untersuchung, und es sei wohl selten in einwandfreier Weise gelungen, unter zehntausend anderen Bakterien eine Kolonie eines Typhusbazillus herauszufinden. Wenn man Anreicherungsversuche macht, finde man bekanntlich immer das statt des Typhusbazillus seine Vettern, namentlich das Bacterium coli. Deshalb sei er auf den Gedanken gekommen, ob nicht gerade der Nachweis des Bacterium coli als sicheres Kriterium für fäkale Verunreinigung des Flusses benutzt werden könne. Es sei dies von vornherein nicht ganz selbstverständlich und von beachtenswerter hygienischer Seite, namentlich von Kruse, Weissfels u.a., sei behauptet worden, Bacterium coli besitze eine solche Ubiquität, daß man es in jeder Wasserprobe nachweisen könne, und daß daher sein Auffinden im Wasser gar nichts beweise.

Bei seinen zahlreichen Untersuchungen sei er nun zu ganz entgegengesetztem Resultat gekommen. ...

Aber gerade hier (gemeint sind die Flüsse, A.d.A.) *sei es als Maßstab für die Größe der Fäkalverunreinigung überaus brauchbar. Es sei doch ein kolossaler Unterschied, ob man in 1ccm Wasser das Bacterium coli nachweisen könne, oder ob man es bereits in der millionenfachen Verdünnung nachweisen könne.*

...

Je nachdem man nun in einer Wasserprobe das Bacterium coli nachweise in 1ccm, oder 1/10 oder rest in 1/1000, könne man einen guten Anhalt über die fäkale Verunreinigung des betreffenden Wassers gewinnen, und dieser sei außerordentlich wichtig und interessant, er sage mehr als die Auszählung sämtlicher Keime. ...“

Pathogene Keime werden häufig durch fäkal verunreinigtes Wasser eingebracht. Escherichia coli (E.coli) und die Bakteriengruppe der Coliformen kommen im Stuhl in sehr hohen Konzentrationen vor. Sie sind sehr leicht

nachweisbar und dienen daher noch heute als Indikator für Verunreinigungen, obwohl E.coli selbst nicht pathogen ist. Laut Trinkwasserverordnung dürfen E.coli und Coliforme in 100 ml Wasser nicht vorhanden sein.

Die Entwicklung des Biochemischen Sauerstoffbedarfs (BSB)

In den Jahren 1898 und 1899 führt Spitta Untersuchungen zum Plankton, zu den Bakterien und zur Sauerstoffzehrung an der langsam fließenden Spree und dem schnell fließenden Rhein (vgl. Tab. 28) durch (SPITTA 1900, vgl. auch Kap. 4.2).

Tab. 28
Sauerstoff- und Keimgehalt des Rheinwassers zwischen Marienburg und Vollmerswerth am 25.9.1899 (aus SPITTA 1900:232)

Entnahmestelle	**Sauerstoffgehalt**			**Sauerstoffdefizit**		**Sauerstoff-zehrung**	**Keime**	
	bei Entn.	nach 24 h	nach 72 h	bei Entn.	nach 72 h		auf Gelat.	Hesse Nährb
	ccm/l	ccm/l	ccm/l	ccm/l	ccm/l	ccm/l*h	/ccm	/ccm
Marienburg	6,3	6,34	5,49	-0,89	-0,81	0,011	1950	2000
Mühlheimer Schiffbrükke (mitte)	6,33	6,19	5,12	-0,86	-1,21	0,017	3330	9010
unterhalb Stammsiehl bei Niehl (mitte)	6,39	6,18	5,23	-0,8	-1,16	0,016	13300	12140
unterhalb Stammsiehl bei Niehl (links)	7,63	1,27	0,00	?	-7,63	0,27	-	-
oberhalb Wiesdorf	6,72	6,23	5,47	-0,47	-1,25	0,017	-	3690
unterhalb Wuppermündung (mitte)	6,36	6,30	5,08	-0,83	-1,28	0,018	1450	8520
unterhalb Wuppermündung (rechts, Wupperwasser)	6,18	fehlt	2,71	-1,01	-3,47	0,048	-	-
oberhalb Monheim	6,65	5,97	5,2	-0,54	-1,45	0,020	2470	6830
oberhalb Zons	6,69	6,28	5,07	-0,5	-1,62	0,023	2730	7140
oberhalb Volmerswerth	6,67	6,19	5,18	-0,52	-1,49	0,021	3650	4720

Spitta kommt in seiner Untersuchung unter anderem zu dem Schluß, daß die Größe der Sauerstoffzehrung ein Maßstab für die Menge der vorhandenen oxydierbaren Substanzen ist und schlägt sie daher als Untersuchungsmethode vor, die die Bakterienzählungen ablösen soll. Er wendet seine Methode sogleich an, um die Zehrung des Sauerstoffs bei verschiedenen Verdünnungen ein und desselben Kanalwassers zu messen (1.15;1:30;1:100;1.200). Bei einer Verdünung von 1:200 stellte Spitta nach 24 Stunden eine Sauerstoffabnahme von ca. 1ccm/l fest und kam zu der Aussage:

„Eine 200-fache Verdünnung bietet selbst bei ruhiger Stagnation dagegen schon recht günstige Chancen und dürfte, wollte man die Sauerstoffzehrung als Massstab nehmen, bei einem Fluss mit selbst mässiger Geschwindigkeit wohl als ganz unbedenklich anzusehen sein.“ (SPITTA 1900: 259)

Die Untersuchungen Spittas standen unter anderem auch unter dem Einfluß der gleichzeitig von Dunbar durchgeführten Untersuchungen zum biologischen Verfahren der Abwasserreinigung. Dunbar kann ebenfalls den Abbau der organischen Substanz durch Mikroorganismen unter künstlicher Anreicherung des Sauerstoffs experimentell belegen (DUNBAR 1899). In der Folgezeit setzte bis zum 1. Weltkrieg eine intensive Forschung zur Verunreinigung von Flüssen ein. Auch die Idee der Messung der Sauerstoffzehrung wurde immer wieder aufgegriffen (z.B. KIßKALT 1906, PLEIßNER 1910, MÜLLER 1912). Aus der Sauerstoffzehrung wurde im englischen Sprachraum der „Biochemical Oxygen demand“ (PHELPS 1912, 1944). Schließlich kam es zur Standardisierung der Messmethode des Biochemischen Sauerstoffbedarfs. Auf die Festlegung des BSB_5, also der Messung des

Sauerstoffverbrauchs nach 5 Tagen, kam es dabei relativ willkürklich (BACH 1924, CZENSNY 1947).

Die Entwicklung des Saprobiensystems

Verschiedene Autoren hatten im Ausgang des 19. Jahrhunderts die Untersuchung der Organismen des Wassers vermehrt mit einbezogen (z.B. SCHENCK 1894a,b, GROSSE-BOHLE 1900 SPITTA 1900, vgl. Kap. 4.2). Insbesondere bei der Beurteilung von Wasser für Trinkwasserzwecke hatte sich Cohns Methode, die verschiedensten Organismen als Indikatoren neben der Zählung der Bakterien mitheranzuziehen, bereits bewährt. 1898 erscheint von Conrad Mez bereits ein Kompendium der biologischen Wasseranalyse. Es wurden darin mehr als 150, auch für die Indikation von Abwasser, wichtige Organismen aufgeführt (MEZ 1898). Auf der Suche nach einem Verfahren, das besser als bisher die Wirkung von Abwassereinleitungen nachweisen sollte, wird 1899 eine Kommission aus Chemikern, Bakteriologen, Botanikern und Zoologen eingesetzt, die verschiedene Gewässer untersuchen soll mit dem Ziel Leitorganismen für bestimmte Verunreinigungen zu finden. Am 1.4.1901 wird daraufhin die Königliche Versuchs- und Prüfanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in Berlin gegründet. Im gleichen Jahr erscheint *„Die sapropelische Lebewelt“* des Biologen Robert Lauterborn. Darin werden die Organismen des Faulschlamms natürlich belasteter Gewässer zum ersten Mal als eigene Lebensgemeinschaft charakterisiert und deren Übereinstimmung mit denen von fäulnisfähigen Abwasser beschrieben (LAUTERBORN 1901a). Lauterborns mikroskopische Arbeiten (LAUTERBORN 1901a, 1906b, 1913, 1915) waren eine wichtige Grundlage zur Entwicklung der biologischen Methode zur Beurteilung der Wasserqualität von Fließgewässern. Die Klagen der Fischerei gegen die zunehmende Verschmutzung ihre Fischgewässer scheiterten vielfach daran, daß eine Verschmutzung nicht eindeutig auf den ein oder anderen Verschmutzer zurückzuführen war. Auch der Fischereibiologe und Begründer der Untersuchungsstation für Fischkrankheiten, Bruno Hofer, war mehrfach als Gutachter bei solchen Verfahren herangezogen worden. Seiner Erfahrung nach, ließ sich ein Nachweis noch am ehesten über das Vorkommen verschiedener Organismen in einem Gewässer beschreiben (HOFER 1901). Auch Schiemenz verwendet die verschiedensten Organismen als Indikatoren um Gewässerverschmutzungen von Zuckerfabriken nachzuweisen (SCHIEMENZ 1902). Schließlich griffen die Mitarbeiter der Königlichen Versuchsanstalt Robert Kolkwitz und Maximilian Marsson die Arbeiten vor allem von Mez, Lauterborn und Hofer auf und formulierten die ersten *„Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna“* (KOLKWITZ & MARSSON 1902). Auf der Grundlage der sapropelischen Lebewelt wurden die Leitorganismen für organische, zersetzungsfähige Substanz im Wasser, die diesen als Nahrung dient, als Saprobien bezeichnet. Nach dem Grad der Verschmutzung werden unterschieden Poly-, Meso- und Oligosaprobien sowie Reinwasserorganismen (Katharobien). Das Saprobiensystem zur Beurteilung der Gewässer nach Leitbiozönosen ist im Grundsatz bis heute eine der wichtigsten Bewertungsmethoden von Fließgewässern in Deutschland geblieben (vgl. auch HELFER 1917 SCHUA & SCHUA 1982). Im ersten Jahrzehnt wird das Saprobiensystem weiterentwickelt. 1908 listen Kolkwitz & Marsson in ihrer Ökologie der pflanzlichen Saprobien bereits rund 300 Arten und 1909 in der Ökologie der tierischen Saprobien rund 500 Arten auf. Biologen wie Lauterborn und Hofer wurden dazu beauftragt, Kurse für Fichereiaufseher und Regierungsbeamte zu halten. Lauterborn schrieb 1908 im Auftrag des Großherzoglichen Badischen Ministeriums des Innern eine allgemeinverständliche Einführung *„über die Verunreinigung der Gewässer und die biologische Methode ihrer Untersuchung“*. Als wesentlichen Vorzug beschreibt Lauterborn, daß die biologische gegenüber der chemischen und bakteriologischen Methode *„Durchschnittswerte der ganzen bisherigen Verschmutzung“* statt nur *„Augenblickswerte“* angibt. Insbesondere Lauterborn

und Hofer beobachteten auch damals schon die tendenziell artenreichere Besiedlung unkorrigierter Fließgewässer. Ebenso stellten sie die hohen und schnellen Abbauleistungen unkorrigierter und stehender Gewässer heraus. Nicht zuletzt aus der Erfahrung des hohen Fischertrags alter zum Teil abwasserbelasteter Dorfteiche entwickelte Hofer die Idee, auch städtische Abwässer in Abwasserteichen zu reinigen, und so die hohe „Selbstreinigungskraft“ stehender Gewässer auszunutzen. Die biologische Methode der Untersuchung (Saprobiensystem) gehörte von da an zum Standardrepertoir der Gewässeruntersuchung. In unzähligen Veröffentlichungen sind immer wieder Ergänzungen, Verbesserungen, Vereinheitlichungen oder auch Vereinfachungen für die praktische Handhabung hinzugekommen (HELFER 1927/29, 1931, HUET 1949, KOLKWITZ 1950, PANTLE & BUCK 1955, SLADECEK 1961, ZELINKA & MARVAN 1961, DIN 38410 u.a.). 1976 erschien schließlich auf Grundlage des Saprobiensystems die erste Gewässergütekarte der Bundesrepublik als gemeinsame Arbeit der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 1976).

4.4 Gesetzgebung und Verwaltung

Vor dem 19. Jahrhundert waren Wasserrechte im allgemeinen Gewohnheitsrechte. Fließgewässer wurden ganz grob in schiffbare und nicht schiffbare Gewässer unterschieden. Hiernach richtete sich auch die allgemeine Unterscheidung in den Landrechtsgesetzen zwischen öffentlichen und privaten Gewässern. Ein weiteres Merkmal damaliger wasserwirtschaftlicher Rechte bestand in der Unterscheidung von Nutzungen.

Wassernutzung ein zentraler Begriff des Wasserrechts

Zu den als *„Allgemeingebrauch“* bezeichneten Nutzungen zählten Trinken, Waschen, Schwemmen, Tränken und im allgemeinen auch das Einleiten von Abwässern. Daneben gab es Sondernutzungsrechte, wie z.B. die eines Müllers oder der Flößer, die lokal unterschiedlich gehandhabt wurden und bei Auseinandersetzungen oft zu übergeordneten Verordnungen führten. Lag ein Sondernutzungsrecht vor, so war der Gemeingebrauch insoweit erlaubt, als er das Sondernutzungsrecht nicht negativ beeinflußte. Vor allem im 19. Jahrhundert wurde der Allgemeingebrauch gegenüber den immer umfangreicheren Sondernutzungen immer weiter eingeschränkt. Insbesondere Wasserkraftanlagen genossen dabei hohe Priorität. Dem Grundsatz nach sollten zwar die Nutzungsrechte anderer Anlieger so wenig wie möglich beeinträchtigt werden, in der Praxis wurden jedoch gerade Anlagen zur Nutzung der Wasserkraft aus wirtschaftlichen und gewerbepolitischen Gründen gerne Privilegien eingeräumt.

Privatflußgesetz 1843

Schon in den allgemeinen Landrechten war die Einteilung in private und öffentliche Gewässer schriftlich fixiert. Bis weit ins 19. Jahrhundert hinein wurden die Privatflüsse vor allem landwirtschaftlich genutzt. Für einen vor allem an der Landwirtschaft orientierten Staat war daher folgerichtig im *„Gesetz über die Benutzung der Privatflüsse“* vom 28.1.1843 in § 3 jede gewerbliche oder andere Nutzung (z.B. durch Färbereien etc.) zu untersagen, wenn dadurch eine Beeinträchtigung der Wasserqualität entstand. Mit Gewässerschutz im heutigen Sinne hatte diese Regelung wenig zu tun. Das Gesetz sollte im wesentlichen zum Schutze landwirtschaftlicher Interessen dienen. Es verpflichtete die Uferbesitzer auch dazu, durch entsprechende Pflegemaßnahmen für einen ungehinderten Abfluß zu sorgen, um die Gefahr von Überflutungen einzudämmen (Hochwasserschutz). Der rechtliche Schutz der Landwirtschaft mußte im Zuge der zunehmenden Industrialisierung in Deutschland früher oder später zu Konflikten führen. Das Emschergebiet kann für diese Entwicklung als ein erstes frühes Beispiel gelten. Die Emscher war als Privatfluß eingestuft und wurde bis weit ins 19. Jahrhundert vorwiegend für land- und forstwirtschaftliche Zwecke, sowie für den Bedarf

der Privathaushalte genutzt. Die Menge der Abwässer aus dem Bergbau und den schnell wachsenden Industrieunternehmen nahm ständig zu und führte vielerorts zu entsprechenden Konflikten. Es kam zu einer regelrechten Prozeßwelle. So entschied 1884 das Berliner Reichsgericht anläßlich einer Privatklage, daß jede Einleitung von Bergbauabwässern bei einem Widerspruch der Flußanlieger rechtswidrig sei und zu Schadensersatzforderungen berechtigte. In dem Urteil werden folgende Grundsätze aufgestellt:

„1. Der Bergwerksbesitzer, welcher das Recht zur Ableitung von Grubenwasser in einem Privatfluß verlangt, muß einen besonderen Rechtsgrund nachweisen. Aus dem Gesetz über die Benutzung der Privatflüsse vom 28.2.1843 läßt sich ein solches Ableitungsrecht ebensowenig herleiten und begründen, wie aus den gesetzlichen Vorschriften über die Gewährung der Vorflut.

(zit. nach KLEIN 1988:345)

2. Beim Mangel eines solchen Rechtsgrundes ist die Ableitung von Grubenwassern in einen Privatfluß eine unbefugte, gleich viel ob die Wasser aus der Grube dem Privatflusse unmittelbar oder unmittelbar zugeführt werden (durch andere kleine Bäche), an welchem dem Bergwerksbesitzer als Anlieger Eigentumsrechte zustehen, dem Uferbesitzer des Privatflusses aber nicht.

3. Der Uferbesitzer eines Privatflusses kann der Ableitung von Grubenabwässern auch dann widersprechen, wenn eine schädliche Einwirkung damit nicht verbunden ist.“

Diese Auslegung hatte zwar zahlreiche Schadensersatzansprüche zur Folge, war aber in der Praxis weder eine Entscheidung für einen Gewässerschutz, noch schützte es die zahlreichen kleinen Landwirte. Die Betroffenen hätten ihre Schadensersatzansprüche zwar jederzeit einklagen können, ihnen war aus Kostengründen der Klageweg jedoch oft zu risikoreich, so daß ihnen allenfalls die Möglichkeit einer Beschwerde an die Regierungsbehörden blieb. Diese hatten jedoch kaum eine Möglichkeit des Eingriffs, da ihnen ein Eingreifen an privaten Flüssen erst dann möglich war, wenn der Nachweis einer Gefahr z.B. für die Anwohner erbracht war. Die eigentlichen Gewinner des Privatflußgesetzes waren in diesem Falle also weder die Gewässer noch die kleinen Landwirte, sondern vor allem die Großgrundbesitzer, die Ansprüche auf Entschädigungen geltend machen konnten. Solche Ausgleichszahlungen gingen oft über den Wert des landwirtschaftlichen Ertrags weit hinaus.

Spätestens seit den 1860er Jahren war durch die massive Ansiedlung der Textilfabriken (Färbereien, Bleiweiß-Fabriken, Wollwäschen etc.), aber auch wegen der Metallindustrie (Gruben und Hüttenwerke), Zuckerfabriken und Papierfabriken die Wupper kaum mehr zu retten. Innerhalb von knapp 30 Jahren (1834-1861) hatte sich allein die Zahl der in Färbereien Elberfelds und Barmens beschäftigten Menschen auf über 1000 verdoppelt. In der Folge kamen auch noch die Abwässer aus den sich ansiedelnden Teerfarbenfabriken hinzu, deren Einleitung zwar verboten war, aber von denen vermutet werden muß, daß sie immer wieder illegal eingeleitet wurden (ARNOLD 1990). Schäden für den Vorfluter Rhein befürchtete man offensichtlich nicht. Selbst die für den Gewässerschutz noch am ehesten Zuständigen, wie z.b. der Medizinalrat Dr. Eduard Beyer sprachen sich, mit dem Hinweis auf die gute Wasserqualität und die gute Selbstreinigung des Rheins, für die einfache und billige Methode, flüssige Abfälle in den Rhein zu leiten, aus (BEYER 1876).

Auch das Beispiel der Teerfarbenindustrie (vgl. Kap. 3.2) zeigt, daß bereits zu Beginn der Industrialisierung eine konsequente Anwendung des Gesetzes von Privatflüssen, Quellen und Seen von 1843 mit dem Argument verhindert wurde, daß ein Einleitungsverbot für die betroffenen Unternehmen den finanziellen Ruin bedeuten könnte.

Die genannte Rechtspraxis änderte sich erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts, nachdem durch die zunehmenden Gewässerverschmutzungen die geltenden Rechtsgrundlagen unhaltbar geworden waren. Die neue Auffassung wurde

zuerst niedergelegt im „Gesetz betreffend Bildung einer Genossenschaft zur Regelung der Vorflut und zur Abwasserreinigung im Emschergebiet“ vom 17.4.1904. Mit dem Bau von 23 Kläranlagen reagierte man auf die unzumutbaren Verhältnisse an der Emscher. Die geänderten wasserrechtlichen Auffassungen schlugen sich insbesondere auch im Preußischen Wassergesetz von 1913 nieder. Es hob die Unterscheidung zwischen öffentlichen und privaten Flüssen auf, und stellte die Legitimation sämtlicher industrieller und kommunaler Einleitungen in Bäche und Flüsse dar. Die Lösung der Gewässerverschmutzungen sah man in dem zukünftigen Bau von Kläranlagen, die „end-of pipe“-Philosophie hatte sich etabliert. Ulrike Klein (1988:355) sah in diesem Wandel die Aufgabe einer an der weitgehenden Schonung der Natur orientierten Umweltpolitik. M.E. hat eine solche Umweltpolitik und damit ein Gewässerschutz im ganzen 19. Jahrhundert zu keiner Zeit bestanden.

„Vorbild“ England

In England hatten die Erhebungen der 1865 eingesetzten "First Royal Commission to enquire into the pollution of rivers" und der 1868 umbenannten "Rivers Pollution Commission" 1876 zum "Rivers Pollution Prevention Act" geführt, einem Gesetz, das die Verunreinigung der Wasserläufe durch Abwasser verbot. Ausgenommen waren allerdings bestehende und in Ausführung befindliche Kanalbauten bei nachweislicher Anwendung der besten verfügbaren Mittel, sich der Abwässer zu entledigen.

Der Einfluß der preußischen Verwaltung auf Kanalisationsprojekte

Beeinflußt durch entsprechende Nachrichten und Berichte aus England kam es zu dem Erlaß von 1877, der die Genehmigungsbehörden anwies, ohne vorherige ministerielle Zustimmung kein Kanalisationsprojekt zu akzeptieren. Das Einleiten von Urin und Fäkalien in die Kanalisation wurde ausdrücklich untersagt. Die maßgebende gutachterliche Instanz bei den Genehmigungsverfahren für Kanalisationsprojekte war die „Wissenschaftliche Deputation für das Medizinalwesen in Preußen“. Der Deputation gehörte auch der einflußreiche Virchow an, der wesentlich dazu beitrug, daß die Deputation 1877 die von Varrentrapp vorgeschlagene Ableitung der Frankfurter Kanalwässer einschließlich Fäkalien in den Main ablehnte und die Anlage von Rieselfeldern verlangte. Die Deputation erkannte zwar die hygienischen Argumente für die Einführung der Schwemmkanalisation an, lehnte jedoch einige Kanalprojekte mit dem Hinweis auf den Nachteil der massiven Gewässerverschmutzung ab. Zu dieser Zeit (1877) waren gerade einmal 12 Städte bzw. Stadtteile planmäßig, d.h. nach einem einheitlichen Plan, kanalisiert.

Für viele Kommunen, die sich Rieselfelder oder Kläranlagen nicht leisten konnten oder wollten, kam dies einem „Einleitungsverbot“ gleich, denn in der Folge wurden alle Kanalbauprojekte abgelehnt, die ohne Kläranlagen oder Rieselfelder konzipiert worden waren (z.B. Köln und Stettin).

Erlaß von 1877 eine Entscheidung für den Gewässerschutz?

Einige Autoren interpretieren die weitreichende Ministerialentscheidung von 1877 als eine der ersten politischen Signale für einen Gewässerschutz. Doch auch dieses Verbot war eher Ausdruck der Hilflosigkeit als von entschlossenem Handeln im Sinne eines Schutzes der Gewässer. Vielmehr kann dem Erlaß die Ansicht unterstellt werden, daß sich die Qualität des Wassers nach den Erfordernissen und Ansprüchen der Industrialisierung zu richten habe. Zu dieser Ansicht trugen die vielerorts widersprüchlichen Verhältnisse bei. Die Betreiber von Zucker-, Papier- und Textilfabriken muteten ihre Produktionsabwässer oft ungereinigt den Unterliegern zu, beklagten aber gleichzeitig die Gewässerverschmutzung der flußaufwärts gelegenen Kommunen oder Industriebetriebe.

Für einige Jahre konnten sich damit auch die Hygieniker durchsetzen, die Bedenken vor einer Übertragung der Krankheiten durch die Flüsse hatten. Doch der Protest der Kommunen, die vorhandene Kanäle nutzen und fortgeschrittene Planungen umsetzen wollten (so waren in Frankfurt bereits 1877 95 km Kanäle fertiggestellt und 3.500 Häuser mit etwa 14.000 WCs angeschlossen), führte zur Aufgabe der Position seitens der Wissenschaftlichen

Deputation für das Medizinalwesen. Während sie sich zwischen 1875 und 1883 eindeutig gegen Kanalisation ohne Abwasserreinigung ausgesprochen hatte, stellte sie von 1888 an die Positionen von Städtehygiene und „Gewässerschutz“ gleichberechtigt nebeneinander und ließ nun Kanalisationsbauten auch ohne Abwasserreinigung zu. Die Anforderung der Abwasserreinigung mußte unter anderem auch deshalb aufgegeben werden, weil zum damaligen Zeitpunkt außer dem Rieselfeld keine ausreichend funktionstüchtige Methode der Abwasserreinigung bekannt war. Auch die Versuche zur chemischen Abwasserreinigung in Frankfurt und Wiesbaden waren gescheitert.

Proteste der unmittelbar betroffenen Anwohner waren meistens nicht von langanhaltender Dauer, sondern hingen von politischen Rahmenbedingungen ab. Die Industrialisierung galt vielen als wünschenswerte und anzustrebende Vision, von der man sich vorwiegend Positives – Arbeitsplätze, Wohlstand etc. – versprach.

Die Grube, städtehygienischer Normalfall um 1900

Um 1900 war das Grubensystem in Deutschland noch der „städtehygienische“ Normalfall. Lediglich die Innenbereiche von ca. 150 Städten waren mehr oder weniger systematisch kanalisiert, und längst nicht in alle Kanalsysteme wurden die Fäkalien eingeleitet. Trotzdem hatte der Protest gegen die Schwemmkanäle vor allem zur Abschwemmung von Fäkalien und Urin bereits seinen Höhepunkt überschritten. Lokale Einwendungen blieben wirkungslos. Viele Beispiele wie Basel und München zeigen, daß sobald man mit Kanälen erst einmal angefangen hatte, alte Beschlüsse gegen die Einleitung der Fäkalien und Urin per Kanal in die Gewässer, durch die Macht des Faktischen längst eingeholt waren. Schmutzige Gewässer waren zur *„unbefragten, selbstverständlich vorausgesetzten Rahmenbedingung“* (SIEFERLE zit. in BÜSCHENFELD 1994) geworden.

Aufbau und Rolle der Wasserwirtschaftsverwaltung

Sowohl das Wasserrecht, wie die wasserwirtschaftliche Verwaltung werden im ganzen 19. Jahrhundert vom *„Wasserschutz“* (damit war der Schutz vor Hochwasser und Überschwemmung gemeint) dominiert. Mit dem Straßenbau hatte der Wasserbau nicht nur gemein, daß Ingenieurskunst gefragt war, sondern auch, daß in vielen Fällen wasserbauliche Maßnahmen aus Gründen der Verkehrswegesicherheit als notwendig erachtet wurden. Überschwemmungen waren nicht nur eine Gefahr für die Landwirtschaft oder Siedlungen, sondern auch für Verkehrswege. Die Aufgabe der Verwaltung sollte es sein, Hochwasser- und Eisgänge in ihrem Ablauf zu beobachten, entsprechende Schäden zu protokollieren und ggf. Maßnahmen zur Abhilfe zu veranlassen.

Ein weiterer Zweig der frühen Wasserwirtschaft lag in der Be- und Entwässerung landwirtschaftlicher Flächen. Hungersnöte waren Grund genug, die Notwendigkeit von Maßnahmen zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit auch von staatlicher Seite zu unterstützen. So berief z.B. das königliche Ministerium des Innern Württemberg einen „Wiesenbaumeister“, um an der Ackerbauschule in Hohenheim Unterricht im Kunstwiesenbau zu erteilen. Darüber hinaus wurden bis zum Jahr 1860 angehende Wiesenbaumeister zu Lehrgängen nach Pommern zur Ausbildung geschickt. Interessierte Landwirte konnten sich gegen ein Tagegeld von diesen Wiesenbaumeistern bei der künstlichen Anlage von Wässerwiesen (Meliorationen) beraten lassen (vgl. Kap. 0). Insgesamt wurden die Anforderungen an die Koordination von Flurbereinigung, Graben und Wasserbau sowie Wasserrecht immer größer und mit ihr wuchsen die Aufgaben einer *„Kulturbauverwaltung“*. In der Folge kam es immer häufiger zu deutlichen Überschneidungen der Aufgabenbereiche zwischen Straßen- und Wasserbauämtern sowie den Meliorations- bzw. Kulturbauämtern der Landwirtschaft. Daher ging man dazu über, die einzelnen Wasserläufe den einzelnen Ämtern klar zuzuordnen.

Die Praxis der Gewerbeaufsicht und der Bezirksärzte

Verantwortlich für die Genehmigungen industrieller Einleitungen waren einerseits die Gewerbeaufsichtsämter, andererseits die Bezirksärzte. Sie hätten rechtlich durchaus die Möglichkeit gehabt, Genehmigungen wieder zurückzunehmen, sofern Ihnen der Nachweis der Schädlichkeit gelungen wäre (vgl. Kap. 2.10). Da sich ein solcher aber immer auf akute Schädigungen bezog, war dies praktisch nicht möglich. Selbst im Falle der Genehmigungspraxis der arsenhaltigen Abwässer der Farbenfabriken, deren Giftigkeit allgemein anerkannt war, konnte ein akuter Schaden nie nachgewiesen werden, so daß lediglich eine Verdünnung, eine Neutralisation mit Kalk sowie die nächtliche Einleitung zur Auflage gemacht wurde. So auch bei der Genehmigung der Hoechster Anilinfarbenfabrik Dittler & Co. vom 30.9.1885 (HStA Wiesbaden, Abt. 425, Nr. 633, aus ANDERSEN 1996). Subletale Langzeitwirkungen waren weder nachweisbar noch Thema.

Königreich Württemberg

Im Bereich des Königreichs Württemberg muß die Rechtsunsicherheit bezüglich der Wasserbenutzungsrechte mit am größten gewesen sein. Bis zum 20. Jahrhundert konnten Streitigkeiten bezüglich Gewässerverlegungen, Uferveränderungen, Anlage von Gewässern oder die Wasserentnahme nur nach allgemeinen Grundsätzen des Gemeinen Rechts entschieden werden. Vor allem die Landwirte forderten eine gesetzliche Regelung des Wasserbenutzungsrechtes. Sie hatten berechtigte Angst vor dem hohen Wasserbedarf der sich entwickelnden Industrie. Mit der zunehmenden Stromerzeugung aus Wasserkraft hatten aber auch das Gewerbe und die Industrie Angst vor unklaren Wasserrechtsverhältnissen.

Einen damals noch bedeutenden Einfluß hatten auch die Flößer, die auf ihre „Rechte“ angewiesen waren. Insbesondere der Neckar mit seinen Nebenflüssen Glatt, Enz und deren Nebenflüsse Nagold und Würm sowie Murg, Iller und Kinzig in Baden wurden ausgiebig zur Flößerei benutzt. Hierzu gab es eine ganze Reihe von rechtlichen Bestimmungen.

Großherzogtum Baden

Im Großherzogtum Baden waren die Aufgaben und die Dienststellen des Wasser- und Straßenbau, in der ersten Hälfte des 19. Jahrhundert zumeist dem Innenministerium unterstellt. Seit 1803 gab es ein technisches Büro unter der Leitung eines Oberlandesingenieurs, das die ihm unterstellten Bezirksdienste mit dem Bau oder dem Unterhalt von Gewässern beauftragte. Die Kommission war zuständig für den Rhein, die Alb, die Dreisam, die Elz, die Enz, die Murg, die Nagold, die Oos sowie Teilstrecken der Kinzig, des Neckars, der Rench und der Wiese. Zu einem der ersten Oberingenieure des technischen Büros war der damalige Hauptmann Johann Gottfried Tulla (1770-1828) abgestellt worden. Er wurde 1823 zum ersten Leiter der „Ober-Wasser- und Straßenbau-Direktion“, die aus dem technischen Büro hervorging. 1860 wurde ein Handelsministerium eingerichtet, dem u.a. auch die Aufsicht und Leitung des Wasser- und Straßenbaus, sowie die Schiffahrt und Flößerei unterstellt wurde. Der Verwaltung lag, wie in Württemberg auch, ein dreistufiger Aufbau zugrunde. Seit 1863 wurde das Großherzogtum in 11 Kreisverbände eingeteilt mit den zuständigen Amtsleitungen in Baden, Freiburg, Heidelberg, Karlsruhe, Konstanz, Lörrach, Mannheim, Mosbach, Offenburg, Villingen und Waldshut. Zahl und Sitz der Verwaltungseinheiten, sowie die Zugehörigkeit zu einem der Ministerien sind in der Folge immer wieder geändert worden. Aufgaben und Struktur blieben aber bis weit ins 20. Jahrhundert (1936) weitgehend gleich (SCHAAL & BÜRKLE 1993). Nachdem 1851 den Wasserbauinspektionen auch die Be- und Entwässerung zugewiesen worden war, gehörte seit 1878 auch die Mitwirkung und Begutachtung der technischen Ausführung von öffentlichen Wasserversorgungsanlagen und seit 1886 auch die „Feldbereinigung“ zu ihren Aufgaben. Tiefgreifend änderte sich diese Aufgabenverteilung erst 1936. Wasser- und Straßenbau wurden getrennt. Die alten Kultur und Wasserbau-Inspektionen wurden 1937 gemäß den Flußgebieten neu aufgeteilt und hießen ab 1939 einheitlich Wasserwirtschaftsämter.

Elsaß-Lothringen

In Elsaß-Lothringen waren bis 1789 lediglich die größeren schiff- oder flößbaren Gewässer einer staatsgesetzlichen Regelung unterworfen. Sie dienten im wesentlichen der Schiffahrt, z.B. durch die Beseitigung von Verkehrshindernissen. Sämtliche Nutzungsrechte, wie z.B. die Fischerei, lagen beim Staat. Anlagen zur Bewässerung oder Wasserkraftnutzung usw. waren genehmigungspflichtig. Die nicht schiff- oder flößbaren Wasserläufe (Privatflüsse) waren vor der Revolution im Eigentum der Grundherren und damit ihren polizeilichen Regelungen unterworfen. Erst nach 1789 kümmerte man sich auch um die Privatflüsse. Die wenigen gesetzlichen Regelungen der Privatflüsse hatten vor allem die weitgehendste Nutzbarmachung für landwirtschaftliche Zwecke zum Ziel. Die Verwaltung konnte auch in Elsaß-Lothringen nur da eingreifen, wo das öffentliche Wohl gefährdet wurde. Streitigkeiten bei der Verteilung und Benutzung der Wasserläufe waren somit im wesentlichen Gegenstand des Privatrechts bzw. der Gerichte.

Schweiz

In der Schweiz gehörte seit je her der *„Schutz vor dem Wasser“* zu den wichtigsten Aufgaben der Verwaltung, zumal Rodungen zunehmende Erosion und Überschwemmungen zur Folge hatten. In der Bundesverfassung der Schweiz von 1874 wurde dem Bund das Recht zuerkannt, entsprechende Bestimmungen zum Schutz vor Erosion und Überschwemmungen zu erlassen. In den folgenden Jahrzehnten wurden erhebliche Geld- und Energiemengen in den Verbau von Bächen und Flüssen investiert. Das Wasserangebot war überall in der Schweiz lange Zeit so groß, daß die unterschiedlichsten Nutzungen nebeneinander möglich waren. Im Zweifelsfall wurde die Verwendung eines Baches schriftlich geregelt. Solche lokalen Wasserrechte sind zum Teil bis heute noch weitgehend vorhanden. Auch in der Schweiz kam es mit der Industrialisierung zu ersten Gewässerverschmutzungen, die sich nicht mehr allein auf lokaler Ebene regeln ließen. Die Klagen der Fischer führten 1888 zum Einleitungsverbot von für die Fischerei schädlichen Abwässern. Aber auch in der Schweiz blieb dieses Gesetz aus Mangel an Vollzug bis weit ins 20. Jahrhundert erfolglos. Auch entsprechende Vollzugsverordnungen des Bundes von 1925 brachten hier keine tiefgreifende Änderungen. Dies sollte sich erst 1957 mit dem Inkrafttreten des „Bundesgesetzes zum Schutze der Gewässer gegen Verunreinigung“ ändern. Gewässerschutz hieß auch hier Bau von Kläranlagen.

Hydrographische Messungen

Die ersten regelmäßigen hydrographischen Messungen stammen aus Baden und Württemberg und für die Schiffahrt am Neckar bereits aus der ersten Hälfte des Jahrhunderts (seit 1827). In der zweiten Hälfte wurde das Meßnetz zum Aufbau eines Hochwassernachrichtendienstes auf alle größeren Flüsse ausgeweitet. Anläßlich des Katastrophenhochwassers von 1882 wurde am 21.4.1883 bei der Oberdirektion für den Wasser- und Straßenbau in Karlsruhe ein „Centralbureau für Meterologie und Hydrographie“ eingerichtet. Das Pegelmeßnetz bestand 1883 in Baden aus 51 Lattenpegeln. Erst 1887/1888 wurden in Konstanz am Bodensee sowie in Maxau am Rhein selbstregistrierende Pegel eingebaut.

Neben der Schiffahrt und dem Hochwasserdienst spielte für die systematische Erfassung der Wasserstände auch eine Rolle, mit Hilfe der Abflußdaten die Verdünnung von Abwassereinleitungen beurteilen zu können. Dahinter stand die immer bedeutendere Frage über die Zulässigkeit der Einleitung kommunaler und industrieller Abwässer.

Inzwischen war auch aus Gründen der Trinkwasserversorgung das Interesse an Grundwasserströmen gestiegen, so daß auch immer mehr Grundwasserpegel eingerichtet wurden. Bereits 1913 wurde in der nordbadischen Oberrheinebene ein Netz von 1000 Meßstellen eingerichtet. Der erste Dienststellenleiter des Centralbureaus von 1883 bis 1896 war der Ingenieur Max Honsell. Württemberg folgte und richtete 1888 in Stuttgart ein hydrographisches Bureau ein. Zu den aus historischer Sicht bemerkenswertesten Arbeiten dieser Institution zählen die zwischen 1891 und 1916 angefertigten *„Flußbeschreibungen“* von 188 Flüssen und Bächen. Sie enthalten ausführ-

liche hydrographische und wasserrechtliche Beschreibungen (Verwaltungsberichte des Königlich Württembergischen Innenministeriums, aus SCHAAL & BÜRKLE 1993:72). 1910 wurde das Bureau in Amt für Gewässerkunde umbenannt.

Erste Gewässerüberwachungen – Robert Lauterborn – Rheinforscher und einer der ersten „Aufsichtspersonen“

Spätestens mit den ersten biologischen Untersuchungen der Gewässerbiologen Marsson und Lauterborn an verschiedenen Gewässern Deutschlands, war der Nachweis der Wirkungen verschiedenster Verunreinigungen erbracht (vgl. Kap. 3.2). Als erstes reagierte das bayerische Staatsministerium des Innern und bestimmte verschiedene Personen zu staatlichen Aufsichtsorganen für die Reinhaltung der Gewässer. Diese Aufgabe war bisher allenfalls von den Fischereiaufsehern wahrgenommen worden. Als einer der ersten amtlichen Gewässerschützer wurde 1908 Robert Lauterborn für die, damals unter bayerischer Regierung, stehende Rheinpfalz berufen. Dieses Amt füllte er ein Jahrzehnt aus. Daneben übernahm er aber auch für das Großherzogtum Baden die Ausbildung der Fischereiaufseher, die in Baden eine ähnliche Funktion übernahmen. Eigens zu diesem Zweck verfasst Lauterborn die Arbeit „Die Verunreinigung der Gewässer und die biologische Methode ihrer Untersuchung“ (LAUTERBORN 1908e). Lauterborn wurde zwischen 1904 und 1930 von zahlreichen amtlichen Stellen zu gutachterlichen Stellungnahmen über die Verunreinigung des Rheins und seiner Nebengewässer herangezogen. Darunter der Neckar von Heilbronn bis Mannheim, die Ill von Colmar bis zur Mündung, der Hochrhein von Zurzach-Waldshut bis Basel, die Wutach vom Titisee bis zur Mündung in den Rhein, einige Bäche im Elsaß, die Enz bei Pforzheim weiter auch die Fulda, sowie die Bünz in der Schweiz (LAUTERBORN 1942, unveröff.:32).

Aus einem seiner letzten Gutachten über die Wutach faßt Lauterborn in seinen Lebenserinnerungen folgendes zusammen:

Wutach
(aus LAUTERBORN 1942 Autobiographie, unveröffentl. Manuskript 439 ff.)

Der Ursee entwässert durch den Urseebach und die Haslach zur Wutach. Diesen größten Fluß des Südschwarzwaldes habe ich mehrfach untersucht – leider nicht immer nur in rein naturgeschichtlicher Hinsicht. Bis zum Weltkrieg war die Wutach als eines der fischreichsten Gewässer weit über Deutschlands Grenzen hinaus berühmt und selbst von England und Amerika kamen damals alljährlich Scharen von Sportanglern nach Bad Boll, um an dem prächtigen über Felsen schäumenden Wildwasser mit der Fliege auf Forellen und Äschen zu fischen. Während des Krieges wurde in Neustadt eine Papierfabrik errichtet, deren Abwässer bald weithin den ganzen Fischbestand vernichteten. Auf die zahllosen Klagen und Beschwerden hin wurde ich 1925 von der Domänenabteilung des Badischen Finanzministeriums mit der Erstattung eines Gutachtens über die Einwirkung der Abwässer auf den Fischbestand der Wutach betraut und habe daraufhin in Vollzug des Auftrages Juli 1925 den ganzen Fluß vom Titisee an bis zur Einmündung in den Hochrhein oberhalb Waldshut, im Ganzen eine Strecke von 70 km, genauer biologisch untersucht. Die Ergebnisse waren geradezu niederschmetternd.

Vom Titisee an bot der Oberlauf der Wutach, hier Gutach genannt, noch durchaus das Bild eines klaren völlig reinen Forellengewässers. In einem breiten Wiesental dahinziehend, bald über Geröll rieselnd, bald tiefe Gumpen bildend, erfüllt mit Büschen von Wasserpflanzen wie Laichkräutern (Potamogeton), Wasserstern (Callitriche), Myriophyllum alterniflorum, Wassermoosen (Fontinalis), Algen wie Conferva amoena, bot diese Strecke auch ein überaus vielgestaltiges Tierleben dar, bestehend aus Spongillen, Bryozoen (Fredericella), Schnecken (Ancylus), Flohkrebsen (Gammarus pulex) sowie sehr zahlreichen Insektenlarven, besonders Kriebelmücken (Simulium), Eintagsfliegen, Köcherfliegen der Gattungen Hydropsyche, Rhyacophila, Polycentropus, Ithytrichia, die das ganze Jahr hindurch den Forellen und Kaulköpfen (Cottus gobio) reichlichste Nahrung bieten. Weiter fanden sich in einem Seitenbach der Gutach auch noch mehrere große Exemplare der echten Perlmuschel (Margaritana margaritifera), die wahrscheinlich in den achtziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts eingesetzt, hier ausgezeichnet gediehen.

Aber welche Wandlung erfuhr der Bach mit einem Schlage unterhalb des Auslaufes der Abwässer der Papierfabrik Neustadt! Das bisher kristallklare Wasser wurde zu einer trüben rotbraunen Brühe mit treibenden Schaumflocken, erfüllt mit Massen von Zellulosefasern, die sich an stillen Stellen der Ufer überall als stinkender Zel-

luloseschlamm ablagerten, während die Geschiebe und Felsen des Flußbettes dicht mit grauen schlüpfrigen Rasen des Abwasserpilzes Sphaerotilus natans überwuchert waren. Die Zone stärkster Verschmutzung, in welcher jede Spur der grünen Pflanzenwelt und die gesamte Tierwelt des Reinwassers ausgetilgt war, erstreckte sich bis in die Gegend von Gündelwangen, etwa 12 km unterhalb Neustadt. Aber selbst noch in der Höhe von Bachheim – 20 km unterhalb Neustadt – war die Pflanzenwelt an den Steinen des Flußbettes nur in Gestalt von Abwasserpilzen und Bakterien entwikkelt, festsitzende Grünalgen und Diatomeen fehlten noch durchaus. Auch das Tierleben trug noch alle Züge hochgradiger Verödung, da hier nur ganz vereinzelte Egel und Insektenlarven nachweisbar waren. Daß in einem solchen Wasser keine Fische, am allerwenigsten die so sauerstoffbedürftigen Forellen und Äschen zu gedeihen vermögen, liegt auf der Hand.

Erst in der Gegend von Achdorf – etwa 30 km unterhalb von Neustadt – machen sich deutlichere Anzeichen einer Selbstreinigung geltend, gefördert jedenfalls auch durch den Zutritt der Seitenbäche, die mit ihrem reinen Wasser die Schmutzflut der Abwässer verdünnen und deren schädigende Wirkungen abschwächen. Hier traten oberhalb des Ortes an den Geröllen des Flußbettes die ersten kleinen Räschen der Alge Cladophora glomerata auf, von noch recht spärlichen Diatomeen besiedelt, auch die Tierwelt erschien an Arten wie an Individuen reicher als bisher. Noch weiter vorgeschritten zeigte sich die Selbstreinigung bei Stühlingen, 45 km unterhalb Neustadt. Hier war die Algenvegetation von Cladophora bereits eine recht üppige zu nennen, weiter erschien auch die Rotalge Chantransia, die reineres Wasser bevorzugt, während die schlüpfrigen grauen Pilzrasen an den Steinen verschwanden.

Bei Oberlauchringen – 62 km unterhalb Neustadt – traten von Reinwassertieren Flohkrebse (Gammarus pulex) und oberhalb der Wutachmündung auch die großen recht empfindlichen Perliden-Larven hinzu. So zeigte also die Strecke Oberlauchringen – Wutachmündung zu Zeiten, wo keine besonders gesteigerte Abwasserzufuhr von oben her erfolgte, dasjenige biologische Bild, welches dem ganzen physischen Charakter des Flusses hier entspricht.

Das Bild übelster Verschmutzung des Wutachflusses gerade auf seiner landschaftlich schönsten und interessantesten Strecke macht auf mich einen solchen Eindruck, daß ich es nicht unterlassen konnte, auch in meinem streng sachlichen Gutachten folgendes zu bemerken:

"Wer heute die prächtige wilde Wutachschlucht durchwandert, den ergreift ein eigenartiges Gefühl. Ringsum hohe zerklüftete Felswände, ein üppig grüner vielfach noch ganz urwüchsiger Wald, von sprudelnden Quellbächen durchfeuchtet, dazwischen das Bergwasser der Wutach, das tosend und schäumend über Felsblöcke stürzt, über seichte Kiesbänke eilt und sich dann in tiefen, stillen Gumpen wieder beruhigt – aber trüb und braun, von zähen Schaumfetzen bedeckt, nach Zelluloseschlamm stinkend, tot und bar allen Fischlebens, das hier ehedem munter die klaren Fluten durchtummelt hatte. Das gibt eine Disharmonie, wie sie stärker und häßlicher nicht gedacht werden kann."

Ein Erfolg war allen Bemühungen um Reinhaltung der Wutach 1925 nicht beschieden, denn die den Kreisen des Großkapitals angehörenden damaligen Inhaber der Papierfabrik dachten, daß, wenn man sie zur Erweiterung und Verbesserung ihrer Kläranlage zwingen werde, sie einfach eine größere Anzahl von Arbeitern entlassen würden.

Seit kurzem ist die Wutachschlucht Naturschutzgebiet geworden. Ließe es sich da nicht ermöglichen, auch die Wutach selbst unter den gleichen Schutz zu stellen? Künftige Geschlechter würden uns dafür danken!

Die Aussagen Lauterborns können m.E. als typische Beschreibung der Konflikte des „Gewässerschutzes" in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts gelten.

Tab. 29

Die wichtigsten Rechtsvorschriften für die Anliegerstaaten am Hoch und Oberrhein (zusammengestellt aus NÄF 1888, HUBER 1892, OPPENHEIMER 1896, Dütschke 1906, SEILER 1976, KLOEPFER 1994)

Gesetzgebung	
Deutsches Reich	
1871	Gewerbeordnung v. 21.6.1869 für Preußen gilt nun auch für alle deutsche Staaten; bzw. Ausführungsbestimmungen von 1884, kann jede Fabrikkonzession versagt bzw. zurückgezogen werden, wenn das Allgemeinwohl beeinträchtigt wird; legt die genehmigungspflichtigen Gewerbebereiche fest; diese Liste wird in den folgenden Jahren immer wieder erweitert.
1876	Strafgesetzbuch vom 26.2.1876; legt in § 366 (10) eine allgemeine Strafe bei Überschreitung von lokalen Verordnungen zu Flußverunreinigungen fest.
1881	Nach § 16 der Reichsgewerbeordnng gehören nun auch die Fabriken der Kaliindustrie zu den genehmigungspflichtigen Anlagen.
1885	11.Juni 1885 Lachsvertrag zwischen Deutschland, der Niederlande und der Schweiz, regelt Schonzeiten, Mindestfanggrößen der Fische, Fangmethodik sowie im Artikel VIII „Die Zugänge zu ihren natürlichen Laichplätzen sollen den Lachsen nach Möglichkeit wieder erschlossen und die Fortpflanzungsstoffe der gefangenen Fische in möglichst großem Umfange für die künstliche Zucht verwendet werden“. Darüber hinaus war verboten „... in Fischwasser Fabrikabgänge oder andere Stoffe von solcher Beschaffenheit und in solchen Mengen einzuwerfen, einzuleiten oder einfließen zu lassen, daß dadurch die Fische beschädigt werden können“ (vgl. BÜRGER 1926).
1900	Reichsgesetz, betreffend die Bekämpfung gemeingefährlicher Krankheiten (Reichsseuchengesetz v.30.6.1900), verpflichtet die Gemeinden Einrichtungen zur Versorgung mit Trink- und Wirtschaftswasser fortlaufend durch staatliche Beamte zu überwachen, bestimmt die Bildung eines Reichsgesundheitsrates, der in Verbindung mit dem Kaiserlichen Gesundheitsamtes über Wasserversorgung, Beseitigung der Abfallstoffe sowie die Reinhaltung von Gewässern beraten soll. Dieser umfaßt auch einen Ausschuß für Abwasserreinigung und Flußverunreinigung; er soll zwischen verschiedenen Bundesstaaten vermitteln. Prinzipiell bleibt aber die Anordnungs- und Polizeigewalt im Wasserrecht bei den Ländern. In der Folgezeit wird klar, daß die Verdünnung als Schutzmaßnahme nicht ausreicht.
1934	Reichsgesetz über die Vereinheitlichung des Gesundheitswesens; Gesundheitsämter sind zu bilden, die die Anlagen für die Trinkwasserversorgung überwachen sollen, um eine ausreichende und hygienisch einwandfreie Versorgung mit Trink- und Gebrauchswasser zu gewährleisten.
1934	Aufhebung der Länderparlamente und Übertragung der wichtigsten Hoheitsrechte der Länder auf das Reich.
1935	Deutsche Gemeindeordnung
1957	Wasserhaushaltsgesetz
Königreich Bayern	
1852	Wasserbenutzungsgesetz vom 28.Mai 1852; ähnlich dem Privatflußgesetz von Preußen; § 58 „Die Benutzung des Wassers der Privatflüsse zum Betriebe von Gerbereien, chemischen Fabriken..... und zu anderen Bestimmungen, durch welche die Eigenschaften des Wassers auf schädliche Art verändert werden, unterliegt der besonderen Bewilligung und Beschränkung durch die Verwaltungsbehörde.“
1863	Verordnung zur „Vorsorge von Gefahren und Belästigungen bei Errichtung oder wesentlicher Veränderung von Fabriken und Werkstätten“, schränkte das Einspracherecht der Anlieger gegenüber Industrieansiedlungen ein.
1871	Polizeistrafgesetz vom 26.12.1871; „§ 97 Mit Geldstrafe bis zu 50 Gulden wird bestraft:... u.a. (3) Wer an den Ufern öffentlicher Flüsse Anlagen macht, welche den freien Lauf oder den gemeinen Gebrauch des Flusses hindern. ... (5) Wer das Wasser eines Privatflusses zum Betriebe von chemischen Fabriken ... oder zu anderen Bestimmungen, durch welche die Eigenschaften des Wassers auf schädliche Art verändert werden, ohne besondere Bewilligung der Verwaltungsbehörde benützt. ...“
1905	Entschließung des Königlich bayerischen Staatsministeriums des Innern vom 13.4.1905, schreibt vor, daß vor Erteilung der Genehmigung der Einleitung von Abwässern in öffentliche Flüsse usw. ist eine gutachterliche Äußerung des Königlichen hydrotechnischen Bureaus einzuholen.
Königreich Preußen	
1815	Kabinetsordre (v.24.2.1815), die Verhütung der Verunreinigung der schiff- und

	flößbaren Flüsse und Kanäle betreffend, untersagt die Verunreinigung der Gewässer, insoweit sie durch gewerbliche Anlagen herbeigeführt wird, jedoch nur, wenn sie nur durch Einwerfen fester Stoffe erfolgt.
1843	Gesetz über die Benutzung der Privatflüsse (v.28.2.1843), galt auch für die Rheinprovinz durch Verordnung v. 9.1.1845; Es billigt jedem Uferbesitzer bis zur Mittellinie das Recht zu, das an seinem Grundstück vorüberfließende Wasser zu seinem besonderen Vorteil benutzen zu können; es geht auf das „Allgemeine Landrecht für die Preußischen Staaten“ von 1794 zurück, daß zwischen „öffentlichen“, schiffbaren Flüssen und den nicht schiffbaren „Privatflüssen“ unterschied (KLOESS 1913). § 3 Verbot der Verunreinigung der Privatflüsse durch gewerbliche Abwässer, wenn dadurch der Bedarf der Umgegend an reinem Wasser beeinträchtigt, oder eine erhebliche Belästigung des Publikums verursacht wird. Eine konsequente Auslegung des § 3 hätte im Einzelfall Einleitungsverbote ermöglicht.
1850	Gesetz über die Polizeiverwaltung (11.3.1850)
1864	Das Preußische Allgemeine Landrecht unterscheidet öffentliche Gewässer und Privatflüsse; über das eigene Wasser kann auf dem Grundstück verfügt werden, auch wenn andere Eigentümer negativ beeinflußt werden (unter- wie oberirdischer Abfluß); die wasserwirtschaftlichen Aufgaben übernahmen die Agrarverwaltungen, meist bezogen auf Be- und Entwässerung der landwirtschaftlichen Flächen.
1865	Berggesetz v.24.6.1865, § 196 ordnet die Bergbehörden zu Schutzmaßnahmen an, sofern gemeinschädliche Einwirkungen des Bergbaus vorliegen (auch Wasserverschmutzungen, jedoch mußte die Gemeinschädlichkeit nachgewiesen sein).
1869	Gewerbeordnung v. 21.6.1869; bzw. Ausführungsbestimmungen von 1884, kann jede Fabrikkonzession versagt bzw. zurückgezogen werden, wenn das Allgemeinwohl beeinträchtigt wird; legt die genehmigungspflichtigen Gewerbebereiche fest; diese Liste wird in den folgenden Jahren immer wieder erweitert. Die Papier- und Zuckerfabriken gehören in Preußen bis 1914 zu den nicht genehmigungspflichtigen Anlagen.
1874	In Anlehnung an das Gesetz von 1843 verbot zwar auch das preußische Fischereigesetz von 1874 im ersten Satz des § 43 noch die Einleitung von Stoffen: *„Es ist verboten, in die Gewässer aus landwirtschaftlichen und gewerblichen Betrieben Stoffe von solcher Beschaffenheit und in solchen Mengen einzuwerfen, einzuleiten oder einfließen zu lassen, daß dadurch fremde Fischereirechte geschädigt werden können.“* Doch bereits der folgende Absatz nahm dieses strikte Verbot wieder zurück: *„Bei überwiegendem Interesse der Landwirthschaft oder der Industrie kann das Einwerfen oder Einleiten solcher Stoffe in die Gewässer gestattet werden. Soweit es die örtlichen Verhältnisse zulassen, soll dabei dem Inhaber der Anlage die Ausführung solcher Einrichtungen aufgegeben werden, welche geeignet sind, den Schaden für die Fischerei möglichst zu beschränken.“* Bei entsprechender Interpretation ließ sich damit fast jede Einleitung legitimieren. Galt als rechtsverwirrend („Kautschukparagraph“). Später wurde dessen Aufhebung vor allem von der Industrie als Wohltat empfunden. § 44 verbot die Flachs- und Hanfröste in nicht geschlossenen Gewässern. Flachs und Hanf wurden damals in wassergefüllten Gruben gewässert, um die Fasern von dem anhaftenden Bast zu lösen, das entstehende Abwasser führte durch seine Fischgiftigkeit zu erheblichen Problemen (LEHMANN 1929).
1879	Neufassung Fischereigesetz v. 30.5.1879.
1879	Preußisches Gesetz zur Bildung von Wassergenossenschaften.
1882-87	Zahlreiche Reichsgerichtsentscheidungen zur Abwassereinleitung in Flüsse und zur Wasserentnahme aus demselben Fluß: Aufgabe des Klägers, den Nachweis zu erbringen, was eine „Überschreitung des Gemeinüblichen und Regelmäßigen“ für den Wasserhaushalt darstellt.
1884	Das Reichsgericht stellt anläßlich einer Privatklage gegen die Einleitung von Abwässern des Bergbaus fest, daß ein Uferbesitzer auch dann gegen die Ableitung von Grubenwässern widersprechen könne, wenn damit *keine* schädliche Einwirkung verbunden sei (KLEIN 1988). Im gleichen Jahr gibt sie der Berufung der Aktionäre der Zuckerfabrik im durch Raabes Novelle „Pfisters Mühle“ gewordenen Prozeß statt, den Mühlenbach weiter verschmutzen zu können.
1886	Im Zusammenhang mit der Einleitung von Textilabwässern stellte das Reichsgericht nun fest, daß Abwassereinleitungen nur dann nicht statthaft sind, wenn sie das Maß des Gemeinüblichen überschreiten.
1893/94	Erster Preußischer Entwurf für ein Wassergesetz, die Verabschiedung wurde durch die Industrieverbände verhindert, u.a. wegen den Bestimmungen der §§24-31 zur

	Reinhaltung der Gewässer.
1901	Dienstanweisung für die Kreisärzte (23.3.1901); weist u.a. die Kreisärzte an sich über jedes Kanalisationsprojekt gutachterlich zu äußern; § 76 „Die Reinhaltung der öffentlichen Wasserläufe ist in gesundheitlicher Hinsicht von der gleichen Wichtigkeit, wie die des Untergrundes. Die Verunreinigung der Wasserläufe durch Zuführung schmutziger oder giftiger Abwässer aus gewerblichen Anlagen, aus Kanalisationseinrichtungen usw. muß durch aufmerksame Überwachung verhütet werden, eine Aufgabe, an deren Lösung der Kreisarzt nach Kräften mitzuwirken hat, und zwar nicht nur infolge einer amtlichen Beteiligung, sondern auch aus eigenem Antriebe, sobald Mißstände zu seiner Kenntnis gelangen.
1901	Erlaß einer „Allgemeinen Verfügung“, die die Polizeibehörden mit der ständigen Überwachung der Gewässer betraut und allgemeine Grundsätze formuliert, wie z.B. die Vermeidung von Abwassereinleitungen, die Verhinderung der Ausbreitung ansteckender Krankheiten, Belästigung der Allgemeinheit sowie den Schutz des Fischbestandes, die untereinander abgewägt werden sollen. Die Verfügung ist weiter daran orientiert den lokalen Ermessensspielraum so groß als möglich zu halten.
1904	Gesetz betreffend Bildung einer Genossenschaft zur Regelung der Vorflut und zur Abwasserreinigung im Emschergebiet“ vom 17.4.1904.
1906	Zweiter Entwurf des Preußischen Wassergesetzes.
1911	Dritter Entwurf des Preußischen Wassergesetzes; kaum noch nennenswerte Proteste der Landwirtschaft; der „Sonderausschuß für Abfallstoffe“ in der Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft (DLG), der seit 1891 besonders um die Erhaltung städtischer Fäkalstoffe für die Landwirtschaft bemüht war, löst sich 1906 auf und spricht sich für die Schwemmkanalisation aus. Vorschlag für den Bau von Abwasserkanälen bis zum Meer um die Flüsse sauber zu halten. Entsprechende Planungen liegen für die Kaliindustrie vor, scheiterten jedoch an den Kosten.
1913	Preußen und thüringische Staaten unterzeichnen einen Staatsvertrag: Gründung der Kaliabwasserkommission mit Sitz in Kassel; Festlegung von Einleitungsquoten für die Kaliindustrie und von Grenzwerten für Werra und Weser; Gründung der Flußüberwachungsstellen in Hildesheim und Vaicha (später Gerstungen).
1913	Preußisches Wassergesetz vom 7.4.1913.
1914	Preußisches Wassergesetz tritt in Kraft: Klassifizierung der Wasserläufe, Grundlagen für die Benutzung und die Festlegung der Verwaltungszuständigkeit (Landrat und Regierungspräsident als Wasserbehörde); privatrechtliches Eigentum an Gewässern bezieht sich auf ober- und unterirdische Gewässer innerhalb eines Grundstückes; innerhalb dieser Grenzen kann der Eigentümer das Wasser gebrauchen und ableiten (Abwassereinleitung); der Wasserspiegel darf gesenkt und gehoben werden; die Grundstücksgrenzen beziehen das Gewässerbett und die Befugnis des darin enthaltenen Wassers mit ein; bei einem Nachweis der Schädigung des Eigentums anderer kann der Geschädigte vorgehen und finanzielle Entschädigung fordern.
Großherzogtum Hessen	
1887	Gesetz v. 31.7.1887 in der Neufassung vom 30.9.1899, die Bäche und die nicht ständig fließenden Gewässer betreffend; legt u.a. fest, daß die Einleitung fremder Stoffe, sowie der Bau von Stauanlagen als auch Einrichtungen zur Be- und Entwässerung der Genehmigung durch den Kreisausschuß bedürfen.
1891	Verordnung v.23.6.1891, betreffend die Ausführung des Gesetzes vom 14.6.1887 über das Dammbauwesen und das Wasserrecht in den Gebieten des Rhein, Main, Neckar und des schiffbaren Teiles der Lahn. § 15 „Die Einleitung flüssiger Abgangsstoffe in das Flußbett bedarf in jedem Falle der ausdrücklichen Genehmigung der Flußbaubehörde“.
1892-1901	werden von den Kreisämtern an Rhein, Main, Neckar und Lahn Polizeiverordnungen erlassen, die alle die Einleitung flüssiger Abgangsstoffe in die Flußbetten ohne vorherige ausdrückliche Genehmigung der Flußbaubehörden verbieten.
Großherzogtum Baden (seit 1806)	
1810	Allgemeines Landrecht
1822	Mühlenordnung
1827	Staatsvertrag zwischen Baden und Frankreich zur Berichtigung der Rheingrenze und Herstellung des Eigentums und Besitzstandes hinsichtlich der Rheininseln.
1851	Gesetz über Be- und Entwässerungsanlagen.
1870	Gesetz über die Ausübung und den Schutz der Fischerei vom 3.3.1870, die Formulierung des §4 erlaubt die Untersagung der Einleitung der den Fischwassern schädli-

	chen Stoffe.
1874	Verordnung des Ministeriums des Innern vom 27.6.1874, die Sicherung der öffentlichen Gesundheit und Reinlichkeit betreffend. Eine Verordnung u.a. zum Verbleib der menschlichen Exkremente, dem Anlegen von geschlossenen Gruben, dem Anlegen und sicheren Gestalten von Brunnen sowie zur Ableitung des Straßenabwassers. § 5 Übelriechende, ekelhafte, der Gesundheit durch ihre Ausdünstungen schädliche Flüssigkeiten sollen nicht in die Straßenrinnen, sondern unterirdisch in gut eingerichteten Kanälen abgeleitet oder auf andere angemessene Weise ohne Belästigung oder Benachteiligung der Nachbarn oder der Einwohnerschaft beseitigt werden. Die periodische Reinigung der durch Ortschaften fließenden Bäche, Kanäle, Gräben, sowie der innerhalb der Ortschaften gelegenen, dem öffentlichen Gebrauche dienenden Teiche, Weiher usw. hat die Ortspolizeibehörde unter Aufsicht des Bezirksamtes zu regeln und zu überwachen. § 6 Die zur Ableitung von Kot, Abwasser und dergleichen dienenden Abzugskanäle müssen jederzeit derart hergestellt sein, daß durch die Umwandungen keine Abflüsse, bei unterirdischen Kanälen auch keine Ausdünstungen stattfinden können.
1876	Wassergesetz vom 25.August 1876, die Benützung und Instandhaltung der Gewässer betreffend.
1877	Gesetz über die Benutzung und Instandhaltung der Gewässer.
1883	Staatsvertrag zur Kanalisierung des Mains zwischen.
1884	Verordnung des Großherzoglich Badischen Ministeriums des Innern vom 11.10.1884 (Nr. 39 des Badischen Gesetz- und Verordnungsblattes) zu Fischwässern, als Ausführungsverordnung zum Fischereigesetz von 1874. Erstmalige Festlegung von Grenzwerten in Deutschland, die sich an die England erlassenen anlehnen. „I Als schädliche Stoffe im Sinne des Artikels 4 des Gesetzes vom 3.März 1870 gelten: • Flüssigkeiten, in welchen mehr als 10% suspendirte und gelöste Substanzen enthalten sind; • Flüssigkeiten, in welchen die nachverzeichneten Substanzen in einem stärkeren Verhältnis als in demjenigen von 1:1000 (beim Rhein von 1:200) enthalten sind, nämlich, Säuren, Salze, schwere Metalle, alkalische Substanzen, Arsen, Schwefelwasserstoff, Schwefelmetalle, schweflige Säure und Salze, welche schweflige Säure bei ihrer Zersetzung liefern; • Abwasser aus Gewerben und Fabriken, welche fäulnissfähige Substanzen enthalten, wenn dieselben nicht durch Sand- und Bodenfiltration gereinigt worden sind; • Chlor- und chlorhaltige Wasser und Abgänge der Gasanstalten und Theerdestillationen, ferner Rohpetroleum und Produkte der Petroleumdestillation; • Dampf und Flüssigkeiten, deren Temperatur 40°R (50°C) übersteigt.“
1888	Polizeiordnung für die Schiffahrt und Flößerei auf dem Rhein.
1899	Verabschiedung des Badischen Wassergesetzes (26.Juni 1899): § 12 Die Ausübung des Gemeingebrauchs an Gewässern kann durch polizeiliche Anordnung, sowie durch Verordnung bezirks- oder ortspolizeilicher Vorschrift geregelt oder beschränkt werden, wenn Gefährdung oder Verletzung öffentlicher Interessen zu befürchten stehen.“ § 15 Die öffentlichen Gewässer dienen unter Leitung und Aufsicht der Staatsbehörden dem öffentlichen Verkehr und sonstigem Gemeingebrauch und dürfen für andere Zwecke nur nach Maßgabe der Anordnungen der Staatsbehörden und nur insoweit benutzt werden, als dadurch der nach der Beschaffenheit des Gewässers stattfindende Gemeingebrauch keine wesentlichen Beeinträchtigungen erfährt. § 48 Eine Wasserbenutzung kann von der Verwaltungsbehörde untersagt, oder an beschränkende Bedingungen geknüpft werden, wenn und soweit durch die Art der Ausübung für das Gemeinwohl überwiegende Nachteile und Gefahren entstehen.
1900 (1896)	Inkrafttreten des Bürgerlichen Gesetzbuch des Deutschen Reiches, § 65 des zugehörigen Einführungsgesetzes übergibt das Wasserrecht der landesrechtlichen Regelung.
1908	Ausführungsverordnung zum Wassergesetz zur Wasserversorgung und Abwasserentsorgung.
	Übergang der Zuständigkeit für die großen Wasserstraßen auf das Reich, Einrichtung eines „Wasserwirtschaftsrates“.
1913	Neufassung des Badischen Wassergesetzes.
1939	Einführung der Wasserwirtschaftsämter.

1996	Abschaffung der Wasserwirtschaftsämter in Baden-Württemberg.
Königreich Württemberg	
1719	Herzog Eberhard Ludwig erläßt am 6.7.1719 eine Schiffer- und eine Fischerordnung.
1729	Mühl- und Müllerordnung.
1900	Wassergesetz für das Königreich Württemberg (v.1.12.1900).
1905	Vollzugsverordnung zum Wassergesetz.
1907	Erlaß zur sachgerechten Abwasserbehandlung.
Elsaß-Lothringen	
1669	Ordonnance du mois dàoû 1669 nos le fait des eaux et forêts; untersagt jegliche Verunreinigung von öffentlichen (d.h. schiff- od. flößbaren) Flüssen.
1845/1847	Gesetz zur Bewässerung.
1854	Gesetz über den freien Ablauf des von der Drainage herrührenden Wassers.
1890	Polizei-Verordnung für die weder schiffbaren noch flößbaren Wasserläufe im Bezirk Unter-Elsaß vom 8.7.1880. § 9 Jede Verunreinigung des Bachbettes und des Bachwassers ist streng untersagt. Insbesondere dürfen weder Steine noch Schlamm, noch sonstige den freien Wasserlauf hindernde Gegenstände in dem Bachbett abgelagert, oder hineingeworfen, noch schädliche oder verunreinigende Flüssigkeiten in dasselbe geleitet werden.
1891	Gesetz, betr. Wasserbenutzung und Wasserschutz (2.7.1891); bestimmt unter anderem, daß Wasserbenutzungen der Genehmigung bedürfen, u.a. die Anlage von Stauhaltungen und die Einleitung fremder Stoffe; Fischereigesetz (2.7.1891) § 29 Es ist verboten, in die Wasserläufe aller Art Stoffe von solcher Beschaffenheit und Menge einzuwerfen, einzuleiten oder einfließen zu lassen, daß dadurch dem Fischstande Schaden erwächst, oder die Fische vertrieben werden. Das Ministerium bestimmt allgemein, welche Maßregeln bei Ableitung der den Fischen schädlichen Stoffe und Abfälle aus Fabriken und sonstigen gewerblichen und landwirtschaftlichen Betrieben zu beachten sind. Die erforderlichen Anordnungen im einzelnen Falle erlassen die Bezirkspräsidenten. Die Bezirkspräsidenten haben ferner zu beschließen über die Dauer des Röstens des Leins und Hanfs und die Bezeichnung derjenigen Wasserläufe und Orte, an welchen diese Arbeit mit dem geringsten Nachteil für die Fische stattfinden kann. In später erlassenen Anweisungen wurde auch festgelegt, daß die jeweiligen besonderen Verhältnisse des Wasserlaufs zu prüfen sind .
Schweiz	
1874	Bundesverfassung Art. 24, „Der Bund hat das Recht der Oberaufsicht über die Wasserbau- und Forstpolizei. Er wir die Korrektion und Verbauung der Wildwasser sowie die Aufforstung ihrer Quellengebiete unterstützen und die nötigen schützenden Bestimmungen zur Erhaltung dieser Werke und der schon vorhandenen Waldungen aufstellen.
1877	Bundesgesetz über die Wasserbaupolizei, das u.a. den Kantonen vorschreibt, „die vom öffentlichen Interesse verlangten Verbauungen, Eindämmungen und Korrektionen“ auszuführen, „sowie alle übrigen Vorkehren, welche geeignet sind, Bodenbewegungen zu verhindern.“
1888	Fischereigesetz, Art. 25; „Es ist verboten, in Fischgewässer Fabrikabgänge oder andere Stoffe von solcher Beschaffenheit und in solchen Mengen einzuwerfen oder einfliessen zu lassen, dass dadurch der Fisch- und Krebsbestand geschädigt wird.“
1953	Bundesverfassung, Art.24; „Der Bund ist befugt, gesetzliche Bestimmungen zum Schutze der ober- und unterirdischen Gewässer gegen Verunreinigung zu erlassen. Der Vollzug dieser Bestimmungen verbleibt unter der Aufsicht des Bundes den Kantonen.“
1955	Gewässerschutzgesetz; im Zweckartikel heißt es: „Gegen die Verunreinigung oder andere schädliche Beeinträchtigung der ober- und unterirdischen Gewässer sind diejenigen Massnahmen zu ergreifen, die notwendig sind zum Schutz der Gesundheit von Mensch und Tier, zur Verwendung von Grund- und Quellwasser als Trinkwasser, zur Aufbereitung von Wasser aus oberirdischen Gewässern zu Trink- und Brauchwasser, zur Benützung zu Badezwecken, zur Erhaltung von Fischgewässern, zum Schutze baulicher Anlagen vor Schädigung und zum Schutze des Landschaftsbildes gegen Beeinträchtigung.“

4.5 Die Interessenverbände, ihre Vertreter und Argumentationen

Der Deutsche Verein für öffentliche Gesundheitspflege (DVföG)

Als der Niederrheinische Verein für öffentliche Gesundheitspflege 1869 und der Deutsche Verein für öffentliche Gesundheitspflege (DVföG) 1873 ihre Arbeit aufnahmen, begann, im Zuge der Schwemmkanaldebatte, die Flußverschmutzung auch in Deutschland ein öffentlich diskutiertes Thema zu werden. Im Unterschied zu der 1867 gegründeten Sektion „öffentliche Gesundheitspflege“ innerhalb der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte waren in den beiden Vereinen nicht nur Ärzte und Naturwissenschaftler vertreten, sondern auch Politiker und Verwaltungsbeamte. Themen der Städtereinigung, wie das der Quellwasserversorgung und der möglichst schnellen Ableitung aller städtischen Abwässer sollten auf einer breiteren fachlichen Basis diskutiert werden, damit entsprechende Konzepte möglichst bald in vielen Kommunen verbreitet und umgesetzt werden konnten. Die Ansichten und Ziele des Vereins wurden insbesondere von seinen Protagonisten G. Varrentrapp und Baumeister vorgegeben. Die Flüsse seien die natürlichen Wege zur Beseitigung allen Unrates und absolut reine Gewässer könne es daher nicht geben. Unter dem zunehmenden Druck einzelner Mitglieder, mußte sich der Verein aber dennoch immer wieder mit dem Thema Flußverunreinigung auseinandersetzen. Die zunehmende Flußverschmutzung drohte nach Ansicht der Schwemmkanalbefürworter politisch zu einer Gefahr für die als notwendig erachteten zentralen Quellwasser- und Kanalisationsprojekte zu werden. Folgerichtig sprach sich am 15.10.1876 der DVföG in einer Eingabe an das Reichsgesundheitsamt für eine Flußuntersuchung und die Festlegung von Einleitungsgrenzwerten aus. Diese Eingabe hatte den Sinn, ein generelles Einleitungsverbot zu verhindern. Das Reichsgesundheitsamt lehnte in seiner Stellungnahme vom 18.11.1876 die Einleitungsgrenzen ab, mit der Begründung Unvergleichbarkeit durch die unterschiedliche Wasserführung der Flüsse (BA, Abt. Potsdam, RdI 9239). In den Jahren zuvor hatte es sowohl in der Literatur, als auch innerhalb des DVföG heftige Diskussionen um die Einführung der Spülklosetts und der Schwemmkanäle gegeben. Die Positionen waren bereits so verhärtet, daß die meisten Diskussionen in polemischen Wortgefechten endeten. Im darauffolgenden Jahr geschah, was viele Verfechter der Einleitung der Fäkalien in die Kanäle befürchtet hatten. Beeinflußt durch die englischen Berichte über Flußverschmutzungen, wurden einige der beantragten Kanalisationsprojekte in Frankfurt, Stettin oder Köln von der Wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen wegen fehlender Abwasserreinigungsanlagen negativ begutachtet.

Die Ablehnungen der Kanalisationsprojekte fielen bei den maßgeblichen Mitgliedern des DVföG auf starken Protest und ein Redebeitrag auf der 5. Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege vom 25.-27. September 1877 in Nürnberg brachte die damals von den meisten Mitglieder des DVföG vertretene Auffassung auf den Nenner: *„Ist es besser, wenn ein Fisch stirbt, oder ein Mensch?“* (DVföG 1878:105). Auf Antrag von Prof. Baumeister, Dr. med. Börner und Dr. med. Lent faßte der DVföG in Nürnberg daher folgende Beschlüsse:

„1. Der Deutsche Verein für öffentliche Gesundheitspflege spricht seine Überzeugung aus, daß nach den Ergebnissen der bisher angestellten Untersuchungen zur Zeit ein absolutes Verbot des Einlassens von Canalwasser mit Closet-Inhalt in die Flüsse nicht gerechtfertigt erscheint und dass die Nothwendigkeit eines solchen (DVföG 1878)

Verbotes durch das von der wissenschaftlichen Deputation für das Medicinalwesen in Preussen abgegebene Gutachten nicht begründet ist.

2. Der Verein wiederholt den im vorigen Jahr gefassten Beschluß, dass systematische Untersuchungen an den deutschen Flüssen auszuführen sind, um feststellen zu können, in wie weit nach der Wassermenge und Geschwindigkeit eine directe Ableitung von Schmutzwasser – sei es, dass menschliche Excremente zugeführt werden oder nicht – in die Wasserläufe gestattet werden kann.

3. Der Deutsche Verein für öffentliche Gesundheitspflege beauftragt seinen Ausschuß mit den weiteren zur Förderung dieser so dringlichen Angelegenheiten ihm geeignet erscheinenden Schritten, zunächst bei dem Herrn Reichskanzler.“

Der „Internationale Verein gegen Verunreinigung der Flüsse, des Bodens und der Luft“ (IVgV).

Als unmittelbare Reaktion auf die heftigen Dispute der 5. Versammlung des DVföG gründete sich am 1. und 2. Oktober 1877 in Köln der ***„Internationale Verein gegen Verunreinigung der Flüsse, des Bodens und der Luft“*** (im folgenden IVgV genannt). Der Verein war kein Zusammenschluß einzelner Bürgerinitiativen und auch keine lokale Vereinigung, sondern, bedingt durch seine Entstehungsgeschichte, Auffangbecken für all diejenigen, die sich durch den DVföG nicht vertreten sahen. Zur Gründungsversammlung lud ein „Cölner Local-Comité“ ein. Es erschienen zur Gründungsversammlung 33 Mitglieder, darunter Dr. med. Ewich, Köln, Dr. med. Egeling, Haag, Dr. med. Mittermaier, Heidelberg, Dir. Tiede, Danzig, Prof. Dr. A. Vogt, Bern, Prof. Dr. Reclam, Leipzig, Oberamtmann Thon und Capt. Liernur, Frankfurt.

Fäkalienentsorgung als wichtigstes Ziel des IVgV

Bei bloßer Kenntnis des Vereinsnamens könnte man dahinter eine um alle Umweltmedien bemühte Umweltschutzorganisation vermuten. Doch bereits aus der Satzung des IVgV geht klar hervor, daß es dem Verein in erster Linie um die Frage der Fäkalienentsorgung ging:

I. Zweck des Vereins

§ 1. Der Verein stellt sich folgende Aufgaben:

1. Reinerhaltung des Bodens unter unsern Wohnstätten und aller natürlichen Wasserläufe, sowie des Grundwassers, zur Erleichterung der Wasserversorgung und zur Verbesserung der Gesundheitsverhältnisse.

2. Unschädliches Ableiten des möglichst gereinigten Haus-, Gewerbe- und Tage-Wassers durch dicht konstruierte Kanäle resp. Röhren und Rinnen, unter Ausschluss sämmtlicher Fäkalien und unter möglichster Mitbenutzung des etwa schon bestehenden Kanalnetzes.

3. Einführung von solchen Einrichtungen, welche es ermöglichen, die Düngstoffe ungeschmälert, möglichst schnell und unvergohren der Landwirthjschaft oder der Industrie zuzuführen und welche ein Reinerhalten der Luft in den Städten und namentlich in den Wohnräumen bezwecken.

4. Trockenlegung der Wohnungen durch Drainage, wo solche nothwendig und möglich erscheint.

Das Hauptanliegen des Vereins lag bei der Verunreinigung des Mediums Wasser durch Spülklosett und Schwemmkanäle. Den anderen beiden Umweltmedien gehörte die Aufmerksamkeit des Vereins nur dann, wenn die Gesundheit des Menschen gefährdet schien – z.B. dem Boden durch die Gefahr undichter Gruben – und der Luft durch aufsteigende Dämpfe aus verunreinigten Böden oder Gewässern. In allen diesbezüglichen Schriften des Vereins läßt sich der Einfluß der Miasmentheorie und der Bodentheorie von Pettenkofer deutlich erkennen (vgl. Verhandlungen des IVgV).

Flußschutzgesetz

Durch die Gutachten der Wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen, insbesondere gegen die Einleitung der Fäkalien der Stadt Köln in den Rhein, fühlten sich die Gründungsmitglieder des Vereins in ihren Ansichten bestätigt und im politischen Aufwind. So wurde bereits auf der Gründungsversammlung im September 1877 über ein Flußschutzgesetz diskutiert und

am 12.4.1878 eine entsprechende Petition dem Reichsamt des Inneren vorgelegt. Zwei Jahre später im September 1880 lag ein entsprechender „Entwurf eines Gesetzes, die Zuleitung von Abfallstoffen in die Wasserläufe betreffend“ vor. Bereits der 1. Absatz des § 1 verrät, um was es dem Verein vorangig ging:

§ 1

„Die Zuleitung von Abfallstoffen aller Art in die fliessenden Gewässer, bedarf der vorherigen Genehmigung durch die zuständige Verwaltungsbehörde. Die Zuleitung der festen und flüssigen Kloakenstoffe ist verboten. ...“

Bis 1900 blieb die Verhinderung der Einleitung der Fäkalien in die Flüsse fast das wichtigste Ziel des Vereins und auch die Argumente gegen die Einleitung blieben bis zur Auflösung des Vereins um 1911 im wesentlichen die gleichen:

- Verschwendung von Dünger
- hygienische Belastung der Flüsse

Der geplante Schutz der Gewässer bezog sich vor allem auf die stoffliche Komponente des Gewässerschutzes und nicht auf Aspekte des Landschaftsschutzes, der Gewässerökologie, dem Schutz von Lebensräumen oder kulturhistorischer Gegebenheiten.

Die Wirkung des IVgV

Trotz des großen Engagements seiner Mitglieder und unzähliger Veröffentlichungen blieb die Wirkung des Vereins gering. Daran änderte auch nichts, daß die bereits 1875 von anerkannten Hygienikern gegründete Zeitschrift „Gesundheit“ zum Vereinsorgan wurde. Die grundsätzlichen Annahmen des IVgV standen denen des DVföG diametral entgegen. So glaubten die Mitglieder des DVföG, daß sich die Nachteile der Schwemmkanäle in Zukunft technisch lösen ließen, sofern die Selbstreinigung der Gewässer nicht ohnehin dazu in der Lage sein würden. Der IVgV forderte dagegen im Sinne der Vorsorge, daß Flußwasser „Trinkwasserqualität“ behalten müsse und bezog dies vor allem auf die Einleitung von Fäkalien. Diese Forderungen mußten den allermeisten Zeitgenossen als vollkommen unrealistisch erscheinen. Der Verein konzentrierte seine Arbeit auf Eingaben und Petitionen an die Reichsregierung. Dies führte zwar zu einigen politischen Debatten, aber es war angesichts der Länderhoheit im Wasserrecht nicht sehr realistisch, daß man sich auf Reichsebene zu einschneidenden Maßnahmen hätte durchringen können.

Tab. 30

Übersicht über die Gründung einiger wichtiger Institutionen, Ereignisse und Entscheidungen zum Gewässerschutz

Jahr	Institution, Ereignis, Bemerkungen
?	Gründung der Königlich-Wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen
1822	Gründung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte (GdNÄ)
1832	Schwerpunktthema der Jahresversammlung der GdNÄ „Cholera“
1852	Sanitätskongress zu Brüssel, Übereinkunft, daß Trinkwasser nicht mehr als 500 mg/l Trockenrückstand enthalten soll und daß es nur ein öffentliches Trinkwassernetz mit einer Qualität an Wasser (Trinkwasserqualität) geben soll.
1867	Gründung einer eigenen Sektion „öffentliche Gesundheitspflege“ innerhalb der GdNÄ, eines der Hauptthemen war das der „Städtereinigung“ auf Initiative Georg Varrentrapps und Gustav Spiess
1868	Gründung der „Royal Commission on Rivers Pollution“
1869	Gründung des Niederrheinischen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege, ebenfalls auf Initiative Georg Varrentrapps und Gustav Spiess, Mitglieder sollten neben Ärzten auch Kommunalpolitiker, Techniker und Praktiker werden, u.a. auch J. Hobrecht als Gründungsmitglied
1871	Zeitschrift „Das Gas- und Wasserfach“ erscheint
1872	Gründung des Deutschen Landwirtschaftsrates als Spitzenverband der Bauernvereine
1873	Gründung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege (DVfÖG)
1876	Gründung des Reichsgesundheitsamtes (Kaiserliches Gesundheitsamt) aufgrund des Reichshaushaltsgesetzes von 1876; es dient dem Reichskanzler zur techni-

	schen Unterstützung der dem Reich zugewiesenen Beaufsichtigung und Gesetzgebung in Angelegenheiten der Medizinal- und Veterinärpolizei
1876	Eingabe des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege behufs systematischer Untersuchungen über die Verunreinigung der Flüsse betreffend (BA, Abteilung Potsdam, Reichsamt des Innern Nr. 9239 (1876-1883), Acta betreffend: Die Verunreinigung der Wasserläufe und Maßregeln dagegen – Beseitigung der Abwässer und Abfallstoffe (Allgemeine)
1877	Abstimmung des DVfÖG über die Frage der Trennung von Brauch- und Trinkwasser, die fast einstimmig zugunsten der Festlegung auf eine Leitung zur Wasserversorgung ausfiel (DVÖG 9, 1877). Erst heute kommt dieses „Prinzip der Einheitlichkeit“ wieder in die Diskussion, das Thema Flußverunreinigung stand auf der Tagesordnung; Fazit: Absolut reine Gewässer könne es nicht geben, Forderung nach besseren Untersuchungen zu Flüssen und ihrer Selbstreinigungskraft und Grenzwerten (BAUMEISTER 1878)
1877	Ministerialanweisung an die Regierungen und Landdrosteien vom 1.September 1877, in GStA Merseburg, Rep.76 VIII B Nr.209, Akten betreffend die Straßenreinigung und die Beseitigung der Abgänge aus Wohnungen und gewerblichen Anlagen; bestimmt Reinigungsvorbehalt und Genehmigungsvorbehalt
1877	Gründung des „Internationalen Vereins gegen die Verunreinigung der Flüsse, des Bodens und der Luft“ in Köln; dieser spricht sich u. a. gegen die Einleitung von Fäkalien in die Flüsse aus
1877	Gründung des Vereins zur Wahrung der Interessen der chemischen Industrie Deutschlands (Chemieverein)
1877	5. Versammlung des DVföG vom 25.-27. September 1877
1877	Gründungsversammlung des Internationalen Vereins gegen Verunreinigung der Flüsse, des Bodens und der Luft am 1. und 2. Oktober 1877 in Cöln als Gegengründung zum DVföG, ursprünglich auch aus Mitgliedern der Sektion für öffentliche Gesundheitspflege der (GdNÄ) als unmittelbare Reaktion auf den DVföG die Ministerialanweisung vom 1.9.1877 anzugreifen
1878	1. Petition des Internationalen Vereins gegen Verunreinigung der Flüsse
1878	Fachzeitschrift „Gesundheits-Ingenieur“ erscheint
1880	Entwurf eines Flußschutzgesetzes des Internationalen Vereins gegen Verunreinigung der Flüsse, des Bodens und der Luft
1882	Am 15.Oktober nimmt das chemische Untersuchungsamt für die Provinz Rheinhessen seine Arbeit auf. U.a. zahlreiche Untersuchungen zum Einfluß der „Abwasser und Abfallstoffe der menschlichen Wohnstätten“ auf Trinkwasser (EGGER 1884)
1886	Gründung einer Abwasserkommission des Chemievereins
1888	Sitzung der Wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen vom 24. Oktober 1888, Vorlage zum ersten Gegenstand der Tagesordnung (Flußverunreinigung), in: BA, Abt. Potsdam, RMdI 9241, Bl. 45.
1899	In Preußen werden Kreisärzte zur Beaufsichtigung des Gesundheitswesens eingesetzt; in Gemeinden über 5000 Einwohnern richtet man Gesundheitskommissionen ein
1899	Kommission aus Chemikern, Bakteriologen, Botanikern und Zoologen, die verschiedene Gewässer untersuchen mit dem Ziel Leitorganismen für bestimmte Verunreinigungen zu finden. Am 1.4.1901 wird daraufhin die Königliche Versuchs- und Prüfanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in Berlin gegründet
1901	Gründung der „Königlichen Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung“ in Berlin (ab 1923 „Preußische Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene“). Zu ihren Aufgaben gehörten: a) Forschung zur Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung b) Festsetzung von Standards c) Untersuchungen zu Gewässerbelastungen d) Erhebung von Daten zur besseren Kontrolle von Genehmigungen für das Land Preußen. Die Landesanstalt hat aber keine Kompetenz, gestaltend auf den Ausbau von Kläranlagen einzuwirken; sie arbeitet eng mit Interessensgruppen, wie der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) und einzelnen Kommunen zusammen; auf Vorschlag der Anstalt werden Flußuntersuchungsämter eingerichtet
1911	Leiter der Königlichen Versuchs- und Prüfungsanstalt in Berlin verfaßt „Die Vorschriften zur Sicherung gesundheitsgemäßer Trink- und Nutzwasserversorgung“
1920	Reichsministerium für Ernährung und Landwirtschaft gegründet; zuständig für die Ernährungs-, Land- und Forstwirtschaft und Fischerei im Deutschen Reich; Beginn des Aufbaus der landwirtschaftlichen Fachverwaltung im Deutschen Reich

Position des IVgV zu industriellen Einleitungen

Die Ansicht von BÜSCHENFELD (1994), daß der IVgV industrielle Einleitungen aus seiner Arbeit bis 1900 weitgehend ausklammerte, kann ich nicht teilen. Sowohl in der Zeitschrift Gesundheit, als auch den Verhandlungen des Vereins lassen sich immer wieder Vorträge/Diskussionen zu industriellen Einleitungen und ihrer Reinigung finden. Die Position des Vereins war auch hier einfach, konsequent und fundamentalistisch. Jedes Unternehmen sollte für die Reinigung seiner Abwässer selbst verpflichtet werden. Im Entwurf zum Flußschutzgesetz übernahm der Verein dabei im wesentlichen die bereits bestehende verwaltungstechnische und rechtliche Organisation der Reichsgewerbeordnung. Der Behörde (Gewerbeaufsicht) oblag die Entscheidung über eine Konzession und damit auch des Gewässerschutzes.

Viel mehr hätte der IVgV zu den industriellen Einleitungen aber auch gar nicht fordern können, da eine Kenntnis über Wirkungen der eingeleiteten Stoffe vollkommen fehlte. Folgerichtig blieb dem IVgV nur, eine an „Trinkwasserqualität“ orientierte Kontrollinstanz (Gewerbeaufsicht) zu fordern, die im Einzelfall besondere Auflagen verhängen oder im Zweifelsfall eine Konzession verweigern sollte.

Unter der Prämisse, daß die Flüsse Trinkwasserqualität behalten sollten, hätten die Gewerbeaufsichtsämter die meisten Konzessionen nicht erteilen dürfen. Dies ging an den damaligen machtpolitischen Realitäten allerdings vollkommen vorbei. Sofern überhaupt von einem Gewässerschutz die Rede gewesen sein konnte, lag er weit hinter der Priorität, die Industrie zu fördern und nicht durch Gewässerschutzauflagen zu bremsen.

Die durch die Gewerbeaufsicht geforderte Einzelfallprüfung und das angestrebte Schutzziel des IVgV „Trinkwasserqualität“ schlossen logischerweise auch die Möglichkeit von Grenzwerten von vornherein aus.

Die Gewässerschutzbemühungen des DVföG

Die Arbeit des DVföG konzentrierte sich bis 1900 auf städtehygienische Fragen. Auch beim DVföG verwies man bei Fragen der industriellen Einleitungen auf die Gewerbeordnung. Immer wieder hatte sich der DVföG mit dem Thema Flußverschmutzung befaßt (1883, 1892) und Normen, nach welchen die Einleitung der Abwässer gestattet werden könne, gefordert. Doch war mit dem vorhandenen Wissen die Aufstellung solcher Normen im Sinne von Grenzwerten vollkommen unmöglich. Insbesondere die, ab dem Jahre 1892 verstärkt in die Diskussion geratenen, Selbstreinigungskräfte erstickten die Aufstellung von Normen schon im Keime.

Erst auf der 25. Versammlung des DVföG mußte der Verein zugestehen, daß er mit seiner Forderung nach Normierung keinen eigentlichen Beitrag zur Flußreinhaltung geliefert hatte. Der erste Tagesordnungspunkt war dem Titel *„Die hygienische Überwachung der Wasserläufe“* gewidmet zu dem Geh. Hofrat Professor Dr. A. Gärtner und Wasserbauinspektor Schümann, Berlin entsprechende Leitsätze formuliert hatten und den Mitgliedern des Vereins zur Diskussion stellten. Im erläuternden Leitvortrag formuliert Gärtner:

(GÄRTNER & SCHÜMANN 1903:15-18)

„Sehen wir die Verhandlungen genauer durch und bringen wir sie in Zusammenhang mit den Gutachten, welche die großen medizinischen Körperschaften abgegeben haben, so kann man durchaus nicht sagen, daß die Frage bezüglich der Einleitung städtischer Abwässer und damit der Flußverunreinigung gut gelöst sei, im Gegenteil, zwischen dem, was der Verein oder die stark in ihm vertretene Interessensgurppe, die Stadtverwaltungen, anstrebte, und dem, was die Regierungen auf Grund der Äußerungen ihrer Sachverständigen gewährten, bestand nicht selten eine schreiende Dissonanz. Aber auch die Regierungen waren in ihren Beschlüssen nicht kongruent; Bayern gestand z.B. für München die glatte Einleitung der gesamten Abwässer zu, während Preußen sie für Magdeburg versagte und sie für Köln unter gewissen Bedingungen zugab.

„Ähnlich liegen die Verhältnisse bezüglich der Industrie; an der einen Stelle werden mächtige Massen von gelösten oder suspendierten Substanzen in einen Wasserlauf hineingelassen, an einer anderen will man den Einlaß derselben Abwässer in ungefähr gleich große Wasserläufe ganz versagen. Durch Jahrzehnte hindurch haben sich aber die Reinlichkeitsverhältnisse unserer Wasserläufe nicht gebessert, im Ge-

genteil, durch den starken Zuzug zu den Städten, das starke Anwachsen derselben, durch die mächtige Entwicklung, man könnte beinahe sagen Überentwicklung unserer Industrie, durch ihre Konzentration an einzelnen Stellen, durch das Hinaufziehen der Industrie hoch in die Gebirge hinein und die dadurch bedingte Anhäufung einer starken Arbeiterbevölkerung bereits an kleineren Wasserläufen ist die Reinlichkeit unserer Gewässer im Laufe der Jahre schlechter geworden trotz der seitens der Behörden getroffenen Abwehrmaßnahmen."

...

„Meine Herren, der Reichskanzler konnte nicht anders antworten, denn die unübersehbare Vielgestaltigkeit der Verhältnisse gestattet zweifellos die Aufstellung von Normen nicht, und es bleibt für die Behörde in der Tat nichts anderes übrig, als von Fall zu Fall zu entscheiden. Damit dieses aber geschehen könne, ist es erforderlich, daß man vor der Entscheidung auch über den Fall bereits voll orientiert sei, und damit hapert es."

Gärtner faßt in seinem Vortrag die Situation der Gewässerverunreinigung in Deutschland um 1900 m.E. gut zusammen. Die Leitsätze, die die beiden Autoren aufstellten, reichen sehr nahe an das heran, was auch im Entwurf des Flußschutzgesetzes des IVgV gefordert wurde, mit dem Unterschied, daß sie keine Trinkwasserqualität fordern.

Im 2. Leitsatz heißt es:

Wenn auch im allgemeinen rohes, d.h. ungereinigtes Flußwasser nicht als Trinkwasser anzuerkennen ist, so muß doch ein solcher Reinheitsgrad der öffentlichen und privaten Wasserläufe verlangt werden, daß ihr Wasser für den Hausgebrauch, zum Baden, für die Zwecke der Industrie, der Landwirtschaft und Fischzucht Verwendung finden kann.

Es war klar, daß insbesondere dieser Satz bei einigen der Mitglieder auf Widerspruch stoßen mußte. So machte der Oberbaurat Baumeister den Vorschlag, die Formulierung *„verlangt werden"* des 2. Leitsatzes durch *„angestrebt werden"* zu ersetzen und wiederholte die inzwischen 25 Jahre alte Forderung des Vereins, die Flußreinhaltung durch Gründung einer entsprechenden Kommission zur Reichssache zu machen, um die unterschiedliche Auslegung und Entscheidungspraxis in den Ländern einzudämmen.

Das zunehmende Problem der Flußverschmutzung war also auch beim DVföG inzwischen weithin erkannt, doch war auch der DVföG außer der Formulierung von Leitsätzen weitgehend hilflos in dieser Frage.

Einwendungen seitens der Fischerei

Neben dem DVföG und dem IVgV gab es außer lokalen Einsprüchen noch weitere Einwendungen gegen die zunehmende Flußverschmutzung. Knapp zehn Jahre nach der Ministerialanweisung vom 1.September 1877 war inzwischen der Bau der meisten Kanalisationen, auch ohne die Auflagen einer geeigneten Reinigung erfüllt zu haben, fortgeschritten und viele WCs angeschlossen. Entsprechend waren die Behörden und Regierungen dazu übergegangen, den Bau von Kanalisationen auch ohne entsprechende Reinigungsauflagen (Rieselfelder) zu genehmigen. Dies führte schließlich dazu, daß auch der Verband von Fischerei-Vereinen und Genossenschaften für die Provinzen Rheinland, Westfalen, Hannover und Hessen-Nassau am 15.2.1886 eine Petition an den Reichskanzler einreichte, in der er erneut auf die Mißstände hinwies und Grenzwerte forderte, wie sie 2 Jahre zuvor das Großherzogtum Baden in Anlehnung an die Grenzwerte Englands erlassen hatte. Darüber hinaus forderte er die Ausschreibung eines Wettbewerbs für Verfahren der Reinigung, sowohl von kommunalen als auch industriellen Abwässern, denen die Fischer gleiche Bedeutung beimaßen (BA, Abt.Potsdam,RdI 9240).

Wenige Wochen später, am 8.3.1886, ging beim Staatsminister Boetticher ein Schreiben des Auswärtigen Amtes ein, aus dem hervorgeht, daß die Niederlande im Dezember 1885 wegen des Rückgangs der Rheinlachse sich

nach den juristischen Möglichkeiten gegen industrielle Einleitungen in Deutschland erkundigt hatte (BA, Abt. Potsdam, Rdl 9240).

Weder die Bemühungen des DVföG, noch die Petitionen des IVgV oder der Fischereiverbände, noch die Anfrage der Niederländer konnten den Gewässerschutz zum Thema parlamentarischer Beschlüsse im Reichstag machen. Aus Angst vor wirtschaftlichen Einbrüchen war man nicht bereit, die Unternehmen zu entsprechenden Maßnahmen zu zwingen. Hinzu kam, daß es weder für die Festlegung von Grenzwerten, noch den Nachweis von Grenzwertüberschreitungen ein geeignetes Instrumentarium gab. Inzwischen hielt man die Einleitungen der Industrie für unvermeidbar. Gegenüber entsprechenden Einwänden verhielt sich die Regierung diplomatisch und verwies auf den notwendigen Untersuchungsbedarf oder lenkte von den industriellen Einleitungen ab, hin zu den städtischen Abwässern. Auch die Dispute im Reichstag führten zu keiner Verbesserung.

Freiherr Heyl zu Herrnsheim; u.a. Großgrundbesitzer auf dem Kühkopf (590 ha) mit einer berühmten Fasanenzucht und Jagdgästen aus aller Welt

So maß auch der nationalliberale Reichstagsabgeordnete Freiherr Heyl zu Herrnsheim den städtischen Einleitungen eine größere Bedeutung gegenüber den industriellen Einleitungen zu (vgl. Kap. 2.9). Er forderte einerseits sofortige Maßnahmen gegen die Einleitungen der städtischen Abwässer Mannheims, andererseits nahm er die Industrie in Schutz, indem er den Rückgang der Lachsfischerei auf die Überfischung durch die holländischen Fischer zurückführte (Stenographische Berichte über die Verhandlungen des Deutschen Reichstages, 55. Sitzung vom 14. Januar 1897, S. 4041 aus Andersen 1996:278). Herrnsheim in seiner Rede von 1901 zum gleichen Thema:

„Die oberrheinischen Städte von Basel bis nach Mannheim sind in diesem Augenblick im Begriff ihre Fäkalien in den Rheinstrom einzuführen, und verwandeln dadurch das Mittelrheingebiet in eine Kloake. Es ist nicht mehr möglich, im Rheinstrom zu baden, es ist nicht mehr möglich, in dem Rhein die Wäsche zu reinigen.“

(Stenographische Berichte über die Verhandlungen des Deutschen Reichstages, 33. Sitzung vom 25. Januar 1901, S. 902, aus ANDERSEN 1996:278.)

Proteste über Flußverschmutzungen an Rhein und Main

Das Thema Flußverschmutzung war inzwischen nicht mehr weg zu diskutieren, und selbst an größeren Flüssen kam es vermehrt zu lokalen Protesten. Das erste große Fischsterben eines größeren Flusses in Deutschland ist aus dem Main bekannt. Es wurde im Sommer 1884 durch die arsenhaltigen Abwässer der Teerfarbenfabrik Dittler & Co verursacht. In einem Bericht aus dem Jahre 1886 der Höchster Fischergenossenschaften werden noch eine Reihe weiterer Ereignisse aus den Jahren zuvor berichtet (HHStA Wiesbaden Abt. 405 Nr. 456, zit. in ENGELKE 1995). Die Verschmutzung des Mains war aber auch schon in den Jahren zuvor deutlich angestiegen. Doch stand zunächst noch die Einleitung der Frankfurter Kanalabwässer im Vordergrund, wie es eine Karikatur von 1872 verdeutlicht (Abb. 17). Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts wandte sich die öffentliche Aufmerksamkeit auch den industriellen Einleitungen zu. Neben den Fischern waren es vor allem auch die Badefreunde, die über die Einleitungen in allen Farben klagten. Den Höhepunkt fand Ihr Protest am 7.1.1904 in einer gemeinsamen Eingabe an den Magistrat der Stadt Frankfurt. Die daraufhin veranlassten Untersuchungen, als auch eine erste Befahrung des Mains im beklagten Abschnitt durch Sachverständige der preußischen Regierung, bestätigten zwar, daß die Klagen berechtigt seien, führten aber zu keiner Verbesserung (BA, Abt. Potsdam, RdI 9277).

Abb. 17
Wasserfreuden. Karikatur zu den Auswirkungen der Frankfurter Kanalisation auf die Mainufer-Bewohner (aus: BRÜGGEMEIER & TOYKA-SEID 1995:113)

Beschwerden über die BASF

Aber nicht nur die Fischer und die Badefreunde beschwerten sich über Flußverschmutzungen. Auch die Schiffer des Partikulier-Schiffer-Verbands *„Jus und Justitia"* in Mannheim wandten sich nach dem Bekanntwerden der Hamburger Cholera von 1892 am 26.11.1892 an das Kaiserliche Gesundheitsamt. In ihrer Beschwerde beklagten sie sich auch über die industriellen Einleitungen, insbesondere der BASF.

In einer Stellungnahme der BASF finden sich die für die Industrie typischen Argumente. Die Einleitungen seien wegen ausreichender Verdünnung und der ausreichenden Selbstreinigung des Rheins völlig ungefährlich. Sie beriefen sich dabei auf die allseits bekannten Autoritäten Jurisch und Pettenkofer. Dabei erweiterten sie die Aussagen Pettenkofers bezüglich der Selbstreinigung auch auf die industriellen Abwässer. Den Klagen gegenüber der Verfärbung des Wassers begegnete BASF mit dem Argument, daß es in ihrem eigenen Interesse liege, so viel als möglich der Farbstoffe zurückzuhalten. Die damals zuständigen Behörden übernahmen diese Argumentation (BA, Abt. Potsdam, RdI 9277).

Meist aber blieb es bei den behördlichen Beschwerden. In den meisten Fällen blieb den Behörden keine Wahl als die entsprechenden Konzessionen und hatten zu erteilen. Ihnen fehlten die Mittel des eindeutigen Gefährdungsnachweises durch einen Industriebetrieb. Bei gerichtlichen Auseinan-

dersetzungen hätten die Beschwerdeführer aus demselben Grund gegen die Industrie kaum eine Chance gehabt. Dieser Weg blieb z.B. den Fischern allein schon deshalb versperrt, weil sie aus finanziellen Gründen die Länge eines entsprechenden Verfahrens nicht hätten durchhalten können.

4.6 Die Haltung und Interessensvertretung der chemischen Industrie

Die wesentliche gesetzliche Grundlage für die Einleitung industrieller Abwässer war seit 1869 die Gewerbeordnung (Geltung zunächst für den Bund der norddeutschen Länder und ab 1871 für das gesamte Deutsche Reich). Sie geht zurück auf die bereits im Jahre 1845 erlassene Gewerbeordnung für Preußen. Bei genehmigungspflichtigen Anlagen oblag es den zuständigen Bezirksregierungen bei zu befürchtenden Verunreinigungen der Gewässer entsprechende Auflagen zu formulieren. Da z.B. zunächst die Papier- und Zuckerfabriken nicht zu den genehmigungspflichtigen Anlagen gehörten (in Preußen bis 1914), waren vor allem die Chemiebetriebe Gegenstand behördlicher Prüfungen. Entsprechend sah sich wohl vor allem die chemische Industrie gut beraten, ihre Interessen gut organisiert nach Außen zu vertreten. Das war der Anlaß dafür, daß sich bereits 1877, im gleichen Jahr wie der IVgV, auch der „*Verein zur Wahrung der Interessen der chemischen Industrie Deutschlands*“ (im folgenden VWI abgekürzt) gründete. Offensichtlich sah die chemische Industrie durch die zunehmenden öffentlichen Klagen gegen die zunehmende Flußverschmutzung ihre ökonomischen Interessen in Gefahr. Darüber hinaus gaben in den Jahren 1882-1887 einige reichsgerichtliche Auseinandersetzungen genug Anlaß, sich mit der Frage der industriellen Abwässer intensiv zu beschäftigen (vgl. Kap. 4.4). Wohl nicht zuletzt auch aufgrund der Anfrage der niederländischen Regierung, den verschiedenen Petitionen der DVföG, des IVgV sowie des Fischereiverbands, setzte der VWI eine spezielle Flußkommission ein, die die Interessen der chemischen Industrie nach außen entsprechend vertreten sollte. Die Flußkommission faßte auf einer Generalversammlung 1889 die Haltung des VWI zur Frage industrieller Einleitungen wie folgt zusammen:

(Verein zur Wahrung der Interessen der chemischen Industrie Deutschlands, in: Zeitschrift für angewandte Chemie, 1889, S.497-498f.)

„1. Eine generelle Behandlung der Abwässerfrage muss als eine Unmöglichkeit bezeichnet werden. Natur und Menge der Abwässer, Wassermengen des Flusses, Strömung, örtliche Lage der Fabrik, Bodenverhältnisse, bisherige Verwendung der Flußwässer u.a.m. werden in jedem einzelnen Falle zu erwägen sein und für den einzelnen Fall die Entscheidung geben müssen.

2. Die Ableitung der Fabrikwässer in die Flüsse ist notwendig und berechtigt. Die Flüsse sind als die natürlichen Ableiter der Abwässer anzusehen und zu benutzen, wobei in jedem einzelnen Falle die Bedingungen zu prüfen und festzustellen sind; insbesondere zu berücksichtigen ist der Einfluß der Wassermenge der Flüsse und Bäche auf die Unschädlichmachung der Abwässer durch Verdünnung, durch chemische Einwirkung, durch vegetabilische und animalische Lebensprozesse.

3. Die Feststellung allgemeiner Grenzwerte des Gehaltes an schädlichen Bestandteilen der Abwässer beim Eintritt in die Flußläufe ist nicht durchführbar, weil solche Grenzwerte jeweils den besonderen Verhältnissen des einzelnen Falles anzupassen sind.

4. Die Entstehung epidemischer Krankheiten durch Fabrikabwässer ist bisher nicht nachgewiesen.

5. Die Industrie erkennt im übrigen grundsätzlich ihre Verpflichtung an, nach Maßgabe der durch Wissenschaft und Praxis gegebenen Mittel Belästigungen durch Abwässer nach Möglichkeit zu vermeiden oder zu vermindern. Gleichzeitig aber ist eine Abwägung der Interessen geboten und bei entgegenstehenden und nicht zu versöhnenden das wirtschaftlich Grössere zu schützen.

6. Zur Herbeiführung einer einheitlichen und gleichmässigen Behandlung von bezüglichen Streitfragen erscheint die Schaffung einer gewerblichen-technischen Reichsbehörde geboten.“

Hiermit war die auch in Zukunft vertretene Position der chemischen Industrie und ihre wichtigsten Argumente auf den Punkt gebracht. Die Flußkommission des VWI beauftragte Konrad Wilhelm Jurisch mit der Abfassung einer Denkschrift über die *„Die Verunreinigung der Gewässer“*. Auch er kommt zu dem Schluß, daß

„Die Flüsse dienen dann als die wohlthätigen, natürlichen Ableiter der Industriewässer nach dem Meere.“ (JURISCH 1890:103)

Probleme mit der Flußverschmutzung sieht Jurisch vor allem dann, wenn das Gewässer zu Trinkwasserzwecken benutzt werden soll. Daher formuliert er als eine wesentliche Forschungsfrage, wieviel an gelösten Stoffen ein Wasser enthalten dürfe, um noch als Trinkwasser dienen zu können. Im Zweifelsfall konstatierte er genug Alternativen zur Trinkwasserversorgung aus Flüssen in Quellen und Brunnen. Als Konkurrenten der Industrie zur Nutzung des Flußwassers sah Jurisch allenfalls noch die Fischer. Für Jurisch war der *„wirthschaftliche Werth der Industrien, welche Abwässer liefern, ca.1.000 mal größer“* als der Wert der Binnenfischerei (JURISCH 1890:103), so daß für ihn die Priorität damit eindeutig für die *„Rechte“* der Industrie sprach. Jurisch argumentierte, wenn Fischer Rechte an einem Gewässer erlangen konnten, so sollte dies auch für die Industrie gelten.

Interessant an Jurischs Denkschrift ist, wie er den Organismusbegriff und den Kreislaufgedanken in seine Argumentation einführt. Die Industrie erzeugt, analog einem lebendem Organismus, *„Abfallstoffe“*, die in den Kreislauf (die Gewässer) zurückgelangen müssen, die Selbstreinigung sorgt dann dafür, den Kreislauf aufrecht zu erhalten. Hier dient der *„naturgegebene“* hydrologische Kreislauf als Begründung für die Ableitung der industriellen Abwässer ins Meer (vgl. Kap. 4.2).

„Nun aber erzeugt die Industrie, einem lebendigen Wesen vergleichbar, eine Menge von Auswurfstoffen, die auf irgend eine Weise beseitigt werden müssen, um Raum für neues Leben zu schaffen... „ (JURISCH 1890:57)

Schließlich führt Jurisch auch die Entstehung von epidemischen Krankheiten als Argument ins Feld:

„ l. wo immer die Ursache zur Entstehung von epidemischen Krankheiten oder erhöhter Sterblichkeit schlechtem Wasser zugeschrieben werden muß, dasselbe durch stickstoffhaltige, organische Substanzen und die in ihnen lebenden gesundheitsschädlichen Bacterien verunreinigt ist; (JURISCH 1890:107)

2. daß eine wirkliche Schädigung der Gesundheit der Flußanwohner durch die Abwässer von Fabriken oder gar die Entstehung von epidemischen Krankheiten durch dieselben, bisher noch nicht nachgewiesen sind.“

Jurischs Denkschrift und seine zusammengetragenen Argumente werden in den folgenden Jahren immer wieder von der Industrie ins Feld geführt.

Die Position der chemischen Industrie war im ausgehenden 19. Jahrhundert bereits so stark geworden, daß die Folgen der Ansiedlung von Industrie als allgemein akzeptierte Begleiterscheinung hingenommen wurden. Die Argumentation der Vertreter der chemischen Industrie paßte sich schnell an ihre fast unverwundbare Stellung an. Am Ende des 19. Jahrhunderts formuliert einer der führenden Abwasserspezialisten der Chemiker Ferdinand Fischer:

„Die Hauptaufgabe der Flüsse überhaupt ist zweifellos, alles Wasser, welches überflüssig oder bereits benutzt ist, somit auch verunreinigt ist, abzuführen, in den großen Vorratsbehälter, das Meer. So wenig man der Landwirthschaft verbieten kann, die Flüsse zur Ableitung ihrer flüssigen Schmutzstoffe zu verwenden, so wenig kann dieses der Industrie ohne weiteres verboten werden.“ (FISCHER 1899:83)

Aus der Formulierung Jurischs, daß die Flüsse als die „wohlthätigen, natürlichen Ableiter der Industriewässer“ dienen, war eine „Hauptaufgabe“ geworden.

Nach 1900 war es vor allem der Fischereibiologe Weigelt, der die Interessen der chemischen Industrie nach außen vertrat. Weigelt wird 1901 vom Verein zur Wahrung der Interessen der chemischen Industrie in Deutschland eingestellt. Vorher war er u.a. Generalsekretär des Deutschen Fischereiverbandes und zählte zu den führenden deutschen Abwasserexperten und war lange Zeit Vorsteher die Versuchsstation Rufach im Elsaß. Dort hatte er in Laborversuchen anhand der Fischsterblichkeit den Einfluß von Schadstoffen bestimmt (WEIGELT et al. 1885) und anhand der akuten Toxizität Grenzwerte von Einzelsubstanzen angegeben. Daneben führte er auch Experimente mit sehr geringen Konzentrationen von z.B. Schwefelsäure, Salzsäure oder Soda durch, um auch Aussagen über subletale Vergiftungen bei Fischen zu erhalten. Den frühzeitigen Tod seiner Versuchsfische (Forellen, Karpfen) führte er im nachhinein auf die unzureichenden Versuchsbedingungen zurück. Weigelt diente als Experimentieranordnung ein einfacher 100 l fassender durchströmter Bottich. Später wollte er solche Untersuchungen auch im Freiland durchführen, dazu kam es jedoch nicht (vgl. Kap. 4.3).

Sowohl die Tatsache, daß er solche Vergiftungsversuche vornahm, als auch sein Ansinnen nach Wegen (Verdünnung, Absetzbecken, Neutralisation und Oxidation) zu suchen, die Schädlichkeit von Abwässern zu verringern, spricht dafür, daß er von Beginn an ein Verbot solcher Einleitungen für nicht realistisch und im Sinne der industriellen Entwicklung auch für nicht wünschenswert hielt (WEIGELT et al. 1885). Mit diesem Hintergrund und als anerkannter Experte für Fischereifragen war er die ideale Wahl, um die Interessen der Industrie zu wahren.

Weigelt empfahl, wie Jurisch, die Interessensabwägung nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Für ihn schloß das umgekehrt die Schließung industrieller Betriebe im Einzelfall mit ein, wenn das entsprechende Gewässer fischereiwirtschaftlich bedeutend war und eine ausreichende Reinigung der Abwässer nicht möglich war. Es bleibt aus heutiger Sicht unklar, ob dies von ihm tatsächlich nur ein taktisches Argument oder seine Überzeugung (Wunschvorstellung) war.

Weigelts in diesem Zusammenhang geprägter Begriff der Opferstrecke schlug hohe Wellen. Wenn die wirtschaftliche Bedeutung für die Einleitungen der Industrie eines Gewässers den der Fischerei bei weitem überstieg, war es ein notwendiges Opfer, auf fischereiliche Interessen zu verzichten und das Gewässer „frei“ zu geben. Im Grunde hatte er mit dieser Beschreibung für einige Gewässer nur den Nagel auf den Kopf getroffen. Kein Wunder also, daß dieser Begriff rege Kritik zur Folge hatte.

Auf der 20. Generalversammlung des westdeutschen Fischereiverbandes am 6.8.1904 verteidigte er seine Haltung damit, daß sie für die Fischerei auch Vorteile hätte. Denn wenn ein Gewässerabschnitt als Opferstrecke ausgewiesen sei, könne die Fischerei ohne direkten Schädigungsnachweis pauschale Zahlungen erwarten (BA, Abt. Potsdam, RdI 9244).

Mit dem Nachweis eines hohen Säurebindungsvermögens versuchte er die Unschädlichkeit saurer Industrieabwässer zu belegen und postulierte ungeachtet der Ergebnisse seiner Kollegen eine chemische Selbstreinigung.

Weigelt bemühte sich einerseits, die Bedeutung industrieller Einleitungen und damit die Verantwortung der Industrie herunter zu spielen, andererseits versuchte er, die Unternehmen zur Entwicklung von rentablen Abwasserreinigungsverfahren zu bewegen. Sein Hauptargument für Abwasserreinigung war auch damals schon die Hoffnung, daß sie sich durch die Zurückgewinnung von Stoffen für Industriebetriebe im Einzelfall rechnen könne. Auch

Weigelt spricht sich für regelmäßige Flußwasseruntersuchungen aus und votierte im Zweifelsfall auf Flußwasser als Trinkwasser zu verzichten.

Damit trug er mit dazu bei, selbst einen minimalen Gewässerschutz z.B. durch Grenzwerte zu verhindern. Für das Hauptproblem in der Öffentlichkeit, die Färbung des Wassers, setzte sich der Weigelt'sche Vorschlag zur Mischung farbiger Abwässer zu einer graumilchigen Brühe durch. Während Weigelt zumindest noch den Versuch unternimmt, für seine Aussagen plausible Begründungen zu liefern, äußerten sich die führenden Vertreter der deutschen Industrie sehr viel polemischer und radikaler.

So vertrat der unangefochtene Führer der deutschen Industrie Carl Duisberg auf der Hauptversammlung des wasserwirtschaftlichen Verbandes noch 1914 den Standpunkt, daß die sauren Chemieabwässer durch ihre keimtötende Wirkung eher positiv zu beurteilen sind. Zusammenfassend fordert er die „*Freiheit der fließenden Welle*" für industrielle Einleitungen (zit. in ANDERSEN 1996:286). Noch deutlicher gibt Carl Ochsenius in seinem Artikel „Die chemische Grossindustrie und das Wasser" in der Allgemeinen Chemiker-Zeitung von 1905 die Auffassung der Industrie wieder:

„Massenhaftes Fischsterben in weitem Umkreise ist jedoch auf andere Ursachen zurückzuführen, das kommt auch mitten im Ozean vor. . . Millionenweise scheinen diese Geschöpfe manchmal aus purem Eigensinn zu verenden." (BA, Abt. Potsdam, RdI 9244)

Er stritt die Beobachtungen Lauterborns ab, der das Absterben von Kleinlebewesen in der Nähe von industriellen Einleitungen mehrfach beschrieben hatte.

Man kann davon ausgehen, daß die Verschmutzung des Mains zwischen 1860 und 1910 kontinuierlich zunahm. Selbst akute Schädigungen, vor allem industrieller Einleitungen, hatten sich mit den damaligen chemischen Methoden nicht nachweisen lassen. Die *„fließende Welle besaß die Freiheit"* alle Verunreinigungen sofort wegzuschwemmen. Die ersten biologischen Untersuchungen an Main und Rhein setzten erst ab den Jahren 1904 und 1905 ein, als Gewässerbiologen erkannt hatten, daß sich mittels der zum Teil eben nicht mehr vorhandenen Flora- und Fauna auch nachträglich noch Verunreinigungen nachweisen ließen. Solche Untersuchungen wurden vor allem auch wegen der zunehmenden Proteste an Rhein und Main im Auftrag der preußischen Regierung von der Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung immer öfter vorgenommen.

In den Gutachten wurde erkannt, daß sich an vielen Stellen eines mit städtischen, d.h. stark organisch belasteten Gewässers, an dessen Grund Faulschlamm mit einer eigenen Flora-, Fauna bildete. An Stellen mit starker organischer Belastung stellten sich eine individuenreiche Fauna an Muscheln, Wasserschnecken und Würmern ein, die sich von den organischen Abfallstoffen ernährten. Stellen, die zusätzlich durch industrielle Einleitungen belastet waren, fielen dadurch auf, daß diese Organismen fehlten oder zumindest stark dezimiert waren.

Hier wurde also eine Wirkung, die über das Sterben von Fischen hinausging, nachgewiesen. An Gewässerabschnitten, an denen die Gutachter solche Veränderungen wahrnahmen, forderten sie regelmäßig, die chemischen Einleitungen zu unterbinden oder zumindest zu reinigen. Es ist zu Beginn des 20. Jahrhunderts m.W. kein Fall bekannt, der zu entsprechenden Maßnahmen geführt hätte.

Rechtlich war der Gewässerschutz Ländersache, trotzdem hätte der Reichstag energischer die Länder um Abhilfe der Zustände auffordern können. Aus Mangel an Nachweismöglichkeiten war der Verweis auf ästhetische Belästigungen das einzige öffentliche Argument. Dies hatte gegenüber den scheinbar naturwissenschaftlichen Argumenten der Industrie, wie sie von Jurisch, Fischer oder Weigelt vorgetragen wurden, keine Chance. Für ästhetische

Beurteilungen fühlten sich die Behörden offensichtlich auch damals nicht zuständig.

Insgeamt kann die Genehmigungspraxis als industriefreundlich bezeichnet werden. So erlaubte z.B. die Genehmigungsurkunde der Farbwerke Leonhardt aus dem Jahre 1880 die Einleitung von Abwässern mit einem Säuregehalt von bis zu 5% in den Main. Die Farbwerke standen vor allem deshalb in der Kritik, weil sie ihre Einleitungen tagsüber einleiteten und der Main wahrscheinlich kaum eine Farbnuance ausließ. Schon aus Rentabilitätsgründen hatten sie den Säuregehalt auf 0,5 % reduziert und konnten daher mit gutem Recht behaupten, besser als die Bestimmungen zu sein (ANDERSEN 1996:287).

In einem Bericht des Petitionsausschußes des Reichstags zu der Eingabe der Frankfurter Badeanstaltsbesitzer und den Fischereigenossenschaften vom 7.1.1904 hatte der damalige Direktor des Kaiserlichen Gesundheitsamtes Bumm darauf aufmerksam gemacht, daß es Grenzen für Einleitungen lediglich bei akuter Gesundheitsgefährdung geben könne (BA, Abt. Potsdam, RdI 9243). Darunter konnten, nach damaligen Nachweismöglichkeiten und dem Verständnis dafür, was gesundheitsgefährdend sei, nur städtische Abwässer fallen.

Rechtlich hätte es durchaus über die Gewerbeaufsicht oder fischereiliche Bestimmungen Möglichkeiten gegeben, Einleitungsgenehmigungen mit Auflagen zu versehen, die das Schlimmste hätte verhindern können.

Im Zusammenhang mit den genannten Eingaben kam es am 8.2.1904 zu dem schon oft zitierten Streit zwischen dem Sozialdemokraten Scheidemann und dem Staatssekretär des Innern, Graf von Posadowsky-Wehner. Darin beschreibt Scheidemann den Zustand der Gewässer wie folgt:

„Die Wupper ist unterhalb Solingens tatsächlich so schwarz von Schmutz, daß, wenn Sie einen Nationalliberalen darin untertauchen, Sie ihn als Zentrumsmann herausziehen können. . . Hier (beim Main) ist es also umgekehrt wie bei der Wupper, wenn man hier einen Zentrumsmann hineinsteckt, so wird man ihn so bunt herausziehen, daß er bei den Nationalliberalen Hospitant werden könnte.

(zit. z.B. in ANDERSEN 1996:288 od. BÜSCHENFELD 1997:201)

Scheidemann beklagt sich über die Untätigkeit des Parlaments zur Frage der Verunreinigung der Flüsse. Er bezog sich dabei vor allem auf die industriellen Einleiter und verlangte Maßnahmen der Reinigung. Es kam zu keiner ernsthaften Debatte oder gar Einigung über Maßnahmen für einen Gewässerschutz. Die Sozialdemokratie versuchte vor allem den Industriellen die Schuld an der Verunreinigung zu geben, während die Regierung die städtischen Abwässer in den Vordergrund stellte und auf Fortschritte bei der Abwasserreinigung hoffte. Von Diskussionen über ein Gewässer als Lebensraum war man weit entfernt. Man konnte sich auf keinerlei Vorgehen einigen, so daß jeglicher Druck vom Parlament auf Abwassereinleiter ausblieb.

Inzwischen waren aber die Klagen über Gewässerverschmutzungen am Main so drängend geworden, daß auf Antrag des Regierungspräsidenten in Wiesbaden der Minister der geistlichen, Unterrichts- und Medizinalangelegenheiten 1903 die Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung mit einer Untersuchung und Begutachtung, der namentlich durch Fabrikabwässer bedingten, Verunreinigung des unteren Mains beauftragt wurde. Das Gutachten von Marsson weist auf eine Reihe von Mißständen in den einzelnen Betrieben hin (MARSSON 1904b, vgl. auch ausführliche Diskussion bei Andersen 1996: 297-302 und Tab. 46). Zum Teil fehlten der chemischen Industrie die einfachsten Einrichtungen, wie z.B. funktionierende Absetzbecken. Neben den genannten Eingaben war vor allem wohl das Marsson'sche Gutachten ausschlaggebend für zwei gemeinsame Erlasse der Minister für öffentliche Arbeiten, für Handel und Gewerbe und für Medizinalangelegenheiten vom 8.2.1906 und 7.9.1906. Die zuständigen Behörden sollten die technische und wirtschaftliche Durchführbarkeit von Maßnahmen

zur Verbesserung prüfen (BA, Abt. Potsdam, RdI 9271). Da auch hierbei wieder das Kriterium der Wirtschaftlichkeit hohe Priorität hatte, konnten die Behörden wenig gegen die Industriebetriebe unternehmen. Trotzdem kam es in Reaktion auf den ersten Erlaß durch den Bezirksausschuß von Wiesbaden zur Festlegung der ersten Grenzwerte für industrielle Einleitungen (siehe ANDERSEN 1996:303). Der zweite Erlaß ist insofern pikant, als er die nächtliche Einleitung der Abwässer untersagte. Vielleicht erhoffte man sich dadurch eine bessere Kontrolle durch die Behörden, oder aber auch nur die größere Verdünnung der Abwässer. Immerhin schienen die Industrieunternehmen die Genehmigungsauflagen nun ernster zu nehmen. Während sie bisher alle Beschwerden einfach ignorierten, versuchten nun die Firmenleitungen den Eindruck zu erwecken, sie würden alles technisch Mögliche tun, um die Einleitungsbestimmungen einzuhalten.

Hohe Umweltschutzausgaben als Argument

Die Farbwerke Hoechst versuchte beispielsweise mit der Angabe hoher Ausgaben für Abwasserreinigung das Ministerium zu beeindrucken. In ihrer Übersicht schlüsselten sie Kosten für den Zeitraum vom 1.1.1900 bis Mai 1914 von über 500.000 Mark auf (aus ANDERSEN 1996:306).

Wie sehr die Verschmutzung auch des nördlichen Oberrheins inzwischen zugenommen hatte, ist durch ein Gutachten zur Frage der städtischen Abwässer Mannheims belegt (RUBNER & SCHMIDTMANN 1903). Hierzu fand im April 1902 eine Rhein-Befahrung statt, die sich u.a. auch mit den Einleitungen der BASF beschäftigte. Die Gutachterkommission konnte die Färbung bis nach Worms verfolgen. Nach eigenen Angaben der BASF leitete sie dreimal so viel (0,87 m^3/s) ein, wie 10 Jahre zuvor (0,3 m^3/s). Ein Kubikmeter Abwasser sollte nach den Angaben der BASF im Durchschnitt 4,41 kg Trockensubstanz, 1,03 kg Schwefelsäure und 0,14 kg Kalk enthalten. Wieviel und welche Stoffe hinter diesen Angaben tatsächlich verborgen waren, hätte wahrscheinlich nicht einmal die BASF selbst beziffern können.

Ästethische Begutachtung

Noch immer lagen den Begutachtungen im wesentlichen ästhetische Beschreibungen zugrunde, diese waren jedoch rechtlich nicht verwertbar.

Die Gefahr sahen die Gutachter daher vor allem in den industriellen Einleitungen, den städtischen Einleitungen Mannheims bescheinigten sie, die Wasserbeschaffenheit nicht merklich zu verändern.

Ihr Gesamturteil fiel so deutlich aus, wie es wirkungslos blieb: *„Als gesundes Trinkwasser ist das Rheinwasser schon jetzt nicht anzusehen.“*

In jedem Fall war man sich jedoch über weiteren Untersuchungsbedarf einig. Man beschloß ein umfangreiches chemisches und bakteriologisches Meßprogramm. Darüber hinaus war man in einer Sitzung am 29.10.1904 im Kaiserlichen Gesundheitsamtes von den Sachverständigen der Königlichen Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung auch vom Nutzen biologischer Untersuchungen überzeugt worden (MARSSON 1907). Zu der biologischen Methode der Flußwasseruntersuchung auf Verunreinigungen lagen erste Ergebnisse von den Sachverständigen Kolkwitz & Marsson sowie von Professor Bruno Hofer, München und Professor Robert Lauterborn, Ludwigshafen vor (LAUTERBORN 1901a,b, 1904, HOFER 1900, 1901a,b, MARSSON 1903). Bereits 2 Wochen später vom 17.-19.9.1904 unternimmt Lauterborn eine erste biologische Probeuntersuchung zwischen Speyer und Worms. Seine Untersuchungen stellen die ersten Bestandsaufnahmen der Rheinfauna dar. Er bestimmt nicht nur die makroskopische, sondern auch die mikroskopische Fauna und gibt zunächst ein klares Bild davon, was man an *„normaler Flora und Fauna“* im Rhein damals hätte erwarten können. Von dieser Referenz ausgehend beschreibt er die Unterschiede an den jeweiligen Einleitungsstellen. Darüber hinaus beschreibt er aber auch sehr detailliert die Altrheine auf der genannten Strecke. Angesichts der Tatsache, daß seine Untersuchung im Stile einer Exkursion mit anderen Kommissionsmitgliedern auf einem Boot stattfand, ist sowohl die Zahl der Probestellen als auch die an 2 Untersuchungstagen große Zahl

nachgewiesener Arten bemerkenswert. Dies konnte ihm nur gelingen, weil er die meisten der Probestellen vor allem die Altrheine zum Teil schon seit über 13 Jahren regelmäßig aufsuchte und auf einen reichen Erfahrungsschatz zurückgreifen konnte.

Lauterborn erkennt die Bedeutung der Altrheine in seiner Bedeutung für die gesamte Besiedlung des Rheinstromes, als Herkunfts- und Wiederbesiedlungsort, als Brutstätte und Weidegrund für viele Organismen.

„Die Erhaltung der Altwasser erscheint auch noch von einem anderen Standpunkte aus wünschenswert, nämlich vom Standpunkt der volkswirtschaftlich keineswegs bedeutungslosen Fischerei. Bis jetzt sind die Altwasser des Oberrheins immer noch die Brutstätten, Weidegründe und Zufluchtsorte für eine ganze Anzahl Fische des offenen Stromes. Sind sie einmal völlig verlandet und ist der Rhein dann einfach zu einem Schiffahrtskanal und zur Cloaca Maxima für die Abwasser der Städte geworden, dann sind die Existenzbedingungen für zahlreiche Fische so gut wie vernichtet und die Tage der Fischerei gezählt“. (LAUTERBORN 1905:639)

In diesem Zitat wird vielleicht zum ersten mal auf die Bedeutung der Nebengewässer für die Besiedlung eines Flußes hingewiesen. Wenn der Rhein auch von seinen Seiten- und Nebengewässern gänzlich abgeschnitten worden wäre, wie es einige *„Flußbautechniker“* durchaus vor hatten, so wäre die Sanierung des Rheins heute vor noch viel größere Probleme gestellt. Die Liste jener Arten, die eine Wiederbesiedlung geschafft haben oder von denen dies noch möglich scheint wäre wahrscheinlich bedeutend kleiner (vgl. Tab. 47).

Auch aus Lauterborns Probeuntersuchung wird deutlich, daß die BASF der damals weitaus größte Verschmutzer des Oberrheins war. In seinem Schlußwort resümiert Lauterborn, daß:

„Art, Ausdehnung und Grad der Verunreinigung nach der biologischen Methode auch am Rhein sehr wohl festzustellen sind,... (LAUTERBORN 1905:652)

„daß bei uns bis jetzt kaum eines der Abwasser für sich imstande ist, den Rhein in seiner ganzen Breite auf eine größere Strecke hin in bedeutenderem Maße zu verunreinigen“ und

„Ob dieses bis jetzt immerhin noch günstige Verhältnis zwischen Abwassermenge und Selbstreinigungskraft des Rheines aber auf Dauer bestehen wird, dürfte mehr als fraglich sein, denn die Menge der eingeführten Abwasser nimmt von Tag zu Tag zu und die Selbstreinigungskraft auch des größten Stromes hat ihre Natürlichen Grenzen.“

Lauterborns Probeuntersuchungen hatte die Kommission überzeugt und so fand zur Abstimmung von Folgeuntersuchungen am 4. und 5.1.1905 in Mainz eine kleine Konferenz statt, an der hochrangige Vertreter der am Rhein gelegenen Länder incl. Elsaß-Lothringens teilnahmen (BA, Abt. Potsdam, RdI 9277). Bereits 4 Monate später am 28. und 29. April kam man in Mannheim wieder zusammen, um eine ersten Bilanz aus den chemischen, bakteriologischen und biologischen Ergebnissen zu ziehen. Die Belastungen einzelner Abschnitte, vor allem auch durch die BASF, waren aufgrund der Ergebnisse nicht mehr zu leugnen. Trotzdem nahm der Würzburger Toxikologe Lehmann die Industrie in Schutz, in dem er argumentierte, *„gewisse Verunreinigungen des Stromes müssen als erlaubt gelten, wenn anders wir eine Industrie haben wollten“*. Man war sich darüber einig, daß es im Rhein noch keinen akuten Handlungsbedarf gäbe, daß man aber weiter beobachten müsse, um vielleicht später der Industrie gewisse Auflagen zu machen (BA, Abt. Potsdam, RdI 9278). Man beschloß ein umfangreiches Untersuchungsprogramm auf der Strecke Basel bis Koblenz. Die biologischen Untersuchungen sollten im Oktober 1905 beginnen und von da an zunächst regelmä-

ßig 3 mal im Jahr stattfinden. An der ersten Untersuchungsfahrt nahmen teil Dr. F. Schaudinn, Dr. S. von Prowazek, beide Kaiserliches Gesundheitsamt sowie Professor M. Marsson, Königliche Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung und Prof. Dr. R. Lauterborn teil. Lauterborn war damals ohne feste Anstellung und auf diese gutachterlichen Tätigkeiten angewiesen. Seine Sicht der Dinge beschreibt er in seiner unveröffentlichten Biographie wie folgt:

LAUTERBORN 1942, unveröffentlichtes Manuskript

"Um diese Zeit mehrten sich auch in der Tagespresse die Klagen über die zunehmende Verunreinigung des Rheinstroms und deren bedenklichen Folgen, nicht nur für die Fischerei, sondern auch für die Hygiene. Das bewog das Reichsgesundheitsamt eine umfassende biologische Untersuchung des Rheins und seiner Abwässer durchführen zu lassen. Nachdem im November 1904 eine in Gegenwart von Vertretern des Gesundheitsamtes veranstaltete Probeuntersuchung der Strecke Speyer-Ludwigshafen-Worms die Leistungsfähigkeit der biologischen Abwasser-Begutachtung erwiesen und mein ausführlicher Bericht darüber die Zustimmung der maßgebenden Stellen in Berlin gefunden hatte, wurde mir die Strecke Basel - Mainz, Professor Maximilian Marsson (Mitbegründer des Saprobiensystems) von der Preußischen Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung die Strecke Mainz - Koblenz übertragen. Wiederholte Anregungen von unserer Seite, die Untersuchungen auch auf den Niederrhein bis zur holländischen Grenze auszudehnen, scheiterten, anscheinend am Widerstand der damals allmächtigen Großindustrie. Die erste gemeinsame Befahrung der Strecke Basel - Koblenz erfolgte vom 2. - 20. Oktober 1905. An ihr nahmen als Vertreter des Reichsgesundheitsamtes auch die beiden Regierungsräte Fritz Schaudinn und Stanislaus von Prowazek teil. Wie lebhaft tritt mir, während ich dies niederschreibe, wieder die Erinnerung an Schaudinn entgegen! Wir kannten uns bereits vom Zoologentag in Bonn 1896 her, ... Seit dieser Zeit hatte sich Schaudinn durch eine Reihe glänzender Arbeiten über Foraminiferen, Heliozoen, Coccidien, den Malaria-Parasiten zu einem der bedeutendsten Protozoenforscher aufgeschwungen und durch die Entdekkung des Syphilis-Erregers Weltruhm erlangt. Trotzdem war er der gleich prächtige, aufrichtige und natürliche Mensch geblieben wie früher auch. Eine solche Natur paßte nicht recht in den bürokratisch streng gestuften Betrieb des Gesundheitsamtes. So machte Schaudinn denn auch gar keinen Hehl daraus, wie wohl er sich fühlte, einmal allem Zwang entronnen, an der fast dreiwöchentlichen Forschungsfahrt auf dem Rhein teilnehmen zu können, die er, sprühend von Witz und Laune, uns Allen zu einem frohen, unvergesslichen Erlebnis werden ließ. Ahnte doch damals keiner, daß die kraftstrotzende Gestalt bereits den Keim zu der tückischen Krankheit in sich trug, die von Schaudinns experimenteller Selbstinfektion mit der Amoeba histolytica ausging und, kaum acht Monate nach der Rheinfahrt, den erst Fünfunddreißigjährigen uns für immer entriss. Ein Jahrzehnt später (1916) folgte ihm der stille Stanislaus von Prowazek, der während des Weltkrieges den Flecktyphus studierte und dabei ebenfalls ein Opfer der Wissenschaft geworden ist. Die Untersuchungen wurden auf der Strecke von Basel bis Karlsruhe mit Hilfe eines geräumigen von vier Mann geruderten und vom Dammeister gesteuerten Kajütenbootes, weiter abwärts an Bord der Regierungsdampfer Badens, der Rheinpfalz, Hessens und Preußens, durchgeführt. Im Anschluß an die gemeinsame Befahrung des Rheins habe ich in den Jahren 1906 - 1908 dann noch sieben weitere Untersuchungen der Strecke Basel - Mainz allein unternommen, und zwar zu den verschiedensten Jahreszeiten. Die hierbei gewonnen Ergebnisse, die alle in den "Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte" 1905 - 1909 zum Druck gelangten, gaben ein sehr anschauliches Bild von dem biologischen Zustand des 327 km langen Laufes des Oberrheins, wie es ähnlich bis dahin noch für keinen anderen Strom aufgenommen worden war."

Die folgenden Arbeiten Lauterborns bestätigten seine geäußerte Vermutung, daß die Rheinverschmutzung von Jahr zu Jahr zunahm (LAUTERBORN 1905, 1907b, 1908a,b,c, 1909,a,b, 1910, 1911).

In einer weiteren Sitzung der durch das Reichsgesundheitsamt geleiteten Kommission im Juli 1906 kamen die Mitglieder zu dem Ergebnis, daß vor allem 3 Hauptverursacher der Rheinverschmutzung auszumachen waren, der

Main, einige Zellulosefabriken sowie die BASF. Trotz des Ergebnisses erfolgten hieraus keine Konsequenzen (BA, Abt. Potsdam, RdI 9278). Die einzige Intervention durch das Reichsgesundheitsamt an die zuständige Landesregierung erfolgte, nachdem der Gutachter Lauterborn bei seiner fünften biologischen Rheinuntersuchung erhebliche Verschmutzungen (Fäkalbrokken bis nach Worms) durch die städtischen Abwässer von Mannheim feststellte (LAUTERBORN 1909). Die badische Wasserbehörde in Karlsruhe erklärte den Vorfall mit einer vorübergehenden Betriebsstörung, die sich jedoch nicht wiederholen sollte (BA, Abt. Potsdam, RdI 9278). Die viel drastischeren Beschreibungen der industriellen Einleitungen blieben dagegen ohne jede Konsequenz. Ebenso konsequenzenlos blieben seine Darstellungen zu den gewässermorphologischen Eingriffen und ihren ökologischen Folgen.

Die von der Chemieindustrie vertretene Auffassung, daß die Natur sich fast ungegrenzt selbst regenerieren könne, war durch die Untersuchungen der Gewässerbiologen widerlegt. Politisch sah man sich einer offensichtlich zu starken Lobby gegenüber, so daß nichts unternommen wurde. Den einzigen Handlungsbedarf sah man in weiteren Untersuchungen. Das Argument Arbeitsplätze oder die Drohung der Aufgabe oder Abwanderung eines Betriebes mußte schon gar nicht vorgebracht werden, die Politiker und Verwaltungsbeamten hatten diese Schere längst im Kopf. Trotzdem schien die chemische Industrie zu befürchten, daß die Lauterborn'schen Untersuchungen schärfere Auflagen nach sich ziehen könnten. Dies läßt sich insbesondere an der intensiven Auseinandersetzung des Kollegen Weigelt erkennen. Im Jahre 1907 erscheint von Weigelt ein Artikel mit dem Titel „Industrie- sowie Hausabwässer und der Rhein", der sich ausschließlich mit dem Lauterborn'schen Gutachten befaßt und durch mehr oder minder geschickte Zitation die Ergebnisse in einer für die chemische Industrie freundlicheren Weise uminterpretiert.

„Sonst aber geht aus der Lauterbornschen Arbeit an erster Stelle hervor und ist für die Industrie als besonders wichtig anzuerkennen, daß der unter dem Einfluß der chemischen Abwässer festgestellten Schaden als ein minimaler zu bezeichnen ist. Denn wenn die oben erwähnten Fabriken durch ihre Abwässer kurze Uferstrecken selbst völlig abtöten, und zwar die Imprägnieranstalt 5m weit, die chemischen Fabriken, welche in die Rheinauhäfen abwässern, etwa 70-80 m weit (einschließlich städtischer Abwässer), die Zellulosefabrik Waldhof mit den abwässern der chemischen Fabriken Böhringer sowie Weyl & Co. 300 m weit, die chemische Fabrik Raschig 5 m und eine Cellulosefabrik eine noch geringere Beeinflussung hervorruft, ja wenn eine Riesenfabrik, wie die Badische Anilin und Sodafabrik, sich nur auf 60 m in obigem Sinne bemerklich macht, wenn sie auch bis 5 km weit noch einigermaßen schwächend und vermindernd auf die normalen Lebewesen der Fauna einwirkt, so kann von einer wirklich schadbringenden Beeinflussung des Rheins durch die Industrie nicht die Rede sein." WEIGELT 1907:15-16

Er schickt auch einen Sonderdruck an Lauterborn, der sich noch im gleichen Jahr in der Zeitschrift „Die chemische Industrie" massiv dagegen verwahrt, daß Herr Prof. Weigelt mehrere seiner *„objektiven Befunde zu Gunsten seiner optimistischen Auffassungen in einer Art und Weise verwertet hat, in der sie nach Sinn und Wortlaut nicht verwertet werden durften."*

Tatsächlich sprach Lauterborn in seinem Gutachten, bezogen auf die Wirkungen der Abwässer der BASF, von einer Strecke von etwa 5 Kilometern auf der eine *„sehr weitgehende Verarmung der normalen Fauna und Flora"* zu beobachten war. Lauterborn überführt Weigelt des mehrmaligen falschen oder sinnentstellendes Zitierens durch Weglassen. Er verweist außerdem auf seine späteren Untersuchungen des Oberrheins von 1906, die ergaben, daß die Abwässer der Zellulosefabrik Waldhof vom Einlauf

„an das Ufer auf eine Strecke von nicht weniger als 10 Kilometern durch außerordentlich üppige Wucherungen von Abwasserpilzen die normale Fauna und Flora so gut wie vernichtet war; die losgerissenen Pilzrasen waren stellenweise in ganzen Bänken am Ufer angeschwemmt; im freien Wasser des Stromes treibende Pilzflokken waren bis gegen Mainz hin zu verfolgen“.

LAUTERBORN 1907:276

Lauterborn setzt sich in seinen „Bemerkungen“ auch mit Weigelts Begriff „Opferstrecke“ und seiner Definition auseinander:

Wie er halte auch ich es für durchaus möglich, den Begriff „Opferstrecken“ auf biologischem Wege genauer zu präzisieren. Allerdings nicht, wie Herr Professor Weigelt meint, durch biologische Untersuchungen des Planktons, sondern in erster Linie durch solche Beeinflussung der Fauna und Flora des Grundes. Eine kleine Ueberlegung zeigt, daß gerade bei den Organismen des Ufers, die zum Teil fest an die Scholle gebunden sind, zum Teil sich einer mäßigen Bewegungsfreiheit erfreuen, es viel leichter sein muß, die lebendtötende Wirkung anorganischer Abwässer festzustellen, als bei dem willenlos im Strome vorbeitreibenden Organismen, dem Plankton. Ich habe gerade diesen Verhältnissen schon seit längerem meine Aufmerksamkeit zugewendet und hoffe, darüber später noch ausführlicher berichten zu können. Hier sei einstweilen nur bemerkt, daß ich unterhalb des Einlaufes anorganischer Abwässer zwei Zonen unterscheide: 1. die azoische Zone (oder Strecke) direkt unter dem Einlauf, in welcher alles tierische (Gewisse Pilze (z.B. Sphaerotilus) vermögen noch Konzentrationen von Abwässern zu ertragen, welche Tieren durchaus tötlich sind) Leben völlig erloschen ist. Die Erstreckung dieser Zone wechselt etwas je nach Wasserführung des Stromes: so tritt unterhalb des Einlaufs der Abwässer der Badischen Anilin- und Sodafabrik Ludwigshafen das erste Tier, eine Schnecke (Gulnaria ovata) bei niederem Pegelstand des Rheins erst etwa 1 Kilometer abwärts wieder auf, bei mittlerem Pegelstand dagegen schon etwa 800 Meter abwärts. 2. An diese azoische Zone schließt sich die Verödungszone an, deren Erstreckung sich nach der Abwesenheit der normalen, d.h. reines Wasser liebenden Fauna bemißt. Wenn Herr Professor Weigelt meine azoische und meine Verödunsgzone (oder -strecke) mit seiner „Opferstrecke“ identifizieren will, so habe ich nichts dagegen einzuwenden. Ich fürchte aber nur, daß es dann Flußstrecken geben wird, wo sich die „Opferstrecken“ so dicht aneinander reihen, daß Strecken mit normalem Tier- und Pflanzenleben („Schonstrecken“) sich kaum mehr nachweisen lassen werden.

LAUTERBORN 1907:278-280

Eine zweite direkte Stellungnahme zu dem Artikel von Weigelt über das Lauterbornschen Gutachten kam von dem Hamburger Arzt E. Bonne, seit 1900 eines der führenden Mitglieder des IVgV und einer der fleißigsten Beschwerdeführer gegen Flußverunreinigungen.

Er knüpfte darin noch einmal an die Diskussion um die Selbstreinigung, die durch Pettenkofer und seinen Grenzwert der 15-fachen Verdünnung ausgelöst worden war, an und kritisiert die Haltung Weigelts auf polemische Art und Weise.

„Die ‘Opferstrecken’ des Herrn Professor Weigelt sind die zweite Mißgeburt, gezeugt von dem bei der chemischen Industrie angestellten Obergutachter, ebenfalls im höchsten Maße geeignet, seinen Auftraggebern unbequeme Kosten vom Halse zu halten.

Denn wenn es sich darum handelte, daß die Industrie diese Opfer wirklich nicht tragen konnte, die zur Reinigung ihrer Abwässer am Entstehungsorte dienen,- wie konnte Herr Weigelt, der in früheren Jahren, ehe er angestellter Gutachter bei der chemischen Großindustrie wurde, so tapfer für die Reinhaltung der deutschen Gewässer mitkämpfte, es unternehmen, sich diesen internationalen Preis von 3000 Mark mit seinem Werk: repeuplement des riviéres zu verdienen? Dieser französische Titel sagt auf gut deutsch: durch welche Methoden können wir unsere Flüsse wieder mit Fischen beleben, und dieses Werk des Herrn Weigelt zählt in äußerst fleißiger, ja genialer Weise alle diejenigen Methoden auf, deren sich die Industrie bedienen kann, um ihre Abwässer für die Flüsse schadlos zu gestalten. Wenn Herr Weigelt

BONNE 1907b:228-230

aber so gut alle diese Methoden kennt, um unsere Flüsse reinzuhalten, daß er sie an so hervorragender internationaler Stelle kundgibt, warum läßt er diese seine Kenntnisse nicht den Flüssen seines Vaterlandes zugute kommen, da er doch als alter Kenner des Elends in unseren Flüssen wissen muß, wie es steht? denn unterhalb und oberhalb, sowie zwischen den Opferstrecken wohnen auch noch Menschen, welche das gleiche Anrecht an reines Wasser haben.

Auf jeden Fall ist es im höchsten Maße im Interesse unseres Vaterlandes zu bedauern, daß Herr Professor Weigelt, seitdem er als Obergutachter an der chemischen Großindustrie angestellt ist, – vielleicht allmählich und unbewußt durch das Milieu beeinflußt – seine Ansichten über die Notwendigkeit und die Möglichkeit, die Flüsse rein zuhalten, die für die in seinem (allerdings in französischer Sprache erschienenen) Werke noch wieder so hervorragende Belege liefert, in einer Weise geändert hat, daß sie außerordentlich geeignet sind, unsere Flüsse in Kloaken umzuwandeln.

Ich habe in dem vorstehenden mir Mühe gegeben in allerdings schonungsloser Offenheit der Wahrheit in einem Kampfe zum Siege zu verhelfen, den ich nun seit über zehn Jahren mit Aufwendung großer persönlicher Opfer an Geld und Gesundheit kämpfe zum besten unserer Flüsse, unseres Volkes, unseres Vaterlandes.“

Auch die Klagen der Holländer in den Jahren 1920 und 1921 bei der deutschen Regierung (Reichsministerium des Innern) zeigten keine Wirkung. Im Niederrhein und dessen Nebenflüsse, wie der Ruhr oder der Emscher, waren Zahl und Mengen der Einleitungen inzwischen so gestiegen, daß eine Zuordnung für das Reichsministerium des Innern völlig aussichtslos geworden war.

Der Leiter der Reichsanstalt für Fischerei, Friedrich Schiemenz, faßt in einem Gutachten vom 1.7.1922 über die holländischen Beschwerden zusammen:

„Das möchte ich für unser gesamtes Vaterland leider verallgemeinern, denn wenn man sieht, wie die Industrien und Städte sich über alle Vorschriften hinwegsetzen und mit unseren Fischgewässern umgehen, so möchte man an der Fähigkeit unseres Staates, die Abwässerfragen überhaupt regeln zu können und zu wollen, vollkommen verzweifeln.“

(BA, Abt. Potsdam 9279, Bl.145-159)

Angesichts der vermuteten Kosten einer Gewässersanierung, hatte das Reichsministerium den Niederrhein jedoch im wesentlichen längst als Abwasserkanal abgeschrieben. Als diplomatischer Ausweg blieb lediglich der Vorschlag an die Holländer, eine gemeinsame Untersuchungskommission einzurichten.

4.7 Entwicklung und Interessen der Landwirtschaft

Die Notwendigkeit von Düngemaßnahmen bei dauerhaft bewirtschafteten Flächen zum Ausgleich von erheblichen Nähstoffverlusten durch die Ernte ist eine weit zurückreichende Erfahrung. Der einzige Dünger, der die Verluste kompensieren konnte, waren die menschlichen Exkremente. Bereits Liebig vermutete, daß die „Cloaca maxima“ zunächst den Wohlstand der römischen Bauern und, als deren Felder nicht mehr genug Feldfrüchte lieferten, den Reichtum Siciliens, Sardiniens und der fruchtbaren Küstenländer Africa`s weggespült hatte (zit. in ZEHFUSS 1869).

Das von Justus von Liebig (1803-1873) entdeckte Gesetz des Wachstumsminimums revolutionierte die Landwirtschaft. Seine Entdeckungen machten Liebig ungewollt zu einem der industriellen Pioniere des Agrarsektors. Dabei hatte er vor einer Industrialisierung des Agrasektors gewarnt, und plädierte immer wieder für die Rückführung des in den Städten anfal-

lenden organischen Abfalls auf die Felder. Er war der Aufassung, daß künstliche mineralische Dünger nur eine Lösung auf Zeit sein würden:

„...wenn zu letzt genaue statistische Erhebungen ergeben werden, daß auch im günstigsten Fall die Zufuhr von Düngestoffen von aussen in einer verhältnismäßig kurzen Zeit [...] ein Ende haben muß, so werden sie die Einsicht gewinnen, daß von der Entscheidung der Kloakenfrage der Städte die Erhaltung des Reichtums und der Wohlfahrt der Staaten [...] abhängig sind“ (LIEBIG 1876:72)

Im Zuge der Liebig`schen Begründung der Agrokulturchemie, setzte eine weltweite Suche nach kostengünstigen mineralischen Düngemitteln ein. Im Zeitraum zwischen 1840 bis 1880 verdoppelten sich die landwirtschaftlichen Erträge. Die größeren Erträge waren vor allem auf die zunehmend bessere Verfügbarkeit von Düngemitteln zurückzuführen. Aus städtehygienischen Gründen hielt Liebig seine ablehnende Haltung gegen den Bau von Kanalisationen bzw. die Abschwemmung von Fäkalien und Urin nicht konsequent durch. Wegen des sich damals abzeichnenden Nährstoffverlustes der Äcker blieb er jedoch immer strikt dagegen, daß die Fäkalien einfach – wie in Großbritannien und seit 1845 auch in Hamburg üblich – ungeklärt in die Flüsse geleitet wurden (EVANS 1990). Auch in seinem Gutachten für die Stadt London hatte sich Liebig gegen Pläne zur Beseitigung der Fäkalien in die Gewässer ausgesprochen und forderte die Verrieselung der Abwässer und damit der Nährstoffe. Liebigs ursprüngliche Forderung nach einer Nährstoffrückführung konnte durch die Forderung von Rieselfeldern allein jedoch nie erfüllt werden (HOBRECHT 1869 a,b). Die Verrieselung der Fäkalien erwies sich als technisch sehr aufwendig (großer Flächenbedarf, lange Zuleitungen, vergleichsweise hoher Unterhaltungsaufwand) oder zu kostspielig und wurde daher zwar in vielen Städten diskutiert, aber nur in wenigen Städten verwirklicht, z.B. Berlin, Danzig, Münster, Schwerin, Freiburg sowie Magdeburg und Braunschweig (die beiden letzteren sind heute noch in Betrieb).

England war, nicht zuletzt durch die Abschwemmung der Fäkalien in die Flüsse, schon früh gezwungen, Düngemittel zu importieren. Zu den ersten Düngemittel gehörte seit dem Ende des 18. Jahrhunderts die Einfuhr von Knochenmehl, auch aus Deutschland. Die Einfuhr von Guano ist seit 1841 bekannt. Im Jahre 1859 wurden in England bereits 286.000 Tonnen Guano und ca. 60-70.000 Tonnen Knochenmehl eingeführt. Insbesondere Liebig rechnete immer wieder die schlechte Bilanz für die Volkswirtschaft und die Fruchtbarkeit der Böden vor, die er in der Abschwemmung menschlicher Düngestoffe, der Ausfuhr des Knochenmehls und dem hohen Preis für den Guano sah.

Handelsdünger

Trotz der Warnungen nahm die Anwendung von Handelsdüngern in Deutschland bis zum Beginn der 1980iger fast kontinuierlich zu. Der große Vorteil gegenüber den Wirtschaftsdüngern liegt darin, daß die Handelsdünger gezielt einsetzbar und schnell pflanzenverfügbar sind.

Bereits 1843 kamen die ersten wasserlöslichen Phosphatdünger aus Nordafrika, den USA und den GUS auf den Markt. Die Phosphaterze (Rohphosphate) bestanden meist aus Calciumphosphaten (Apatit, Phosphorit). Rohphosphate mußten erst mit Säuren aufgeschlossen werden, um für die Pflanzen verfügbar zu sein. Eine große Bedeutung kam seit 1877 dem „Thomasmehl“ (=Tricalciumphosphat) zu. Thomasmehl entsteht bei der Eisenverhüttung als Kuppelprodukt. Der wichtigste Phosphordünger war lange Zeit das Superphosphat, das durch Aufschluß von Rohphosphat mit Schwefelsäure hergestellt wurde. Heute ist das Triplesuperphosphat durch den Aufschluß von Rohphosphat mit Phosphorsäure von größerer Bedeutung.

Kalidünger

Etwa um 1860 folgten die ersten Kalidünger. Die Kaliindustrie wurde in kürzester Zeit zu einem wichtigen Industriezweig in Deutschland (Tab. 31). Fast 30 Jahre lang kam der gesamte Kalidünger aus Deutschland. Um die Abwässer der Chlorkaliumfabriken entstanden die ersten scharfen und überregional bedeutenden Auseinandersetzungen um Einleitungsgrenzwerte. Seit 1881 gehörten die Kalifabriken nach § 16 der Reichsgewerbeordnung zu den genehmigungspflichtigen Anlagen. Der Aufstieg der Kaliindustrie begann vor allem an Elbe und Weser. Eine entsprechende Fallstudie um die frühen Auseinandersetzungen liegt vor (BÜSCHENFELD 1997:285-406).

Tab. 31
Kaliindustrie ein wichtiger Wirtschaftszweig

Jahr	Kaliförderung in Deutschland [t]	Anteil weltweiter Förderung
1885	9030	100,00%
1890	16699	100,00%
1895	58900	100,00%
1900	117211	100,00%
1905	302109	100,00%
1910	359335	100,00%
1913	1110369	100,00%
1923	1517000	80,00%
1922	1151000	77,00%
1924	1135000	74,00%
1925	1570000	78,00%
1926	1489000	73,00%

Elsäßiche Kaliminen

Am Hoch- und Oberrhein begann die Kaliförderung im wesentlichen erst nach 1900. Zu den größten gehörten die französischen Kaliminen bei Mühlhausen im Elsaß. Seit 1913 wurde dort Sylvinit, ein Gemisch aus etwa zwei Dritteln Kochsalz (NaCl) und einem Drittel Kaliumchlorid (Kcl) im Untertagebau abgebaut. Nach der Aufbereitung wurden das Kalium- und das Natriumchlorid in festem, klebrigem Zustand gewonnen.

Durch ihre unterschiedliche Löslichkeit können die beiden Salze getrennt werden. Das Kaliumchlorid wird als Düngemittel verkauft, für das verunreinigte Kochsalz hingegen besteht keine Verwendung. Bis 1931 wurde das Salz einfach aufgehaldet (Abraumsalz) und konnte wegen fehlender Vorkehrungen von dort langsam in den Untergrund versickern. Die Folge ist heute eine erhebliche Beeinträchtigung der Grundwasserqualität im Elsaß. Um eine noch stärkere Belastung des Grundwassers zu verhindern, wird seit 1931 das Abfallsalz der Gruben in Wasser aufgelöst und dem Rhein zugeleitet. Dadurch wird nicht nur die Wasserqualität des Rheins und damit des Trinkwassers, das ihm entnommen wird, beeinträchtigt, sondern es entstehen darüber hinaus erhebliche Korrosionsschäden in den Wasserleitungen, und damit erhebliche Kosten. Die niederländischen Wasserwerke wußten schon damals, was da auf sie zukam, und versuchen seitdem über politische und gerichtliche Schritte, die Salzbelastung durch die Kaliminen zu verringern. Bis heute sind die Versuche ohne durchgreifenden Erfolg. So flossen über Jahre in jeder Sekunde 130 Kilogramm (kg/s) Chlorid von den elsässischen Kaliminen in den Rhein. Die Einleitungen sollen nach internationalen Vereinbarungen bis zum Jahr 2000 beendet sein. Doch sind die Kaliminen nicht die einzigen Salzeinleiter, hinzu kommen bis heute noch ca. 200 kg/s Chlorid aus der Schweiz, Frankreich und Deutschland. Davon kommen aus Sümpfungsabwässer des Steinkohlenbergbaus ca. 40 kg/s, Abwässer der chemischen Industrie ca. 40 kg/s. Aus Haushaltungen (Speisenbereitung, Stoffwechsel, Nahrungsmittel, Trinkwasser) und diffuse Quellen (Sole, Regenwasser, Streusalz) stammen weniger als 10 % der Chloridfracht. Zusammen betrug zwischen 1960-1990 die durchschnittliche Menge Kochsalz (NaCl), die der Rhein an der deutsch-niederländischen Grenze mit sich führt,

mehr als 500 Kilogramm pro Sekunde (kg/s). Das entspricht täglich ca. 20 Güterzügen mit je 50 vollbeladenen Waggons (Abb. 18).

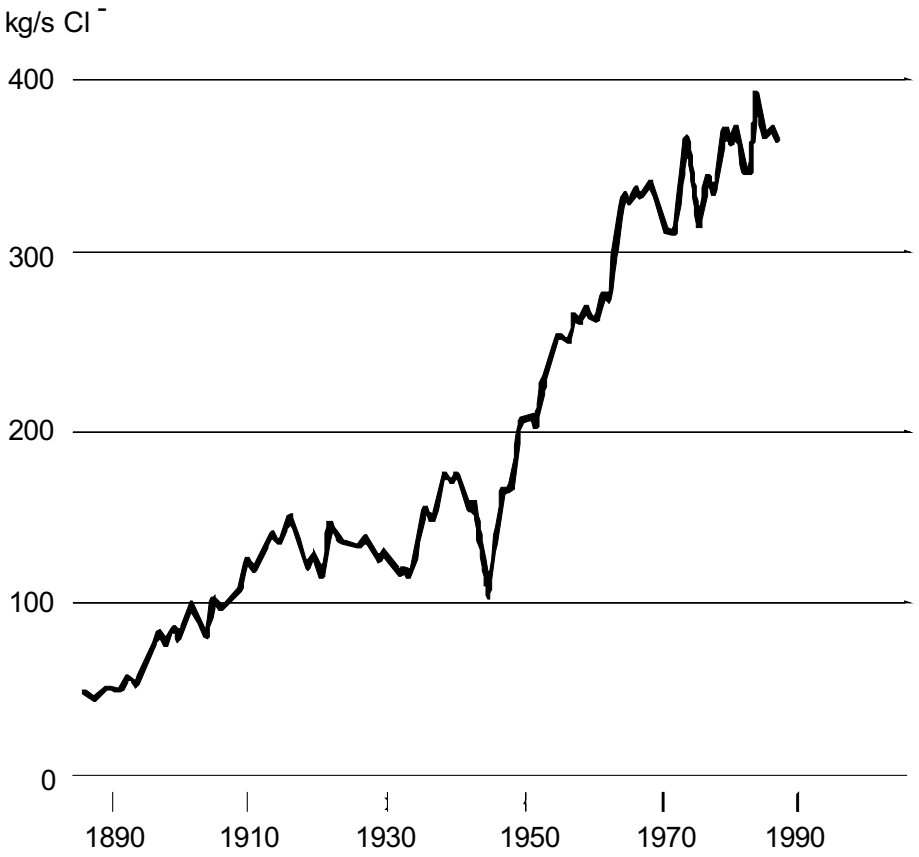


Abb. 18
Chloridfracht (Cl^-) im Rhein bei Bimmen/Lobith (deutsch-niederländische Grenze) seit 1885-1987 (Jahresmittelwerte, nach IAWR 1988);

Der seit der Jahrhundertwende zunehmende Salzgehalt des Rheins führte zu Einwanderung und Ausbreitung salztoleranter Arten in erheblichem Ausmaß im gesamten Rheingebiet (vgl. Tab. 47, S. 258).

Stickstoffdünger

Die technische Herstellung von Stickstoffdüngern gelang 1913 Fritz Haber und Carl Bosch mit dem nach ihnen benannten Verfahren, in dem sich molekularer Stickstoff und Wasserstoff bei einem Druck von 200 Atmosphären und einer Temperatur von 550°C zu Ammoniak verbinden. Diese vefharensbedingten extremen Produktionsbedingungen führten 1921 zu einer der größten Chemiekatastrophen. Durch die Explosion der Ammoniaksysntheseanlage im BASF Werk Oppenau kamen 561 Menschen ums Leben. Am Anfang der Ammoniaksynthese stand jedoch nicht die Düngemittelherstellung im Vordergrund, sondern die Herstellung von Sprengstoff. Zu Beginn des Krieges hatte es die englische Flotte geschafft, Deutschland vom Nachschub des zur Sprengstoffherstellung bis dahin notwendigen Chilesalpeters abzuschneiden. Mit dem neuen Verfahren und den Werken der BASF in Oppenau und Leuna war man jedoch autark geworden. Die politisch wichtigsten Figuren waren die Erfinder des Verfahrens selbst. Fritz Haber, Direktor des Instituts für physikalische Chemie und Elektrochemie der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft in Berlin, später Leiter der chemischen Abteilung des Kriegsministeriums und Carl Bosch bei BASF, später Chef der IG-Farben, trugen maßgeblich zu der mörderischen Hochzeit zwischen der deutschen Chemieindustrie und dem deutschen Militär vor dem zweiten Weltkrieg bei.

Die Steigerung der Erträge durch den neuen synthetischen Stickstoffdünger waren verführerisch. Die ökologischen und produktionstechnologischen Folgen waren jedoch noch nicht absehbar. Durch die Zugabe des synthetischen Stickstoffdüngers werden die mikrobiologischen Vorgänge in humö-

sen Böden stark beeinflußt. Im Boden sonst lebende Bakterien, die ebenfalls Stickstoff aus der Luft fixieren, werden durch die hohen Stickstoffkonzentrationen gehemmt. Das heißt, die hohen Stickstoffgaben vermindern die bodentypische Eigenversorgung an Stickstoff. Die synthetischen Stickstoffdünger sorgen somit selbst für steigenden Absatz.

Von einer Abhängigkeit in die andere

Verallgemeinernd gilt dies für alle (oft auch als Kunstdünger bezeichneten) Handelsdünger. Sie steigern zwar das Pflanzenwachstum, aber eine intensive (z.B. Stickstoff)-Düngung führt zu qualitativ verändertem Zellenwachstum (dünnwandigere Zellen) und damit zur geringeren Widerstandskraft gegenüber Witterung und Schadorganismen. Diese Nachteile müssen nun durch weitere Maßnahmen wie Pestizide etc. kompensiert werden. Auf eine genauere Darstellung der Zusammenhänge muß an dieser Stelle verzichtet werden. Es läßt sich jedoch vereinfacht feststellen, daß sich die Bauern durch eine intensive Landwirtschaft zwar von der Notwendigkeit befreit haben, ihre Produktion nach den Anforderungen einer Kreislaufwirtschaft auszurichten, dafür aber sind sie in die Abhängigkeit einer übermächtig werdenden Industrie geraten. Die scheinbar herrschaftliche Position des Landwirts durch Handelsdünger weitgehend losgelöst zu sein von konkreten ökologischen Zusammenhängen, geht unmittelbar verloren an die wirtschaftlichen Interessen der Agroindustrie. Innerhalb weniger Jahrzehnte bestimmen nicht mehr die ökonomischen und ökologischen Zusammenhänge die Quantität und Qualität der Produkte, sondern vorwiegend die wirtschaftlichen Interessen großer Industrieunternehmen. Der landwirtschaftliche Betrieb als eigenständig funktionierende ökonomische Einheit konnte unter diesen Bedingungen niemals überleben. Er existiert nur über eine von allen Interessensgruppen geduldete Subventionspolitik ungeheuren Ausmaßes.

Vom Argar- zum Industriestaat

Während die Landwirtschaft bis zum letzten Drittel des 19. Jahrhunderts noch für sich in Anspruch nehmen konnte, der größte Wirtschaftsfaktor in Deutschland zu sein, hatte die Industrie bereits um 1900 die Landwirtschaft ökonomisch weit hinter sich gelassen.

Interessen der Landwirte am „Gewässerschutz“

Die Interessen der Landwirtschaft am Gewässerschutz lassen sich in zwei Phasen unterteilen. Zur gleichen Zeit, wie der Internationale Verein gegen Verunreinigung der Flüsse des Bodens und der Luft, forderte der 1872 gegründete Deutsche Landwirtschaftsrat (DLR) ein Reichswassergesetz. Durch die Debatte um die Schwemmkanäle und die Einführung des WCs reduzierte sich hierbei das landwirtschaftliche Interesse im wesentlichen auf die Erhaltung der Dungstoffe. Nach der schnellen Verbreitung der Handelsdünger im ausgehenden 19. Jahrhundert spielte dieses Argument in Zukunft nur noch eine untergeordnete Rolle. Erst im Ausgang des 19. Jahrhunderts formieren sich die Bauernvereine und Spitzenverbände, wie der DLR und die 1885 geründete Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, erneut gegen die Industrie und ihre Gewässerverschmutzungen. Die industriellen Abwässer waren inzwischen für die Bewässerung und die Viehtränke für die Landwirtschaft zur Bedrohung geworden. Gewässerschutz im Sinne landwirtschaftlicher Interessen war auch hier deckungsgleich mit dem Schutz der eigenen Wassernutzung. Ein 1888 von der DLG gebildeter Ausschuß für Wasserrecht legte 1891 einen Wassergesetzesentwurf vor. Auf dieser Grundlage entstand 1893/94 ein erster Entwurf für ein preußisches Wassergesetz. Über den Entwurf konnte jedoch zwischen Landwirtschaft und Industrie so wenig Konsenz erzielt werden, daß er nicht einmal in den Landtag eingebracht wurde. Die Diskussion war so verhärtet, daß erst 1906 ein erneuter Entwurf für ein preußisches Wassergesetz folgte. Der Einfluß der Industrie war inzwischen so gewachsen, daß konkrete Auflagen zur Gewässerverunreinigung dem Entwurf vollkommen fehlten. Aber auch der zweite Entwurf fand keine Mehrheit. Der dritte Entwurf von 1911 stieß schließlich kaum noch auf Widerstand der landwirtschaftlichen Interessensvertreter. Die Landwirtschaft hatte die Position, städtische Fäkalstoffe nach Möglichkeit für die Landwirtschaft zu erhalten, mittlerweile aufgegeben. Die Interessensvertretungen

vertrauten inzwischen auch auf die Abwasserreinigung als technischen Ausweg und im Falle der Kaliabwässer waren die Bauern ja nicht nur Geschädigte, sondern auch Nutznießer der gewonnen Kalidünger (vgl. BÜSCHENFELD 1997:87-94). Es läßt sich zusammenfassen, daß sich die Interessensvertretungen der Bauern nur in soweit für Einleitungsbeschränkungen einsetzten, sofern sie ihre eigenen ökonomischen oder Nutzungsinteressen in Gefahr sahen.

4.8 Heimat- und Naturschutz an Hoch- und Oberrhein

Initiativen und Bestimmungen zum Schutz bestimmter „Naturdenkmäler“, bestimmter Tier- und Pflanzenarten oder auch ganzer Regionen haben in Deutschland eine lange Tradition. Beispiele dafür sind das durch Hartig bereits im 18. Jahrhundert eingeführte Prinzip der nachhaltigen Forstwirtschaft oder das seit 1800 zunehmende Interesse des Großbürgertums an Vögeln (Reichsvogelschutzgesetz von 1888, Tab. 32). Diese früheren Schutzbestrebungen beschränkten sich alle auf einen nutzungsorientierten Schutz.

Tab. 32

Zeittafel zum frühen „Naturschutz“

1810	königlich bayrische Verordnung zum Schutz der Waldvögel
1829	Unterschutzstellung des Drachenfels bei Bonn
1844	Reservat Gammelmoor nördlich von Kopenhagen, Dänemark
1846	Kontroverse über den Freiberger Hüttenrauch; Der Agrikulturchemiker Prof. Adolph Stöckhardt wies erstmals den schädlichen Einfluß der Hüttenemissionen auf Fichten und Tannen nach Einfluß „Saueren Regens“ nach. Die Hütten wurden zu erheblichen Schadensersatzzahlungen verpflichtet (ANDERSEN & BRÜGGEMEIER 1987).
1850	Verbot des Meisenfangens in Thüringen
1852	Unter Schutzstellung der Teufelsmauer von Weddersleben im Harz
1858	Kubani Urwald in Böhmen durch Fürsten Schwarzenberg
1862	Vogelschutzgesetzgebung des Fürstentums Lippe
1871	Gründung des „Verschönerungsvereins für das Siebengebirge“
1877	Unterschutzstellung der Septer Heide bei Landshut
1872	Yellowstone-Nationalpark
1864	Yosemite-Nationalpark
1876	Schutzverfügung für nicht jagdbare Vögel im Königreich Sachsen (vor allem für Feld-, Wald
1888	Reichsvogelschutzgesetz
1899	Bund für Vogelschutz
1904	Gründung des Heimatschutzbundes
1919	Weimarer Verfassung stellt die Schutzwürdigkeit von Naturdenkmälern und Landschaft
1935	Reichsnaturschutzgesetz; baut vorwiegend auf ästhetischen Kriterien auf und soll vor allem der Volksgesundheit im Sinne einer Erholungslandschaft dienen; die Lüneburger Heide, eine überweidete Kulturlandschaft, wird zum ersten deutschen Naturschutzgebiet erklärt
1939	Erstes Naturschutzgebiet am Oberrhein: Rottlichwald bei Durmersheim (Rkm 350, rechtsrheinisch)

So unterschied z.B. das Reichsvogelschutzgesetz nützliche von unnützen Vögeln. Unnütz im Sinne des Gesetzes waren z.B. Raubvögel, die durch ihr massenhaftes Auftreten Fischereiinteressen zu bedrohen schienen. Einen Naturschutz im Sinne eines rechtlich festgeschriebenen und institutionalisierten Arten- und Biotopschutzes gab es bis zur zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts nicht.

Erst die Heimatschutzbewegung, die sich vor allem an romantischen Naturvorstellungen orientierte, änderte diese Auffassung vom „Naturschutz“ aufgrund von Nützlichkeitserwägungen. Von diesen Bewegungen setzte sich z.B. der Internationale Verein gegen Verunreinigung der Flüsse des Bodens und der Luft deutlich ab. Er konzentrierte sich auf ein Ziel, die Reinerhaltung der Flüsse. Die Reinhaltung bezog sich dabei ausschließlich auf stoffliche Aspekte und war mit der Einführung des WCs verbunden (Kap. 4.5).

Stimmen gegen den Hoch- und Oberrheinausbau kamen fast ausschließlich aus der um die Jahrhundertwende entstandenen Heimatschutzbewegung.

Heimatschutzbewegung

Am Ende des 19. Jahrhundert bis zum ersten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts wandelte sich Deutschland weitgehend vom Agrar- zum Industriestaat. Industrialisierung und das schnelle Wachstum der Städte hatten um 1900 zu einer kurzzeitig massiv auflodernden Gegenbewegung geführt. Vorausgegangen war dieser Bewegung eine vor allem von Ärzten geführte Debatte über die Folgen der Verstädterung. Vorgeschlagene Gegenmaßnahmen hatten jeweils das romantisierend verklärte Leben auf dem Lande zum Vorbild. Folgen der Urbanisierung wie Luft-, Boden und Wasserverschmutzung, Bodenspekulation sowie die Zunahme vieler Krankheiten aller Art in den hoch verdichteten Arbeitervierteln war auch vor der Heimatbewegung Thema vieler Beschreibungen gewesen. Insbesondere die Zunahme der Geschlechtskrankheiten unter solchen Bedingungen veranschaulichten den prohezeiten Niedergang des Einzelnen in der Großstadt. Kurz vor 1900 wurde aus der zunehmenden Zahl der Kritiker eine Bewegung. Es entstanden Zeitschriften, wie „Das Land“ (herausgegeben in Berlin ab 1893 von Heinrich Sohnrey) oder „Die Heimat“ (herausgegeben in Berlin und Leipzig von Adolf Bartels und Friedrich Lienhard). Das Bild des romantischen Landlebens regte zu den verschiedensten Utopien und Visionen an, die in vielen Schriften dieser Zeit ihren Niederschlag fanden. Vor allem in Berlin entstanden Zirkel von potentiell Stadtflüchtigen, die sich schließlich zu Projekten auf dem Land zusammenschlossen. Zu den bedeutendsten Siedlungsexperimenten der Jahrhundertwende gehörte die „Vegetarische Obstbaukolonie Eden“ bei Oranienburg. Sie war der Inbegriff dafür, die Landflucht in eine Stadtflucht umzukehren. Einige der Bodenreformer der ersten Stunde waren aber auch mit der prosaischen Variante der Stadtflucht – im Sinne der Fruchtbarmachung des Sandbodens am Rande der Großstadt durch Fäkalien – nicht zufrieden. Ihnen kam der Aufruf eines Journalisten aus Budapest, Theodor Hertzka, gerade recht, sich auf Siedlungsprojekte in fernen Ländern, wie Mexiko oder Kenia zu stürzen, in denen der Boden noch wie Luft und Wasser frei und jedem zugänglich zu sein schien.

Die meisten der damals entstandenen kulturellen Vereinigungen, die sich unterschiedlichste Ziele wie z.B. der (Nackt)-Körperkultur, der Bodenreform, der Gartenstadtidee, der Heimatkunst, des Vegetariertums oder der Kleiderreform gesetzt hatten, fügten sich relativ schnell in herrschende Ordnungsvorstellungen ein und blieben in der Regel verhältnismäßig unpolitisch.

Bund Heimatschutz

Unter den vielen Vereinigungen kam es u.a. 1904 zur Gründung des Bundes Heimatschutzes. Die Ziele des Bundes waren:

Ziele des Heimatschutzbundes, (zit. in Linse 1986:22)

„Der Bund „Heimatschutz“ will die deutsche Heimat in ihrer natürlichen und geschichtlich gewordenen Eigenart schützen. Das Arbeitsfeld des Bundes teilt sich in solche Gruppen:

a) Denkmalpflege.
b) Pflege der überlieferten ländlichen und bürgerlichen Bauweise; Erhaltung des vorhandenen Bestandes
c) Schutz der landschaftlichen Natur einschließlich der Ruinen
d) Rettung der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt sowie der geologischen Eigentümlichkeiten
e) Volkskunst auf dem Gebiete der beweglichen Gegenstände

f) Sitten, Gebräuche, Feste und Trachten.

Er besteht aus Vereinen und aus öffentlich-rechtlichen Körperschaften und aus Einzelmitgliedern, die sich zu einem Jahresbeitrag von mindestens 2 Mark verpflichten. Sämtliche Mitglieder erhalten die „Mitteilungen „ des Bundes.“

Den unterschiedlichen Ansätzen zufolge, gab es zwischen dem ausschließlich am stofflichen Gewässerschutz orientierten IVgV und dem Bund Heimatschutz kaum Verbindungen. Ausnahme waren einige Vorträge des Hamburger Arztes Bonne vor den Mitgliedern des Bundes Heimatschutzes (KNAUT 1993:427-429).

Protest gegen das Laufenburger Wasserkraftwerk

Gegründet wurde der Heimatbund u.a. als Reaktion auf die Zerstörung der Laufenburger Stromschnellen am Hochrhein. Die auch als „Laufen“ bekannten Stromschnellen hatten für viele den gleichen landschaftlichen Rang wie der „Rheinfall“ von Schaffhausen. Zunächst war der Protest gegen die Zerstörung des Laufens eine kleine lokale Anti-Kraftwerk-Bewegung. Der lokale Protest bekam alsbald massive Unterstützung durch Paul Schultze-Naumburg, den ersten Vorsitzenden des Bundes Heimatschutz. Mehrere Flugschriften (SCHULTZE-NAUMBURG 1904, FUCHS & SCHULTZE-NAUMBURG 1906) zeugen noch heute von der sich in Deutschland und der Schweiz formierenden konservativen Protestbewegung. Ihr haben sich u.a. so prominente Persönlichkeiten wie Otto Julius Bierbaum, Franz von Defregger, Friedrich Naumann, Werner Sombart und Max Weber angeschlossen. Doch trotz aller Proteste wurde mit dem Bau des Laufenburger Wasserkraftwerkes 1908 begonnen, obwohl nicht einmal ganz klar war, für was die Energie des damals größten geplanten Kraftwerks Europas genutzt werden sollte (TRAUTWEILER 1904). Beim Bau wurden insgesamt über 300 000 Kubikmeter Gestein aus dem Rheinbett gesprengt.

Lokaler Protest hält sich in Grenzen

Der Protest scheiterte u.a. auch daran, daß sich aus den Dörfern und Städten am Hochrhein selber nur relativ wenige der Bewegung anschlossen. Bereits im 17. Jahrhundert hatte es Pläne gegeben, die Stromschnellen zu beseitigen, weil sie für den Schiffstransport schon lange ein bedeutendes Hindernis darstellten. Das Ab- und Beladen, wie das Abseilen der Schiffe (Weidlinge), war sehr aufwendig und mühsam. Die ersten Planungen, den Hochrhein bei Laufenburg aufzustauen, um die Wasserkraft zu nutzen, stammen bereits aus dem Jahre 1891. Zunächst erregte das für damalige Verhältnisse große Projekt vor allem einige Zweifel hinsichtlich der Durchführbarkeit, die die notwendigen Baukonzessionen verzögerten. Stimmen gegen den Bau des Kraftwerks kamen ab 1900 z.B. auch vom badischen Schwarzwaldverein. Dafür sprachen sich vor allem die Bewohner von Laufenburg (auf deutscher und schweizerischer Seite) sowie weitere in der Nähe gelegene Gemeinden aus, die sich von dem Kraftwerk wirtschaftlichen Aufschwung erhofften. Das Argument der Kraftwerksgegner, der Laufen könne ja auch durch seine Wirkung als Touristenattraktion wirtschaftlich genutzt werden, setzten die Gemeinderäte der beiden Laufenburgs die bittere Bilanz entgegen, daß bisher pro Jahr „kaum ein halbes Dutzend Fremde“ gekommen seien (VALENTA 1997). Von dem Kraftwerksbau erhofften sich die Anwohner offensichtlich bei weitem konkretere wirtschaftliche Perspektiven. Lediglich einige lokale Fabrikanten schlossen sich dem Widerstand an, da sie neue Industrieansiedlungen und damit Konkurrenz befürchteten (LINSE 1988, KNAUT 1993). Zudem wurde bezweifelt, daß die Region von dem gewonnenen Energie tatsächlich profitieren würde, da man bereits bei dem ohne Auflagen bewilligten Kraftwerk Rheinfelden die Erfahrung gemacht hatte, daß der Strom vor allem über Fernleitungen für private Zwecke vertrieben wurde. Die badische Regierung konnte solche Bedenken ausräumen mit dem Hinweis auf das 1899 erlassene Badische Wassergesetz, das festlegte, daß die Nutzung der „Kräfte der öffentlichen Gewässer“ nur öffentlichen und volkswirtschaftlichen Interessen zugute kommen dürfe. Nachdem im Januar 1904 die Entscheidung für die Erteilung der Konzession für das Laufenbur-

ger Kraftwerk (Fa. Felden Guilleaume, der Karlswerke AG in Mühlheim a.d.Ruhr und der schweizerischen Druckluft- und Elektrizitätsgesellschaft in Bern) zwischen der schweizerischen und der badischen Regierung gefallen war und die Konzessionäre die Auflagen bezüglich der Nutzung im öffentlichen Interesse akzeptiert hatten, waren die Bedenken der Ortsansässigen weitgehend ausgeräumt.

Trotz der lokalen Akzeptans sah der Bund Heimatschutz den Widerstand gegen das Wasserkraftwerk als eine seiner ersten großen Aufgaben an, und machte am 2.11.1904 eine entsprechende Eingabe beim Badisch-Großherzoglichen Innenministerium und an die Regierung des schweizerischen Kantons Aargau. Der Bund Heimatschutz schlug die Suche nach naturverträglicheren Lösungen vor, um die Laufenburger Stromschnellen aus landschaftsästhetischen Gründen wenigstens teilweise erhalten zu können. Nachdem die Eingaben abschlägig beschieden wurden, schickte der Bund Heimatschutz zusammen mit dem Dürerbund einen Aufruf an über 500 Zeitungsredaktionen. Die Öffentlichkeitskampagne wurde zwar mit 1500 Zustimmungserklärungen belohnt, konnte aber die Entscheidung der beiden Regierungen nicht mehr erschüttern. Auch eine vom Bund Heimatschutz beim prominenten Erbauer des Simplontunnels Eduard Locher-Freuler in Auftrag gegebene Alternativplanung konnte die Pläne in keiner Weise mehr beeinflussen. Schließlich blieb dem Bund Heimatschutz nur noch der Hinweis, beim Bau des Kraftwerkes auf eine möglichst schöne Gestaltung zu achten. Die einzige nachhaltige Reaktion des Badischen Innenministeriums war die Forderung an den Konzessionär Emil Guilleaume, noch vor der Zerstörung ein Gemälde der Laufenburger Stromschnellen anfertigen zu lassen. Das daraufhin von Gustav Schönleber (1871-1917) angefertigte Bild hängt seit 1907 in der Badischen Kunsthalle.

Die Novelle „Der Laufen“

Eine der vielen Reaktionen auf den Baubeginn war die Novelle „Der Laufen“ des Schriftstellers Emil Strauß (1866-1960). Mitte September 1908 zog sich Strauß in den Hirahof nach Saig (Höllental) zurück und schrieb sie dort in wenigen Wochen nieder.

Seit man damit umgeht, die Stromschnellen von Laufenburg in Kraftanlagen zu verwandeln und so die wilde, fast fremde Schönheit dieses Stromstadtbildes zu zerstören, seitdem treibt es mich oft plötzlich hin, zu sehen, ob die Felsen dem Wasser noch den Weg wehren, ob der Laufen noch tobt um die unbegreiflich feste Rothe Flu. Meinen ersten freien Jugendsommer hab' ich dort mit einem Freunde durchschwärmt und durcharbeitet, und der grüne kämpfende Rhein, die umschäumten rötlichen Felsen, die enggedrängten alten Häuser darauf sind mir eine Heimat geblieben.

...

'Zuschauen – wie der Laufen dressiert wird, Blech zu walzen und Gingang zu eben! Können denn auch Sie ihn nicht retten?'

'Sie meinen – weil er mich einmal gerettet hat?' erwiderte er und blickte ernster in den rasenden Strom hinab. 'Ich halte nichts vom Retten'"

(aus „Der Laufen von Emil Strauß 1909, in Novellensammlung von Emil Strauß „Menschenwege“ erstmals veröffentl. 1909, Jürgen Schweizer Verlag, Kirchheim/Teck 1978).

Er nimmt darin bezug auf seine gemeinsame Jugendaufenthalt mit Emil Gött am Laufen im Sommer 1890. Die Novelle handelt von einer Dreiecksbeziehung, deren Schicksal vom Laufen besiegelt wird. Neben der Novelle und einem 1879 entstandenen Bild des Malers Hans Thoma zeugen vom unverbauten Laufen noch einige erhalten gebliebene Fotografien aus dem Nachlaß von Strauß, dem Stadtarchiv Laufenburg, von C.Gersbach (Badische Heimat 1932, Heft 19:45) sowie der Sammlung von Barbara Trueb (BARTL, PAREY & TROSCHEL 1993, unveröffentl. Manuskript). Barbara Trueb stammt aus jenem Geschlecht Trueb, das über Jahrhunderte die Fischerei im Hochrhein bei Laufenburg betrieb.

Einsprüche seitens der Biologen

Bis weit ins 20. Jahrhundert sind Stimmen, die sich aus ökologischen Gründen gegen die verschiedenen Maßnahmen des Gewässerverbaus und der Gewässerregulierung ausgesprochen haben, sehr rar geblieben. Die wenigen kamen aus dem wissenschaftlichen Lager, wie z.B. von den beiden Biologen HOFER und LAUTERBORN. Beide haben mehrfach auf die Bedeutung der morphologischen, flußbaulichen Veränderungen sowohl für die Besiedlung, als auch für die „Selbstreinigungskraft“, aufmerksam gemacht:

„Nun bedarf es keines Beweises, daß die Bedingungen zur Entfaltung einer üppigen und artenreichen Flora und Fauna in fließenden Gewässern vor allem dort gegeben sind, wo der natürliche Zustand des Flußbettes und der Ufer gewahrt blieb. Welcher Gegensatz aber gerade hier zwischen einst und jetzt! Unserer Bäche, Flüsse und Ströme werden immer mehr korrigiert, ihr Lauf wird möglichst gerade gelegt, das natürliche Strombett in eine gleichförmige Rinne verwandelt, die Ufer werden mit glatten Steinböschungen befestigt, die Buchten abgeschnitten und verbaut, die Altwasser nach Möglichkeit verlandet. Alle diese Eingriffe schränken die Existenzmöglichkeiten der Tier- und Pflanzenwelt immer mehr ein, teilweise bereits bis zur völligen Vernichtung. Der Rückgang unserer Flußfischerei spricht da eine nur zu beredte Sprache. Aber damit nicht genug. Die jetzt beliebte Art der Korrektion unserer Flüsse schwächt auch deren natürliche Selbstreinigungskraft in einer ganz bedenklichen Weise – und das alles zu einer Zeit, wo man auf der anderen Seite die Gewässer immer stärker mit Abfallstoffen aller Art nelastet und die giftigen Abwässer zahlreicher Industrien die Tier- und Pflanzenwelt des fließenden Wassers weithin vernichten. Man fragt sich unwillkürlich, wohin das noch führen soll, wenn diesen unhaltbaren Zuständen nicht bald Einhalt geboten wird; denn schließlich hat die Selbstreinigungskraft auch des größten Flusses einmal ihre Grenzen.- [...]“

(LAUTERBORN 1911c:483)

Fürsprecher der Natur

Neben der Erforschung des Rheins, der Naturgeschichte und den Untersuchungen an Protozoen und Diatomeen war Lauterborn der Naturschutz ein wichtiges, und alles andere als übliches Anliegen (LAUTERBORN 1906c, 1907a, 1926b). Er schreibt darüber in seinen Lebenserinnerungen:

"Die Reinhaltung der Gewässer von allem eingeschwemmten 'Zivilisationskehricht' bildet auch einen und zwar recht wichtigen Teil des Naturschutzes. Seine hohe Bedeutung wurde mir schon früh klar, wenn ich sah mit welch unheimlicher Schnelligkeit in der Umgebung meiner sich immer mehr ausbreitenden Vaterstadt alles dahinschwand, was noch irgendwie den Charakter des Urwüchsigen trug. Daran war nichts zu ändern. Aber fern von den Städten gab es – damals wenigstens – immer noch genug kleinere Gebiete, die, der "Denaturierung" entrückt, ihre Ursprünglichkeit bewahrt hatten und darum ein aufschlußreiches Bild von dem rein naturbedingten Gepräge des heimatlichen Bodens mit seiner Pflanzen- und Tierwelt zu gewähren vermochten. Diese letzten Refugien einer frei waltenden Natur nach Möglichkeit zu erhalten und sie unversehrt auch den künftigen Geschlechtern zur Freude und Belehrung zu übermitteln, schien mir eine der dringendsten Aufgaben des Naturforschers zu sein."

(LAUTERBORN 1942, unveröff.)

Lauterborn erzählt unter anderem von seinem Kampf für die Erhaltung des Altrheins bei Neuhofen als Naturdenkmal, an dem er einige seiner wichtigsten Beobachtungen gemacht hatte:

"Schon bald nach 1930 erfuhr ich bei Besuchen in der Heimat von einem Plane den Spiegel des Altrheins Neuhofen um 1,2 Meter abzusenken, um, wie es damals hieß, saure Wiesen zu meliorieren (=verbessern). Daß ein solcher Eingriff bei der geringen Tiefe auf größere Strecken des Beckens und das ganze Gepräge des Gewässers sich geradezu verheerend auswirken mußte, war mir sofort klar. Hier konnte und durfte ich nicht schweigen, denn hier stand Unersetzliches auf dem Spiele....

Nirgends im ganzen weiten Rheinland findet sich in deren Nähe von zwei Großstädten wie Ludwigshafen und Mannheim, im Bereich einer Universität wie Heidelberg, noch ein derart unberührtes Stück heimatlicher Natur. Nirgends sonst läßt sich derart anschaulich das wundervolle Lebensgetriebe eines seeartigen Gewässers jedem

(LAUTERBORN 1942, unveröffentlichtes Manuskript)

vor Augen führen, der aus Beruf oder Neigung einen Einblick in die vielgestaltige Tier- und Pflanzenwelt des Süßwassers gewinnen will. Und dann: Nirgends in unserem überkultivierten Flachland erschließt sich die harmonische Eigenart einer unberührten rheinischen Wasserlandschaft dem Blick so eindrucksvoll, wie wenn er über den weithin schimmernden Spiegel des Altrheins gleitet.

Und diese ganze Herrlichkeit, die immer aufs Neue jeden ergreift, der sich Herz und Sinne empfänglich bewahrte für die stille Schönheit unserer Heimat, dies alles soll zerstört werden ohne jede wirklich zwingende Notwendigkeit, lediglich um einige saure Wiesen zu verbessern oder nach Senkung des Wasserspiegels der einen oder anderen Ziegelei kostenlos neues Gelände zu gewinnbringender Ausbeute zu erschließen....

Bei einer Besprechung, an der ich auch als Vertreter des Reichsfachamtes für Naturschutz in Berlin teilnahm, erläuterte der Bürgermeister von Altrip, gleichzeitig Direktor der größten Ziegelei und Kiesbaggerei daselbst, die Gründe für eine Spiegelsenkung des Altrheins. In beweglichen Worten schilderte er, wie schwer die Gemeinde Altrip unter dem Mangel an ausreichendem Acker- und Wiesenboden leide und daß darum der 'Landhunger' namentlich der kleinbäuerlichen Bevölkerung nur durch Erschließung von Neuland im Anschluß an eine Spiegelsenkung des Altrheins Neuhofen gestillt werden könne. Sehr auffallend war es nun, daß weder der Herr Bürgermeister von Altrip noch der gleichfalls anwesende Vertreter des Kulturbauamtes Neustadt (heute Wasserwirtschaftsamt) auch nur mit einer Silbe die hier doch so grundsätzlich wichtige Frage berührten: Woher kommt es denn eigentlich, daß gerade in Altrip ein solcher Mangel an Acker- und Wiesenboden besteht? Da ich nun die wahren Ursachen des tatsächlich bestehenden Landhungers sehr genau aus eigener Anschauung kannte, zog ich dieselben in einer Denkschrift ans Licht. Hier ließ sich zeigen, daß Altrip früher und noch bis in meine Jugendzeit hinein ein blühendes Bauern- und Fischerdorf war. Das wurde aber alles ganz anders, als hier der Ziegelei-Betrieb immer größeren Umfang annahm und die kapitalkräftigen Besitzer der Ziegeleien in stetig steigendem Maße Acker- und Wiesenland um Altrip aufkauften und es in zahlreichen Lehmgruben für ihre Zwecke ausbeuteten. Damit wurde gerade dem Kleinbauern buchstäblich der Nährboden unter den Füßen weggezogen, so daß ihre Söhne gezwungen waren entweder in den Dienst der Ziegeleien zu treten oder als Arbeiter in die Fabriken zu gehen....

Seitdem hat die Umwandlung von Acker- und Wiesengelände in Industriegelände so beträchtliche Fortschritte gemacht, daß nach amtlichen statistischen Angaben um 1930 die politische Gemeinde Altrip im Altrheingebiet nur noch 150 ha Bodenfläche besaß, während die Firma Baumann hier 172 ha, die Firma Gebrüder Marx 71 ha, also zusammen 273 ha des Geländes in Händen hatten! Wie hier gewirtschaftet wird, zeigt ganz besonders deutlich das große nahe dem Altrhein gelegene Baggerloch der Firma Baumann, das allein eine Fläche von nicht weniger als 15 ha einnimmt. Dieses überaus lehrreiche Schaustück wurde bei der Ortsbesichtigung am 17. Januar 1934 allerdings nicht gezeigt. Vielleicht fürchtete man, es könne dieser oder jener Teilnehmer an der Besichtigung die Frage aufwerfen, ob mit dem durch die Spiegelsenkung des Altrheins gewonnenen Neuland wirklich allein nur der Landhunger der Kleinbauern und nicht auch der Kies- und Lehmhunger der Großbetriebe gestillt werden solle.

Nachdem so klar und einwandfrei erwiesen war, wer den gewaltigen Rückgang des landwirtschaftlich nutzbaren Bodens auf der Gemarkung Altrip und damit die Not der Kleinbauern verschuldet hat, suchte man auch noch nach anderen Gründen, die eine Spiegelsenkung des Altrheins rechtfertigen sollten. Da hieß es denn auf einmal, daß ein solcher Eingriff auch aus hygienischen Gründen notwendig sei und zwar wegen der Schnakenplage, die bisher der Erholung suchenden Bevölkerung das Betreten des Altrheingeländes unmöglich gemacht habe. Ich muß gestehen: niemals in meiner jahrzehntelangen Tätigkeit als Hydrobiologe und als Sachverständiger für Reinhaltung der Gewässer ist mir eine derart unverfrorene Behauptung entgegen getreten, wie sie der Vorstand des Kulturbauamtes Neustadt aufzutischen wagte.

Es ist doch ein geradezu absurder Gedanke, die Schnakenplage dadurch bekämpfen zu wollen, daß man ein seeartiges Gewässer, in dem ich bei meinen Untersuchungen noch niemals eine Schnakenlarve gefunden hatte, durch eine beträchtliche Spiegelsenkung an allen seichteren Stellen in einen Sumpf verwandelt, der den Schnaken geradezu ideale Brutstätten bietet. Im übrigen hätte es sich leicht erweisen lassen, daß die Schnakenplage um Altrip in der Hauptsache von den dort so überaus zahl-

reichen verwahrlosten alten Lehmgruben der Ziegeleien ausgeht, die im Sommer von Schnaken nur so wimmeln. Was schließlich noch die Behauptung anbelangt, die Schnakenplage habe der Erholung suchenden Bevölkerung das Betreten des Altrheingeländes bisher unmöglich gemacht, so ist dies eine glatte Unwahrheit. Denn das Westufer des Altrheins Neuhofen bildet schon seit langem ein beliebtes Ausflugsziel für die Bewohner von Neuhofen, Rheingönnheim und Mundenheim-Ludwigshafen, die hier an schönen Sommertagen mit Kind und Kegel lagern und baden und dies oft in solchen Scharen, daß ein Neuhofener Fischer stets ein gutes Geschäft mit dem Verkauf von Selterswasser, Flaschenbier und Zigaretten machen konnte."

Außer Lauterborn haben noch andere ihre Stimme gegen die Absenkung geäußert, unter anderem auch sein bekanntester Schüler August Thienemann, doch all ihre Bemühungen blieben erfolglos.

Tab. 33

Tabelle einiger geschützter oder als ökologisch wertvoll eingestufter Gebiete an Hoch- und Oberrhein (r = rechtsrheinisch, l = linksrheinisch)

Schutzgebiete (bzw. schutzwürdige Gebiete) auf deutschem Gebiet		
Rkm ?(r)	NSG "Kapellengrien"	
Rkm 202 (r)	NSG "Rheinwald-Neuenburg"	
Rkm ?(r)	LSG Rheinvorland	(231 ha).
Rkm 251-264 (r)	NSG Taubergießen	(1.682 ha)
Rkm 336-345 (r)	NSG Rastatter Rheinauen	heute noch intakte Überflutungsaue bis zur Murgmündung
Rkm 350 (r)	NSG Rottlichwald bei Durmersheim	erstes Schutzgebiet am Oberrhein aus dem Jahr 1939
Rkm 398-413 (r)	LSG Rheinauenwälder mit mehreren NSGs	(572 ha)
Rkm 407 (l)	NSG Böllenwörth	
Rkm 413-419 (l)	NSG Neuhofener Altrhein	vgl. S.188
Rkm 435-438 (l)	NSG Roxheimer Altrhein	
Rkm 437-440 (r)	NSG Lampertheimer Altrhein	
Rkm 467-470 (l)	NSG Eich-Gimbsheimer Altrhein	
Rkm 469-478 (r)	Europareservat Kühkopf - Knoblochsaue	
Rkm 478-480 (r)	NSG Schusterwörther Altrhein	
Rkm 482-484 (r)	NSG Unterer Kornsand	
Rkm 485-486	NSG Rheininsel Kisselwörth	
Rkm 486-487	NSG Reininsel Sändchensinsel	
Rkm 502-505	NSG Reininsel Rettbergsaue	
Rkm 510	NSG Reininsel Königsklinger Aue	
Rkm 513-516	NSG Rheininsel „Mariannenaue“	
Rkm 521-522,5	NSG Rheininsel „Fulder Aue“	
Rkm 524	NSG Rheininsel „Ilmenaue“	
Rkm 525	NSG Rheininsel „Rüdesheimer Aue“	
(r)	Sonstige Schutzgebiete bzw. ökologisch wertvolle Flächen über 20 ha Größe	wärmeliebende Stileichenwälder im Süden, Eichenhainbuchenwälder zwischen Breisach und Iffezheim, aueähnliche Hartholzbestände, Streuobstbiotope und Wirtschaftswiesen
	zwischen Rkm 354-Rkm 422	viele erhaltenswerte Standorte der ehemaligen Randsenke mit zum Teil hohem Renaturierungspotential
Schutzgebiete (bzw. schutzwürdige Gebiete) auf französicher Seite		
Rkm 172 (l)	NSG "Kleine elsässische Camargue" (Ältestes Naturschutzgebiet auf der französischen Rheinseite)	Beispiel für ein rheinisches Niedermoor mit Altarmen, Schilfgürteln, Feuchtwiesen und Orchideenheiden. Erweiterung bzw. ein weiteres NSG ist geplant. Im NSG liegt die älteste (1869) Fischzuchtanlage Europas
Rkm (l)	NSG „Rheininsel“ Rohrschollen	(310 ha)
Rkm 175-225 (l)	LSG der „Rheininsel“ Kembs-Breisach	1462 ha

Rkm 235-242 (l)	LSG der „Rheininsel“ Marckolsheim	Verfahren läuft für NSG Bannwälder der Insel Marckolsheim 347 ha
Rkm 246-248 (l)	Schonwald "Bois de Mothern"	Altaue
Rkm 250-260 (l)	NSG/ LSG der „Rheininsel“ Rhinau	
Rkm 263-268 (l)	NSG von Daubensand	Verfahren läuft
Rkm 273-277 (l)	NSG Ersteiner Wald	
Rkm 275-282 (l)	Ausgleichsbecken Plobsheim	vor allem für überwinternde Vögel und Zugvögel vom Präfekten durch Erlaß geschützt
Rkm 285-290 (l)	NSG Illkirch-Graffenstaden	Verfahren läuft
Rkm 298-300 (l)	NSG Straßburger Wälder	Verfahren läuft
Rkm 312-318 (l)	NSG Offendorfer Auwald	(60 ha)
Rkm 318-325 (l)	Untere Lauf der Moder mit seiner alten Rheinmündung (Fläche von ca. 2500 ha)	durch Erlaß des Präfekten geschütztes Mündungssystem eines Rhein-Nebengewässers (Auenwälder, Schilfgürtel, Feuchtwiesen, Orchideenheiden)
Rkm 340-344 (l)	Sauermündung	Überflutungsaue
Rkm 353-356 (l)	Lautermündung	
(l)	mehrere kleine durch Erlaß geschützte Biotope, z.B. Reihernststand bei Beinheim Rkm 337	
(l)	mehrere geschütze Schonwälder bei Baltzenheim, Marckolsheim, Makkenheim, Schoenau, Artolsheim, Bootzheim, Erstein, Sundhouse, Nordhouse, Offendorf, Dalhunden, Fort-Louis, Beinheim	
(l)	Wildschutzgebiet zwischen Basel und Lauterbourg, umfaßt das linksrheinische Ufer, die Ausleitungskanäle, die Insel Kembs-Breisach (ebenfalls geschützt), einen großen Teil der Inseln im Bereich der Schlingen (Schutzwälder, geschützte Standorte und Naturschutzgebiet auf der Insel Rhinau), zum Teil auch die Grundstücke entlang des Rheinseitendammes bis zur Dienststraße	
weitere ökologisch interessante Gebiete ohne bisherigen Schutzstatus		
Rkm 218 (l)	Wald von Heiteren	
Rkm 236-247 (l)	Wasserläufe der Ischert zwischen Marckolsheim und Rhinau	
Rkm 260-270 (l)	Wasserläufe des Brunnwasser und des Mühlbach zwischen Rhinau und Gerstheim	
(l)	Randgebiete der Wälder, Kunheim, Artolsheim, Schoenau, Wantzenau, Beinheim	
Rkm 325-327 (l)	Altarm zwischen dem Moderpolder und der Staustufe Iffezheim.	

Die Ausweisung von Naturschutzgebieten ist das Ergebnis der frühen Natur- bzw. Heimatschutzbewegung. Seit dem Reichsnaturschutzgesetz wurden auch am Rhein in immer stärkerem Maße vereinzelte Flächen unter Schutz gestellt. Die Tradition der Unterschutzstellung einzelner ausgewählter Flächen am Rhein, hat sich seit der ersten Schutzgebietsausweisung am Oberrhein 1939 bis heute erhalten und im Grundsatz wenig geändert (Tab. 5, S.25). Eine Synthese zwischen Naturschutz, stofflichem und morphologischem Gewässerschutz zu einem integrierten Gewässerschutz ist bis heute nicht erreicht worden.

4.9 Kläranlagenboom – die Suche nach der ultimativen Senke

Vorbild England

Bei der Abwasserreinigung richtete man sich in Deutschland völlig an England als Vorbild aus. Dort hatte man seit Beginn des 19. Jahrhunderts planmäßig Rieselfelder angelegt, aber auch, mit allerdings schlechtem Erfolg, die Reinigung über Filtration und durch chemische Behandlung versucht. Insbe-

sondere die chemische Behandlung war ein völliger Fehlschlag, wie man ebenfalls in Frankfurt/M. und Wiesbaden erkennen mußte. Anfängliche Bedenken wegen gesundheitsschädlicher Wirkungen der Rieselwässer waren verdrängt worden, als sich das Hauptinteresse der Abwasserverwertung zugewandt hatte. Neben den guten landwirtschaftlichen Erfolgen auf den englischen Rieselfeldern dürfte hierfür ausschlaggebend gewesen sein, daß Justus von Liebig in die Kanalisationsfrage eingriff und auf die Vergeudung der Dungstoffe durch die Einleitung von Fäkalien in die Flüsse hinwies. Die Rieselfelder blieben bis weit in das 20. Jahrhundert die beste verfügbare Methode der Abwasserreinigung. Für die meisten Städte war sie aber zu teuer oder durch das Fehlen von geeigneten Flächen undurchführbar.

Frankfurt droht mit der Schließung ihrer Kanäle

Nachdem die Regierung der Stadt Frankfurt aufgrund der Mainverschmutzung *„wiederholt mit executorischer Schliessung der Canäle gedroht“* hatte und die Stadt eine Berieselung wegen der angeblich unerschwinglichen Kosten weit von sich wies (GERSON 1889: 34), wurde die Einleitung nur noch bis zur Herstellung einer Sedimentations- und Klärvorrichtung geduldet. So ging 1887 die erste deutsche kommunale „Großkläranlage“ in Frankfurt in Betrieb. Diese chemisch-mechanisch betriebene Anlage hielt zwischen 1887 und 1902 immerhin 700.000 m^3 Schmutzstoffe zurück, ehe die Bevölkerungszunahme eine Erweiterung erforderlich machte (STRELL 1915). Es folgten in der Zeit vor und nach der Wende zum 20. Jahrhundert zahlreiche weitere Anlagen, die mechanisch oder – seltener – mechanisch-chemisch (Zusatz chemischer Fällungsmittel wie z.B. Kalk) arbeiteten. Biologische Verfahren (Tropfkörper, Schlammbelebung) oder Rieselfelder sind seltener. Eine Übersicht über Kanalisationen und Kläranlagen von Städten im Rheingebiet (und damaligen Reichsgebiet) geben BRIX et al. (1934).

Tab. 34

Die ersten kommunale Kläranlagen im Rheineinzugsgebiet (zusammengestellt nach Angaben von GERSON 1889; STRELL 1915; BRIX et al. 1934 sowie Angaben einiger städtischer Tiefbauämter).

Gemeinde	Betrieb	Verfahren / Bemerkungen
Frankfurt	1887	Sandfang, Rechen, Absitzbecken
Freiburg	um 1890	Rieselfelder
Darmstadt	um 1890	Rieselfelder
Marburg	1897	Sandfang, Rechen, Absitzbecken
Düsseldorf	1902	Rechen, Absitzbecken
Mönchengladbach	1902	Absitzbecken
Mannheim	1903/05	Sandfang, Rechen, Absitzbecken
Frankfurt	1905	Sandfang, Rechen, Absitzbecken, Schlammbehandlungsanlage
Köln	1905	Rechen, Sieb, (Absitzbecken geplant)
Wuppertal	1906	Sandfang, Rechen, Absitzbecken
Straßburg (Versuchskläranlage)	1907/11	Grobrechen, Siebschaufelrad, Absitzbecken, Abwasserfischteiche
Essen (Essen-Nordwest)	1908	Emscherbrunnen, Betreiber Emschergenossenschaft
Herne (Teutoburgia)	1909	Emscherbrunnen, es folgten KA Sodingen 1910; KA Herne-Nord 1921), ebenfalls Emscherbrunnen
Duisburg (Kaßlerfeld)	1909	Rechen, Sand-, Ölfänger, Riensch-Wurl'sche Scheibe
Wiesbaden	1910	Sandfang, Rechen, Absitzbecken
Krefeld	1910	Sandfang, Rechen
Hanau	1910	Sandfang, Rechen
Essen (Relinghausen)	1912	erste Belebungsanlage in Deutschland mit Sand-, Ölfänger, Vorklärbecken, Nachklärbecken, Schlammbelebung, Betreiber: Ruhrverband
Duisburg	1915	Emscherbrunnen, Kläranlagen für die Abwässer aus dem Gebiet nördlich der Ruhr; diese Anlage war von Beginn an funktionsuntüchtig, "da der Anteil des häuslichen Abwassers dem Entwurf gegenüber so gering blieb, daß der Schlamm nicht faulte und wegen seiner schweren Beimengungen nicht aus dem Brunnen abgezogen werden konnte." (BRIX et aI. 1934, S. 268)
Karlsruhe	1913	Siebschaufelrad, Riensch-Scheibe
Mainz	1913/14	Absitzbecken, Wurl'sche Scheiben, Rechen
Hildesheim	1914/15	Sandfang, Rechen, Tropfkörper, Schlammfaulraum
Stuttgart	1916	Emscherbrunnen, Tropfkörper (probeweise für 1/10 der Abwassermenge)
Ludwigshafen	1923	Sandfang, Rechen, Riensch-Wurl'sche Scheiben
Heidelberg	1924	Sandfang, Rechen, Riensch-Scheibe

Einen gewissen Aufschwung erlebte zum Beginn des 20. Jahrhunderts die Klärtechnik in Deutschland im Ruhr- und Emschergebiet. Für die Abwässer nördlich der Ruhr waren im Jahr 1915 die Emscherbrunnenkläranlage "Alte Emscher" errichtet worden. Die Funktion dieser Kläranlage war wegen eines ungünstigen Verhältnisses von gewerblichem zu häuslichem Abwasser sehr stark eingeschränkt. Der sich nicht zersetzende Schlamm mußte im alten Bett der Emscher aufgelandet werden. Die ursprüngliche Anlage mußte abgebrochen werden; sie wurde später ersetzt (HELBING 1934b). Die Emschergenossenschaft errichtete im Emschergebiet bis zum Jahr 1930 25 Kläranlagen für häusliche Abwässer, an die ca. 2 Millionen Einwohner angeschlossen waren; hinzu kamen mehrere mechanisch betriebene Anlagen zur Rückhaltung von Abwässern aus der Bergbau- und Hüttenindustrie. Im Jahr 1928 wurde die Emscherflußkläranlage bei Karnap-Bottrop zur Reinigung des gesamten Emscherwassers in Betrieb genommen. Sie bestand aus einem Klärbecken mit den Abmessungen 200 x 160 m und war 3,5 m tief. Der Schlamm (jährlich ca. 500.000 t) wurde durch Saugbagger abgepumpt und in Erdteiche befördert. Zur Rückhaltung der Hütten- und Bergwerksschlämme, wurden mehrere mechanische Kläranlagen errichtet. Mit steigender Kokserzeugung nach dem 1. Weltkrieg kam es zu anwachsender Phenolbelastung, in deren Folge die Emschergenossenschaft die Erstellung zahlreicher Entphenolungsanlagen betrieb; bis 1930 waren es 12 Anlagen. Die Phenole wurden aus dem Gaswaschwasser der Kokereibetriebe mit Benzol herausgewaschen. Die Phenolbelastung des Rheins konnte so unter den vor dem 1. Weltkrieg vorhandenen Stand gebracht werden (KNÖPP 1964).

Tab. 35

Zeittafel zur Entwicklung der Abwasserreinigung

Jahr	Entwicklung der Abwasserreinigung
1865	Vorschlag von Liernur zur gesonderten Ableitung des Schwarzwassers mittels Vakuumleitungen und Nährstoffrückführung in die Landwirtschaft
1869	Erstes deutsches Abwasserrieselfeld in Danzig
ab 1869	Alexander Müller erwähnt in seinen Schriften die Bedeutung von Mikroorganismen für die Verarbeitung der im Abwasser enthaltenen organischen Substanz
1870	Alexander Müller erkennt im Zuge seiner Arbeit über die Beseitigung der Abwässer der Stadt Berlin den wesentlichen Anteil von Mikroorganismen an der Verarbeitung der im Abwasser enthaltenen organischen Substanz. Seine Ausführungen werden jedoch erst gute 20 Jahre später zur Kenntnis genommen, bzw. wiederentdeckt
1870	Baubeginn der Berliner Kanalisation – Abwässer werden auf Rieselfelder geleitet
1871	Meliorationsbauämter (Vorläufer der Wasserwirtschaftsämter) werden zur Unterstützung der Be- und Entwässerung der landwirtschaftlichen Nutzflächen gegründet
1879-88	Preußisch – Braunschweigisch – Anhaltische Kommission untersucht die Auswirkungen der Reinigungsverfahren der Zuckerfabriken auf die Gewässer
1887	Inbetriebnahme der ersten deutschen Kläranlage in Frankfurt-Niederrad
1887	Kniebühler erfindet den Dortmundbrunnen zur chemischen Abwasserreinigung
1892	Erste biologische Abwasser-Reinigungsverfahren in England
1894	Corbett erfindet in England den Tropfkörper zur biologischen Abwasserreinigung
1895	Erstes „biologisches“ Klärbecken in Deutschland; erstmalige Anwendung des Tropfkörpers in England
1895	Rieselfelder in Braunschweig werden angelegt, die noch heute in Betrieb sind
1896	Erste Biogasgewinnung aus einer Abwasserfaulschlammanlage in Exeter (England)
1899	König macht erste Versuche zur chemischen Abwasserreinigung; er nennt 75 Fällungsmittel zur Reinigung; die Abwasserreinigung mit Chemikalien erweist sich als wenig befriedigendes Verfahren, u.a. weil die Mittel negativen Einfluß auf den Fischbestand haben; die verbreitetsten Abwasserreinigungsverfahren sind die Rieselfelder; es bestehen auch mechanische Kläranlagen, die die Abwässer durch Abfangen der groben Schmutzstoffe mit Hilfe von Sieben und Gittern und nachfolgendem Zersetzen in Klär- und Absetzbecken reinigen
1901	Gründung Königliche Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in Berlin (ab 1923 „Preußische Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene“). Zu ihren Aufgaben gehört u.a. die Forschung zur Abwasserbeseitigung und die Festsetzung von Standards. Die Landesanstalt hat

	keine Kompetenz, gestaltend auf den Ausbau von Kläranlagen einzuwirken
1904	Gründung der Emschergenossenschaft zur Abwasserableitung aus dem Emscherraum
1904	Tropfkörperverfahren wird zunehmend in Deutschland angewendet
1906	Emscherbrunnen wird von Imhoff erfunden (=Imhofftank); erster in Recklinghausen von der Emschergenossenschaft (1907) gebaut
1909	Die Emscher ist vollständig kanalisiert
1910	Gutachten „Die Reinhaltung der Ruhr“ von Imhoff
1913	Ardern und Lochett erfinden in England das Belebungsverfahren im Aufstaubetrieb (vgl. SBR-Verfahren heute). 1914 kommt es erstmals zum großtechnischen Einsatz in der Stadt Salford. Technische Schwierigkeiten führten zum klassischen kontinuierlich durchströmten Belebungsverfahren
1920-40	Reinigungs- und Betriebswassernutzung bei Zuckerfabriken werden weiterentwickelt
1925	Erste deutsche Belebtschlammanlage geht in Essen-Rellinghausen in Betrieb
1925-28	Kaliwerke im Werragebiet beginnen mit dem Verpressen der Laugen in den Untergrund mittels Versenkbrunnen
1927	Kläranlage Iserlohn verwendet erstmalig in Deutschland Faulgas zum Antrieb von Gasmotoren
1929	Erster Stauteich des Ruhrverbandes Hengsteysee bei Hagen geht in Betrieb, um verschmutztes Flußwasser zu reinigen
1933	Erster Schönungsteich zur Nachbehandlung biologisch gereinigten Abwassers in Abtsküche (Ruhrgebiet) geht in Betrieb
1933-35	Erweiterungen von Rieselfeldern und Verregnung von Abwässern (Abwasserlandbehandlung)
1933-37	Erfahrungen in den USA, Deutschland und UdSSR, daß die Tropfkörper noch stärker belastet werden können
1947	Irnie führt in den USA Versuche mit reinem Sauerstoff beim Belebungsverfahren durch
1965	Erste Sammelkläranlage mit Phosphatfällung, in Radolfzell am Bodensee
1974	Inbetriebnahme der Kläranlage der BASF
1977	ATV Bemessungsvorschrift A 128 für Mischwasserbecken (9 000 bis 1991 in alten Ländern gebaut)
1986	Erste Belebungsanlage mit gezielter Denitrifikation im Rahmetal des Ruhrverbandes in Betrieb

Trotz Bau der ersten Kläranlagen war die organische Belastung des Rheins seit der Jahrhundertwende – lediglich zweimal kurz unterbrochen durch die beiden Weltkriege – ständig gestiegen. Um 1950 war die Belastung so angestiegen, daß selbst die Aalfischer unterhalb der Zellstoffindustrie Mannheims berichteten, daß ihre immer weniger werdenden Fänge zudem erschwert würden durch das massive Treiben des "Abwasserpilzes" (Sphaerotilus natans). Die Fischer als unmittelbar Betroffene waren Auslöser für die Gründung der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR). Sie gründete sich bereits am 11. Juli 1953 auf Initiative der Eidgenössischen Inspektion für Forstwesen, Jagd und Fischerei und der Mitglieder der internationalen Lachskonferenz.

Fische mit Phenolgeschmack

Aber nicht nur die Verschmutzung durch abbaubare organische Substanz war gestiegen. Über Nebenflüsse wie Emscher und Ruhr gelangten schon vor den beiden großen Kriegen jährlich über 5000 Tonnen Phenol und ähnliche Kohlenwasserstoffe aus den Kokereien und den organischen Chemiebetrieben in den Rhein und in das Grundwasser. Kein Wunder also, wenn, wie z.B. in Essen oder später auch in Düsseldorf, das Leitungswasser nach Phenol schmeckte. Waren Klagen über Fische aus dem Rhein, die nach Phenol (einem organischen Lösungsmittel) schmeckten, vor allem 1913 und 1925 am Niederrhein bekannt geworden, so gab es zu solchen Klagen nach dem zweiten Weltkrieg auch vermehrt am Oberrhein Anlaß. Lange Zeit vermochten sich die Chemiebetriebe den Forderungen nach gründlicher Reinigung ihrer Abwässer zu widersetzen. Die Verantwortung für eine einwandfreie Trinkwasserqualität wurde ganz auf die Zuständigkeit der Wasserwerke geschoben, wenn sie Trinkwasser aus belastetem Rhein- oder Grundwasser gewinnen wollten. Immer häufiger mußten die Wasserwerke zu aufwendige-

ren Methoden der Wasseraufbereitung (wie z.B. der Aktivkohlefilterung) greifen, und dieser Trend hält durch die der Vorsorge dienenden scharfen Grenzwerte für Trinkwasser bis heute an. Die phenolhaltigen Abwässer der Kokereien waren nur der Anfang der industriellen Gewässerverschmutzung dieses Jahrhunderts. Neben Phenolen und anderen Kohlenwasserstoffen (Mikroverunreinigungen) waren es nun auch die Schwermetalle und Abraumsalze, die den Rhein in zunehmenden Maße belasteten. Der Rhein, ehemals Fluß für Goldwäscher und Lachsfänger, war endgültig zum Abwasserkanal einer konsumorientierten Industriegesellschaft geworden. Das Wirtschaftswunder vermachte seinen Müll zu keinem geringem Teil dem Rhein.

Obwohl in Mitteleuropa seit Einführung und Ausbau der Schwemmkanalisationen erhebliche Gewässerverschmutzungen beobachtet wurden, begann ein systematischer Bau von Kläranlagen in der Bundesrepublik erst in den sechziger Jahren (vgl. Tab. 36); wichtige Erlasse und Regelwerke zur Einleitung von Abwasser entstanden erst Jahre später.

Tab. 36

Entwicklung des Kläranlagenbaus in den alten Ländern ([1] Schreier 1941, [2] UBA 1994b)

Jahr	Kläranlagen	davon mit biolog. Reinigung	Anschlußgrad an biologische Anlagen [%]
1934[1]	555	?	?
1963[2]	3 274	1 291	25
1969[2]	6 048	3 478	42
1975[2]	7 647	5 252	57
1979[2]	8 167	5 823	70
1983[2]	8 812	6 658	77
1987[2]	8 841	7 196	86
1991[2]	8 548	7 160	90

Bereits seit den Anfängen der industriellen Wasserwirtschaft, sind die Bereiche Wasserversorgung, Abwasserbehandlung (Städtereinigungsfrage) und Gewässerschutz (Flußverunreinigungsfrage) institutionell getrennt.

Gemeinsame Kläranlage für BASF und Ludwigshafen

Neben den Einleitungen der Betriebe um Basel kam ein großer Teil der Abwässer im Oberrhein aus dem Werk Ludwigshafen der BASF, das mit 6 Quadratkilometern Flächenausdehnung noch immer eine der größten zusammenhängenden chemischen Produktionsstätten Europas ist. Im Jahre 1959 wurde im Auftrag der BASF eine Analyse von der Uni Stuttgart (Prof. Pöpel) über die Belastung des Rheines mit Abwasser im Bereich der Städte Mannheim-Ludwigshafen erstellt. Die Analyse ergab, daß aus dem Raum Mannheim-Ludwigshafen fast noch einmal die gleiche Menge (77 %) an biologisch abbaubarer Schmutzfracht in den Rhein gelangte, wie er an Vorbelastung von stromaufwärts mit sich brachte. Pöpel schlug vor, daß man sowohl die kommunalen Abwässer Ludwigshafens als auch die Industrieabwässer von BASF in einem Kanal sammeln und zu einer gemeinsamen Kläranlage transportieren sollte. Eine Grundvoraussetzung dafür war, daß die Abwässer von BASF, die zu 85-90 % aus unverschmutztem Brauchwasser (z.B.Kühlwasser) und zu 10 % aus Schmutzwasser bestand, zunächst erst einmal getrennt werden sollten. Der gesamte Bedarf an Brauchwasser der BASF belief sich im Jahre 1974 auf über 1 Milliarde Kubikmeter. Anstelle des über 95 Jahre praktizierten Transports in einem Mischkanal, mußten nun 2 getrennte Entwässerungssysteme gebaut werden, denn die Menge an "verdünntem Mischwasser" hätte eine sinnvolle Reinigung nicht ermöglicht, weil durch jede Verdünnung der Reinigungseffekt zurückgeht. 1964 (25.9.) einigte man sich auf eine bestimmte Variante der Vorschläge von Pöpel und das Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten und die Bezirksregierung der Pfalz erhoben gegenüber der BASF folgende hier in Auszügen wiedergegebene Forderungen:

„...1. Die BASF hat ihre Abwässer durch entsprechende Umstellung ihrer bisherigen Einleitungsanlagen in einem Kanal entlang des Rheinstroms zu sammeln und diese in einer biologisch-mechanischen Kläranlage zu reinigen. 2. Die Absonderung und Zusammenfassung der behandlungsbedürftigen Abwässer sowie der Bau des erforderlichen Sammelkanals sind umgehend voranzutreiben. ... 5. Die Gesamtanlage einschließlich der biologischen Kläranlage muß bis spätestens 31.12.1974 betriebsbereit sein. ...“

Trotz einiger Hindernisse konnte der Termin eingehalten werden. 1973 waren die wichtigsten Kanäle verlegt, jedoch floß zur Überraschung aller nur die Hälfte der aufzubereitenden Schmutzwasser durch den Sammelkanal, die andere Hälfte befand sich in den Kanälen, die eigentlich nur unverschmutztes Brauchwasser ableiten sollten. Der Grund waren Fehlanschlüsse, die jedoch weitgehend bis zur Inbetriebnahme der Kläranlage behoben werden konnten. So durchliefen die Kläranlage in den ersten beiden Jahren im Durchschnitt über 450 000 m^3/Tag.

Zum Ende der Sechziger und Beginn der Siebziger Jahre hatte die Schmutzwelle der "größten Kloake Europas" ihren Höhepunkt erreicht. Nur sehr zögernd begann der Bau der Kläranlagen zu greifen. Aber auch in den Kläranlagen konnte nur ein Teil der organischen Fracht zurückgehalten werden. Vor allem die gelösten Stoffe gelangten weiterhin in den Rhein, wie z.B. die Abraumsalze aus Kaliminen entlang des Rheins (vgl. Kap. 4.7).

Sauerstoffverhältnisse im Rhein

Der Vorgang des Abbaus der organischen Substanz, sei es durch ungereinigtes Abwasser oder durch den Effekt der Eutrophierung, führte seit 1950 im Rhein zu einer dramatischen Abnahme des durchschnittlichen Sauerstoffgehalts. Von Jahr zu Jahr verminderte sich die sog. Sauerstoffsättigung, vor allem im Sommer, entsprechend den für Mikroorganismen günstigen höheren Temperaturen. Ihren Tiefpunkt erreichte sie Mitte der Sechziger bis zum Beginn der Siebziger Jahre mit durchschnittlichen Werten weit unter 40 %. Seitdem haben sich die Sättigungswerte kontinuierlich verbessert (vgl. Abb. 19).

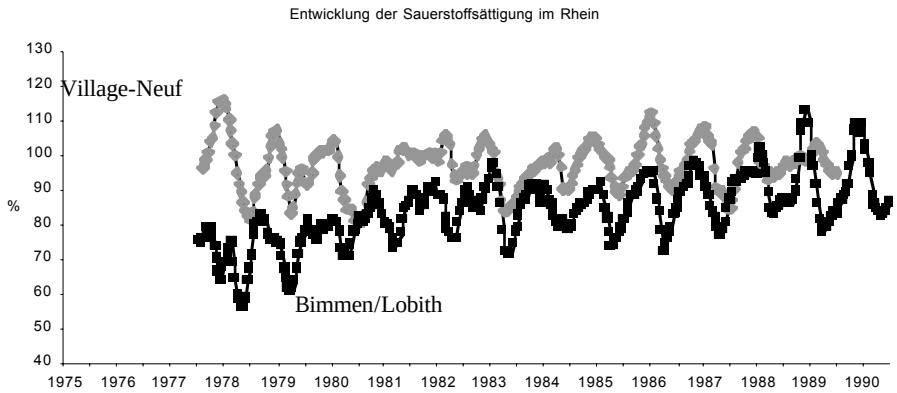


Abb. 19
Sauerstoffsättigung im Rhein bei Village-Neuf und Bimmen/Lobith (IKSR);

3. Sondergutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen

Das 3. Sondergutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen "Umweltprobleme des Rheins" (SRU 1976) führte 71 Großeinleiter (Einleitung meist >150.000 EWG) auf, die zusammen eine Bruttoverschmutzung von ca. 60 Millionen EGW verursachten, die mit Hilfe von Vermeidungsmaßnahmen auf ca. 26 Millionen EGW reduziert werden sollten. In den Bereich des Oberrheins entfielen davon weit über die Hälfte (vgl. Tab. 37). Der Trend von 1900, daß nicht nur der Niederrhein unter einer erheblichen Abwasserlast leiden mußte, hatte sich fortgesetzt.

Tab. 37

Einleitungen von abbaubaren Stoffen im Einzugsgebietes des Oberrheins (Stand 1975, nach SRU 1976).

(a) = Anlage im Bau.

Nr.	Einleiter	seit	Rkm	Einwohner + EWG ohne Maßnahmen	Einwohner + EWG nach Vermeidungsmaßnahmen
				Bruttofracht	Einleitungen
1	Papierfabrik Baienfurt		(Schussen)	500.000	10.000(a)
2	AV Mariatal		(Schussen)	200.000	20.000
3	Konstanz			160.000	16.000
4	AV Hegau			200.000	20.000
5	Zürich			500.000	150.000
6	Papierfabrik Albbruck			200.000	160.000(a)
7	Hoffmann La Roche,Sisseln			300.000	250.000(a)
8	Degussa,Rheinfelden			120.000	110.000
9	Ciba Geigy, Hoffmann La Roche, Grenzach			750.000	350.000(a)
10	Schweizerhalle			500.000	50.000
11	Stadt Basel, Hoffmann La Roche, Sandoz, Ciba Geigy			950.000	950.000
12	Mühlhausen			200.000	200.000
13	Rhone Poulenc			2.600.000	2.600.000
14	Freiburg, AV Untere Elz, AV Breisgauer Bucht			1.000.000	300.000
15	Zellstoffabrik Straßburg			2.500.000	2.500.000(a)
16	Straßburg			1.500.000	1.000.000
17	Zellstoffabrik Maxau			1.000.000	300.000
18	Karlsruhe			700.000	500.000(a)
19	Göppingen		(Neckar)	I 70.000	80.000
20	AV Böblingen, Sindelfingen		(Neckar)	350.000	40.000
21	Pforzheim		(Neckar)	250.000	60.000
22	Stuttgart		(Neckar)	1.400.000	200.000
23	Heilbronn		(Neckar)	300.000	30.000
24	Heidelberg		(Neckar)	300.000	70.000
25	Zellstoffabrik Mannheim			4.000.000	3.000.000
26	Mannheim			860.000	220.000
27	BASF Ludwigshafen, Frankental			9.000.000	900.000
28	AV Bergstraße, Freudenberg		(Weschnitz)	250.000	120.000(a)
29	Darmstadt, Merck		(Schwarzbach)	550.000	60.000
30	Würzburg		(Main)	280.000	30.000
31	Obernburg und Glanzstoffwerk		(Main)	180.000	160.000(a)
32	Aschaffenburg		(Main)	150.000	15.000
33	Zellstoffwerk Aschaffenburg		(Main)	300.000	250.000
34	Zellstoffabrik Stockstadt		(Main)	700.000	500.000
35	Hanau		(Main)	220.000	20.000
36	Frankfurt		(Main)	1.500.000	500.000(a)
37	Hoechst AG, Offenbach, Griesheim, Hoechst		(Main)	2.400.000	1.000.000(a)
38	Wiesbaden			220.000	150.000(a)
39	Mainz			320.000	220.000(a)
	Summe Oberrhein			**37.580.000**	**17.111.000**
	Summe Mittel- und Niederrhein			22.790.000	8.905.000
	Summe Rhein			60.370.000	26.016.000

Nach Untersuchungen der Internationalen Komission zum Schutz des Rheins (IKSR) im Rahmen des Aktionsprogramm Rhein (APR), fiel im Jahr 1985 eine Gesamtverschmutzung mit sauerstoffzehrenden Stoffen (Kommunen + industrielle Direkt- und Indirekteinleiter) von ca. 115 Millionen EGW an (IKSR 1988a). Hiervon stellten die Einleiter aus der Bundesrepublik Deutschland mit ca. 78 % den größten Anteil, gefolgt von Frankreich (ca. 10 %), den Niederlanden (ca. 6 %), der Schweiz (ca. 5 %) und Luxemburg (ca. 0,5 %). Durch mechanisch-biologische Kläranlagen wurde diese Belastung um ca. 80 % auf ca. 21 Millionen EGW reduziert. Die Bruttobelastung verteilte sich zu ca. 60 % auf Kommunen und indirekt einleitende Industriebe-

triebe und zu ca. 40 % auf industrielle Direkteinleiter. Hinzu kamen erhebliche diffuse Belastungen (z.B. aus der Landwirtschaft). Der Höhepunkt der Rheinverschmutzung lag zwischen 1965 und 1976.

Mikroverunreinigungen

Die Belastung des Rheins mit *organischen Mikroverunreinigungen* (im Wasser, in Schwebstoffen oder im Sediment) ist besonders wegen der großen Anzahl ökologisch schwer einzuschätzender Stoffe bedeutsam. Allein die Zahl der industriell hergestellten halogenorganischen Substanzen erreicht derzeit etwa 10.000; von diesen sind bisher erst 10-25 % identifiziert und nur für einen Bruchteil existieren ökotoxikologische Charakterisierungen.

„Sandoz-Katastrophe“

Bei dem, großen Protest auslösenden, Brand einer Lagerhalle der Sandoz AG bei Basel (mit ca. 1000 Tonnen gelagerten Wirkstoffen) am 1. November 1986 gelangten mit dem Löschwasser ca. 30 Tonnen Chemikalien über das innerbetriebliche Kanalnetz in den Rhein. Zum Vergleich waren es 1980 täglich noch durchschnittlich 27 Tonnen toxischer Stoffe, die durch den Rhein ins Rheindelta bzw. in die Nordsee gelangten (jährlich also über 10.000 Tonnen).

Die Hauptbelastung des Rheins bei der „Katastrophe von Sandoz“ erfolgte durch Phosphorsäureester, insbesondere die Insektizide Disulfoton, Thiomethon, Etrimphos und Propetamphos. Ihre hohe Toxizität (insbesondere für Fische) lag bei der vorhandenen Stoffkombination höher, als es nach Testdaten aus dem Labor für Einzelstoffe zu erwarten gewesen wäre. Man spricht hier von einer überadditiven Wirkung, die entweder durch die Stoffkombination oder durch die bestimmte Formulierung der Stoffe hervorgerufen worden sein könnte.

Sichtbarste Folge war zunächst die weitgehende Vernichtung des Aalbestandes am Oberrhein bis Rheinkilometer 560 (Loreley) und dem starken Rückgang aller bodenbewohnenden Organismen. Vorübergehend mußten verschiedene rheinnahe Brunnen ihre Trinkwasserversorgung einstellen.

Lachs 2000

Der Brandunfall von Sandoz veranlaßte die zuständigen Anliegerstaaten und die zuständigen Vertreter der Europäischen Gemeinschaft, anläßlich der 7. Ministerkonferenz in Rotterdam am 19. Dezember 1986, zu nachstehender Entscheidung:

"Die Minister sind der Auffassung, daß das Ökosystem Rhein in einen Zustand versetzt werden soll, bei dem etwa im Jahr 2000 heute verschwundene, aber früher vorhandene höhere Arten (z.B. der Lachs) im Rhein als großem europäischem Strom wieder heimisch werden können.”

Sie beauftragten die IKSR, gegebenenfalls unter Hinzuziehung von Sachverständigen, einen Vorschlag für die Entwicklung eines Aktionsprogramms und zur nächsten Ministerkonferenz der Rheinanliegerstaaten vorzulegen.

Aktionsprogramm Rhein

Daraufhin erarbeitete die IKSR einen Vorschlag für ein Programm mit dem Namen "Aktionsprogramm Rhein" (APR), das etwa im Jahre 2000 zu folgenden Ergebnissen führen soll:

- früher vorhandene "höhere" Arten (z.B. Lachs) sollen im Rhein wieder heimisch werden können;
- die Nutzung des Rheinwassers für die Trinkwasserversorgung muß weiterhin möglich sein;
- die Entlastung der Sedimente von Schadstoffen.

Die vorgesehenen, aber noch in Einzelheiten auszuarbeitenden Maßnahmen zielen auf

- eine beschleunigte Reduzierung der ständigen Belastung aus direkten sowie diffusen Einleitungen
- eine Verringerung der störfallbedingten Gefährdung und

- eine Verbesserung der hydrologischen, biologischen und morphologischen Verhältnisse.

Angesichts der vollständigen Regulierung und Schiffbarmachung des Rheinbetts mit den über 20 Staustufen an Hoch- und Mittelrhein war die Wiederansiedlung von Wanderfischen wie dem Lachs das ehrgeizigste Ziel.

Aufstiege und Laichplätze

Die IKSR hat deshalb in Zusammenarbeit der beteiligten Länder Vorschläge entwickelt, die zwar die Regulierung nicht rückgängig machen, aber doch an vielen Stellen dafür sorgen sollen, daß Wanderfische wie der Lachs wieder bis in den Hochrhein aufsteigen können und ihnen eine dauerhafte Existenz ermöglicht. Die konkreten Maßnahmen, die dafür sorgen sollen, sind von der IKSR nach den üblichen Rheinabschnitten gegliedert und umfassen auch Vorschläge zur Wiederanbindung vieler Altgewässer zu einer zusammenhängenden Fluß- und Auenlandschaft.

Die Anbindung der Altgewässer ist jedoch nicht überall sinnvoll, da das Niveau einiger Altgewässer oft unter der des sich eingegrabenen Rheins liegt und eine Anbindung vor allem bei Niedrigwasser zur Austrocknung der Altwässer führen würde. Die Anbindung einiger Baggerseen ist im Einzelfall zu prüfen. Es hat sich zwar herausgestellt, daß sie im Einzelfall einen wichtigen Beitrag zum Erhalt auch der rheophilen Fische durch ihr Angebot an Laichplätzen und als Rückzugsgebiet bei Hochwasser leisten können. Andererseits verändern sich die trophischen Verhältnisse der angebundenen Baggerseen durch die ständige Nährstoffzufuhr des Rheinwassers zum Teil sehr drastisch.

Phosphor- und Stickstoffrachten

Noch bevor all diese Zusammenhänge in ihrer ganzen Tragweite erkannt waren, begann man in den Siebziger Jahren die Phosphor- und Stickstofffrachten zu reduzieren. Eine Möglichkeit war die der sogenannten weitergehenden Abwasserreinigung, d.h. einer weiteren Reinigungsstufe, die die Konzentration der Nährstoffe Phosphat, Ammonium, Nitrit und Nitrat aus dem bereits biologisch gereinigten Abwasser möglichst weitgehend entfernt. Die andere Möglichkeit bestand darin, diese Stoffe schon an der Quelle zu reduzieren. Am konsequentesten tat man dies im Falle des Phosphats, für das einige Länder erhebliche Beschränkungen für die Verwendung in Waschmitteln bestimmten, die neben den Fäkalien Hauptquelle der Phosphatbelastung der Gewässer war (Phosphathöchstmengenverordnung).

Die Ergebnisse dieser Beschränkungen (Anstrengungen) spiegeln sich im Rhein wieder. Erst seit 1955 liegen halbwegs zuverlässige Werte der IKSR für Phosphor und Stickstoff vor, aus denen sich die Fracht errechnen läßt (vgl. Abb. 20). Wie die Abb. 20 zeigt, hat die Konzentration an Phosphat nach dem kontinuierlichen Anstieg seit 1954 in den letzten 10 Jahren wieder abgenommen. Die Konzentration korreliert auffallend mit dem Abfluß, ist also abhängig von der Verdünnung. Bei niedrigem Abfluß ist die Konzentration hoch, bei starkem Abfluß gering (Abb. 21). Der Einfluß aus "diffusen Quellen", also z.B. der Landwirtschaft, fällt beim Phosphat kaum ins Gewicht, da Phosphat relativ schlecht löslich ist und deshalb weniger schnell abgeschwemmt wird.

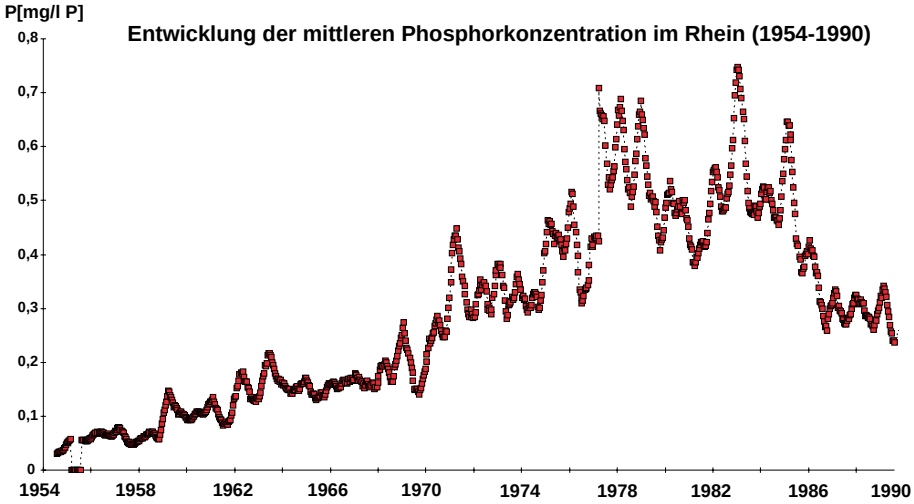


Abb. 20
Entwicklung der Phosphatkonzentration im Rhein von 1955 - 1992 bei Bimmen/Lobith (Quelle: IKSR)

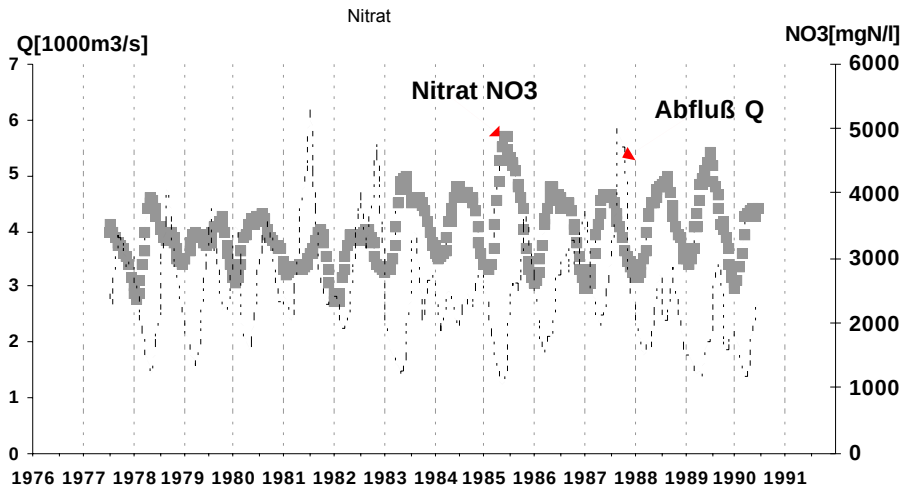


Abb. 21
Nitratkonzentration im Jahresverlauf

In den letzten Jahren sind die Ammoniumkonzentrationen im Rhein zurückgegangen, zum einen wegen der weiter ausgebauten Kläranlagen, zum anderen wegen der höheren Sauerstoffsättigung im Rhein. Die Nitratkonzentration und der Gesamtstickstoffgehalt hingegen sind keineswegs gesunken. Die Stickstoffkonzentrationen (Ammonium wie auch Nitrat) korrelieren weniger mit dem Abfluß, sondern mit der Jahreszeit. Die niedrigsten Konzentrationen lassen sich unabhängig vom Wasserstand immer im Juli messen. Das spricht dafür, daß ein großer Teil der Stickstoffmengen aus der Landwirtschaft eingespült werden. Im Sommer nehmen die Pflanzen das meiste Nitrat auf, so daß geringe Mengen des leichtlöslichen Nitrats abgeschwemmt werden können, während im Winter Nitrat entsprechend stärker abgeschwemmt wird.

4.10 Geschichte der Bewertung

Die Frage nach einer Bewertung gehört zu den schwierigsten in der Praxis des Umweltschutzes. Verschiedenste Interessen, eine nicht zu überblickende Flut an Literatur, unzählige Konzepte und viele unklare Begriffe kennzeichnen dieses Thema. Aus diesem Grund werden in den letzten Jahren Forderungen nach allgemeinen Leitbildern, Umweltqualitätszielen und -standards immer häufiger. Eine Studie im Auftrag des Umweltbundesamt (UBA), abgeschlossen 1989 ermittelte 2.100 Umweltqualitätsziele bzw. -standards (FÜRST & KIEMSTEDT 1989). Die meisten Konzepte und Umwelt-Qualitätsstandards sind in Deutschland und der Schweiz im Rahmen des Gewässerschutzes bzw. der Gewässerschutzpolitik (vor allem der Flußreinhaltepolitik) entwickelt worden. Den Gewässern folgte die Luftreinhaltepolitik und der Bodenschutz ist erst Thema der Politik in den letzten Jahren. Grundsätzlich fehlt es nicht an theoretischen Ansätzen der Bewertung und auf den ersten Blick scheint es aufgrund der Vielzahl der Kriterien unmöglich den Kriterienwandel zu beschreiben. Auf den zweiten Blick erkennt man eine immer breiter werdende Kluft zwischen wissenschaftlich begründeten Meß- und Bewertungsverfahren und dem Kanon der Maßnahmen in der Gewässerschutzpraxis. Schränkt man den Blick auf solche Kriterien ein, die offensichtlich zu Maßnahmen im Gewässerschutz geführt haben und vor allem auf solche, mit denen „Gewässerschutz-Erfolge" verknüpft sind, so wird die Geschichte der Bewertung im Gewässerschutz relativ überschaubar und läßt sich m.E. am Beispiel des Rheins wie folgt zusammenfassen.

Als hauptverantwortlich für die zunehmende Flußverunreinigung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts kann neben der zunehmenden Industrialisierung, die Einführung der Spültoilette zur Abschwemmung der Fäkalien in die Flüsse gelten. Das einzig wesentliche Bewertungskriterium war das der Verdünnung – Hauptsache der "Vorfluter" führte genug Wasser (Tab. 38, Phase 1). Der Augenschein und die Rechtspraxis sowie die Entdeckung der Bakterien und schließlich Vorstellungen der Hygiene führten zur Erkenntnis, daß es allein mit der Verdünnung nicht getan sein konnte. Konsequent wurde für ein paar Jahre in Deutschland der Bau weiterer Kanalisationen ohne Abwasserreinigung (damals standen vor allem Rieselfelder zur Diskussion) nicht mehr genehmigt (Tab. 38, Phase 2). Diese Entscheidung schien nicht bezahlbar zu sein und hinderte den "Fortschritt", so daß sie wieder aufgehoben wurde. Die Folge war der Ruf nach meßbaren Parametern und Grenzwerten. Zahlreiche Arbeiten um die Jahrhundertwende (vgl. Kap. 4.3) belegen die Bemühungen damaliger Bewertungsversuche (Tab. 38, Phase 3). Befragungen zum Geschmack wurden z.B. herangezogen, um zu entscheiden wieviel Endlauge aus den Kaliabwässern in die Flüsse eingeleitet werden dürfe (vgl. Kap. 4.7). Spültoilette und Schwemmkanalisation setzten sich flächendeckend durch, Fäkalien und Urin wurden nur noch in Ausnahmefällen direkt abgefahren und landwirtschaftlich verwertet. Die Entwicklung der biologischen Beurteilung der Gewässergüte (Saprobiensystem) zu Beginn des 20. Jahrhunderts half, die Gewässerverschmutzung über den momentanen Aussagewert von chemischen Meßwerten und Geschmacksproben hinaus zu beschreiben, führte aber auch nicht zu einer grundlegenden Gewässerschutzstrategie (Tab. 38, Phase 4) an der Quelle.

Tab. 38

Wandel der Bewertungskriterien in der Flußreinhaltepolitik

Phasen der Bewertung	
Phase 1 (1850 - 1875)	
Technik-geschichte	Einführung Spültoilette, Schwemmkanal (Zentrale Wasserversorgung) Problem Abwasser entsteht, Lösung – aus dem Auge aus dem Sinn – Gewässerschutz orientiert bzw. teilweise vermischt mit Heimatschutzbewegung
Bewertungs-maßstäbe	Verdünnungsfaktor (Pettenkofer - 15-fache), ausreichende Verdünnung= Gewässerschutz, Heimatschutz
Recht	Privatflußgesetz von 1848, wenig praxistauglich
Wahrnehmung	Natur als Gefahr (Gegner), Urin, Fäkalien = Dünger = Geld, >Angst vor Gestank und Krankheit ("Miasma")
Phase 2 (1875-1887)	
Technik-geschichte	Es wurde keine Kanalisation ohne Abwasserreinigung (z.B. Rieselfeld) genehmigt;
Bewertungs-maßstäbe	Erste Grenzwerte, hygienische Bedenken
Recht	Ministerialentscheidung von 1877, Verordnung Großherzogtum Baden 1884 zum Schutze der Fischerei
Wahrnehmung	Beginn Hygienedenken
Phase 3 (1888 - 1900)	
Technik-geschichte	Kunstdünger, Kaliabwässer, Farbenindustrie, Gewerbeabwässer, Forderung nach wissenschaftlich abgesicherten Grenzwerten: Blume (1902): Bis zu welchen Grenzwerten sind Wasserverunreinigungen sichtbar ? Befragungen zum Geschmack (Beispiel Kaliabwasserfrage Weser); Opferstreckendiskussion... Weigelt-Lauterborn u.v.a.;
Bewertungs-maßstäbe	Zeit des Bakterienzählens; Hygiene als wichtigste Instanz neben Fischerei, Selbstreinigungsdiskussion
Recht	Kläger mußte Nachweis erbringen, was eine "Überschreitung des Gemeinüblichen und Regelmäßigen" darstellt
Wahrnehmung	Protest der unmittelbar Betroffenen
Phase 4 (1900-1945)	
Technik-geschichte	Flächendeckende Durchsetzung und Ausbau von Spültoilette und Schwemmkanal, Kaliendlaugenfrage, Organische Belastung
Bewertungs-maßstäbe	Einführung des Saprobiensystems, Gewässerschutzbeauftragte
Recht	Preußisches Wassergesetz, Bayerisches Wassergesetz (1907)
Wahrnehmung	Gewöhnung, Resignation, Wohlstand als Ausgleich

Phase 5 (1946-1962)	
Technik-geschichte	Grenzenloses Wirtschaftswachstum auf Kosten der Flüsse, Fischsterben, Phenolgestank, treibende Abwasserpilze, Bedeutung der Nährstoffe N und P als Faktoren der Gewässereutrophierung wird erkannt
Bewertungs-maßstäbe	wichtigster Parameter "Sauerstoffgehalt"...P,N gewinnen an Bedeutung
Recht	Wasserhaushaltsgesetz
Wahrnehmung	Ekel, Ende der Badekultur
Phase 6 (1963-1985)	
Technik-geschichte	end-of-pipe-Philosophie, Bau von 3000 Kläranlagen von 1963-1969, ATV-Arbeitsblatt 128 (Mischwasserüberläufe) usw.; 1974 Inbetriebnahme der BASF-Kläranlage...
Bewertungs-maßstäbe	Summenparameter
Recht	Abwasserabgabengesetz (1976)
Wahrnehmung	Knappheitsdenken (Ölkrise), Angst, Beginn Umweltschutzbewegung
Phase 7 (1986-heute)	
Technik-geschichte	Mikroverunreinigungen, subletale Schädigungen, Struktur eines Gewässers (Morphologie), Umlandbeziehungen, Grundwasserschutz (Schutzzonen), Wasserspardiskussionen, Phosphor- und Stickstoffelimination, Maßnahmen an der Quelle, Teilstrombehandlung in der Industrie, Betriebswassernutzung, Gewässerrandstreifen
Bewertungs-maßstäbe	Naturnähe, "ökologische Bewertung" (> 2.000 Umweltqualitätsziele)
Recht	Kreislaufwirtschaftsgesetz
Wahrnehmung	Angst vor wirtschaftlichem Niedergang und dem Verlust des erreichten Wohlstandes, Genervtheit von Umweltdiskussionen
Phase 8 (Zukunft ?)	
Technik-geschichte	Stoffdurchflußproblem erkannt, Stoffkreislauforientierung, Problem Abbaubarkeit, subletale Wirkungen, Langzeitwirkungen, östrogenoide Stoffe, Kritik an konventionellen Kläranlagen... Vermischung, Klärschlamm... Abwasser=Abfall.... Kreislaufwirtschaftsgesetz, Ökosteuer, Teilstrombehandlung, Urin- und Fäkalien-Trennung
Bewertung	Stoffbetrachtung, multidisziplinär – umfassende aber individuelle Bewertung, Aufhebung Grenzwerte, Abbaubarkeit
Recht	Novelle Naturschutzgesetz, Wasserhaushaltsgesetz, EU-Umwelt-Richtlinie, EU-Wasser-Rahmen-Richtlinie
Wahrnehmung	Kritiker, Querdenker = Illusionisten

Trotz einiger Rufer in der Wüste konnte (und wollte?) die schier grenzenlos scheinende Abwasserflut einer schnell wachsenden Industrie- und Konsumgesellschaft auch am Rhein keiner stoppen. Der Rhein verkam zum größten Abwasserkanal Europas. Gewässerschutz wurde erst in den 1950er Jahren zum Sachzwang, als man die Trinkwasserversorgung für 20 Millionen Einwohner aus Rheinwasser gefährdet sah. Das einfache Bewertungskriterium des Sauerstoffgehaltes reichte, um den Notstand zu erkennen (Tab. 38 Phase 5, vgl. Abb. 19). In den nächsten Jahren wurde die saprobielle Aktivität aus dem Rhein zunehmend in neu gebaute Kläranlagen verlagert (vgl. Tab. 36).

Auffangbecken für Mischwasser („Regenrückhaltebecken“) erhöhten in erster Linie die Menge an verbautem Beton. Die Gewässergütestufe II (grün) wurde zum Maßstab aller Gewässer (Tab. 38, Phase 6). Allmählich setzte sich die Erkenntnis durch, daß man trotz verbesserter Werte bei den Summenparametern von einer dauerhaften Lösung noch weit entfernt war. Die Anzahl der Stoffe war unüberschaubar und das Gefährdungspotential nicht einmal annähernd einzuschätzen. Der trotz Phosphor- und Stickstoffelimination immer noch erhebliche Stoffdurchfluß ins Meer, die Mikroverunreinigungen mit ihren nur schwer festzustellenden subletalen Schädigungen und hormonellen Wirkungen sind Themen, die die Fachtagungen noch heute beschäftigen. Bewertet nach dem Summenparameter BSB_5 für leicht abbaubare Substanzen, zählt der Rhein Anfang der 90er Jahre wieder zu einem der „saubersten“ Flüsse Europas. Einige spektakuläre „Chemieunfälle“ (vor allem der Brand bei der Fa. Sandoz, Basel 1986) erzielen die notwendige öffentliche Aufmerksamkeit, um ein vergleichsweise einzigartiges Sanierungsprogramm zu initialisieren. Inzwischen scheint der Großteil der Bevölkerung mit Umweltthemen so überstrapaziert, daß das Interesse am Rhein seinen Höhepunkt überschritten zu haben scheint (Tab. 38 Phase 7). Das historisch gewachsene Problem einer Stoffdurchflußwirtschaft u.a. mit Spültoilette und Schwemmkanal, bleibt weiterhin Thema einiger kleiner, spezialisierter Zirkel. Zwar ist die mit dem WC und Kanal verbundene Bequemlichkeit mit relativ wenig Geld, aber doch erheblichen Mitteln (allein für Kanäle, Mischwasserrückhaltebecken etc. ca. 3-5 Tonnen Beton pro Einwohner) erkauft worden (Tab. 38, Phase 8).

Ein gesellschaftliches Bewußtsein für die Bedrohung der Gewässer ist heute im Ansatz vorhanden. Die Symbole für die Bedrohung der aquatischen Ökosysteme (Wattsterben, Algenblüten, Schaum, keine Fische, kranke Fische, Fische die nach Phenol schmecken, Robbensterben u.v.m.) lassen die umwelttechnischen Anstrengungen in den Klärwerken als richtigen Lösungsweg erscheinen. Es wird aber entweder übersehen oder verdrängt, daß die aquatischen Ökosysteme weiterhin eine Müllkippe bleiben. Ebenso übersehen wird, daß viele der Stoffe, die in die Gewässer gelangen, für zukünftige Generationen von erheblichem Wert sein werden.

Selbstreinigung ein nach wie vor irreführender Begriff

Der Begriff und die Vorstellungen von der „Selbstreinigung“ spielen bei der Bewertung bis heute eine gewichtige Rolle. Bis heute wird der Zustand eines Gewässers vor allem anhand weniger chemischer Parameter und der letalen Auswirkungen bei Fischen und Makroinvertebraten wahrgenommen und beurteilt. Morphologische Kriterien, subletale Schädigungen, insbesondere bei Insekten, Mollusken etc. gehen erst in den letzten Jahren ein. Diese scheinbar wissenschaftliche Herangehensweise impliziert nach wie vor, daß der Rhein als natürlicher Abwasserkanal anzusehen ist, soweit die Selbstreinigung des Gewässers nicht überfordert wird bzw. eine Schädigung nicht nachgewiesen werden kann. Sowohl im Sinne des Stoffkreislaufgedankens, der Limnologie als auch des Natur-, Landschafts- und Artenschutzes ist diese Denk- und Herangehensweise m.E. falsch und der Begriff der Selbstreinigung irreführend. Geschützt wird allenfalls die Nutzungsqualität des Wassers, die sowohl örtlich wie zeitlich eingeschränkt ist. Das Instrumentarium des Gewässerschutzes heute ist weder an Stoffkreisläufen orientiert, noch an der Kontinuität von Artenbeständen oder der Dynamik von Lebensräumen. Der Begriff der Selbstreinigung verführt nach wie vor zu einem undifferenzierten Bild. Die Aufmerksamkeit für schwer bis gar nicht abbaubare Stoffe droht mit dem Glauben an die Selbstreinigung ebenso verloren zu gehen oder verdrängt zu werden, wie der Unterschied von Saprobie und Trophie. Die Abnahme der Summenparameter, wie z.B. dem Biologischen Sauerstoffbedarf (BSB) reicht im besten Falle aus, um saprobielle Aktivität festzustellen, nicht aber um eine Selbstreinigung im Sinne ökologisch intakter Gewässer und Stoffkreisläufe zu belegen.

Am Ende des 19. Jahrhunderts haben vor allem ästhetische Einwände (z.B. herumschwimmende Fäkalienreste) dazu geführt, daß nicht mehr im Abwasserstrom gebadet wurde. Die mechanische Abtrennung der Fäkalien in der Kläranlage reichte aus, um den Abfluß nach einigen Flußkilometern als sauber genug für die Trinkwassergewinnung einstufen zu können (vgl. Kap. 2.9). Ebenso badeten viele Anwohner trotz äußerlicher Anzeichen wie toten Fischen, Trübstoffen, Algen oder treibenden Abwasserpilzen bis in die 60er Jahre noch im Rhein. Lediglich der direkte Abwasserstrom einer Kläranlage wurde von den Badenden gemieden. Es läßt sich nicht "sauber" definieren was "sauber" ist. Die individuelle und die gesellschaftliche Wahrnehmung spielen bei der Frage, was sauber ist, die gewichtigste Rolle. Rein hygienisch gesehen, erfüllen nach wie vor die wenigsten Flüsse die EU-Richtlinie für Badegewässer, chemisch gesehen gibt es genügend Mikroverunreinigungen, um die Gewässer als nicht sauber zu bezeichnen und auch strukturell entsprechen heute die wenigsten Gewässer dem Begriff naturnah.

Die vermehrte Fischfauna, die Zunahme der Benthosorganismen sowie die gute Sauerstoffversorgung sind zwar deutliche Anzeichen der Besserung, stellen aber noch keinen auf lange Sicht funktionierenden Gewässerschutz dar. da m.E. die Stofffrachten nach wie vor, trotz hoher Verdünnung, zu hoch sind, um Stoffkreisläufe zu erhalten.

Bis heute fehlen Bewertungskriterien für einen umfassenden Gewässerschutz, der die Siedlung, den Boden, die Landwirtschaft und die Oberflächengewässer genauso mit einschließt, wie das Grundwasser, den Regen, das Gletschereis oder die Nordsee.

Unterschiede deutscher und europäischer Gewässerschutzpolitik („harter“ contra „weicher“ Umweltschutz)

Derzeit wird eine wichtige Diskussion um die unterschiedlichen Ansätze, europäischer und deutscher Gewässerschutzpolitik geführt. Das deutsche Umweltrecht basiert traditionell im wesentlichen auf der Einhaltung von Grenzwerten. Es dominieren konkrete materiellrechtliche Anforderungen. Ein wesentlicher Vorteil dieses Ansatzes, ist die verwaltungstechnisch einfache Handhabung und Durchsetzbarkeit dieser Anforderungen auf Grundlage von Grenzwerten. Der Einzelfall muß nicht hinterfragt werden, sondern sofern ausreichendes Datenmaterial vorliegt, können „harte Umweltschutzma0nahmen“ entschieden und durchgesetzt werden. Demgegenüber stehen neue, medienübergreifende und integrative Ansätze des EU-Rechts, die von vielen als „höchst unbestimmt“ kritisiert werden („weicher Umweltschutz“, z.B. BREUER 1997). Diese Ansätze sind orientiert an der Abwägung verschiedener Interessen und angewiesen auf Bewertungskriterien, Prognosedaten und enthalten folgerichtig große Ermessensspielräume für „Gestaltungs-entscheidungen“.

Die Gefahr, auf ordnungsrechtliche Vollzugsinstrumente zu verzichten, ist sicher nicht zu unterschätzen. Andererseits erfordert ein zukunftsfähiger Gewässerschutz wesentlich weitgehendere Instrumente als z.B. traditionelle Grenzwerte. Die Aufstellung von Grenzwerten hat zwar zum Teil sehr wirkungsvoll zur Stillegung von belasteten Trinkwasserquellen und dem Bau von Kläranlagen geführt, konnte aber den prinzipiellen Charakter unserer Gewässer als Auffang- und Durchflußbecken für viele Abfallstoffe nicht verändern. Hinzu kommt, daß sich gewässermorphologische Anforderungen nicht in grenzwertfähige Formeln pressen lassen. Die zukünftigen Anforderungen liegen viel eher darin, Interessenskonflikte an „runden Tischen“ mit Beteiligung möglichst vieler Interessensgruppen zu führen. Nur so sind m.E. Gewässer langfristig zu sanieren, zu pflegen und zu erhalten. Vor der Bewertung durch abstrakte Formeln steht der Versuch, den Wert eines Gewässers für eine Region in Erinnerung zu rufen und so die Bereitschaft zu weitergehenden Gewässerschutzmaßnahmen zu steigern. Nur so können m.E. Opferstrecken in Zukunft vermieden werden.

Gewässerstrukturkarte

Der Gewässergütekarte wird in den nächsten Jahren möglicherweise eine Gewässerstrukturkarte folgen. Sie kann als Darstellungsmittel sicher zu ei-

nem wertvollen Mittel der Gewässerschutzpolitk werden, um vom stofflichen Gewässerschutz hin zu einem integrativen Gewässerschutz zu gelangen. Die lokalen, regionalen und überregionalen Interessenskonflikte wird sie jedoch weder vermeiden noch lösen helfen. In den ersten Entwürfen der geplanten EU-Wasser-Rahmenrichtlinie war die Beurteilung einer „guten Gewässerqualität“ anhand von gewässermorphologischen Kriterien vorgesehen (vgl. EU-Wasser-Rahmenrichtlinie, Anhang 5). Im aktuellen Entwurf der EU-Wasserrahmenrichtlinie sind alle diesbezüglichen Ansätze wieder entfallen. Insgesamt droht die EU-Gewässerschutz-Politik dadurch deutlich hinter dem zurückzubleiben, was bereits internationale Übereinkommen, wie z.B. im Programm Lachs 2000 der IKSR für den Rhein vorgegeben haben (vgl. Kap. 6). Die organische Belastung eines Gewässer konnte mit Hilfe des Saprobiensystems oder anderer vergleichbarer Methoden hinreichend genau ermittelt werden, um darauf mit dem Bau und der Dimensionierung von Kläranlagen reagieren zu können. Mit einer differenzierten Bewertung im Sinne eines umfassenden Gewässerschutzes hatte dies jedoch nichts zu tun.

Wie also in Zukunft bewerten (Tab. 38 Phase 8), wenn man davon ausgeht, daß die bisherigen Bewertungsverfahren und Kriterien viel zu einfach gestrickt waren und der Komplexität des Gewässerschutzes in seiner individuellen und überregionalen Tragweite nicht gerecht werden (vgl. FRIEDRICH & LACOMBE 1992) ?

Zunächst einmal lassen sich folgende Problemfelder unterscheiden, die in der Regel bewertet werden:

Tab. 39

Problemfelder des Gewässerschutzes

Gewässerschutz - Problemfelder	
Bereich Wasser / Stofflicher Gewässerschutz	
Mengenproblem	Gilt in Deutschland allenfalls lokal
als Ressource	Hierbei geht es vor allem um Grundwasserschutz, Fernwasserproblematik
Qualitätsproblem	Maßnahmenkatalog, der folgenden Grundzielen möglichst nahe kommt: a) der Vermeidung von Abfallstoffen kommt höchste Priorität vor b) nur noch abbaubare Stoffe dürfen in die Umwelt gelangen, bzw. nicht abbaubare Stoffe dürfen nur in solchen Konzentrationen in die Umwelt gelangen, wie sie nachgewiesener Maßen auch subletal kein Risiko bergen c) die Kreislaufführung der Stoffe
Bewirtschaftung / Nutzungsansprüche	Ein soziales und strukturelles Problem, daß viele unterschiedliche lokale Lösungen zuläßt
Bereich Gewässer / Gewässermorphologischer Gewässerschutz	
Ästhetische Gesichtspunkte	Sind insbesondere für die Akzeptanz bestimmter Maßnahmen von hoher Bedeutung; ihre Wichtigkeit ist mir nicht klar?
Historische Entwicklung	Bewertung nur am Einzelfall möglich
Nutzung/Funktionsfähigkeit	Bewertung nur am Einzelfall möglich
Naturschutz (Arten- und Biotopschutz)	Was ist zu schützen mit welcher Begründung: Spezielle Arten?, spezielle Artengemeinschaften?, Lebensräume?, Nutzungseinheiten?, Landschaftseinheiten?

Für die meisten der genannten Punkte gibt es Lösungsansätze. Keines der Problemfelder läßt sich isoliert betrachten und in aller Regel sind eine ganze Reihe von Interessen (Bodenschutz, Stadtplanung, Landwirtschaft etc.) mitbetroffen. Um der Vielzahl der Interessen gerecht zu werden, ist m.E. die vollkommene Neuordnung der Umweltschutzgesetzgebung notwendig.

Es sollte nur noch einen gesetzlichen Rahmen für die Umweltschutzpolitik geben, der folgende Gesetze ablöst (ähnliches sieht die EU ja durch eine allgemeine Umweltrichtlinie vor):

- Wasserhaushaltsgesetz
- Bodenschutzgesetz
- Bundesimmissionsgesetz
- Naturschutzgesetz
- Kreislaufwirtschaftsgesetz

Folgende Grundsätze sollte das Gesetz beinhalten, bzw. die daraus resultierende Umweltschutzpraxis umsetzen:

- Nicht abbaubare oder in ihrer Wirkung (Langzeitwirkung) nicht ausreichend bekannte Stoffe, dürfen grundsätzlich nicht mehr in die Umwelt gelangen, sondern sind vollständig im Kreislauf zu führen bzw. aufzufangen.
- Bei jeglicher Nutzung eines Gewässer müssen Stoffbilanzierungen als Grundlage dienen.
- Zum Gebot wird die weitgehende Teilstrombehandlung sowie die Kreislaufführung der Stoffe erklärt.
- Ablösung der Grenzwertpraxis durch die Einführung von Einzelfallprüfungen unter Beteiligung von multidisziplinärem Sachverstand und einer demokratisch legitimierten Beteiligung aller Interessensgruppen. Als Zielvorgabe entsprechend abgestimmter Nutzungsansprüche und als

Orientierungshilfe für Entscheidungen, dienen praxisorientierte Stichwortkataloge.

Die Schwierigkeit wird m.E. darin liegen, ein geeignetes Verfahren zu finden, um die Ergebnisse der Einzelbewertungen gegeneinander abzuwägen. In jedem Fall sollte unterschieden werden zwischen:

Tab. 40

Ziele und Nutzungsansprüche

	Beispiele für Ziele bzw. Nutzungsansprüche	
Zielbestimmung	Hochwasserschutz	naturnah
Klassifikation, Typisierung	z.B. 100-jähriges Hochwasser, Wirkungsabschätzung	Gebirgsbach, Wiesenbach, Kalkbach, Tobelbach etc., Gewässerstrukturkarte
Bewertungsverfahren	Kostenschätzung im Schadensfall etc.	ökomorphologische Bewertung: Grad der Naturnähe, Eigenschaften
Bewertung	notwendig	erhaltenswert, sanierungsbedürftig
Abwägung	Erhaltung, Sanierung contra Dammbau	
und politische Entscheidung	Maßnahmen: z.B. Sanierung, Gewässerschutzstreifen	

So trivial diese Unterscheidung sein mag, so oft wird in der Praxis z.B. zwischen Typisierung und Bewertung nicht unterschieden. Der problematischste Punkt ist m.E. der der Abwägung, hierbei gibt es keine formulierbaren Kriterien mehr, die Entscheidung, ob man dem Hochwasserschutz oder der Erhaltung eines "naturnahen" Gewässerzustandes – der Aue beispielsweise – den Vorrang einräumt ist eine ausschließlich interessensabhängige Entscheidung der Entscheidungsträger. Es besteht die Gefahr der überall gleichen Kompromißlösung. Überregional betrachtet, ist diese meist eine schlechte Lösung und kann ggf. zum Ergebnis führen, daß es weit und breit gar keine naturnahen Gewässer mehr gibt ("**Gießkannenprinzip**").

Insbesondere das zuletzt genannte Problemfeld "Naturschutz" erscheint mir als Spezialfall, auf den ich daher etwas näher eingehen möchte:

Eigenrecht der Natur ?

In einem Entwurf des Naturschutzgesetzes (aus Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Bundesnaturschutzgesetzes, BNatSchG vom 5.12.95, Drucksache 13/3207) heißt es, daß Natur und Landschaft auch "**um ihrer selbst willen**" aus der Verantwortung des Menschen für die natürliche Umwelt heraus zu schützen, zu pflegen und zu entwickeln sind. Diese Formulierung bricht mit der an Nützlichkeitserwägungen orientierten Grundkonstruktion bisher geltender Gesetze. Auch bereits das geltende Wasserhaushaltsgesetz legt bei entsprechender Interpretation die Auffassung nahe, daß Gewässer ebenfalls um ihrer selbst willen schützbar sind. Zunächst liegt darin ethisch gesehen vielleicht ein begrüßenswerter Grundsatz, gleichzeitig aber ein großes Problem. Ungelöst ist z.B., wie eine Bewertung auszusehen hat, die die Umsetzung dieses Grundsatzes ermöglicht.

Referenzzustand

In der Natur gibt es keine Endzustände, lediglich Übergänge und Zwischenzustände, die einer ständigen Dynamik unterliegen. Es gibt keine Nützlichkeitsüberlegungen, keine Abwägungskriterien. Folglich kann es auch keinen "natürlichen" Referenzzustand geben. In "naturnahen" Fließgewässern ist Dynamik geradezu das bestimmende Merkmal; ein sich selbst überlassener Bach gräbt sich immer wieder von neuem sein eigenes Bett. Diese Dynamik läßt erst die Vielfalt der Lebensraumverhältnisse entstehen. Hierauf sind die meisten in Fließgewässern lebenden Organismen angewiesen. Jeder Eingriff in diese für jeden Bach individuelle Dynamik hat unweigerlich Änderungen in der Biozönose zur Folge, unabhängig davon ob sie dadurch artenreicher oder artenärmer wird. Wir sind nicht in der Lage, diese Dynamik ganz und gar zu erfassen. Trotzdem wissen wir um sie und kennen ihre qualitativen Merkmale. Diese qualitativen Merkmale lassen sich beschreiben und Schlüs-

se darüber zu, welche Maßnahmen dieser Dynamik eher schaden und welche nicht.

Dehnbare Begriffe

In der öffentlichen Diskussion gilt als angestrebter Zustand häufig das "intakte Gewässer". In der Gesetzgebung werden die Begriffe "natürlich" oder "naturnah" verwendet und oft als "ursprünglich", das heißt vom Menschen unbeeinflußt, interpretiert. Die Schwierigkeiten der Beschreibung und Umsetzung dieses Kriteriums ergeben sich aus zwei Gründen. Zum einen gibt es in Deutschland kein Gewässer mehr, das tatsächlich unbeeinflußt wäre von menschlicher Tätigkeit (als "natürlich" im engeren Sinne des ursprünglichen Gewässerzustandes nach der letzten Eiszeit, könnten allenfalls ausgeprägte Auenlandschaften und Waldbäche gelten). Zum anderen sind die Attribute, die den Begriff des Gewässerzustandes mit Leben füllen, sehr unbestimmt. Offensichtlich handelt es sich dabei ja nicht um etwas Stationäres, eindeutig Festlegbares, sondern um eine individuelle Vielfalt. Kurz gesagt: Flora und Fauna natürlicher Gewässer variieren sowohl untereinander, als auch entlang ihres zeitlichen und örtlichen Verlaufes erheblich.

So unterscheiden sich schon einzelne Bachabschnitte und damit Flora und Fauna z.B. hinsichtlich ihrer Beschattung (Algenwachstum), zeitlich (abhängig von der Witterung, Temperatur, Abfluß) von Saison zu Saison oder durch die Entwicklungszyklen der einzelnen Arten innerhalb eines Jahres, usw..

Auch der Biologe kann in der Regel nur Momentaufnahmen erfassen und von diesen auf prinzipielle Gegebenheiten des Lebensraums schließen. Fehlen in einem Gewässer oder seiner Umgebung bestimmte Lebensbedingungen, so fehlen bestimmte Organismen. Kennt man die Lebensbedingungen eines Gewässers, sowie die Ansprüche der Organismen, so sind zumindest qualitative Aussagen über den potentiellen Organismenbestand möglich. Diese lassen sich erstens nur schwer quantifizieren und schon gar nicht untereinander bewerten. Die natürliche Schwankungsbreite der Besiedlung macht es dabei so schwierig, für ein Gewässer einen definierten "Referenzzustand" anzugeben, der als Maßstab für Vergleiche und Bewertungen gelten könnte. Vielmehr scheint es nötig, den Einzelfall genau zu betrachten und mit Hilfe allgemeiner ökologischer Erkenntnisse den Versuch zu unternehmen, das Gewässer in seinem individuellen Charakter zu erhalten oder zu verbessern. Mit Charakter ist in diesem Sinne keineswegs immer auch Artenvielfalt verbunden.

Dilemma 1: Vielfalt contra Typisierung

Die Erhaltung des individuellen Charakter eines Gewässers widerspricht der Typisierung von Gewässern bzw. der Bewertung oder Umgestaltung von Gewässern anhand dieser Typisierungen. Vielfalt hinsichtlich der Gewässer kann nur erreicht werden, wenn man sie in ihrem überregionalen Zusammenhang betrachtet. Ein wichtiges Bewertungskriterium könnte der Seltenheitsgrad (z.B. anhand von Flora und Fauna) eines bestimmten Gewässertyps in einem größeren regionalen Zusammenhang sein. Um diesem Dilemma auszuweichen ist dennoch der individuelle Charakter des Gewässers zu erhalten (den man im Extremfall, z.B. bei vollkommen kanalisierten Bächen, nicht einmal kennt).

Typisierungen und das Auffinden von Referenzgewässern sind also zunächst zum Verständnis der Gewässerökologie von Nutzen, nicht aber zur Definition von Referenzgewässern oder als Maßstab für Gewässerschutzmaßnahmen.

Dilemma 2: Typisierung = Bewertung ?

Trotzdem die Typisierung von Fließgewässern nützlich und sinnvoll ist, für das ökologische Verständnis gelingt eine solche Typisierung sinnvollerweise nur, wenn das Ziel der Typisierung klar ist, anders gesagt, wenn der Blickwinkel der Betrachtung genau beschrieben ist. Damit entsteht aber das Dilemma, daß eine Bewertung – genau betrachtet – mit der Typisierung schon vorgenommen wurde.

Diesem Dilemma kann nur insofern begegnet werden, indem alle Maßnahmen zum Gewässerschutz dem Prinzip der Fehlerfreundlichkeit genügen sollten, d.h. jeder Eingriff sollte ohne große Maßnahmen wieder reversibel sein; das Dilemma an sich bleibt bestehen.

Dilemma 3: Bewertungsmaßstäbe zu grob vereinfachend ?

Festgelegte Bewertungsmaßstäbe neigen zur groben Vereinfachung. Beispiel aus einer Veröffentlichung des Bundesumweltministeriums zum Stand und zur Perspektive der Gewässerschutzpolitik. Dort steht: "Im Vordergrund ... steht die Entwicklung neuer Bewertungssysteme. Grundlage jeder Bewertung sind die Ziele, die verfolgt werden". Auf der nächsten Seite der Erklärung ist ein Positivbeispiel für ein erreichtes Ziel die Entwicklung der Kleinlebewesen an der Rheinsohle (Artenzahlen) wiedergegeben (Abb. 22). Ohne erklärenden Kommentar suggeriert die Darstellung, daß der heutige Zustand des Rheins dem von 1920 wieder sehr nahe kommt. Diese starke Vereinfachung wird der Sache des Gewässerschutzes in keinem Fall gerecht. Er suggeriert eine Vergleichbarkeit, die m.E. in keinem Fall zulässig ist. Wie die vorliegende Arbeit unter anderem zeigt, hat das Arteninventar des Rheins um 1900 nur noch wenig mit dem von heute zu tun. Die Arten von damals lassen sich, bezogen auf ihre Lebensansprüche und damit auch das Gewässer selbst, gar nicht mehr wirklich vergleichen. Der Rhein in seiner annähernd "natürlichen" Prägung, z.B. gemessen am damaligen Arteninventar, hätte bei aller Unsicherheit solcher Aussagen Platzansprüche, die über die Vorstellungen (Zugeständnisse an die Natur?) der jetzigen menschlichen Bewohner der Rheinlande in jedem Fall weit hinausgehen würden. Für diesen Fall lassen sich sinnvolle Bewertungskriterien also nicht angeben. Ähnliches gilt z.B. für Themen wie das der Neubesiedler (Neozoen) des Rheins (im Schnitt 1 Art pro Jahr). Sind sie "gut" oder schlecht" ? Oder wieviel Umland braucht ein Gewässer ? Welchen Maßstab legt man dabei an ?

Während der Typologe eher an Mittelwerten (Fließgeschwindigkeit, Temperatur, Stoffkonzentrationen, Gewässergröße, Hyporhealtiefe etc.), allenfalls an Streubereichen interessiert ist, sind für die Besiedlung des Gewässers viel eher die Extrema entscheidend. Grenzwerte oder mosaikartige Bereiche z.B. auf der Stromsohle oder im Hyporheal, die für einige Organismen limitierend, für andere lebensnotwendig sind, entscheiden viel eher über das Bestehen von Lebensgemeinschaften und Artendiversität als etwa die mittlere Korngröße. Hiermit soll nochmals verdeutlicht werden, daß es schwer ist "Referenzgewässer" zu definieren, wenn es darum geht, eine breite Vielfalt zu ermöglichen. Die unterschiedlichsten Eigenschaften entscheiden darüber, welche Organismen sich in einem Gewässer finden lassen.

M.E. wäre es ein Fehler, daß für diese Fragen, zusammengefaßt unter dem Begriff „Naturnähe“, eine ähnliches Bewertungsschema entwickelt wird, wie es mit dem Saprobiensystem getan wurde, mit dem Ergebnis Gewässerschutzziel = Gewässergüte II. Statt dessen ist von dieser Grenzwertphilosophie abzusehen und eine individuelle Bewertung (anhand von Kriterienkatalogen) einem entsprechend zusammengesetzten, gut ausgebildeten, demokratisch legitimierten Team (Stichwort "Runder Tisch") anzuvertrauen. Dabei wäre sicher ein Problem, daß die dazu notwendige Weitsicht, die die Ausbildung der einzelnen Teilbereiche einer solchen multidisziplinär und politisch kontrollierten Arbeitsgruppe erfordern würde, bisher nicht gegeben ist.

Die historische Entwicklung einer Landschaft wird noch viel zu wenig in Überlegungen sinnvoller Schutzziele einbezogen (vgl. Kap. 0). Der heute pauschal an der Gewässergüteklasse II orientierte Gewässerschutz müßte sich mehr am konkreten Gewässer orientierten und hin zu einem „individuellen“ Gewässerschutz entwickeln. Neben dem stofflichen Aspekt, der weit in die Siedlungswasserwirtschaft und Landwirtschaft hineinreicht, gehört ein gewässermorphologischer Aspekt, der sich viel mehr als bisher an den lokalen und historischen Gegebenheiten eines Gewässers, auch in kultureller Hinsicht (Nutzungsgeschichte), orientieren müßte. Die Suche nach Refe-

renzgewässern mit entsprechenden, dazugehörigen Organismen ist problematisch, denn u.U. würde gerade damit einer Lebensraum- und Artenvielfalt und der kulturellen Einbindung der Gewässerschutzbewertung eine Absage erteilt. In letzter Zeit wurden einige vielversprechende Ansätze vorgelegt, um zu Leitbildern bei der wasserwirtschaftlichen Planung von Fließgewässern zu kommen (z.B. ESSER 1998). Darin haben die historische Nutzung, die Verbesserung der landschaftsökologischen Gestaltung sowie die Verbesserung der Morphologie eines Fließgewässers zentrale Bedeutung. Vorschläge zu sanitärökologischen Alternativen fehlen bei der Entwicklung von Leitbildern und Maßnahmenkatalogen bisher vollkommen.

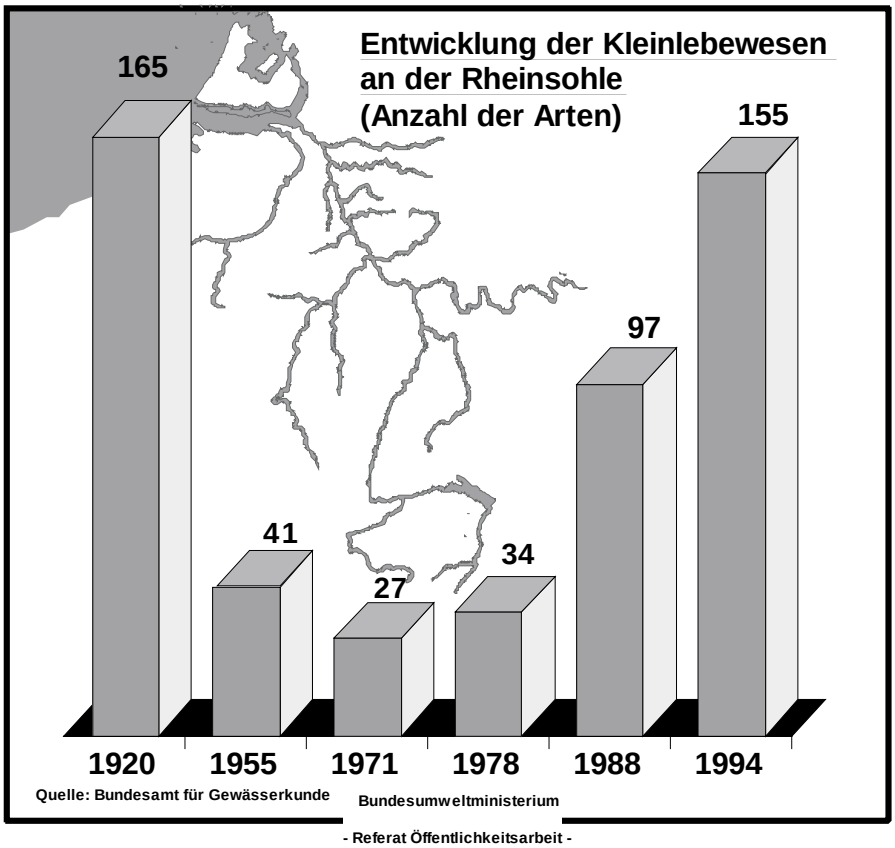


Abb. 22
Entwicklung der Kleinlebewesen an der Rheinsohle [aus: Umwelt 10/1996, S. 334)

Abstimmungsverfahren - „Runde Tische“

Die Vorschläge für das „Abstimmungsverfahren“ sind seit Beginn der 1980er Jahre die gleichen geblieben. Angestrebt wird der „Runde Tisch“ an dem möglichst frühzeitig neben den Behörden, die Verbände, die Fachwelt, Anliegergemeinden, kommunale Gebietskörperschaften sowie betroffene Bürger beteiligt werden sollten.

Bisher haben sich solche Beteiligungsstrukturen nur in Ausnahmefällen durchgesetzt. Wenngleich ihnen eine größere Verbreitung zu wünschen ist, sind sie nicht nur eine Chance. Die Beteiligung möglichst vieler ist noch keine Garantie für einen Erfolg. M.E. liegt in einer breiten und fachlich kompetenten Moderation der entscheidende Schritt zum Erfolg.

Ob die zuvor versuchte Kurzanalyse in der Lage ist, die Erfolge und die Defizite vergangener deutscher Gewässerschutzpolitik (Bewertung) zu beschreiben oder zu stark vereinfacht, stelle ich hiermit zur Diskussion.

„Bewertungsfervahren aus der Praxis für die Praxis“

Der Limnologe Günter Friedrich fordert Bewertungsverfahren „aus der Praxis für die Praxis“ (Günter Friedrich, LWA, Düsseldorf in einem Vortrag 1996 auf einer Tagung der DGL). Auf den ersten Blick scheint dies eine sinnvolle Forderung. Ein ebensolches Vorgehen hat zu Beginn dieses Jahrhunderts zu einer fast ausschließlich an Grenzwerten orientierten Gewässer-

schutzpraxis geführt. Es ist m.W. bis heute keine Verwaltungsstruktur bekannt, die eine alle Interessen abwägende und fachlich wie demokratisch überprüfbare Praxis garantieren würde. Zur Kluft zwischen Wissenschaft und Praxis geht Friedrich davon aus, daß es "uns reicht, in der Praxis oft schon etwas einigermaßen richtig zu erahnen" und klagt die „Bringpflicht der Praxis“ ein, der Wissenschaft geeignete Fragen zu stellen. Mir ist bis heute unklar geblieben, welches Wissenschaftsverständnis sich hinter dieser andersherum formulierten „Abholpflicht der Wissenschaft“ verbirgt. Wissenschaft als ordnendes Instrument für Bewertungsverfahren ?

Referenzzustände

KREBS & TITTIZER (1996) behaupten in ihrer „Bilanz zum Rhein und seinen Auen“, in der sie Literaturdaten zu den Arten des Rheins ausgewertet haben, die Entwicklung des Rheinökosystems bis zu einem weitgehend anthropogen unbeeinflußten Zustand in der Vergangenheit zurückverfolgen zu können. Auf der Grundlage dieser Daten glauben sie einen Referenzzustand benennen zu können, der als Bemessungsgrundlage für Bewertung und Sanierungsmaßnahmen zugrunde gelegt werden kann. Nach ihrer Ansicht ist unter "Zielzustand" derjenige Zustand des Rheins und seiner Aue zu verstehen, der – unter weitestgehender Wahrung menschlicher Nutzungsansprüche – einen möglichst naturnahen Zustand dieses Systems zu reaktivieren versucht." Der Zielzustand sollte sich dabei an einem Referenzzustand orientieren.

Nach TITTIZER & KREBS 1996 wäre ein möglicher Referenzzustand für das Ökosystem Rhein/Rheinaue vor dem 9. Jahrhundert anzusetzen, das heißt vor Beginn der Abholzung der Auenwälder im Hoch- und Oberrheingebiet und dem damit verbundenen Einsetzen der Nutzbarmachung des Rheins und seiner Auen. Ihnen scheint „der Versuch der Reaktivierung eines solchen Zustandes schon deshalb wenig sinnvoll“, weil „Ökosysteme über einen so langen Zeitraum wie von damals bis heute allein durch nicht anthropogene Faktoren (z.B. natürliche klimatische Schwankungen, natürliche hydrologische und morphodynamische Prozesse) verändert werden und es außerdem „an wissenschaftlich verwertbaren Daten zur damaligen Beschaffenheit des Ökosystems“ fehlt.

Ein denkbarer späterer Referenzzustand ist nach Auffassung von Krebs & Tittizer eingangs des 19. Jahrhunderts anzusiedeln. Ihren Angaben zufolge „kann der Zustand des Ökosystems Rhein/Rheinaue um 1800 als relativ natürlich/naturnah angesehen werden“. Aber auch diesem möglichen Referenzzustand um 1800 wird aus Mangel an Daten allenfalls „theoretischer Wert im Sinne eines idealen Leitbildes“ zugesprochen. Für einen angemessenen Referenzzeitraum halten Krebs & Tittizer die Zeit um 1900, da hier erstmalig eine potentiell-natürliche Biozönose beschrieben werden kann:

„An geeigneten Standorten ist die Erhaltung, Wiederherstellung oder Neuschaffung von naturnahen Flächen nach Maßgabe des Referenzzustandes anzustreben. Dort wo dies aus verschiedensten Gründen nicht möglich ist, soll das jeweilige Optimum der Randbedingungen für die Entwicklung der potentiell-natürlichen Lebensgemeinschaft angestrebt werden.“ (TITTIZER & KREBS 1996)

Tittizer & Krebs stellen fest, daß eine Bewertung nicht ausschließlich an höheren Arten, wie z.B. dem Lachs orientiert werden sollte, sondern daß als Ziel „die Annäherung an die frühere Biozönose in ihrer qualitativen und quantitativen Zusammensetzung sein muß“ (TITTIZER & KREBS 1996).

5 Gewässerschutz heute

Hemmnisse für Alternative Konzepte – Abgabe von Verantwortung

Das Wasser kommt heute praktisch in beinahe allen deutschen Haushalten aus dem Hahn, und muß nicht mehr von einem Brunnen geholt werden. Die Ver- und Entsorgung haben heute städtische Ämter übernommen, sie liegt nicht mehr in der Verantwortung des Einzelnen oder einer Gemeinschaft. Geschlossene Wasserklosetts und Kanäle ersetzen die früher für alle einsehbaren Latrinen. Das Badezimmer ist Teil der Wohnungen und damit des Privaten geworden. Die gemeinschaftlichen Abtritte und die für jeden sichtbare Abfuhr der Fäkalien zu den Gärten und Feldern vor der Stadt, werden von einem kanalisierten Ablauf abgelöst. Wasser und Abwasser fließen heute unsichtbar in Leitungen und Kanälen. Das Wasser ist ein Beispiel dafür, daß wesentliche Grundlagen des Lebens der allgemeinen Aufmerksamkeit entzogen sind. Mit dem Maß des Ver- und Entsorgtseins nimmt die Fähigkeit, sich selber zu ver- und entsorgen, ab. Damit einhergehende ökologische Probleme und soziale Vereinsamung werden primär durch spezialisierte Architekten gestalterisch und durch Ingenieure rein technisch ("end of pipe") zu lösen versucht. Die multidisziplinäre Arbeitsgruppe, die die Bewohner berät und gemeinsam mit ihnen verantwortungsvolle Lösungen sucht, fehlt.

Verhaltensgewohnheiten – Bequemlichkeit – Angst vor Verhaltensänderungen

Der moderne Haushalt zeichnet sich durch zahllose Geräte der Bequemlichkeit aus. Luxus und Komfort lassen die Stoff-, Energie- und Abfallströme stetig wachsen. Die potentielle Machbarkeit suggeriert die technische Lösbarkeit aller damit einhergehenden Probleme. Die Folge sind Müllverbrennungsanlagen statt Abfallvermeidungsstrategien, Katalysatoren an Stelle angepaßter Mobilitätssysteme, zentrale Kläranlagen statt Teilstrombehandlung und Nährstoffrückführung. Ein eigenes Zimmer, in jeder Wohnung ein Bad, oft noch zusätzlich eine Dusche, getrennt davon ein Klo und nicht selten eine Gästetoilette, besitzen viele erst seit einigen Jahren oder wenigen Jahrzehnten. Gegen einen massiven ökologischen Wandel steht die weitverbreitete Angst vor Experimenten. Nur nichts verändern, nichts von den erlangten Bequemlichkeiten aufgeben müssen. Was kann man dieser Angst entgegenhalten, wie kann man sie ausräumen ?

Eine heute schon nachweisbar umsetzbare Perspektive der Technik ist, daß man mit regenerierbaren Rohstoffen und sparsameren Geräten, den weitaus größten Teil der erlangten "Bequemlichkeitsstandards" aufrecht erhalten kann. Mit Blockheizkraftwerken, Wärmerückgewinnungsanlagen, intelligenteren Mobilitätsangeboten, leichteren Verkehrsmitteln und effizienteren Antrieben läßt sich auch wirtschaften, Geld verdienen und Arbeitsplätze schaffen. Der Anteil an notwendiger Betriebsenergie wäre geringer, der Anteil an Dienstleistung, die von Menschen vor Ort geleistet werden muß höher. Dies sollte auch für moderne Sanitärkonzepte gelten.

Die Energiekrise war der erste Anlaß, in wenigen Pilotprojekten Alternativen der Ver- und Entsorgung auszuprobieren. Im Vordergrund stand zunächst die Energieversorgung. Das 1982 vom Umweltbundesamt herausgegebene Buch „Ökologisches Bauen" (KRUSCHE et al. 1982) hat einige dieser Projekte dokumentiert. Dieses Buch ist auch heute noch von großem Wert. Zum einen, weil es eine reichhaltige Ideensammlung beinhaltet, zum anderen, weil es heute, nach 15 Jahren, einen Vergleich erlaubt, welche der damals schon vorhandenen Ideen und Konzepte sich wie weiterentwickelt haben. In dem Buch werden zwei ausländische Projekte, das „Naturhuset" (Stockholm) und die „Arche" (Kanada) vorgestellt, da sie „erstmalig außer der Energieversorgung und der Nahrungsmittel- und Wasserversorgung auch die Abfall- und Abwasserentsorgung ökologisch zu lösen versuchten". Be-

reits diese beiden Projekte strebten, insbesondere bei der Abwasser- und Abfallentsorgung, möglichst geschlossene Kreisläufe an. Im Zentrum beider Projekte steht beim Thema Wasser daher das Kompostklo „Clivus multrum“. Das Projekt „Arche“ hat in Europa mittlerweile einen Nachfolger, das Haus „Ramshusene“ in Dänemark, es ähnelt dem Archekonzept sehr stark (ORUM-NIELSEN 1993).

Neben der Umsetzung solcher Bau- und Wohnformen im kleineren Rahmen des ‘Aussiedlerhofes’ bleibt es eine weiterhin dringende und reizvolle Aufgabe, solche Konzepte auch im städtischen Raum zu realisieren. 1987 wurde dazu vom Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau ein Forschungsprogramm „Stadtökologie und umweltgerechtes Bauen“ eingerichtet. Innerhalb des Forschungsprogrammes wurden 38 Modellvorhaben aus unterschiedlichsten Stadtbereichen unterstützt. Die einzelnen Projekte sind an verschiedenen Stellen gut dokumentiert, so daß auf eine Beschreibung an dieser Stelle verzichtet wird (z.B. Ifs 1990, 1991 a,b, Iwu 1991). Wie die Forschungsvorhaben zeigen, lassen sich viele der ökologischen Verbesserungen auch im dicht besiedelten Raum verwirklichen.

Im Vordergrund der vorliegenden Studie lag der stofforientierte Gewässerschutz. Im folgenden sollen daher noch einige Ansatzpunkte erläutert werden, die zu einem zukunftsfähigen Gewässerschutz führen könnten.

Vom Stoffdurchfluß zum Stoffkreislauf

Das Bild des geschlossenen Stoffkreislaufes – im Detail sicher diskussionsbedürftig – scheint mir als richtungsweisendes Bild nachhaltiger Entwicklung bzw. für zukunftsfähige Gestaltung des Gewässerschutzes noch immer das überzeugendste aller bisher vorgeschlagenen Bilder, Modelle, Konzepte oder Ideen zu sein. In vielen Gesprächen, sowohl mit Personen, die sich mit Abwasser beschäftigen, als auch mit Laien, wurde, wenn ich von Kreislauf sprach, zunächst Wasserkreislauf verstanden. Erst nach der Erklärung, daß in der stofflichen Seite des Themas Wasser die brisantere und aktuellere Frage liege, werden entsprechende Argumente erst richtig verstanden.

Für den Gewässerschutz ist daher wichtig den Wasser- vom Stoffkreislauf zu entkoppeln (Abb. 23), ohne aber andere Umweltmedien wie die Luft (Verbrennung) oder Boden (Deponierung) anstatt der Flüsse und Meere zu belasten.

Um Stoffe wiederverwendbar zu halten ist es einleuchtend, verschiedene Abwasserqualitäten möglichst nahe an der Quelle getrennt abzuleiten und zu behandeln.

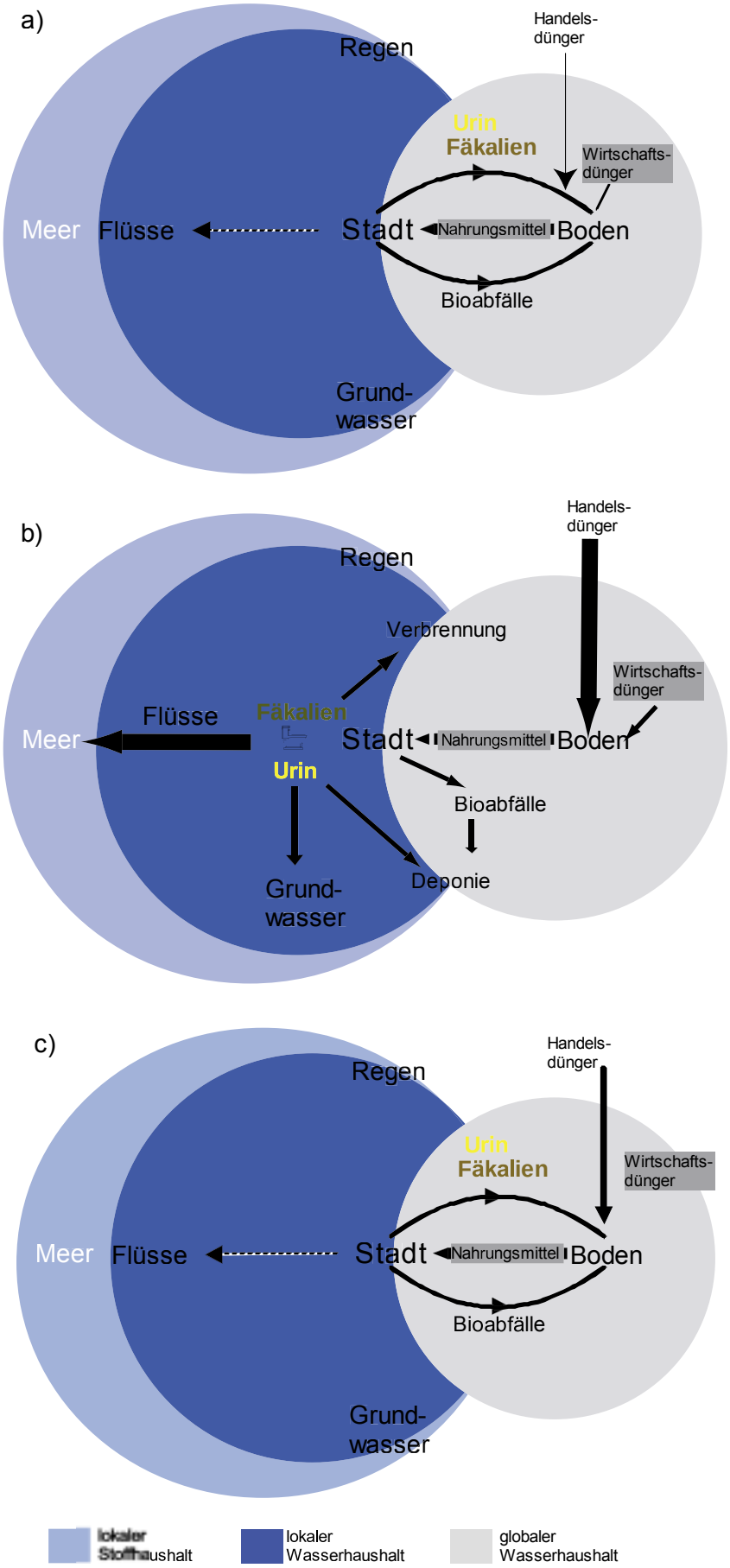


Abb. 23
Vereinfachtes Modell der Abfallwirtschaft: a) vor der industriellen Revolution (bis ca. 1850), b) des ausgehenden 19. und des 20. Jahrhunderts, c) Vorschlag für das 21. Jahrhundert

Seitdem die Waschmittel nahezu phosphatfrei sind, sind Urin und Fäkalien die Teilströme häuslichen Abwassers, die bis zu 90 % der Nährstoffe enthalten (vgl. Tab. 41).

	Schwarzwasser (ohne Spülwasser)		**Grauwasser**
	Urin	**Faeces**	**Küche, Bad, Putzen**
Menge [l/a*E]	500	50	30000
Org. Kohlenstoff [kg/a*E]	6,00	17,00	5,50
Stickstoff (Kjedahl) [kg/a*E]	5,00	0,50	0,30
Phosphor [kg/a*E]	0,40	0,2	0,05
Kalium (K_2O) [kg/a*E]	1	0,17	1,1

Tab. 41
Größenordnungen an organischem Material, Stickstoff und Phosphor in verschiedenen Abwasserteilströmen der privaten Haushalte (zusammen-gestellt nach Documenta Geigy, Wissenschaftliche Tabellen, Basel 1981, Vol.1, LARSEN & GUJER 1996, FITSCHEN & HAHN 1998)

Erst in den letzten Jahren befassen sich einige wenige mit der Entwicklung alternativer Sanitärkonzepte, die die Trennung der Abwasserteilströme zur Grundlage haben. Im Folgenden werden eine Reihe von Vorschlägen für einen verbesserten Gewässerschutz skizziert, die zum Teil auf historischen Vorbildern aufbauen.

Die in Wohnsiedlungen anfallenden Stoffe bzw. Abwässer lassen sich im Hinblick auf Wiederverwendung und sinnvolle Behandlungsmöglichkeiten in 5 Gruppen einteilen:

- Bioabfälle (reich an organisch gebundenem Kohlenstoff)
- Fäkalien und Urin (reich an Nährstoffen)
- Regenwasser
- Grauwasser (in der Regel wenig Nährstoffe, aber oft auch stark organisch belastet)
- Restmüll (bei rationeller Wiederverwendung von Verpackungen sehr kleine Fraktion).

Ohne einen direkten Vergleich anzustreben ähnelt diese Differenzierung in auffälliger Weise dem Modell der Abwasser- und Abfallwirtschaftsmodell aus der vorindustriellen Zeit (vgl. Abb. 23).

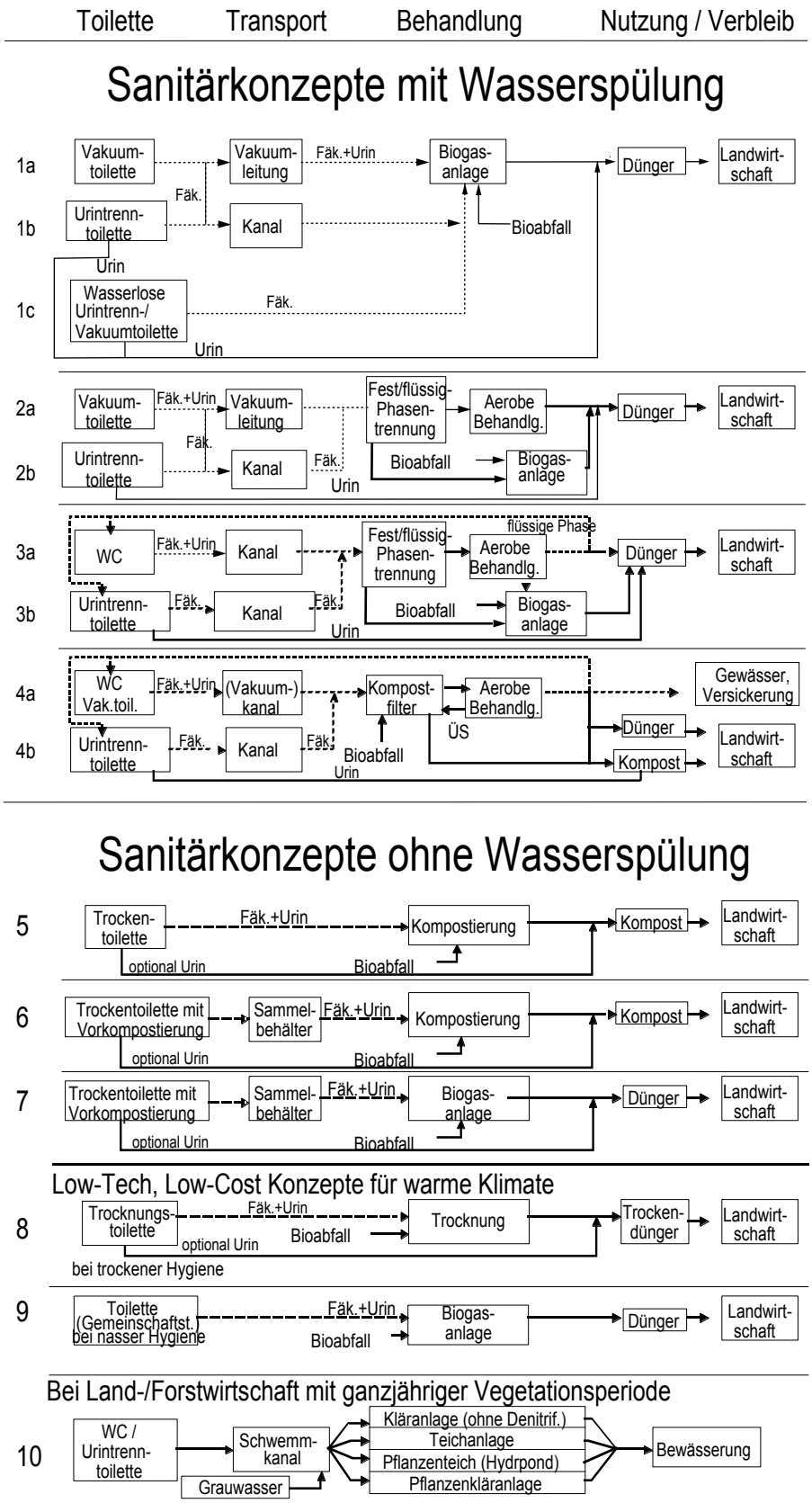
Bewertungskriterien einer an Stoffkreisläufen orientierten Siedlungswasserwirtschaft sollten sein:

- geringerer Energiebedarf
- geringerer Trinkwasserbedarf
- höhere Rate der Nährstoffrückgewinnung und Wiederverwendung
- geringere Schadstoffeintrag
- höhere Wasserqualität der Vorfluter
- Einhaltung bzw. Verbesserung bestehender Hygienestandards
- geringere Investions- oder Betriebskosten
- ausreichend soziale Akzeptanz

Auf der Basis dieser Einteilung können verschiedene Sanitärkonzepte entwickelt werden (vgl. Tab. 42). Allesamt versuchen sie, die Nährstoffe im Abwasser möglichst an der Quelle zu erfassen und in einen Wertstoff zu verwandeln (Abb. 24). Die grundlegende Idee dabei ist die Unterscheidung, ggf. Trennung und unterschiedliche Behandlung von Teilströmen wie z.B. Grauwasser, Duschwasser, Schwarzwasser, Urin, Fäkalien, flüssiger Anteil Schwarzwasser, fester Anteil Schwarzwasser. Die Behandlungsverfahren sind die biologische Oxidation, die Fermentierung, die Kompostierung sowie die Trocknung.

Tab. 42

Verschiedene am geschlossenen Stoffkreislauf orientierte Sanitärkonzepte (ergänzt und verändert nach OTTERPOHL & OLDENBURG 1998)



Die in Tab. 42 vorgestellten Verfahrensvarianten für semizentrale und dezentrale Sanitärkonzepte, sind bisher nur zum Teil praktisch erprobt. Die Darstellung der Möglichkeiten soll vor allem zur Entwicklung von Pilotprojekten anregen, in denen eine Optimierung der jeweiligen Komponenten er-

folgen muß. Für einige der hier aufgeführten Systeme sind in den letzten Jahren Patente angemeldet worden.

Die Varianten 1a-c versuchen durch den Einsatz wassersparender Toiletten die Verdünnung des Schwarzwassers (Urin: 0 - 0,2 l/Spülung; Fäkalien: 1-6 l/Spülung) so gering wie möglich zu halten. Die geringe Verdünnung ist eine Grundvoraussetzung, um das Schwarzwasser zusammen mit organischen Abfällen vergären zu können. Am weitesten entwickelt ist der Einsatz von Vakuumtoiletten (Tab. 42,1a), die im Schiffsbau seit Jahrzehnten im praktischen Einsatz sind. Sie benötigen je Spülung zwischen 0,5 - 1,0 l Wasser. Der Bioabfall kann entweder über Bioabfallzerkleinerer in das Vakuumsystem eingebracht werden, oder nach Sammlung zentral in die Vergärungs(Biogas-)anlage gegeben werden. Das Vergärungsprodukt ist aufgrund des hohen Nährstoffgehalts (P, N, K) ein hochwertiger Flüssigdünger und kann in der Landwirtschaft eingesetzt werden. Alternativ zur Vakuumtoilette kann auch eine Urintrenntoilette (=Separationstoilette, Tab. 42,1b) oder eine Urintrenn-Vakuumtoilette (Tab. 42,1c) eingesetzt werden, die eine getrennte Abführung von Urin und Fäkalien ermöglicht. Beim Urin kann mittels eines alkoholhaltigen Syphons als Geruchsverschluß – ähnlich wie bei den mittlerweile verbreiteten wasserfreien Urinalen – auf eine Wasserspülung auch ganz verzichtet werden. Dies hat den zusätzlichen Vorteil, daß sich kein Urinstein bildet, der vor allem dann entsteht, wenn Urin mit kalkhaltigem Wasser vermischt wird. Der separat abgeführte Urin kann nach der Biogasanlage dem Flüssigdünger wieder zugesetzt werden. Dadurch wird auch einer möglichen Stickstoffhemmung im Gärreaktor vorgebeugt. Alternativ hierzu kann natürlich auch eine getrennte Sammlung des Urins und Nutzung des nährstoffhaltigen Teilstroms erfolgen. Hinsichtlich der Sammlung und Lagerung des unverdünnten Urins besteht noch erheblicher Forschungsbedarf. Auch wenn auf eine separate Urinableitung vorerst verzichtet wird, lohnt sich der Einsatz von Separationstoiletten schon allein aus wirtschaftlichen Gründen. Die Urinableitung kann direkt hinter der Toilette wieder an die Fäkalienleitung angeschlossen werden und damit sehr viel Wasser sparen. Außerdem wäre damit die Voraussetzung für eine getrennte Ableitung und Behandlung des Urins geschaffen (vgl. z.B. LARSEN & GUJER 1996).

Trotz des Einsatzes der genannten Wasserspartoiletten, ist der Trockensubstanzanteil für den Betrieb einer Biogasanlage immer noch sehr niedrig. Um das Biogasanlagenvolumen zu verringern, kann man eine fest/flüssig Phasentrennung vorschalten, die den Feststoffanteil aufkonzentriert (Tab. 42,2). Die aerobe Behandlung der flüssigen Phase erzeugt einen nitrathaltigen Gesamtablauf, der nach Vermischung mit dem Ablauf der Biogasanlage zur Düngung verwendet werden kann. Eine Denitrifikation muß daher in der aeroben Behandlungsstufe ausgeschlossen werden. Bei Systemen mit höherem Spülwasserverbrauch (herkömmliche Spültoiletten) kann dieser Teilstrom nach aerober Behandlung als Brauchwasser zur Spülung genutzt werden (Tab. 42,3). Durch die Rezirkulation erfolgt eine Aufkonzentration von Nährstoffen, hierdurch wird bei Ausschleusung aus dem System eine erhöhte Düngewirkung und ein höherer Feststoffgehalt des Flüssigdüngers erreicht. Beim Einsatz eines Kompostfilters für einen Rotteprozeß, wirkt dessen organisches Füllmaterial (Holzhäcksel o.ä.) als Filter für die im Schwarzwasser enthaltenen Feststoffe (Tab. 42,4). Durch den intermittierenden Betrieb findet nach einer längeren Beschickungsphase eine gemeinsame Kompostierung mit dem zugegebenen Bioabfall statt. Die bei der Beschickung verbleibende flüssige Phase muß einer anschließenden aeroben Reinigung zugeführt werden und kann mit dem Kompost als Flüssigdünger genutzt werden. Bei Ableitung der flüssigen Phase bleiben die darin enthaltenen Nährstoffe ungenutzt, eine partielle Denitrifikation ist nötig. Eine Verwendung als Brauchwasser reduziert zwar das Wasservolumen, verringert allerdings nicht die emittierten Nährstofffrachten (P, K).

Trockentoiletten

Die Verwendung von Trockentoiletten ohne Wasserspülung sind verbunden mit einer Kompostierung (mit Bioabfall), wobei entweder ein Großkomposter direkt unter den Toiletten (dezentrale Lösung, Tab. 42,5) oder eine zentrale Kompostierung (Tab. 42,6) eingesetzt wird. Vor allem Komposttoiletten über mehrere Stockwerke haben den Nachteil des relativ hohen Platzbedarfes und Installationsaufwandes im Gebäude (4-Personen-Haushalt ca. 8 - 10 m^3 Brutto-Raumbedarf). Komposttoiletten erbringen bei guter Wartung und ausreichender Beschickung und Be- bzw. Entlüftung einen hervorragenden Kompost. Bei der Kompostierung ist nach Möglichkeit darauf zu achten (z.B. durch Entlüftung), daß der Trockensubstanzgehalt zwischen 50-60% beträgt. Kompost ist nach entsprechender Verweilzeit seuchenhygienisch einwandfrei und kann ohne weiteres im eigenen Garten weiterverwendet werden. Bei Konzepten mit Komposttoiletten ist an den Energieverlust durch Austrag via Lüftung und an ein langfristiges Konzept zur Verwertung des anfallenden Komposts zu denken. Für die Verwertung erforderlichen Flächen liegen bei 200 - 400 m^2/E. Eine getrennte Erfassung des anfallenden Urins ist bei diesen Anlagen möglich, dieser kann als Stickstoffdünger eingesetzt werden. Die semizentrale Kompostierung verringert den Installationsaufwand, der Benutzer muß die Toilette in regelmäßigen Abständen in den zentralen Komposter entleeren. Als Alternative zu festen Sammelbehältern bieten sich Tüten aus kompostierbarem Material an. Statt eines zentralen Komposters kann auch eine Biogasanlage zur Behandlung der vorkompostierten Fäkalien und des Bioabfalls eingesetzt werden (Tab. 42,7).

Sanitärkonzepte für wärmere Klimate

Ein an wärmere Klimazonen angepaßtes Konzept ist die solarerwärmte Trocknungstoilette (WINBLAD 1996). Eine Kontrolle des Feuchtigkeitsbereichs, d.h. eine kontinuierliche Be- bzw. Entlüftung wie bei Kompostern, kann entfallen. Das Material trocknet und ist nach 1-2 Jahren Aufenthaltszeit als Dünger oder Brennstoff verwertbar (Tab. 42,8). Das Konzept eignet sich vor allem bei Kulturen, die eine „trockene Hygiene“ (-Stichwort Klopapier-) gewohnt sind. Bei „nasser Analhygiene“ eignen sich einfache Konzepte mit Biogasanlagen, wie sie zu Tausenden in Indien und China verbreitet sind (Tab. 42,9).

Alle in Tab. 42 unter 1-9 skizzierten Konzepte beruhen auf einer separaten Grauwasserreinigung, für die verschiedene Verfahren Anwendung finden können:

- Biofilmverfahren (Tropfkörper, Festbetten, Belüftete Sandfilter u.a.): technische Lösungen, die einen kompakte Bauweise aufweisen, einen hohen Energieverbrauch haben und eine regelmäßige Wartung erfordern
- Naturnahe Verfahren, wie Pflanzenkläranlagen, Teichanlagen mit geringem Energieverbrauch und geringem Wartungsaufwand
- Aquakultursysteme, die allerdings raumintensiv sind und in kalten Klimaten sehr kosten- und energieintensiv sein können.

In Regionen mit ganzjährig wärmeren Klimazonen können aerobe Verfahren mit Teichanlagen, mit oder ohne Bepflanzung (Hydroponds, Lagoons), oder auch Pflanzenkläranlagen (Tab. 42,10) eingesetzt werden. Das gereinigte Abwasser mit den verbleibenden Nährstoffe kann zur Bewässerung und somit zum Pflanzenwachstum genutzt werden. Hierbei ist die Vermischung des Schwarz- mit Grauwassers sinnvoll.

Diese Konzepte können ein notwendiger Basisbestandteil einer dauerhaften Landwirtschaft sein. Zusätzlich können sie durch die Anhebung des Kohlenstoffgehaltes im Humus dem anthropogen verstärkten Treibhauseffekt entgegenwirken.

Erste Pilotprojekte des „Kombi-Vak“-Konzeptes

Die Vakuumsammlung und anaerobe Behandlung von menschlichen Fäkalien, Urin und organischem Hausmüll zu Biogas („kombinierte Vakuumentwässerung“ = „Kombivak“, Tab. 42,1) ist ein noch relativ neues Konzept, das derzeit für einige Neubaugebiete in Deutschland (z.B. Freiburg, Lübeck, Magdeburg) und Linz (Österreich) in Planung ist. In Freiburg liegen erste

Erfahrungen aus dem Betrieb einer Versuchsanlage vor (LANGE 1997). Das Vorhaben wird wissenschaftlich begleitet und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Das Konzept basiert auf einer gesonderten Abführung von Fäkalien und Urin mit Vakuumtoiletten (VC). Diese ermöglichen, durch geringe Verdünnung, eine getrennte anaerobe Verarbeitung (Energiegewinn statt Verlust bei aerober Behandlung) von Fäkalien, zusammen mit vorsortierten organischen Haushaltsabfällen zu flüssigem Volldünger (Ersatz der energieaufwendigen Handelsdüngerproduktion).

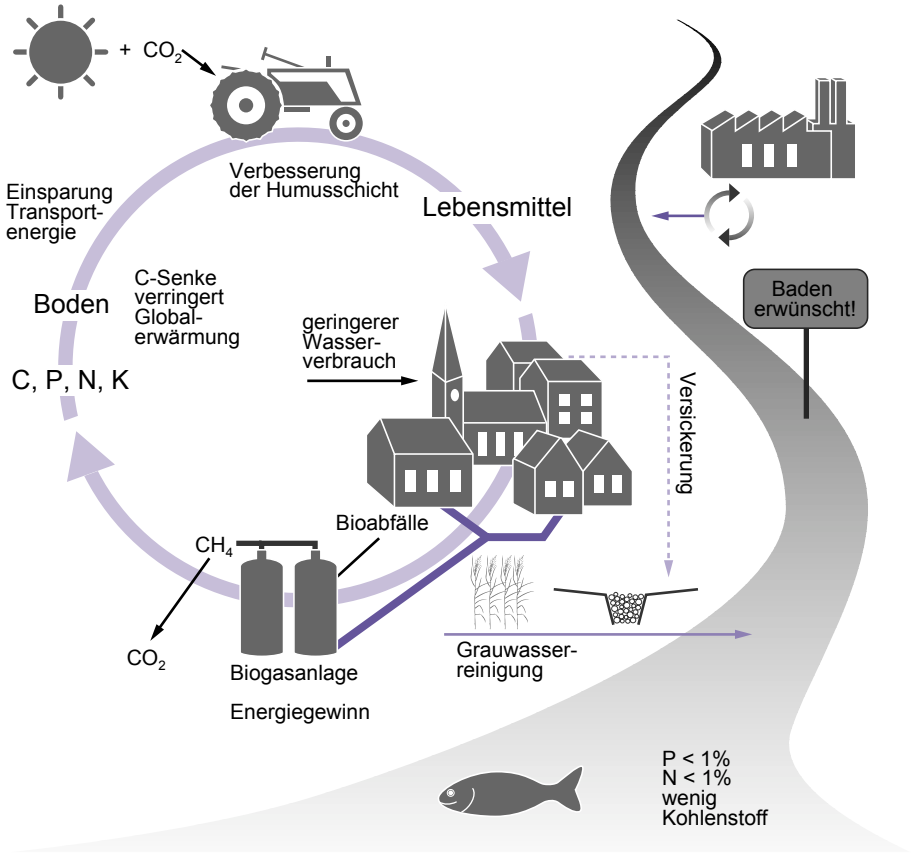


Abb. 24
Schematische Darstellung der Stoffströme bei der kombinierten Vakuumentwässerung

Der semizentrale Anaerobreaktor wird durch Vakuumleitungen beschickt (DN 50), die gleichzeitig den Unterdruck für die Toilettenspülung liefern (Doppelnutzung). Die Anlage ist abflußlos. Ihr Inhalt wird nach Abschluß des Gärprozesses in saisonale Speicherbecken zum Landwirt transportiert. Das übrige anfallende Abwasser (Grauwasser) ist relativ leicht zu reinigen, da keine Nährstoffelimination nötig ist. Im Lübecker Pilotvorhaben sind dezentrale Pflanzenkläranlagen vorgesehen, die im günstigsten Falle ohne jede Hilfsenergie auskommen. Bei geringerem Platzangebot in Innenstädten kann auf konventionelle technische Lösungen (unterirdische belüftete Sandfilter, Scheibentauchkörper, Tropfkörper etc.) zurückgegriffen werden. Regenwasser kann in vielen Fällen vor Ort z.B. durch Mulden und Rigolen versickert werden. Die Rigolen bilden gleichzeitig die Vorflut für den Anteil des gereinigten und nicht wiederverwendeten Grauwassers (Doppelnutzung). Auf ein teures, zentrales Kanalnetz kann somit verzichtet werden.

Die Grundvoraussetzung zur Kombination von Vakuumtoiletten, Vakuumtransport und Vergärung, die in den Grundzügen 1993 erstmals veröffentlicht wurde (OTTERPOHL & NAUMANN 1993), ist die gesonderte Behandlung von Fäkalien und Urin zusammen mit organischen Haushaltsabfällen.

Die geringe Spülmenge der Vakuumtoilette und die damit verbundene geringere Verdünnung der Fäkalien, erlaubt ihre Behandlung in Anaerobreaktoren (Biogasanlagen), wenn eine separate Grauwasserreinigung vorgenommen und das Regenwasser getrennt abgeleitet wird. Erfahrungen mit Vakuumtoi-

letten im Siedlungsbereich liegen z.B. aus einer fünfjährigen Erprobungsphase eines Pilotprojektes in Hamburg-Norderstedt der Fa. Triton-Belko vor (HEPCKE 1996). Die Vakuumanlage befindet sich dort, kombiniert mit einer biologischen, belüfteten Abwasseraufbereitungsanlage, im Keller eines Wohnblocks mit 12 Wohnungen und 31 Einwohnern. Die Dokumentation der 5-jährigen Erprobungsphase enthält Aussagen zu Geräuschemissionen, Benutzerverhalten, Störfällen sowie zum Wasser- und Energieverbrauch. Nach anfänglichen Schwierigkeiten sind die Erfahrungen durchweg positiv. Im Bereich der Vakuumtoiletten traten nur "zwei echte" Störungen auf. Sie bezogen sich auf defekte Ventile und Kalkablagerungen an den Spülringen. Der spezifische Wasserverbrauch der Toiletten betrug im Mittel ca. 1 Liter pro Spülung und 5 l pro Einwohner und Tag. Der Stromverbrauch lag mit ca. 8 kWh pro Einwohner und Jahr noch recht hoch. Obwohl das Gesamtkonzept neu ist, sind sämtliche Komponenten dieses Sanitärkonzeptes in anderen Zusammenhängen seit langer Zeit bekannt und zum Teil im praktischen Einsatz (vgl. z.B. BRAND 1994).

Vakuumableitung eine über 100 alte Erfindung

Die Idee der Vakuumableitung von Abwasser ist über 100 Jahre alt. Der Holländer LIERNUR (1873) hatte schon im letzten Drittel des vorigen Jahrhunderts ein Vakuumsystem entwickelt, das unter anderem von den Mitgliedern des „Internationalen Vereins für Reinhaltung der Flüsse, des Bodens und der Luft“ als Alternative zur Schwemmkanalisation gehandelt wurde. Es kam jedoch nur einige Jahrzehnte vor allem in einigen Städten Hollands zum Einsatz (vgl. Kap. 2.6). Erst in den 50er Jahren wurde das Vakuumsystem von Joel Liljendahl in Schweden wieder eingeführt. Heute werden in vielen Gemeinden u.a. Schwedens, Deutschlands und den Niederlanden die Abwässer von ganzen Ortschaften durch Vakuumleitungen entwässert. Der Nachteil gegenüber den anderen Ableitungssystemen liegt in den relativ hohen Kosten einer zentralen Vakuumstation. Trotzdem sind in den Niederlanden (meist aus Gründen zu geringen Gefälles) immerhin 10 % der Einwohner an ein Vakuumsystem angeschlossen. Nachteil bei der Ableitung von häuslichem Mischabwasser durch Vakuumleitungen, ist vor allem der erhebliche Energieaufwand.

Vakuumtoiletten

Heute werden Vakuumtoiletten vor allem auf Schiffen, in Flugzeugen (z.B. Airbus A 320, mit 0,2 l Spülvolumen) und in Zügen (z.B. im ICE) eingesetzt. Bei jeder Spülung werden ca. 60 - 70 Liter Luft und weniger als 1 Liter Wasser in das Rohrleitungssystem, in dem ein Unterdruck von 0,4-0,6 bar herrscht, eingesaugt. Diese Luft drückt den Flüssigkeitspfropfen durch die Rohrleitung in Richtung Sammelbehälter. Die Anlagen verfügen meist über einen Vorlagebehälter, der Vakuum für einige Spülungen vorhält, bevor die Pumpe wieder arbeiten muß. Die abgesaugte Luft gelangt in die Atmosphäre und sollte bei größeren Anlagen über einen Kompostfilter von Gerüchen befreit werden.

Die Wirtschaftlichkeit einer Vakuumanlage mit Vakuumtoiletten hängt sehr stark von der Benutzungshäufigkeit, der einstellbaren Spülmenge sowie den Wasser-/Abwassergebühren ab. Der Strombedarf für das Vakuum liegt bei etwa 5-8 kWh pro Einwohner und Jahr. Das Entwicklungspotential dieser Technologie steckt hier im Detail und die Entwicklung für den Siedlungsbereich steht noch am Anfang.

Ein spezielles Einsatzgebiet für Vakuumtoiletten sind die radiologischen Abteilungen der Krankenhäuser. Um die Emission radioaktiver Stoffe zu reduzieren, kommt es hier darauf an, möglichst wenig Abwasser anfallen zu lassen und dieses möglichst lange „abklingen“ zu lassen, solche Anlagen heißen daher auch Abklinganlagen.

In Wohnhäusern sind Vakuumtoiletten bisher eine Rarität und nur in ganz wenigen Pilotprojekten eingesetzt (vgl. oben, HEPCKE 1996).

Die Vakuumleitungen haben wesentlich kleinere Querschnitte (DN 50), als die herkömmlichen Freispiegelkanäle. Sie können z.B. mit dem Nahwärme-

netz eines Blockheizkraftwerkes (BHKW) oder anderen Leitungen zusammen verlegt werden, da sie kein Gefälle benötigen. Das Biogas kann in einem BHKW in Strom und Wärme umgewandelt werden, wobei auch die Wärme für die Beheizung der Biogasanlage erzeugt wird, oder aber auch zu Kochgaszwecken verwendet werden. Bioabfälle können über Biotonnen oder abbaubare Tüten gesammelt und über Zerkleinerer in das Vakuumsystem eingebracht werden.

Biogasanlagen

Anaerobreaktoren oder Biogasanlagen (bei Nutzung des Gases) sind in großer Zahl bei der Industrieabwasser- und Güllebehandlung im Einsatz. In gemäßigten Klimazonen müssen die Reaktoren beheizt werden, um kurze Behandlungszeiten und damit für dichter bebaute Gebiete vertretbare Behältergrößen zu erreichen. Durch die gesonderte Behandlung des Schwarzwassers (Toilettenabwasser) zusammen mit organischen Haushaltsabfällen findet keine Vermischung mit dem übrigen Abwasser statt. Das dabei entstehende Produkt ist ein in der Landwirtschaft verwendbarer Flüssig-Volldünger.

Erwartete Vorteile des „Kombi-Vak-Konzeptes“

(1) Nährstoffrückführung: Phosphor, Stickstoff, Kalium, Schwefel etc. können fast vollständig in die Landwirtschaft zurückgeführt werden.

(2) Die Wasserersparnis beträgt bis zu 30%.

(3) Energiegewinn: Der Energieverbrauch für die aerobe Behandlung des Abwassers wird stark verringert, der für die Nitrifikation (größter Anteil) entfällt. Gleichzeitig kann der erhebliche Energieaufwand zur Herstellung von Handelsdünger eingespart werden. Bei der Anaerobbehandlung wird statt dessen nutzbare Energie frei.

(4) Verwertung von etwa 30 Gewichtsprozent des Hausmülls (heutige Zusammensetzung) im Kreislauf.

(5) Kostengünstige Grauwasserreinigung: Das fäkalienfreie Abwasser (Grauwasser) hat keinen Nährstoffüberschuß (Stickstoff und Phosphor) und ist damit einfach und mit geringem Energieaufwand zu reinigen.

(6) Materialeinsparung: Bei der meist auch in städtischen Gebieten möglichen Versickerung von Regenwasser kann auf eine zentrale Kanalisation verzichtet werden. Für die Hausinstallation, die Grundstücksentwässerung sowie die Anlagentechnik wird dann weniger Material (vor allem Beton) benötigt.

(7) Verbesserung der Humusschicht landwirtschaftlicher Flächen durch Rückführung organischer Stoffe. Durch C-Anreicherung im Oberboden wird der Globalerwärmung entgegengewirkt (ARRHENIUS 1992).

(8) Vermeidung von Mischwasserentlastungen (Rohabwasser in Gewässer)

(9) Weitergehender Gewässerschutz ohne extreme Kosten. Das Baden in den Fließgewässern wäre wieder möglich (lokale Lebensqualität), da die Belastung mit pathogenen oder fäkalen Bakterien weitgehend oder ganz vermieden wird.

Kosten

Über Kosten des skizzierten Konzeptes läßt sich derzeit nur spekulieren. Sie hängen ganz wesentlich von den Randbedingungen (Platzangebot etc.), der Anschlußgröße, konzeptionellen Entscheidungen wie dem Anlagenkonzept (Covergärung, Hygienisierung) ab. Hier ist vieles erst in der Entwicklung, eine Standardisierung ist allenfalls bei der Vakuumtechnologie abzusehen und man wird die Ergebnisse der ersten Pilotanlagen abwarten müssen.

Düngerqualität

Das oben vorgestellte Konzept basiert auf der Idee einer Zusammenarbeit mit Landwirten aus der Region, die den erzeugten Flüssigdünger langfristig verwenden. Die Umsetzung des Konzeptes ist nur dann sinnvoll, wenn ein oder mehrere zuverlässige Abnehmer gefunden werden. Im Gegenzug können die Produkte des entsprechenden Betriebes im Siedlungsgebiet angebo-

ten werden. Da im Sinne der Dauerhaftigkeit ökologisch wirtschaftende Betriebe auf natürliche Kreisläufe setzen, ist das Schließen des Nahrungskreislaufes eine konsequente Fortführung der Grundideen. Die neuen Möglichkeiten müssen allerdings mit den Anbauverbänden diskutiert werden und dann Eingang in die jeweiligen Richtlinien finden. Bei biologisch-dynamischen Landwirten wird die zu schnelle Wiederverwendung von menschlichen Ausscheidungen abgelehnt. Nach EU-Recht ist die Verwendung des Düngers bei Biobauern zur Zeit untersagt. Die ersten Untersuchungen des Flüssigdüngers aus einer Pilotanlage bestätigen die Erwartungen hinsichtlich Nährstoff- Schwermetall- und Schadstoffgehalte (LANGE 1997).

Energiebilanz

Für ökologische Sanitärsysteme spielt der Energieverbrauch eine große Rolle (vgl. Tab. 43). Ein erster Versuch eines ökologischen Vergleichs zwischen dem „KombiVak-Konzept“ mit dem konventionellen Ansatz „WC, Schwemmkanal und Kläranlage“ der Industrieländer, ist in Tab. 43 dargestellt. Die Gegenüberstellung zeigt, daß von dem vorgeschlagenen Konzept eine verbesserte Energiebilanz erwartet werden kann. Durch die Gewinnung von Biogas, anstelle des energieaufwendigen aeroben Abbaus der organischen Stoffe und der nicht erforderlichen Nitrifikation, hat das vorgeschlagene System hier Vorteile. Eine adäquate Ökobilanzierung konnte aus den wenigen bisher vorliegenden Daten noch nicht vorgenommen werden.

Tab. 43
Abschätzung der Emissionen, Primärenergieverbrauch (Annahme u.a.: Biogasverwendung in einem Blockheizkraftwerk, BHKW) und Materialintensität (nach RECKERZÜGL 1997) des neuen Sanitärkonzeptes (ergänzt nach LANGE & OTTERPOHL 1997, OTTERPOHL & OLDENBURG 1998)

WC und Schwemmkanal			**Kombi-Vak**	
Emissionen				
		kg/(E*a)		kg/(E*a)
	CSB	3,6	CSB	0,8
	BSB_5	0,4	BSB_5	0,1
	$N_{ges.}$	0,73	$N_{ges.}$	0,2
	$P_{ges.}$	0,07	$P_{ges.}$	0,01
	K^1	(>1,7)	K^1	(<0,4)
Energie				
		kWh/(E*a)		kWh/(E*a)
Trinkwasser-versorgung		-25	Trinkwasser-versorgung	-20
Abwasser	Reinigung	-85	Vakuumsystem	-25
			Grauwasser-reinigung	-2
			Schlammtransport	-20
			Biogasgewinn	110
			Dünger-substitution	50
Gesamt		-110		93
Material-intensität	**t/(E*a)**	**3,6**	**t/(E*a)**	**1,3**

Offene Fragen

Für die Umsetzung der ersten Pilotvorhaben wird derzeit an folgenden Details (Fragen) gearbeitet:

1. Entwicklung von kostengünstigen und energetisch optimierten Unterdruckanlagen und Vakuumleitungen für verschiedene Ausbaugrößen
2. Reinigungsverfahren für zugesetzte Vakuumleitungen
3. Schalltechnische Verbesserungen an der Toilette
4. Alternativen zur Vakuumtoilette bezogen auf den Wasserverbrauch (z.B. Trenntoiletten, Trenn- Vakuumtoiletten)
5. Entwicklung kostengünstiger und betriebsstabiler Biogasanlagen
6. Beherrschung möglicher Stickstoffhemmungen bei der Vergärung (z.B. durch Co-Fermentation)
7. Hygienische Anforderungen an die Verfahrenstechnik

8. Beherrschung von Geruchsemissionen
9. Positiv- und Negativlisten von Sanitärreinigern, Putzmitteln etc.
10. Informationsunterlagen für zukünftige Benutzer
11. Kostenoptimierte Ausbaugrößen
12. Lagerungs- und Ausbringungsfragen in der Landwirtschaft

Psychosoziale Hemmnisse

Die Einführung der Kanalisation gilt im Rückblick als eines der größten Reformprojekte des 19. Jahrhunderts. Mit ihm verbunden war ein starker Wandel des Schamempfindens, der Hygienevorstellungen und des Reinlichkeitsstandards sowie die Privatisierung vorher eher halböffentlichen Verhaltens. Die Durchsetzung dieser neuen Verhaltensstandards und Vorstellungen war konfliktbeladen und langwierig, sie verlief sozial ungleich und mußte vielen über den Umweg von öffentlichen Einrichtungen wie Krankenhäusern und Kasernen regelrecht aufgezwungen werden. Die Intimisierung von Körperfunktionen und die Erhöhung der Reinlichkeitsstandards und Schamschwellen hält bis heute an. Die Einführung neuer ökologischer Sanitärtechniken, sei es auf Basis von Kompost- Trenn- oder Vakuumtoiletten, scheint einen ähnlich tiefgreifenden kulturellen Wandel vorauszusetzen. Man muß wohl auch mit ähnlich langen Zeiträumen der Durchsetzung rechnen, zumal sich die Menschen heute viel weniger als noch vor hundert Jahren zu Verhaltensänderungen zwingen lassen. Um so wichtiger scheint es mir, sobald als möglich, durch eine Vielzahl von Pilotprojekten, unter frühstmöglichen Beteiligung der Betroffenen, Identifikationsmöglichkeiten zu schaffen. Nur wenn sich die zukünftigen NutzerInnen selbst für die eine oder andere sanitärökologische Alternative entscheiden, können solche Konzepte mit dauerhaftem Erfolg in den Wohnalltag integriert werden.

Fehler bei der Stadtplanung – Fehlendes Zusammendenken

In Zukunft wird verstärkt darüber nachzudenken sein, ob verdichtete Bauweisen und Nachverdichtungen in den Städten weiterhin sinnvoll sind, wenn dabei z.B. auf Pflanzenkläranlagen, Biogasanlagen, Regenwasserversickerung, offene Gewässerführung in der Stadt, Erholungsflächen usw. verzichtet werden muß. Die kommunale Stadtplanung nimmt eine bedeutende Funktion bei der Gestaltung ”alternativer Bequemlichkeiten” ein. Viele der ökologischen Verbesserungen lassen sich auch im dicht besiedelten Raum verwirklichen. Auf einige, so scheint es, muß bisher unter dem Primat, möglichst wenig Fläche zu beanspruchen, verzichtet werden. Dieses “Knappheitsdenken” verbaut zunehmend die Möglichkeit, viele der Ansprüche zu verwirklichen, die mit ökologischem Wohnen und sozialem Leben verbunden werden. Belange des Arten- und Biotopschutz müssen mit in die ökologische Stadtplanung einbezogen werden und brauchen Raum, auch, ja vor allem, in der Stadt. Moderne Naturschutzstrategien, wie die Biotopvernetzung, fordern Naturschutz auf 100 % der Fläche, d.h. Vernetzungsstrukturen auch in der Stadt. Hierzu bedarf es der Initiierung neuer Pilotprojekte, die mit multidisziplinärem Sachverstand planen und prüfen, ob sich mit entsprechend angepaßten, ’begrünten’ Gebäuden und größeren Flächen zwischen den Wohngebäuden nicht nur die angestrebten ökologischen Ziele, einschließlich der Belange des Arten- und Biotopschutzes, sondern auch die sozialen Ziele besser verwirklichen lassen. Zur möglichen Funktion von Fließgewässern und Abwasserbehandlungsanlagen in städtischen Gebieten liegen erst wenige Ansätze vor (TRAUTNER 1998a).

Strukturelle Fehlentwicklungen – zuviel Verwaltung

Die verschiedenen Bereiche wie Energie, Abwasser, Abfall und Verkehr sind funktional zu stark voneinander getrennt. Technische Einheiten, zu groß und mit zu viel Verwaltung belastet und daher ungeheuer träge neue Konzepte umzusetzen. Rechtliche Regelungen sind zu unübersichtlich, um ökologische Zusammenhänge adäquat abzubilden und praktikabel zu sein. Genehmigungspraxis und Zuständigkeiten sind nicht mehr überschaubar. Ein Problem bei großen zentralen Ver- und Entsorgungskapazitäten wird immer die vergleichsweise Unflexibilität bleiben. Die Investitionen müssen meist

auf viele Jahrzehnte abgeschrieben werden und machen den Löwenanteil an Gebühren (hohe Fixkosten) aus. Nennenswerte Einsparungen von Wasser oder Abwasser führen früher oder später automatisch zu spezifisch höheren Gebühren. In der Konsequenz stützt das konservative Technologien so sehr, daß sie kaum noch ablösbar sind.

Macht und Korruption in der Wasserwirtschaft

Über Korruption in der Wasserwirtschaft wird immer wieder geschrieben und einige der bekannt gewordenen Fälle gehören mit zu den größten Korruptionsskandalen überhaupt (RÜGEMER 1995). Ich will an dieser Stelle nicht näher darauf eingehen, sondern nur eine Vermutung äußern, wie es dazu kommen konnte. M.E. liegt auch hier der Grund in der geringen Sensibilität der Bevölkerung zum Tabuthema Fäkalien und Urin. "Aus dem Auge aus dem Sinn" ist nirgends so augenfällig, wie in der Wasserwirtschaft. Hier gilt es, Strukturen zu schaffen, deren Leistungen und Fehler dem Einzelnen stärker als bisher erfahrbar, kritisierbar und beeinflußbar bleiben. Der Ort der häuslichen Kanaleinleitung (WC) ist zu weit von Kläranlage und Gewässer entfernt. Leckagen in unterirdisch verlegten Rohren sind nicht sichtbar.

Fehlende Risikobereitschaft und Konkurrenz – Problem der Stückzahlen

Der Markt für Vakuumtoiletten wird derzeit auf ca. 20.000 Stück weltweit geschätzt. Beinahe 99% davon werden im Schiffsbau eingesetzt. Es ist daher kein Wunder, daß sich die Anzahl der Hersteller und der Modelle auf wenige beschränkt. Die geeignetste davon für den häuslichen Bereich gibt es bisher nur aus Kunststoff und nicht aus Porzellan, da sich Toiletten in Porzellan erst in großen Stückzahlen realisieren lassen. Hier ist Risikobereitschaft des Sanitärhandels und ggf. öffentliche Förderung gefragt, um entsprechende Entwicklungen voranzubringen. Ähnliches gilt für Trenntoiletten oder wasserfreie Urinale.

Falsch verstandene Ökologie – die ökologische Einheitslösung

Für die Regenwassernutzung ist in den letzten Jahren aus gutem Grund geworben worden. Zu wenig beachtet wird jedoch, daß sie sowohl wirtschaftlich wie auch ökologisch nicht immer sinnvoll ist. So sollte z.B. der Stromverbrauch der Regenwasserpumpen deutlich unter dem Verbrauch des Wasserwerkes liegen. Nicht immer ist dies gegeben. Vielfach rechnen sich einfachere Wassersparmaßnahmen (Verbraucherverhalten, wassersparende Armaturen etc.) ökonomisch wie ökologisch mehr.

Ähnliches gilt für die Regenwasserversickerung. Im Prinzip eine sinnvolle Maßnahme, aber eben auch nicht immer. Es gibt z.B. viel zu wenige Untersuchungen darüber, welche und wieviel der Schmutzstoffe im Regenwasser tatsächlich in der immer wieder geforderten Bodenpassage haften bleiben bzw. abgebaut werden und wie lange dies ohne Austausch des Bodens funktioniert. Selbstverständlich ist auch hier vor allem bei der Quelle der Belastung anzusetzen (Luftschadstoffe, Reifenabrieb, Materialien etc.). Die Patentlösung gibt es immer noch nicht.

Fehlender Mut und fehlende Signale der Politik – "Bloß keine Experimente"

Der konventionelle Stand der Technik hätte längst durch einen "ökologischen" Stand der Technik ersetzt werden müssen – die lang diskutierte Energie- bzw. Ökosteuer wird von ökonomisch, ökologisch und sozial denkenden Fachberatern schon lange dringend gefordert – die Politik scheut sich noch immer, entsprechende Beschlüsse zu fassen.

6 Ausblick – Weitere Forschungs fragen

Ausblick „Gewässerschutz in stofflicher Hinsicht“

Maßnahmen zum Schutze der Umwelt sind, trotz des in den letzten Jahren immer wieder bestätigten Umweltbewußtseins, offensichtlich noch konjunkturabhängiger als andere. Seit die Presse voraussagt, daß im 21. Jahrhundert Kriege nicht mehr um Öl, sondern um Wasser geführt werden, scheint eines der wichtigsten Probleme der Menschheit erkannt zu sein. Meldungen, wie die, daß ein Drittel der Menschheit nicht mit sauberem Wasser versorgt ist oder eine Milliarde Menschen an Krankheiten leidet, die durch verschmutztes Trinkwasser verursacht werden sprechen für sich. Angesichts der Aussicht es mit einem Umweltproblem zu tun zu haben, bei dem die Gefahren nicht erst in ein paar Jahrzehnten sichtbar werden, sollte man daher schnelle Abhilfe erwarten. Weit gefehlt.

Was derzeit französische und englische Firmen in alle Teile der Welt an wasserwirtschaftlichen Lösungen nach westlichem Vorbild exportieren, hat mit Abhilfe eines der zentralen Probleme für viele Menschen dieser Erde nichts zu tun.

Zwar ermöglicht die westliche Technologie zentraler Leitungsnetze Ver- und Entsorgungssicherheit für die, die es sich leisten können; von einer Nachhaltigkeit bei der Wasserentnahme und der Abwasserentsorgung kann jedoch nicht die Rede sein.

Aber auch für Europa ist das Konzept der Siedlungsentwässerung, das im wesentlichen auf Spültoilette, Schwemmkanal und zentraler Kläranlage beruht, den Beweis einer nachhaltigen Wirtschaftsweise bis heute schuldig geblieben. Das gilt vor allem für die Unterbrechung des Stoffkreislaufes der Nährstoffe zwischen menschlichen Ausscheidungen und ihrer Verwertung in der Landwirtschaft.

Die Einführung von Spültoilette und Schwemmkanal gelten noch immer als ein wesentlicher Grund für den Sieg im Kampf gegen die Cholera im letzten Jahrhundert. Der Glaube daran, sowie der bequeme „Spülvorgang“ („Aus dem Auge aus dem Sinn“), sind wahrscheinlich die wesentlichen Gründe für den Erfolg der in Europa weitgehend unhinterfragten Stoffdurchflußwirtschaft.

Das Konzept kann ausschließlich dort funktionieren, wo zum einen ein ausreichendes Wasserangebot, zum anderen die finanziellen Voraussetzungen für Abwasserklärung und Klärschlammentsorgung gegeben sind. In allen Ländern, in denen nicht beide Voraussetzungen erfüllt sind, wird europäische Hygienetechnik in Zukunft zur Katastrophe führen. In Indien durchlaufen nur etwa zwei Prozent der Abwässer eine Kläranlage. Schon die Unterhaltung der Kläranlagen westlicher Bauart erzeugt Kosten, die einen erheblichen Anteil des durchschnittlichen Bruttosozialprodukts eines Inders (etwa 500 DM pro Kopf und Jahr) verbrauchen würden. Somit würde den Indern die in Europa übliche Entsorgungstechnologie nicht einmal geschenkt etwas nützen. In Indien wären viele gezwungen, das zu trinken, was andere ausscheiden und wegspülen. Der künftige Krieg um das Wasser wird kaum so viele Opfer fordern, wie es der längst in aller Stille, mit Wasserrohren geführte Kampf der europäischen Wasserkonzerne tut. Die Not droht durch die Privatisierung unbeherrschbarer Wassersysteme noch größer zu werden.

Doch selbst für weite Teile Europas werden die Grenzen der gängigen wasserwirtschaftlichen Lösungen sichtbar. In den weniger dicht besiedelten Regionen Europas werden die gleichen Fehler nun nachgeholt, wie sie in den bevölkerten Metropolen als selbstverständliche, scheinbar unabänderbare Realität kaum noch wahrgenommen werden. Wie die Hyänen sind Ingenieure in die Neuen Bundesländer eingefallen und haben sich, in der Regel mit der Unterstützung von Verwaltung und Politik, an überdimensionierten oder falsch geplanten Abwasseranlagen/Kanälen bereichert (RÜGEMER 1995, RÜGEMER 1998 unveröffentl. Manuskript).

Sofern eine Debatte über die Nachhaltigkeit der europäischen Wasserwirtschaft überhaupt geführt wird, hält sie vor allem noch bei Fragen des Wassersparens auf. Daß ein sparsamer Umgang mit Wasser veränderte Sanitäranlagen von der Dusche bis zum Wasserhahn erfordert, haben Marktführer in Deutschland inzwischen erkannt. Stopptasten, Durchflußbegrenzer und selbst wasserfreie Urinale setzen sich langsam durch. Über wahre Systemalternativen wird jedoch immer noch nur in kleinen Außenseiterzirkeln diskutiert. Pilotprojekte der Trennung der verschiedenen Abwasserteilströme und der Wiederverwendung der Inhaltsstoffe sind noch immer die Ausnahme.

Statt dessen blickt die deutsche Industrie neidvoll auf die erfolgreichen englischen und französischen Dinosaurier, die teure Leitungen und Kanäle überallhin vermarkten, ohne sich um die Folgen kümmern zu müssen.

Es geht um einen Weltmarkt, um Forschungs- und Entwicklungsaufgaben, um Innovation in einem Zentralbereich der Daseinsvorsorge. Denn was für die westliche Welt mit ihren altehrwürdigen Kanälen allenfalls als Vision akzeptiert wird, könnte überall dort zum Exportschlager werden, wo Infrastrukturen erst noch aufgebaut werden. Die Entwicklung alternativer Sanitärkonzepte müßte für den Exportweltmeister deutsche Industrie eigentlich allerhöchste Priorität genießen.

Zentrale und dezentrale Ver- und Entsorgungssysteme

In Deutschland haben sich im Laufe dieses Jahrhunderts zentrale Ver- und Entsorgungsanlagen durchgesetzt. Dies gilt für Wasser- und Abwasser noch in viel größerem Maße als für die Stromwirtschaft. Als Vorteile solcher, meist nicht nur zentral organisierten, sondern gebauten Einrichtungen, gelten niedrige spezifische Kosten, ein hohes Maß an Ver- bzw. Entsorgungssicherheit und geringer Einfluß durch den Einzelnen. Technisch gesehen haben zentrale Systeme in der Regel den Nachteil, daß Veränderungen meist nur in ganz engem Rahmen möglich sind, wie sich am Beispiel von Spültoilette, Schwemmkanal und Kläranlage leicht nachvollziehen läßt. Einmal gebaut, sind riesige Investitionssummen auf Jahrzehnte festgelegt. Die finanziellen Nutznießer zentraler Systeme sind nur im Ausnahmefall die Nutzer, in der Regel sind es Planer, Baufirmen und Investoren. Aus Gründen der Planungssicherheit sind sie auf eine rechtliche oder politische Absicherung ihrer kleinen oder größeren (örtlich oder zeitlich begrenzten) Monopolstellungen angewiesen. Die Nutzer werden weitgehend abhängig und einflußlos. Um das Risiko der Unternehmung so gering als möglich zu halten, werden zentrale Systeme sehr robust gegenüber Fehlverhalten des Einzelnen geplant und gebaut. An zentrale Systeme werden vom Einzelnen daher auch sehr hohe Ansprüche diesbezüglich gestellt. Verantwortungs- und Problembewußtsein des Einzelnen fallen dementsprechend minimal aus. Geringes Problembewußtsein und fehlendes Verantwortungsgefühl sind m.E. also auch eine Folge der fehlenden Flexibilität zentraler technischer Systeme. Noch immer ist es der Normalfall, daß großangelegte, zentrale, technische Systeme auch zentral organisiert und verwaltet werden, und daß diese Verwaltungen auf ihren zentralen technischen Einrichtungen wie Kläranlagen oder Kraftwerken beharren. Forschungsbedarf sehe ich vor allem in der Erstellung von langfristigen Kosten-Nutzen-Analysen zentraler Verwaltungsstrukturen vieler kleiner dezentraler Anlagen. Aber der Bau und die Betreuung solcher kleinen dezentralen Anlagen wird bis heute von den Abwasserzweckverbänden (z.B. in den Neuen Ländern) teilweise aus traditionellen

Herrschaftsansprüchen heraus abgelehnt, obwohl sie im Einzelfall finanziell wie auch ökologisch deutliche Vorteile hätten. Zudem werden die großen Infrastrukturbereiche, ebenfalls aus traditionellen Gründen, in der Regel noch immer getrennt verwaltet. Die möglichen Synergieeffekte durch Zusammenlegung der unterschiedlichsten Infrastrukturbereiche (wie z.B. Trinkwasser, Abwasser, Energie und Telekommunikation), müßten in Zukunft wesentlich mehr geprüft werden.

Auf der Seite der dezentralen Techniksysteme besteht erheblicher Forschungsbedarf. Die Entwicklung geeigneter Konzepte steht noch ganz am Anfang. Es sind zu nennen:

Forschungsbedarf im Sinne eines nachhaltigen Gewässerschutzes

- Zusammenführung sonst getrennter Ver- und Entsorgungsbereiche, z.B. Energieversorgung (Biogas), Abfallvermeidung und Behandlung, Abwasservermeidung und Behandlung
- Entwicklung wasserarmer oder wasserfreier Systeme zum Abtransport und zur Trennung von Urin und Fäkalien insbesondere im verdichteten Wohnungsbau
- die Erforschung von Umweltauswirkungen von Kleinkläranlagen
- geeignete Sanierungskonzepte für städtische Gebiete
- die Nährstoffrückführung in die Landwirtschaft (Schadstoffproblematik, Bodenschutz, Hygieneproblematik, Transport- und Zwischenspeicherproblematik, Akzeptanz in der Landwirtschaft, ökonomische Anreize, Betriebsformen etc.)

Wie die Beispiele Hamburg und Basel zeigen, spielte bei der Diskussion um die Einführung von Spültoilette und Schwemmkanal auch immer das Argument von der Einschränkung der individuellen Freiheit eine gewichtige Rolle. Vermutlich spielten alle anderen Argumente wie Hygiene, Städtereinigung oder auch Gewässerverschmutzung nur an der Oberfläche der öffentlichen Diskussion eine maßgebliche Rolle. Die Meinungsbildung des Einzelnen war wahrscheinlich wesentlich mehr geprägt durch den eigenen sozialen Stand. Insofern mußte ein Volksentscheid zwangsläufig gegen die Einführung ausfallen. Gleichzeitig war aber auch klar, daß die an Geldmitteln und Einfluß Reicheren ihre eigenen Ansprüche an Bequemlichkeit und den damit verbundenen Standard an Komfort, durch die Macht des Faktischen (zentrale Wasserleitungen, Einbau von Spültoiletten) allmählich durchsetzen würden.

Tab. 44
Stand bzw. Forschungsbedarf bei alternativen Wasserinstallationen im Sinne eine zukunftsfähigen Wasserwirtschaft (➔ = Ergebnisse zukünftiger Pilotprojekte abwarten, ↑ = in der Regel empfehlenswert, ↘ = Einzelfallprüfung, seltener empfehlenswert

	Maßnahme	**Bemerkung**
↑	PE-HD-Kunststoff- od. Edelstahlrohre	Verzinkte Stahlrohre od. Kupferrohre sind Quelle für Zink- und Kupferbelastung; PVC (Energieverbrauch, Entsorgungsprobleme)
↑	6-l Spültoilette mit Spartaste	insbesondere die Spartaste ist bei Gebrauch eine der kostengünstigsten Wassersparmaßnahmen, unbedingt als Mindeststandard vorzusehen, Spülvolumen siehe DIN 19 542
↑	Spararmaturen, Durchflußbegrenzer	gehören ebenfalls zu den wirksamsten und kostengünstigsten Maßnahmen; Achtung! viele Hersteller liefern z.B. Durchflußbegrenzer z.B. für Duschköpfe mit, die dann aber häufig von den Installateuren nicht eingebaut werden !
➔	Wasserfreie Urinale	in der Regel ist die Benutzungshäufigkeit eines Urinals im Privathaushalt zu gering, als daß sich wasserfreie Urinale im Privatbereich lohnen könnten; bei entsprechender Benutzungshäufigkeit sind sie unbedingt empfehlenswert; inzwischen gibt es drei Hersteller, z.B. Fa. waterless, USA (deutsche Vertretung in Tübingen); inzwischen existieren erste Überlegungen zur Wiederauflage von wasserfreien Urinalen auch für Frauen
➔	Vakuumtoiletten	sie sind verbreitet in Schiffen, Flugzeugen und Zügen; ihr Entwicklungspotential für Anwendungen im Hausbereich scheint groß; für alternative Abwasserlösungen sind sie u.U. Voraussetzung; erste Pilotprojekte sind abgeschlossen; Hamburg-Norderstedt, derzeit 3 Firmen, Fa. Roediger, Hanau und Sanivac, Wedel
➔	Separationstoiletten (auch Urintrenn- od. Nomix-Toiletten genannt)	mit diesen Toiletten liegen in Deutschland noch so gut wie keine Erfahrungen vor, mit Akzeptanzproblemen ist zu rechnen; mehrere skandinavische Hersteller
↑	Komposttoiletten	im Prinzip sind Komposttoiletten empfehlenswert, Pilotprojekte von Großkammertoiletten bis zu 3 Geschossen existieren, es ist jedoch mit erheblichen architektonischen und Akzeptansproblemen zu rechnen, ggf. Voraussetzung für eine getrennte „Grauwasserbehandlung“
↑	Regentonnen	wo immer möglich, empfehlenswert
↘	Regenwasserzisternenanlagen	trotz hohen Energiekennwerte der Ver- und Entsorgung in Hamburg keine Pauschalaussage möglich; im Einzelfall zu prüfen!!!
➔	Grauwasserreinigung und Betriebswassernutzung	für die Reinigung eignen sich insbesondere bepflanzte Bodenfilter sowie bei geringem Platzangebot belüftete Sandfilter, Erfahrungen liegen auch mit Tauchtropfkörperanlagen vor; für Duschwasseraufbereitung liegen ebenfalls erste Erfahrungen vor, entsprechende Anlagen sind auch in Deutschland von wenigen Herstellern verfügbar... z.B. Fa. HansGrohe, z.T. auch in Kombination mit einer Wärmerückgewinnung

Vielleicht läßt sich dieses „historische Argument“ für die Zukunft nutzen, um alternative Sanitärkonzeptionen zu entwickeln und entsprechend zu verbreiten. Es gehört vielleicht zu der Kunst des historischen Arguments, den Menschen die Zwangsjacken zentraler Technologien (nicht Strukturen!) im Sinne der eigenen Wahlfreiheit wieder bewußt zu machen, um sie zum eigenen Handeln zu bewegen. Unter Umständen ist die Durchsetzung nachhaltigerer Wirtschaftsweisen lediglich ein Problem der Kommunikation.

Vereinfacht ausgedrückt könnte man sagen, daß während in den vergangenen Hundert Jahren die Bequemlichkeit gegenüber der Freiheit des Einzelnen mittels des technisch notwendig gewordenen Anschluß- und Benutzungszwangs die Oberhand behalten hat, es in Zukunft gilt, die verbliebene Sehnsucht des Einzelnen nach Freiheit und aktivem Handeln zu fördern.

Geschichte als Argument

Es fehlt an der Förderung von Pilotprojekten im Maßstab des Alltags, d.h. unter Eigenverantwortung der Bewohner, ohne den Anspruch einer wissenschaftlichen Organisation und die grundsätzlichen Bedenken der Behörden.

Forschungsbedarf besteht im Abwasserbereich vor allem in der Erforschung des scheinbar Bekannten, Selbstverständlichen. Für die Umsetzung ökologischer Sanitärkonzepte besteht Forschungsbedarf hinsichtlich:

Forschungsbedarf zur ökologischen Haushaltsführung

- der Toilettengewohnheiten
- der tatsächlichen Spülmengen und Benutzungshäufigkeiten
- der stofflichen Zusammensetzung von Fäkalien und Urin bei unterschiedlichen Ernährungsgewohnheiten
- der Erhebung von in Haushalten verwendeten Stoffmengen und der Stoffvielfalt
- dem Abbauverhalten und der Wirkungen dieser Stoffe sowie ihrer Abbauprodukte im Naturhaushalt bzw. der Wirkungen entsprechender Stoffgemisch
- der Möglichkeiten zur Reduzierung der Stoffvielfalt und der Einsatzmengen, z.B. durch Verhaltenstips und Positivlisten
- der Auswirkung auf Umfang und Ausmaß der Hausarbeit und der Gender-Problematik
- der Identifizierung der Hemmnisse zur Einführung alternativer Systeme
- Sind Verhaltensänderungen für dauerhafte Sanitärstrategien notwendig ?
- Strategien der Förderung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Lebensstile (wann werden Alternativen, z.B. Komposttoiletten aus einem Lebensstilmilieu noch in ein anderes übernommen)
- Entwicklung umweltpolitischer Leitbilder für das Fäkalienmanagement
- Möglichkeiten sozialer Absprachen

Ausblick „Gewässerschutz in ökologischer / morphologischer Hinsicht“

Gewässerschutz am Rhein hieß bislang im wesentlichen die technische Reduzierung von Schadstoffen am Ende kontinuierlicher Abwassereinleitungen („end of the pipe“). Erst nach der Sandoz-Katastrophe bekam der Gewässerschutz am Rhein mit dem Aktionsprogramm von 1987 eine neue Qualität. Der Lachs wurde zum Symbol für Maßnahmen, um früher am Rhein vorgekommenen Arten wieder Lebensraum zu schaffen. Übergeordnete Ziele des 1991 von der IKSR formulierten "Ökologischen Gesamtkonzeptes für den Rhein" waren:

1. die „Wiederherstellung des Hauptstroms als Rückgrat des Ökosystemkomplexes "Rhein" mit seinen wichtigsten Nebenflüssen als Lebensraum für die Langdistanz-Wanderfische.
2. Schutz, Erhalt und Verbesserung ökologisch wichtiger Bereiche des Rheins und der Rheinniederung für die Erhöhung der dort heimischen Tier- und Pflanzenvielfalt.“

(IKSR 1998:6)

Auf der 11. Rheinministerkonferenz am 8.12.1994 wurden zum ersten Mal konkrete Maßnahmen beschlossen, die sich auch auf die Verbesserung der Gewässermorphologie bzw. der Rheinaue beziehen.

In der 1998 von der IKSR veröffentlichten Bestandsaufnahme der ökologisch wertvollen Gebiete am Rhein und erste Schritte auf dem Weg zum Biotopverbund wird konstatiert, daß bisher „allen fluß- und flußraumbezogenen Nutzungsfunktionen ein wesentlich höherer Stellenwert“... „als dem natürlichen Funktionieren des Fließgewässersystems“ zukam. Die IKSR schlägt vor, künftige Maßnahmen zum Hochwasserschutz mit der Herstellung eines Biotopverbundes zu verbinden. Eine Bestandsaufnahme der ökologisch wertvollen Bereiche liegt vor und ist u.a. in einem 1998 von der IKSR veröffentlichten Rheinatlas dokumentiert. In einem dazugehörigen Bericht werden geschützte und anerkannt schutzwürdige Gebiete sowie Planungen zur Biotopvernetzung erfaßt. „Der Betrachtungsraum umfaßt die heute und früher überfluteten Gebiete der Rheinniederung mit ihrem ökologischen Entwicklungspotential. Der Betrachtungsraum wurde in Abstimmung mit der Projektgruppe Aktionsplan Hochwasser folgendermaßen festgelegt:

Betrachtungsraum der IKSR für eine Sanierung bzw. Vernetzung des Rheins

- Hochrhein: Talboden mit den natürlichen Überschwemmungsgebieten einschließlich angrenzender ökologisch wertvoller Bereiche, die für die Vernetzung wichtig sind
- Oberrhein: Natürliches Überschwemmungsgebiet entsprechend der Monographie des Rheinstroms von 1889
- Mittelrhein: Talboden mit den natürlichen Überschwemmungsgebieten einschließlich ökologisch wertvoller Bereiche an den Zuflüssen, die für die Vernetzung wichtig sind
- Niederrhein: Natürliches Überschwemmungsgebiet bezogen auf das Hochwasser von 1926
- Rheindelta: Vorhandenes Überschwemmungsgebiet einschließlich angrenzender ökologisch wertvoller Bereiche und/oder angrenzender Bereiche, die für den Hochwasserrückhalt wichtig sind.“

Die IKSR gibt in ihrem Bericht ein Leitbild und Entwicklungsziele vor, die die Entwicklungsrichtung für entsprechende Maßnahmen vorgeben soll. Die konkrete Umsetzung der Entwicklungsziele soll sich an den für die Gesellschaft „hinnehmbar erscheinenden ökologischen Veränderungen unter Berücksichtigung ökonomischer Aspekte“ orientieren (IKSR 1998:9).

Die Entwicklungsziele gelten als erreicht, wenn die nachfolgend beschriebene Situation für die Rheinaue und das Gewässerbett gegeben ist:

Entwicklungsziele Rheinaue (aus IKSR 1998:10)

- Biotope der Natur- und Kulturlandschaft in der Rheinaue ergänzen einander und bilden ein optimal vernetztes System entlang des gesamten Stroms. Biotopgröße sowie Abstand der Biotope untereinander sind für die Vernetzung optimal.
- Der Bestandsschutz der ökologisch wichtigen Gebiete ist gewährleistet. Neben den auentypischen Lebensräumen sind ggf. auch solche Biotope schützenswert, die zwar als Folge menschlicher Veränderungen des Wasserhaushalts (z.B. extreme Trockenstandorte) entstanden sind, aufgrund ihrer Seltenheit und Ausstattung jedoch als naturschutzwürdig eingestuft sind.
- Landwirtschaftlich genutzte Flächen in der Überschwemmungsaue werden als Extensivgrünland umweltverträglich bewirtschaftet. Ackernutzung ist auf extrem selten überschwemmte Bereiche der Aue zurückentwickelt. Der Strukturreichtum der Überschwemmungsaue in landwirtschaftlich genutzten Bereichen wurde z.B. durch die Schaffung und Erhaltung von Hecken, Gehölzgruppen, kleinen Wasserläufen, feuchten Senken erhöht.
- Auentypische Landschaftsbestandteile, wie z.B. Weich- und Hartholzauwälder und Bruchwälder, Röhrichtflächen, Altgewässer und Gießen sind in ausreichender Anzahl und Größe sowie in optimaler Ausprägung entlang des gesamten Rheins erhalten bzw. haben sich entwickelt. Diese sind zum Teil natürlichen Ursprungs, zum Teil aber auch durch gezielte Renaturierungsmaßnahmen entstanden. Sie werden in naturverträglicher Weise genutzt und durch benachbarte Nutzungen nicht beeinträchtigt.
- Rheinauengewässer wie Altgewässer und Baggerseen sind auf der Basis von Entwicklungsplänen naturverträglich saniert und entwickelt.
- Um rheinauentypische Lebensgemeinschaften zu fördern, haben sich geeignete Lebensräume entwickelt oder wurden geschaffen. Typische Arten der Rheinauen sind in stabilen Populationen vorhanden.
- Hochwasserschutzanlagen sind, wo immer möglich, zurückverlegt oder werden umweltverträglich betrieben. Insgesamt ist der Anteil der überflutbaren Aue gegenüber heute erheblich vergrößert.
- Der Umfang der bebauten und befestigten Flächen hat gegenüber heute in der Überschwemmungsaue nicht zugenommen; wo möglich wurden Überbauung und Befestigung zurückgenommen (z.B. Einzelhöfe aussiedeln).
- In bestimmten wenig besiedelten Bereichen hat sich stellenweise großräumig eine "urwüchsige" Auenlandschaft entwickelt. Diese Flächen unterliegen der Dynamik des Stroms, so daß größere Hochwässer starke Veränderungen bewirken können. Die Gebiete haben einen hohen Schutzstatus.

Entwicklungsziele Gewässerbett (aus IKSR 1998:11)

- Im Rhein und seinen Nebenflüssen sind wieder viele rheintypische Lebensgemeinschaften heimisch. Typische Arten wie Lachs und Meerforelle sind in sich selbst reproduzierenden Populationen vorhanden.
- Die biologische Durchgängigkeit zwischen dem Hauptstrom Rhein und seinen Nebenflüssen sowie zu seinen Altarmen ist gewährleistet.
- Der Rhein bis Rheinfelden ist weiterhin Schiffahrtsweg. Weitere Staustufen werden nach Möglichkeit nicht errichtet. Die vorhandenen sind mit durchwanderbaren Auflagen ausgestattet, so daß das Flußsystem als Wanderweg durchgängig funktionsfähig ist. Gleiches ist auch für die Nebenflüsse gewährleistet.
- Freie Fließwasserstrecken wurden erhalten. Das Gewässerbett weist in vielen Bereichen eine natürliche Strukturvielfalt (z.B. Bänke, Inseln, Kolke) auf, die durch entsprechende Unterhaltungspraktiken bewahrt und unterstützt wird. Die zahlreich vorhandenen anthropogen geschaffenen Strukturen (z.B. Buhnenfelder) ergänzen die Natürliche Strukturvielfalt durch ökologisch sinnvolle Gestaltung und Unterhaltung.
- Die Rheinufer sind, mit Ausnahme der städtisch geprägten Bereiche und der Dammstrecken am Oberrhein, in einen naturnahen Zustand versetzt worden. Die Ufer sind so verbessert, daß aquatische und amphibische Lebensgemeinschaften sich entwickelt haben. Standort- und landschaftsgerechte Ptlanzengesellschaften begleiten den Strom. Bis auf wenige Zwangspunkte ist das Gewässerbett von einem ausreichend breiten Uferstreifen gesäumt. Als Basis für entsprechende Maßnahmen sind Entwicklungspläne aufgestellt worden.
- Wo immer möglich, ist die natürliche Morphodynamik des Flusses wieder zugelassen.“

Die Entwicklungsziele belegen den Willen für eine andere Qualität des Gewässerschutzes am Rhein. Die neue Qualität kommt auch in den Strukturempfehlungen der IKSR zum Ausdruck (IKSR 1998:12-13).

Sie empfiehlt:

Struktur- bzw. Strategieempfehlungen der IKSR

- für jeden Rheinabschnitt Entwicklungskonzepte zur ökologischen Aufwertung und Vernetzung zu erarbeiten. Diese sind Grundlage für die weitere Erstellung konkreter Biotopentwicklungsplanungen. Der Einsatz geeigneter Koordinationsorgane bzw. die Integration in bestehende Gremien sind zu prüfen.
- diese Entwicklungskonzepte in Raumplanungsvorgaben zu integrieren und im Rahmen von umweltrelevanten Planungsverfahren oder Baubewilligungen zu berücksichtigen.
- in den zu erstellenden Biotopentwicklungsplanungen Aussagen zu prioritären Maßnahmen, zu Kosten und zur zeitlichen Realisierbarkeit zu integrieren.
- lokale Interessengruppen und Körperschaften bei der Erstellung der Biotopentwicklungspläne frühzeitig einzubeziehen. Dies fördert die erforderliche Akzeptanz und eine zügigere Umsetzung der Einzelmaßnahmen.
- ökologische Experten in bestehende Entscheidungsgremien zu entsenden. Dies fördert die frühzeitige Wahrnehmung und Integration ökologischer Belange auch auf übergeordneter politischer Ebene.
- einzelfallweise Vereinbarungen mit betroffenen Nutzern (Nutzergruppen) zu formulieren. Dies eröffnet die Möglichkeit neben, einer gewissen Rechtssicherheit auch eine mittel- bis langfristige Sicherung erreichter Ziele zu gewähren sowie langfristig wirksame, ökologische Entwicklungsprozesse zulassen zu können.
- bestehende Schutzbestimmungen konsequent anzuwenden. Hierin wird ein nicht unerhebliches Potential für die kurzfristige Umsetzung von Entwicklungszielen zum Schutz der ökologisch hochwertigen Bereiche gesehen.
- Fördermöglichkeiten (EU, Länder u.a.) zu eruieren, um die vorgeschlagenen Maßnahmen sukzessive umzusetzen. Da hier in der Regel die Einbindung verschiedener Vertragspartner erforderlich ist, wird sich eine intensivere, interdisziplinäre Zusammenarbeit ergeben.
- im Bereich landwirtschaftlicher Nutzungsextensivierungen Möglichkeiten zu eröffnen, um Programme für Ausgleichszahlungen heranziehen bzw. etablieren zu können.
- regelmäßige Gesprächsrunden für Mitglieder der betroffenen Fachverwaltungen zu etablieren. Dies trägt, für die einzelnen Rheinabschnitte separat durchgeführt, auch grenzüberschreitend zu einem kontinuierlichen Meinungsaustausch bei, der sich vor allem positiv auf die zukünftige Raumplanung auswirken wird. Eine Hinzuziehung von Mediatoren ist gegebenenfalls zu prüfen.
- vorgeschlagene Entwicklungsziele und Maßnahmen mit bestehenden und neuen Programmen (z.B. "Aktionsplan Hochwasser" zur Verbesserung der Hochwasservorsorge) zu verzahnen und gleichzeitig zu realisieren.
- eine gezielte Öffentlichkeitsarbeit zu intensivieren. Dies fördert die allgemeine Bewußtseinsbildung und trägt zur Sensibilisierung der Zielgruppen für ökologische Belange bei.
- rheinabschnittsweise Pilotprojekte zu initiieren und über Partnerschaften zu verbinden. Hiermit wird symbolisch die Bedeutung des Stromsystems Rhein und die Vernetzung des Stromes mit seiner Aue verdeutlicht.

Die Studie nennt auch für die einzelnen Rheinabschnitte konkrete Maßnahmen. Für den Hochrhein kommt die Kommission zu dem Ergebnis, daß von der rund 145 km langen Hochrheinstrecke, etwa 40 km naturnah erhalten sind und rund 34 km hohes Aufwertungspotential besitzen. Die restlichen Abschnitte (mehr als 50%) werden als „ökologisch defizitär“ bewertet. Die naturnahen Abschnitte befinden sich hauptsächlich oberhalb der Aaremündung in den Rheinabschnitten zwischen Stein am Rhein bis Langwiesen/Paradies (Rkm 25- 41,5), zwischen Kraftwerk Rheinau bis Tössriedern (Rkm 59,5- 73,5) und zwischen der Kläranlage bei Wallbach bis Rheinfelden (Rkm 136,5- 147,5). An diesen Abschnitten liegen auch die meisten Schutzgebiete (vgl. IKSR Rheinatlas, Blattnummern 1, 2 und 4).

Besondere Bedeutung am Hochrhein haben Abschnitte mit vergleichsweise ursprünglichem Fließwassercharakter, die insbesondere für kieslaichende, rheophile Fischarten wie Nase, Äsche und Forelle von herausragender Bedeutung sind (vgl. Tab. 17). Die 1996 beschlossene Ausweitung der RAMSAR-Konvention auf Fische, sieht die uneingeschränkte Erhaltung solcher Strecken vor.

Als konkrete Maßnahmen schlägt die IKSR für den Hochrhein vor (aus IKSR 1998:21-24):

Maßnahmen der Raumordnung

- Eine raumplanerische Fixierung der Schutz- und Nutzungsansprüche in den kantonalen Richtplänen (CH), den kommunalen Nutzungsplänen (CH) bzw. im Landschaftsrahmenprogramm (D) und im Regionalplan (D) wird empfohlen.
- Erstellung eines grenzüberschreitenden, ökologisch orientierten Entwicklungskonzeptes für die gesamte Hochrheinstrecke. Verankerung dieses Konzeptes in den jeweiligen Organen der Landesplanung bzw. kantonalen Richtplanung.
- Ausweisen von überschwemmungsgefährdeten Zonen bzw. Überschwemmungsgebieten mit verbindlichen Nutzungsauflagen (keine Bebauung, keine oder nur extensive Nutzung).
- Sicherung aller nicht bebauter Flächen entlang des Rheins, damit Renaturierungen und Vernetzungen möglich sind.
- Sicherung und Ausweisung eines genügend breiten Gewässerschutzstreifens entlang des gesamten unbebauten Hochrheins wo immer möglich.
- Änderung der Zonenpläne (CH) bei nächster Gelegenheit zur Sicherung eines flußbegleitenden, mindestens 20 Meter breiten Streifens wo dies möglich ist.

Maßnahmen des Naturschutzes

- Umsetzung der Auenverordnung (CH) für die Auengebiete von nationaler Bedeutung.
- Anpassen der Verordnungen der Schutzgebiete an die aktuellen Erfordernisse des Biotop- und Artenschutzes, soweit noch nicht ausreichend erfolgt (z.B. Nutzungsregelungen entsprechend den Erfordernissen vorhandener Arteninventare und Biotopstrukturen).
- Sicherung ökologisch wertvoller Bereiche, z.B. durch Neuausweisung bzw. Erweiterung von Schutzgebieten.
- Nutzungsauflagen, Pflege- und sonstige Schutzmaßnahmen zur Sicherung und Förderung der Vorkommen gefährdeter Arten, z.B. Neunauge, Eisvogel, Große Zangenlibelle.
- Erstellen von Pflege- und Entwicklungsplänen für Naturschutzgebiete.

Maßnahmen im eigentlichen Flußbett

- Keine weiteren Eingriffe in die freien Fließwasserstrecken. Wo immer möglich Beseitigung bzw. Verminderung vorhandener Beeinträchtigungen.
- Zulassen der natürlichen Morphodynamik – wo immer möglich – unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf den Geschiebetrieb, auf die Schiffahrt und auf den Hochwasserschutz.
- In Teilstrecken ohne natürliche Morphodynamik vielfältige Gestaltung des Flußraumes, damit unterschiedliche Strömungs- und Wassertiefenverhältnisse entstehen.
- Renaturieren bzw. Schaffen von Flachwasserzonen und Kieslaichplätzen.
- Aufheben der Wanderhindernisse für Fische und andere Organismen im Rhein wo immer möglich.
- Keine oder, wo aus Gründen des Hochwasserschutzes oder der Wasserkraftnutzung unumgänglich, höchstens nachhaltige Kiesausbeutung durch (Teil-) Entnahmen aus der natürlichen Geschiebezufuhr.
- Zur Vermeidung von Sohlenerosion durch Aufweitung des Flußbettes die Fließgeschwindigkeit herabsetzen.

Maßnahmen im Ufer- und Auenbereich

- Keine weitere Verbauung von Ufer- und Auebereichen.
- Wiederanbindung von Altarmen.
- Entschlammung verlandeter Altarme.

- Rückbau bzw. naturnahe Umgestaltung technischer Uferverbauungen. Wo immer möglich ist zu entsiegeln und im Sinne der Biotopvernetzung strukturreich zu gestalten.
- Wo harte Längsverbauungen nötig sind, diese nur bis Höhe Mittelwasserstand anlegen, darüber nur noch lebende Bauweisen.
- Uferböschungen abflachen.
- Aufbau von Kontaktzonen zwischen Rhein und Land (Ufersaum, Ufergehölz).
- Bei bestehenden Dämmen wenigstens streckenweise Überlaufdämme und Heberleitungen einbringen, damit Standorte und abgedichtete Gewässerbetten durch großflächige, regelmäßige Überflutungen regeneriert werden können.
- Anlegen von Flutmulden bzw. Flußbettaufweitungen als Initialzündung für die Auenbildung.
- Renaturierung der Umgebungsbereiche: Nutzungsextensivierung und Ausweisung von Sukzessionsflächen zur Entwicklung von vielfältigen, reich strukturierten und artenreichen Lebensräumen.
- Minimierung der Barrierewirkung von Siedlungsbereichen, Verkehrsträgern sowie land- und forstwirtschaftlichen Intensivkulturen durch Maßnahmen zur Biotopvernetzung.
- Reduzierung bzw. Anpassung der Erschließung in Bereichen hoher ökologischer Bedeutung
- Verlegung bestehender Wege, die Altarme und andere schutzwürdige Biotope zerschneiden).
- Notwendige Erschließungen möglichst punktweise und nicht entlang der Gewässer.
- Sohlenverbauungen vermeiden; bestehende durch lockeres Material ersetzen (Austausch Grund- und Oberflächenwasser, Fischlaichplätze).
- Schutzmaßnahmen und eventuelle Ufersicherungen sind auf die zu schützenden Objekte abzustimmen.

Maßnahmen an den Nebengewässern

- Erstellung von Gewässerentwicklungskonzepten und -plänen.
- Wiederanbindung der Nebengewässer an den Rhein (naturnahe Mündungsbereiche, Beseitigen von Wanderhindernissen, Durchgängigkeit auch in Siedlungsbereichen wiederherstellen etc.).
- Technische (Ufer-)Verbauungen zurücknehmen.
- Wo immer möglich ist die natürliche Laufentwicklung zuzulassen.
- Berücksichtigung ökologischer Belange bei der Gewässerunterhaltung. Renaturierung und langfristige Entwicklung von strukturreichen Uferzonen zur Vernetzung mit dem Hinterland.
- Bestehende Geschiebesammler aufheben oder regelmäßige Weitergabe des Materials nach Unterstrom ermöglichen.
- Möglichst breites Querprofil realisieren; ab Böschungsoberkante einen 5, besser 10 -15 m breiten Streifen von Nutzung freihalten (CH).
- Umsetzung der Vorgaben des Wassergesetzes zur Uferrandstreifenentwicklung (D).
- Umgestaltung bestehender Querbauwerke nach Vorgaben des naturnahen Wasserbaus (Sohlgleiten, rauhe Rampen, etc.).
- Regulierung der Krautvegetation im Gewässer durch naturnahen Uferbewuchs (Beschattung).

Maßnahmen bei der Wasserkraftnutzung

- Technische Modernisierung der Turbinen vor künstlicher Steigerung der Überfallhöhen.
- Verbesserung der morphologischen Sohl-, Gerinne- und Uferstrukturen in den Staubereichen einschließlich der dortigen Mündungsbereiche von Nebengewässern.
- Abflachen von Steilufern in den Staubereichen, wo dies ökologisch sinnvoll und von den Gegebenheiten her möglich ist.
- Der Stauraum sollte vermehrt so bewirtschaftet werden, daß die Regulationen mit den Anforderungen des Naturschutzes zu vereinbaren sind. Dabei sind schwankende Wasserstände für den Naturschutz wertvoller als konstante, wenn

ihr Pegel im Frühsommer konstant ist, ab Hochsommer aber abgesenkt wird. So können spezifische Überschwemmungsbereiche entstehen.

- Gewährleistung der Durchgängigkeit für Fische flußauf- und -abwärts und Verringerung der Fischverluste durch die Turbinen. Wo möglich, Bau von Umgehungsgerinnen, damit auch Arten des Makrozoobenthos die Barrieren überwinden können.

Maßnahmen in der Landwirtschaft

- Extensive landwirtschaftliche Nutzung in Flußnähe.
- Vorhandene naturnahe Strukturen in diesen Bereichen sind zu erhalten und ggf. durch Schaffung von Hecken, Gehölzgruppen, kleinen Wasserläufen, feuchten Senken zu ergänzen.
- Extensiv genutzte Landwirtschaftsflächen sind als ökologischer Ausgleich zu betrachten und in der Schweiz nach Artikel 31 b des Landwirtschaftgesetzes abzugelten. (In den schweizerischen Vorranggebieten "Naturschutz" hat sich die landwirtschaftliche Nutzung auf Grünlandnutzung ohne Dünger und Pestizideinsatz zu beschränken. Diese Nutzung verhindert den Bodenabtrag bei Überschwemmungen und den Nährstoffeintrag in das Grund- und Oberflächenwasser.)
- Bei angrenzender Weidenutzung ist der Uferbereich abzuzäunen.
- Schweizerische Stoffverordnung an allen Gewässern einhalten. (CH)
- Düngerberatung für landwirtschaftliche Nutzflächen im Uferbereich. (CH)

Maßnahmen in der Forstwirtschaft

- In (potentiellen) Auenwäldern und sonstigen naturnahen Uferwäldern sollte die forstliche Nutzung und Planung vorrangig unter ökologischen Gesichtspunkten erfolgen. Ggf. sind weitere Waldbiotope, Schon- oder Bannwälder auszuweisen (D).
- In der Schweiz Waldreservate (wo sinnvoll als Totalreservate) ausscheiden und falls notwendig finanziell abgelten
- Bestehende, standortfremde Pflanzungen im Auen- und Uferbereich sind allmählich in standortheimische Bestände umzuwandeln.
- Keine neuen Erschließungsstraßen.
- Bestehende Erschließungsdichte auf das unbedingt Notwendige beschränken.

Maßnahmen für den Erholungsbereich

- Ausrichtung des Motorbootverkehrs auf dem Rhein auf ökologische Erfordernisse.
- Umsetzung eines "sanften Tourismus" am Hochrhein (Besucherlenkung und -information, natur- und umweltschonende Besuchereinrichtungen etc.).
- Bestehende Erholungseinrichtungen ökologisch aufwerten.
- Information der Bevölkerung zur Sensibilisierung für die Anliegen des Naturschutzes (Tafeln, Lehrpfade).

Schutz- und Sanierungsmaßnahmen am Oberrhein

Für den Oberrhein sind, in noch weit größerem Maße als am Hochrhein, bei der Umsetzung von Schutz- bzw. Sanierungsmaßnahmen bestimmte politische Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Zu ihnen gehören die:

- Veränderungen des Wasserregimes durch den Oberrheinausbau und damit einhergehende Standortveränderungen
- Umsetzung der Hochwasserrückhaltemaßnahmen am Rhein im Rahmen des deutsch-französischen Übereinkommens vom 6. Dezember 1982. Teilweise werden hier Möglichkeiten für eine ökologische Wiederherstellung eröffnet.
- Bestehende Wasserrechte am Fluß und seinen Seitengewässern (Kanäle, Seitenarme, Zuflüsse). Aufgrund des Wasserbedarfs für die Gewinnung von Wasserkraft sind die der ökologischen Wiederherstellung zur Verfügung stehenden Abflüsse im allgemeinen stark eingeschränkt.
- Bestehende Bodenrechte. Erfordernisse des Naturschutzes und der ökologischen Wiederherstellung widersprechen insbesondere denen der Ausdehnung und Ansiedlung von Industriegebieten und der Kiesgewinnung.

Von französischer Seite existieren mehrere Pläne, die Maßnahmen bzw. Entwicklungsziele festlegen. So legt der leitende Wasserwirtschaftsplan des Rhein-Maas Einzugsgebietes (SDAGE des Flußgebietes Rhein-Maas) im Rahmen des Wasserhaushaltsgesetzes vom 3. Januar 1992 z.B. fest (zit. in IKSR 1998:34):

Vorschläge des SDAGE

- Aufwertung von Buhnen als Elemente zur abwechslungsreichen Gestaltung der Sohle, zur Erhaltung der Biodiversität, zur Rückkehr zu typischen Auebiozönosen.
- Förderung von Aktionen zur Reaktivierung gewisser Überschwemmungsgebiete mit dem Ziel, das Ausmaß der Hochwasser stromabwärts zu verringern und das Ökosystem des Hochwasserbettes wiederherzustellen.
- Erhalt von nicht landwirtschaftlich genutzten Uferstreifen entlang des Flußlaufs;
- Anreize für landwirtschaftliche Praktiken, die die Erhaltung gewisser Tier- und Pflanzenarten ermöglichen;
- Anreize zur umweltverträglichen Landwirtschaft in Bereichen, die aus Sicht der Natur wertvoll und zusammenhängend sind.
- Wiederherstellung der strukturellen Vielfalt der Sohle und Variabilität des Abflußregimes sowie Diversifikationen der Uferbereiche in Giessen und Mühlbächen
- Erhalt des Grundwasserhaushalts, der Grundwasserentnahme und der physikalisch-chemischen Merkmale des Grundwassers, um die Biodiversität der aquatischen Ökosysteme, insbesondere der Grundwasserbäche und der Flußauen zu bewahren.

Konkrete Umsetzungsplanungen auf der Grundlage des SDAGE sind in Vorbereitung, wie z.B. der Wasserwirtschaftsplan SAGE "lll-Grundwasser-Rhein". Ein spezielles Kies- und Steinbruchkonzept in den Departements Haut-Rhin und Bas-Rhin regelt, daß die Kiesgewinnung an die Standorte mit den geringsten Auswirkungen zu verlagern sind. Daneben existieren seit 1994 Richtlinien zu einer ökologisch ausgerichteteren Forstwirtschaft für den Wald im Rheintal auf französischer Seite (ORLAM-DILAM).

Konkrete Maßnahmen auf französischer Seite:

- **Bereicherung der gesamten Schutzzonen:** Aufnahme der Insel Rohrschollen als Naturschutzgebiet (März 1997) und Beginn des Anerkennungsverfahrens für das Naturschutzgebiet der Wälder Neuhof-Robertsau. Die Vergrößerung des Naturschutzgebietes Kleine Elsässische Camargue wird erwogen. Das grenzüberschreitende Projekt "Ramsar-Gebiet-Oberrhein", derzeit in Untersuchung, sieht keinen zusätzlichen juristischen Schutz vor, die Anwendung der Ramsar-Vereinbarung stellt nur ein integriertes Bewirtschaftungsinstrument der Feuchtgebiete dar. Für die bereits geschützten Gebiete oder für die im Verfahren befindlichen können, nach Abzug der bebauten Flächen, folgende Prozentzahlen im Verhältnis zur Oberfläche der Rheinniederung des kanalisierten Bereiches angegeben werden: 47 % Schutzzonen oder im laufenden Verfahren: Kategorie I der thematischen Karten 5 % ökologisch wertvolle Zonen ohne Schutzstatus: Kategorie II der thematischen Karten.
- **Redynamisierung der Oberflächengewässer der Giessen und der Altarme im Einklang mit dem Plan Lachs 2000:** in bestimmten Altarmen wurden in den 90er Jahren bereits Restaurierungsarbeiten durchgeführt. Ein neues, erweitertes Programm wird heute auf der Grundlage einer genauen Bestandsaufnahme im Rahmen des Plans Lachs 2000 erstellt; so werden 1997/98 zwei Projekte, Breitsandgiessen in Rhinau und Aspenkopf in Beinheim, durchgeführt.
- **Wiederherstellung der Altarme und Rückkehr zu Flutungen** im Rahmen des europäischen Interreg II C Programms zum Hochwasserschutz und zur Restaurierung der Flußniederungen in der Anwendung auf potentielle Gebiete der Rheinniederungen im Elsaß. Im Rahmen dieses Programms plant man die Wiederherstellung der Dynamik von Altarmen im Wald von Baltzenheim-Marckolsheim und eine Untersuchung der Wiederherstellungsmöglichkeiten des Gebiets Marckolsheim-Schoenau unter Berücksichtigung einer möglichen Rückkehr zu Flutungen.

- **Berücksichtigung ökologischer Zielsetzungen bei der Umsetzung der deutsch-französischen Vereinbarung vom 6. Dez.1982**: Vereinbarkeit des Hochwasserschutzes und der Rückkehr zu Flutungen der Rheinauenwälder. So werden für den Moderpolder, der derzeit für Hochwasserrückhaltung zur Verfügung steht, die Modalitäten ökologischer Bewirtschaftung Gegenstand zusätzlicher Verfahren sein. Das Vorhaben Ersteinpolder sieht schon jetzt die Reaktivierung der Giessen und ökologische Flutungen vor; die Arbeiten sind im Gange. Für die Moder- und Ersteinpolder ist anzumerken, daß es aufgrund der derzeitigen Ausbausituation des Rheins und der verschiedenen Nutzungen der Gebiete nicht möglich ist, die vor der Kanalisierung bestehenden Überflutungsbedingungen genau wiederherzustellen. Jedoch ermöglichen die zur Hochwasserrückhaltung hinzukommende Aktivierung der Giessen und die ökologischen Flutungen es, viele Bedingungen wiederherzustellen, angefangen von einer vollständigen Auffüllung der Giessen ab einem Abfluß von 1550 m^3/s bis zu regelmäßigen Überflutungen. Das Prinzip einer jährlichen Flutung im Sommer abhängig vom Hochwasserabfluß ist beibehalten worden: Beginn der Flutung ab einem Rheinabfluß von 2000 m^3/s, was den traditionellen Überflutungen des "Kirsch-Rheins" zu Zeiten des nicht kanalisierten Flusses entspricht.

Über die bereits geplanten oder in Programme aufgenommenen Maßnahmen hinaus, werden heute Überlegungen angestellt, einen Gesamtplan für die Wiederherstellung der Rheinniederungen auf französischer Seite zu erstellen. Dazu gehört im Vorfeld eine Untersuchung zur Wiederherstellung des ehemaligen Gewässernetzes von der DIREN-Elsaß aus dem Jahr 1995. Es wurde der Vorschlag formuliert, das Restnetz der Giessen und Altarme durch Entschlammung, Wiederherstellung eines gewässertypischen Abflußverhaltens und eine abwechselnde Gestaltung der Ufer zu erhalten bzw. ökologisch zu verbessern. In einem zweiten Schritt soll dann das alte Gewässernetz wieder an den Fluß selbst und seine Seitengräben angebunden werden. Aus dem gleichen Jahr stammen Vorschläge zur Wiederherstellung des Überflutungsregimes in einigen Waldgebieten auf französischer Seite vom Service de la Navigation Straßburg, Regionaldirektion des Voies Navigables de France (Bericht "Wiederherstellung der Rheinauen – Rückkehr zur Überflutbarkeit der Rheinniederungen – Bestandsaufnahme der wiederüberflutbaren Standorte und Programmvorschläge). Zur besonderen Prüfung werden die eingedeichten Flächen im Bereich der Auenwälder Marckolsheim-Mackenheim-Schoenau, Rhinau-Daubensand und Offendorf-Dalhunden, Robertsau-La Wantzenau empfohlen. Die Bestandsaufnahme ergab, daß nördlich Breisach nur noch etwa 10 % der um 1889 noch überfluteten Waldflächen existieren. Bei einer Überflutung aller potentiell in Frage kommenden Flächen, könnte der Anteil auf etwa 35 bis 45 % ansteigen.

Im Rahmen des Programms Lachs 2000 kam es am 04. März 1997 zwischen dem französischen Staat, der Bundesrepublik Deutschland, den Voies Navigables de France sowie den Kraftwerksbetrieben RKI (Rheinkraftwerk Iffezheim) und CERGA (Centrale Electrique Rhénane de Gambsheim) zu Vereinbarungen über den Bau, Betrieb und die Unterhaltung von Fischpässen an der Staustufe Iffezheim (Fertigstellung im Jahr 2000) und an der Staustufe Gambsheim (Fertigstellung im Jahr 2003).

Für das deutsche Gebiet des Oberrheins existieren folgende Vorschläge durch die IKSR:

- **Überflutung bestimmter Teile des alten Hochwasserbettes des Rheins:** Im Rahmen der Vorhaben zum Hochwasserschutz sollte die Reaktivierung der durch die Kanalisierung vom Fluß abgeschnittenen Auenzonen untersucht werden. Diese Zonen sind im allgemeinen durch das Netz der alten Dämme bzw. lokal vom Hochgestade begrenzt. Am ausgebauten Oberrhein sind aus hydraulischen Gründen großflächige Dammrückverlegungen nicht möglich. Geeignete Flächen für Deichrückverlegungen sind als Standorte für den Hochwasserschutz und eine

(verändert nach IKSR 1998:27ff.)

Auenrenaturierung zu sichern. Weitere Bebauungen in diesen Bereichen sind zu unterbinden.

- Schaffung reich strukturierter, weichholzaueähnlicher Standorte: Auf ca. 40 km Länge (Rkm 176 bis 218) soll im Zuge der von Deutschland und Frankreich vereinbarten Hochwasserschutzmaßnahmen das Rheinbett verbreitert werden.
- **Wiederbelebung der Dynamik und Vernetzung der Wasserläufe des Rheinsystems:** Entschlammung der Seitenarme, Wiederherstellung alter Verbindungen, Selbstreinigung der Sohle. Dabei soll der Fortbestand des Gewässersystems gesichert werden, die Funktionen des biologischen Austauschs, der Laichplätze, des Reservoirs für Biodiversität sollen verbessert oder sogar wiederhergestellt werden. Die regelmäßige Wiederbelebung der Dynamik des an den Rhein grenzenden Gewässersystems wie auch die erneuten Flutungen werden (in einem gewissen Rahmen) die Drainage und Speisung des Grundwassers wiederherstellen. Diese abwechselnden Prozesse dienen der Belüftung der Böden.
- **Verbesserung der Durchgängigkeit der Gewässer:** Bau von Fischaufstiegen und Vorkehrungen für den Fischabstieg. Berücksichtigung der Bedürfnisse bestimmter Arten hinsichtlich Mindestabflußmengen, Grenzgeschwindigkeit, Wasserhöhe, u.a. Minderung der durch Turbinen hervorgerufenen Fischverluste bei der Abwärtswanderung.
- **Berücksichtigung der Maßnahmen des Integrierten Rheinprogramms:** Im Zuge des Integrierten Rheinprogramms sind an 13 Standorten Rückhalteräume für den Hochwasserschutz sowie zahlreiche weitere Maßnahmen zur Auenrenaturierung in der gesamten Rheinniederung geplant. Zur Standortsicherung dieser Maßnahmen ist anzustreben, die betreffenden Bereiche rechtsverbindlich zu sichern (z.B. durch Aufnahme in die Regionalpläne).
- **Entwicklungs- und Pflegeplänen für die Uferbereiche des Rheins:** Wo es die Belange des Hochwasserschutzes und der Schiffahrt zulassen, sollte darauf verzichtet werden, durch laufende Unterhaltungsmaßnahmen und technische Uferbefestigungen eine natürlich entstehende Morphodynamik zu unterbinden. Auf diese Weise können sich punktuell kleinere Kiesinseln mit Rohbodenstandorten entwickeln und für kieslaichende Fischarten neue Brutstätten entstehen.
- **Dynamisierung der Grundwasserbestände:** Nach dem Bau der Staustufen erfolgte mit zunehmender Kolmatierung der Rheinsohle eine starke Abpufferung der Grundwasserschwankungen, was nach einer anfänglichen Vernässung rheinnaher Standorte heute teilweise zum Absinken der mittleren Grundwasserstände geführt hat. Sowohl das konsequente Zulassen ökologischer Flutungen in den zukünftigen Retentionsräumen am Oberrhein als auch eine kontinuierliche Durchströmung bestehender Gewässersysteme führen nachweislich zu einer Redynamisierung und auenähnlichen Schwankungen der Grundwasserstände.
- **Verbesserung der Abflußverhältnisse:** Bedingt durch unterschiedlichste Eingriffe im Zuge menschlicher Nutzungen sind an vielen Stellen in der rezenten Aue Abflußhindernisse entstanden. Durch erhöhte Straßen- und Weglagen, durch Dammschüttungen, durch zu gering dimensionierte Durchlässe und Brücken wurden Auengewässer (wie Schluten, Altarme, Giessen) unterbrochen oder durch den Leinpfad vom Rhein abgetrennt. Furten und Brücken bzw. Durchlässe sollen gebaut oder vergrößert werden, um eine Durchströmung wiederherzustellen und die Verschlammung zu reduzieren.
- **Keine weiteren Bebauungen in Überschwemmungs- und Manövergebieten:** Die Flächen in Überschwemmungs- und Manövergebieten sind für den zukünftigen Hochwasserschutz zwingend von weiteren Bebauungen freizuhalten. Forst- und Landwirtschaft sowie sonstige Nutzungen in diesen Bereichen sollten die aueähnlichen Bedingungen berücksichtigen.
- **Renaturierung der Nebengewässer:** Eine Renaturierung der Nebengewässer bietet nicht nur Entwicklungschancen für gewässertypische Biotoptypen mit all ihrer Artenvielfalt, sie trägt darüber hinaus auch zu einem verbesserten Hochwasserschutz und zu einer Verbesserung der Gewässergüte bei. Kleinkraftwerke und Stauwehre sind durch Umgehungsgerinne oder Fischpässe durchwanderbar zu gestalten. Technische Uferverbauungen sind, wo immer möglich, zurückzunehmen. Begleitende Uferrandstreifen sollen, sofern möglich, verbreitert und naturnah entwickelt werden.
- **Erhaltung des Biotopbestandes:** Der starke Druck unterschiedlichster Nutzungsinteressen auf die Flächen der Rheinniederung erfordert die Erhaltung des noch vorhandenen Biotopbestandes. Biotope der Natur- und Kulturlandschaft in

der Rheinniederung sollen einander ergänzen und ein optimal vernetztes System bilden. Pflege und Entwicklung von Pfeifengraswiesen, Halbtrockenrasen und Trockenrasen sowie von Quellkolken und Gießen.

- **Erweiterung von Schutzflächen:** Allgemein gesehen steigt die ökologische Bedeutung eines Gebietes mit seiner Größe. Im Einklang mit dieser Regel wäre es wünschenswert, soweit möglich, die bereits geschützten Gebiete zu vergrößern, neue Gebiete zu bestimmen, den bestehenden Schutz zu verstärken.
- **Biotopvernetzung:** Die Biotopvernetzung soll sowohl rezente Auenbereiche entlang des Stromes miteinander verbinden, wie auch Brücken schaffen zu vorhandenen und zu schaffenden Biotopen in der Rheinniederung. Natürliche Strukturen wie Gewässer, Streuobstwiesen, Feldhecken bieten sich an und sollten entsprechend gepflegt und ergänzt werden. Innerhalb großer Siedlungsbereiche sind Grünzüge zu erweitern, Gewässer umzugestalten und Park- und Gartenanlagen als Verbindungselemente zu nutzen, um die Barrierefunktion in der Rheinniederung zu minimieren.
- **Extensivierung der Landwirtschaft:** Intensive landwirtschaftliche Nutzungen (zum Beispiel Tabak-, Spargel- Maisanbau) sind langfristig aus der rezenten Aue und aus den für den Hochwasserschutz benötigten Bereichen auszulagern. Agrarstrukturanalysen können als Grundlage für sozialverträgliche Lösungen dienen (z.B. Flächentausch nach Hofaufgabe oder im Zuge von Flurbereinigungsverfahren; Entwicklung von Vermarktungsstrategien; etc.). Im Geltungsbereich des Integrierten Rheinprogramms sollten landwirtschaftliche Nutzungen generell die Grundsätze integrierter Anbaukonzepte nach aktuellem Kenntnisstand berücksichtigen. Geeignete Förderprogramme sind zu nutzen bzw. zu entwickeln.
- **Wiedervernässung ehemals nasser oder anmooriger Standorte der Randsenke:** Typische Randsenkenbereiche sollten, soweit eine Renaturierung der Standorte möglich ist, durch gezielte Grabenbewirtschaftung, Wiesenwässerung, Aufgabe intensiver Bewirtschaftung, Förderung von Bruchwaldgesellschaften u.ä. geeignete Maßnahmen wieder reaktiviert werden.
- **Zulassen einer natürlichen Wiederbewaldung bzw. einer naturnahen Aufforstung:** Wo geeignete Flächen zur Verfügung stehen, sollte zur Entwicklung aueähnlicher Biotope eine natürliche Wiederbewaldung zugelassen werden. Im Zuge einer nachhaltigen Forstwirtschaft in der Rheinniederung sind, wo immer möglich, naturnahe Aufforstungen anzustreben. Berücksichtigung zukünftiger Standortbedingungen (teilweise Wiederanbindung an das Überflutungsgeschehen des Rheins) bei der Forsteinrichtung. In den Bereichen zukünftiger Hochwasserrückhalteräume und in Deichrückverlegungsgebieten sind forstlich genutzte Bestände mit heute hochwasserintoleranten Baumarten sukzessive umzubauen. Hiebsreife Bestände können, sofern Hochwasserrückhaltung oder Deichrückverlegung absehbar sind, bereits heute mit geeigneten, standortheimischen Baumarten aufgeforstet bzw. verjüngt werden. In der Altaue werden die Wälder nach den heute anerkannten und gültigen Regeln einer naturnahen Waldwirtschaft genutzt.
- **Naturnahe Entwicklungsbereiche in Kiesgruben:** Ökologisch wertvolle Bereiche an Kiesgruben sind naturnah zu entwickeln. Die Ausdehnung intensiver Erholungsnutzung ist hier zu vermeiden.

Forschungsfragen an die Geschichte

Insbesondere am Hoch- und Oberrhein stehen, im Zusammenhang mit dem Programm Lachs 2000 und einem gerade begonnenen Konzept der IKSR zur nachhaltigen Entwicklung des Rheins, Arbeiten aus, die uns die Beschreibung möglicher Referenzzustände als Grundlage von Konzepten zur Gewässersanierung ermöglichen. Eine Voraussetzung hierfür scheint mir die weitere Detailierung der Floren- und Faunengeschichte.

Hier könnte die Anwendung moderner Untersuchungsmethoden an Sedimenten des Hoch- und Oberrheins neben der Erfassung chemischer Parameter auch über abgestorbene Tier- und Pflanzenreste wichtige Hinweise liefern.

Die Indikation durch z.B. Deformierungen an Exuvien-Kopfkapseln von Chironomiden (vgl. Kap. 3.5) oder die Analyse von Muschelschalen, wie sie z.B. eine schwedische Arbeitsgruppe an Muscheln der Gattungen Margaritifera, Unio, Anodonta etc. durchgeführt hat (CARELL et al. 1987) stehen an Hoch- und Oberrhein noch aus. Letztere Methode beruht auf der Bestimmung verschiedener Radioisotope. Aufgrund der Radioisotope lassen sich frühere Konzentrationen an Stoffen bestimmen und zumindest relativ vergleichen. In archäologischen Grabungen und alten Sedimenten lassen sich immer wieder Muschelschalenreste finden, die eine solche Analyse für einen mehrere Jahrhunderte zurückreichenden Zeitraum ermöglichen würden. Auch die Einschätzung alter Methoden der Landbewirtschaftung hinsichtlich ihrer stofflichen Auswirkung auf Böden, Vegetation, Grund- und Oberflächeneintrag könnte damit vielleicht entscheidend verbessert werden und letztlich zu „nachhaltigen“ Bewirtschaftungskonzepten einer „sanierten“ Aue führen. Schließlich verspricht auch die Betrachtung anderer Kulturen, in anderen Ländern hinsichtlich des unterschiedlichen Umgangs mit Abwasser und Abfall, wertvolle Anregungen.

Einfluß von Rechtsnormen

Der Einfluß von Rechtsnormen auf den Umweltschutz ist, neben ihrer inhaltlichen Qualität, stark von den gesellschaftspolitischen Rahmenbedingungen abhängig. Die große Kunst liegt darin, vereinheitlichende Rechtsnormen zu schaffen, deren Grundprinzipien langfristig Bestand haben, auf denen aber weitergehende Vorschriften flexibel aufbauen können. Die zunehmende Gesetzgebungskompetenz der EU bietet für den Umweltschutzstandard in Deutschland gleichermaßen Chancen wie Gefahren. Als ein Beispiel für eine lang tradierte und vergleichsweise erfolgreiche Rechtsnorm gilt die preußische Gewerbeordnung von 1845. Sie schreibt die Zulassung und Zulassungskontrollen von Gewerbe/ bzw. Industrieanlagen vor. Auf sie geht letztlich das heutige Bundesimmissionschutzgesetz zurück. Es baut auf dem Immissionsprinzip auf, das Einleitungsgrenzwerte vorschreibt. Demgegenüber steht die lange britische Tradition, die Umweltschutzmaßnahmen von der „Belastbarkeit“ des Umweltmediums abhängig macht und strikt auf dem Emissionsprinzip beruht. Kritiker der EU- Umweltschutzgesetzgebung warnen vor einer Aufweichung der vergleichsweise scharfen Immissionsgrenzwerten der Bundesrepublik und damit dem Umweltschutzstandard in Deutschland, falls sich die Briten durchsetzen sollten.

Befürworter der EU-Gesetzgebungskompetenz heben die Vereinheitlichung der Rechtsnormen vor und verweisen auf die Chance, daß die EU die Möglichkeit besitzt, auch lokale Gewässerschutzmaßnahmen dadurch zu fördern, indem sie Standards vorgibt, die an ökologischen und demokratischen Grundsätzen orientiert sind. Insbesondere für die ökologische Sanierung von Gewässern mit Hilfe fachlich kompetent und politisch ausgewogen besetzten „Runden Tischen“ vor Ort ließe sich einiges erreichen. Die Ausgestaltung der EU-Richtlinie des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik sowie der Anhang 5, die gerade bearbeitet werden, ermöglichen eine erste Bilanz der Chancen und Risiken der Wasserpolitik und des Einflusses von Rechtsnormen durch die EU. Während die ersten Entwürfe im Sinne eines umfassenden Gewässerschutzes vergleichsweise zukunftsweisende Ansätze versprachen, fällt der vorläufig letzte Entwurf vom Mai/Juni 1998 weit hinter dem zurück, was aus gewässerökologischer Perspektive dringend anstehen würde.

7 Zusammenfassung

Einführung: Motivation, Gegenwärtige Problemlage

Die Vergegenwärtigung historischer Entwicklungen ist ein wichtiger Schlüssel, um die eigene Gegenwart als ein zeitgebundenes und beeinflußbares Durchgangsstadium in die Zukunft zu begreifen. In der Einführung werden die Grundlagen und Motivationen des Forschungsprojektes dargelegt. Die Arbeit geht von der Annahme aus, daß mittels der historischen Analyse Gewässerverschmutzungen als Folgen unseres Umgangs mit Stoffen und Wasser besser erklärt werden können und damit die Trägheit überkommener Konzepte überwinden helfen (Kap.1.1). Unter Gewässerbelastungen werden in der vorliegenden Arbeit nicht nur die stofflichen Belastungen des Wassers, sondern auch die morphologischen Beeinträchtigungen der Gewässer verstanden.

Noch allzu oft wird die Geschichte der industriellen Revolution und der damit verbundene Bau von Schwemmkanalisation, Kläranlagen oder Staustufen als mehr oder weniger linear verlaufende Erfolgsstory – als ein großer technischer Fortschritt – vermittelt.

Diese Arbeit versucht, die gefundenen Lösungen des vergangenen Jahrhunderts zu relativieren und aufgrund neuer Rahmenbedingungen und globaler Erfordernisse nun auch hinsichtlich ihrer Dauerhaftigkeit zu hinterfragen und einen Beitrag zu einer historischen Ökologie zu leisten.

Der Rhein eignet sich für eine historische Analyse vor allem deshalb, weil er trotz seiner großen Wassermenge zu den ersten Flüssen gehört, an denen die Auswirkungen von Verschmutzung bereits sehr früh untersucht wurden und Phänomene, wie die Selbstreinigung, am ausführlichsten diskutiert sind. Darüberhinaus gehört der Rhein zu den Flüssen an denen zahlreiche Nutzungskonflikte erstmals auftraten. Von dem Wasser, das aus durch Flüsse aus westlichen Industrieländern abläuft, transportiert der Rhein nur ca. 0,2 %. In seinem Einzugsgebiet liegen jedoch über 20 % der westlichen Chemieindustrie. Gleichzeitig trinken weit mehr als 10 Millionen Menschen Wasser aus dem Rhein.

Problembeschreibung

Das heute in städtischen Gebieten von Industrieländern fast ausschließlich eingesetzte Sanitärkonzept ist die Spültoilette in Verbindung mit einer Schwemmkanalisation und zentraler Kläranlage (Kap. 1.2). Als klassisches ”end-of-pipe”- Konzept entspricht es einer reinen Stoffdurchflußwirtschaft und nicht den Grundsätzen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes. Es stellt keine dauerhafte Lösung dar, weil es

- begrenzte Nährstoffressourcen zu stark nutzt,
- trotz energieintensiver Abwasserreinigung erhebliche Mengen an Nähr- und Schadstoffen in die Gewässer gelangen
- Nährstoffverluste in Kauf nimmt,
- Wasserverschwendung betreibt,
- die Gewässer hygienisch belastet und damit ein Baden in vielen Flüssen nicht erlaubt werden kann
- und teuren und belasteten Klärschlamm produziert.

Der Stickstoff wird mit viel Energie aus der Atmosphäre fixiert, zu Dünger verarbeitet, von Pflanzen aufgenommen, von Menschen ausgeschieden und dann aus dem Abwasser wieder mit viel Energie in die Atmosphäre entlassen. Der abgebaute Phosphor hat durchschnittlich über ca. 5000 km Transportkilometer hinter sich, bevor er hochverdünnt im Meer oder schadstoffbelastet auf Deponien „endgelagert“ wird.

Geschichte der Städteentwässerung

Das zweite Kapitel befaßt sich mit der Geschichte der Stadtentwässerung. Es zeigt auf, daß das heutige Verfahren zur Entwässerung von Siedlungen, d.h.

das undifferenzierte Ableiten von Abwasser via Freispiegelkanal, auf Grundsatzentscheidungen des letzten Jahrhunderts beruht.

Der Bau der Kanalisation war nicht, wie vielfach angenommen, eine der Voraussetzungen, um Seuchen zu verhindern. Neuere Arbeiten zeigen, daß entsprechende Krankheiten in vielen Städten bereits vor dem Bau der Schwemmkanäle zurückgingen und schon die damaligen Statistiken oft falsch ausgelegt wurden.

Bei der Einführung der Schwemmkanalisation war nicht die Frage, ob Kanal oder nicht, denn in den zunehmend verdichteten Städten mußten ohnehin unter- oder oberirdische Kanäle zum Ableiten des Niederschlagswassers von Dächern und Straßen entweder gebaut oder erneuert werden. Der eigentliche Streit ging vielmehr um die Einleitung der Fäkalien und des Urins in die Kanalisation.

ründe für die Einleitung der Fäkalien und des Urins in die Kanäle waren

- die Angst vor der Ansteckungsgefahr durch Gestank. Die gängigen Theorien gingen von falschen Annahmen aus. Sie sahen die Gefahr in der Übertragung von Krankheiten durch die Luft („Miasmentheorie“) oder durch Gase aufgrund der Zersetzungsvorgänge des mit Fäkalien durchtränkten Bodens („Bodentheorie“ von Max von Pettenkofer). Die Einführung der Kanalisation sollte laut Pettenkofer vor allem dem Entzug von Feuchtigkeit aus städtischen Böden dienen, um damit die Entstehung pathogener Ausdünstungen an der Quelle zu verhindern.
- Gleichzeitig mit der Angst stiegen die Ansprüche an Komfort und Bequemlichkeit (Wasserhahn und Spülklo); sie waren verknüpft mit sozialem Prestige und den Bemühungen zur „Säuberung“. Konsequent forderten die Vertreter eine möglichst schnelle Ableitung von Fäkalien und Urin zu gewährleisten. Dies war Ausdruck einer veränderten Wahrnehmung des eigenen Körpers und einer Übertragung von Verantwortung auf den Staat.
- Undichte Abortgruben lagen zu nah an den Brunnen. Als Folge davon gab es immer weniger geeignete Brunnen, um den Wasserbedarf vor Ort zu bewältigen. Nach der Einführung einer zentralen Wasserversorgung und des Wasserklosetts waren die Grubenabwässer so verdünnt, daß sie sich nicht mehr zur Düngergewinnung eigneten. Die nun notwendig gewordene häufigere Abfuhr wurde zu teuer.
- Die Landwirte selbst hatten kein Interesse mehr an den Nährstoffen aus der Stadt. Ihre Organisation war zu teuer und zu aufwendig geworden gegenüber den zunehmend verfügbaren und kostengünstigen Handelsdüngern.

Mit der Einführung des Wasserklosetts hat der Mensch die individuelle Verantwortung für seine Hinterlassenschaften abgegeben, zwischen sich und seine Fäkalien eine maximale Distanz gestellt. Die Defäkation ist von der individuellen, konkreten Veräußerung zum abstrakten Problem weniger Fachleute geworden. Kanal und Kläranlage sind die technische Fortsetzung des Magen-Darm-Traktes in die Gewässer. Das WC ist zu einem Ort der Intimität geworden und Fäkalien und Urin damit zu einem der am stärksten tabuisierten Themen der Gegenwart (Kap. 2.2).

Erfolge der Hygiene

Ein Zusammenhang zwischen verschmutztem Wasser und ansteckenden Krankheiten wurde von kaum jemandem im 19. Jahrhundert ernsthaft bestritten. Die Folge war, ausgehend von England, eine breite Aufklärung darüber, daß undichte Sickergruben nahegelegene Brunnen verseuchten.

Trotz dieser Erkenntnis und scharfer Bestimmungen, gelang es vor allem in den verarmten Innenstädten nicht, das Problem der undichten Gruben zu beseitigen. Die Abnahme der Cholera- und der Typhussterblichkeit läßt sich im wesentlichen auf allgemein verbesserte hygienische Bedingungen zurückführen. Die Versorgung mit sauberem Trinkwasser gehörte dabei zu den wichtigsten Maßnahmen. Eine Verbesserung der Trinkwasserversorgung wurde in der Regel durch die zentrale Versorgung mit sauberem Wasser aus abseits liegenden Quellen erreicht. Ausnahmen, wie z.B. im Falle der Trinkwasserversorgung mit unfiltriertem Elbewasser in Hamburg, mußten früher oder später zu Epidemien führen. Regionen, die durch entsprechende lokale Sanierung, z.B. durch konsequente Abdichtung der Fäkaliengruben oder durch Aufbereitung/Filterung ihre Brunnen sanierten, konnten ebensolche Erfolge vorweisen.

In der Rückschau werden die „Erfolge der Städtesanierung“ oft grob vereinfachend dargestellt. Die Verbesserung wird pauschal auf die Einführung von zentraler Wasserversorgung und der Schwemmkanalisation zurückgeführt. Im Laufe des letzten Jahrhunderts ließen sich zentrale Wasserversorgungen, Spültoilette und Schwemmkanal bis fast in den letzten Winkel der Industrienationen durchsetzen. Dies geschah vor allem von 1920 - 1970 weitgehend unhinterfragt.

Die fachliche Diskussion im 19. Jahrhundert bietet hingegen ein sehr viel differenzierteres Bild. Kanäle (früher auch Dohlen genannt) zur Ableitung von Regen- und Haushaltsabwässern wurden von niemandem beanstandet oder hinterfragt. Die Hauptargumente, sofern sie sich gegen die Kanalisation im allgemeinen wendeten, bezogen sich auf die Zentralität der Kanalisation, den damit verbundenen Aufwand und Kosten. Die Hauptargumente gegen die Einleitung der Fäkalien waren Verlust der Dungstoffe, Gefahr von Infektionskrankheiten für die Unterlieger und unmäßige Gewässerverschmutzung.

Die Auseinandersetzungen beginnen in ganz Europa (vor allem England) schon im ausgehenden 18. Jahrhundert und finden in Deutschland im wesentlichen zwischen 1842 - 1900 statt. Je nachdem, zu welchem Zeitpunkt eine solche Auseinandersetzung stattfand, waren die o.g. Gegenargumente von unterschiedlich großem Gewicht. In Hamburg (Kap. 2.3), noch vor der Mitte des Jahrhunderts, waren es die Kosten, nach den Stellungnahmen Liebigs war es der Verlust an Dungstoffen, danach die Gefahr vor Infektionskrankheiten (Kap. 2.4) und erst gegen Ende des Jahrhunderts kam auch das Argument der Gewässerverunreinigung zur Sprache.

Der Normalfall „undichte Grube“

Trotz der vielen Diskussionen und dem frühen Bau der Kanalisation in Hamburg, war die (undichte) Grube bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts die verbreitetste Entsorgungsvariante der menschlichsten aller Bedürfnisse und die Verwendung der menschlichen Auswurfstoffe in ihrem natürlichen Zustand die weitverbreitetste Düngerart (Kap. 2.5).

Diskussionen um entsprechende gesetzliche Regelungen und Investitionen wurden von lokal zum Teil vollkommen unterschiedlichen gesellschaftlichen Vorstellungen der Kontrahenten gefärbt. Dabei lassen sich folgende Gegensätze wiederfinden:

- Stadt-Land-Verhältnis (Stadt als Herd des kranken und unsittlichen Lebens aber auch des Fortschritts gegenüber dem Land als romantische, gesunde Idylle)
- Zentrale oder dezentrale Leitbilder (z.B. Chadwicks Arterien- und Venensystem als Zielvorstellung)
- Ideal der größtmöglichen individuellen Freiheit gegen eine ordnungsliebende Staatsmacht (Kap. 2.5, Beispiel der Stadt Gent)

Sanitärtechnische Alternativen

Im Zuge der Diskussionen wurden sehr viele Alternativen entwickelt, wie z.B. das Moulesche Erdklosett, der Beetzsche Ölsiphon oder das Liernursystem. Einige der damaligen Grundideen sind für Spezialanwendungen (Vakuumableitung in Schiff, Flugzeug usw.) kontinuierlich weiterentwickelt worden und kommen heute für die Entwicklung moderner ökologischer Sanitärkonzepte in Frage (Kap. 2.6).

Fallbeispiele Basel, Freiburg, Worms

An Fallbeispielen (Basel, Kap. 2.7 Freiburg Kap. 0, Worms Kap. 2.9) wird untersucht, wie unterschiedlich trotz der international geführten Gutachterdiskussionen Problemlösungen, zur Bewältigung der wasserwirtschaftlichen Aufgaben unter den verschiedenen lokalen Voraussetzungen ausfallen konnten. Der Wissenschaft kam dabei vor allem als Argumentationshilfe und vertrauensförderndem Element eine bedeutende Rolle zu. In der Öffentlichkeit bekanntere Persönlichkeiten, wie z.B. Pettenkofer, Koch oder Baumeister, hatten einen großen Einfluß auf die Meinungsbildung und konnten bestimmte Argumentationslinien und Forschungszweige für die eigenen Ansichten okkupieren (vgl. Kap. 2.10 - 2.12.).

Die Spültoilette

WC und Kanalisation können als typische Errungenschaften der höheren Gesellschaftsschichten gelten. Ihre Durchsetzung erfolgte „von oben“ mit dem machtvollen Argument der Hygiene.

Für viele Bewohner bedeutete das WC mit Anschluß- und Benutzungspflicht an die Kanalisation einen großen Eingriff in ihre Privatssphäre. Der Eingriff der Obrigkeit bestand dabei in zweifacher Hinsicht:

- psychologisch gesehen darin, ein lang tradiertes Verhalten zu ändern
- und ökonomisch gesehen in der Vermittlung der nicht unerheblichen Kosten, die auf die Hausbesitzer zukam (vgl. z.B. Beispiel Hamburg oder Basel)

Ob und in welcher Form sich Einzelne gegen diesen Eingriff in die Privatssphäre wehrten, hing mehr von den Möglichkeiten als von den eigenen Vorstellungen ab. Inwieweit die Einführung des WCs durch eigene oder „gemachte“ Bedürfnisse erzwungen wurde, konnte die vorliegende Studie nicht klären.

Unabhängig von allen lokalen Besonderheiten hingen die Entscheidungen um „Stadtreinhaltung“ ganz wesentlich von drei Entwicklungen des 19. Jahrhunderts ab:

- den Argumenten der hygienischen Revolution im 19. Jahrhundert. Sie stellt einen der bedeutendsten Mentalitätswandel dar, den wir in der Geschichte überhaupt kennen.
- dem wachsenden Stellenwert wissenschaftlicher Erkenntnisse bzw. Argumente
- sowie der allgemeinen Verstädterung (Verdichtung, Zunahme der städtischen Bevölkerung, Industrialisierung), damit einhergehende Anforderungen an Straßenbau, Entwässerung usw.

Ökologische Konsequenzen

Das dritte Kapitel zeigt am Beispiel Rhein auf, welche Konsequenzen die Verwendung des Rheins und seiner Nebenflüsse als Abwasserkanal gehabt hat. Mittels unterschiedlichster Quellen wird der Versuch unternommen, den Gewässerzustand des Rheins um 1900 zu charakterisieren. Anhand von Bevölkerungszahlen und Anschlußgraden werden die Nährstofffrachten abgeschätzt (Kap. 3.1). So liegen die Stickstofffrachten um 1900 im Hoch- und Oberrhein in der Größenordnung von 1/50 der heutigen Gesamtfracht. Die entsprechenden Werte für Phosphor dagegen liegen bereits in der Größenordnung von 1/10 heutiger Frachten. Insgesamt liegen die Schmutzfrachten streckenweise am Oberrhein deutlich über dem, was bisher vermutet wurde. Zeitgenössische Autoren gingen bei ihrer Beurteilungen davon aus, daß die Verdünnung der Abwässer im Rhein durch die enorme Wassermenge des

Rheins deutlich über 2000 liegen würde. Die Abschätzung der Abwassermengen, bezogen auf den Gesamtabschnitt des Oberrheins, kommen zu dem Ergebnis, daß die Verdünnung durch die Kummulation deutlich darunter lag. Dies gilt in gleichem Maße auch für die industriellen Einleitungen (Kap. 3.2). Vor allem zwischen Karlsruhe und Mainz und im Main zwischen Aschaffenburg und Mainz war die Verschmutzung bereits um 1900 kein lokal begrenztes Problem mehr. Neben der stofflichen Seite hatte sich auch die Morphologie des Oberrheins durch die Tullasche Rektifikation deutlich geändert. Hauptgrund für die Rektifikation war die Trockenlegung großer ehemaliger Aueflächen (Melioration), um sie besser land- und forstwirtschaftlich nutzen zu können. Die Nachteile für die Fischer, den vermeintlichen Verlierern der Rektifikation, wurden mehr als kompensiert durch den großen wirtschaftlichen Aufschwung, den die Region durch die Trockenlegungen erfuhr. Trotz aller ökologischer Auswirkungen sind die Tullaschen Eingriffe nicht mit dem Oberrheinausbau dieses Jahrhunderts zu vergleichen. Neben den Rheinkarten charakterisieren vor allem die biologischen Untersuchungen des Altmeisters der Limnologie Robert Lauterborn den Zustand des Hoch- und Oberrheins nach der Rektifikation und vor dem Oberrheinausbau. Die Auswertung der frühen floristischen und faunistischen Angaben lassen Schlüsse auf die verschiedenen Lebensräume und ihre Veränderungen zu (Kap. 3.3, 3.4). Inzwischen hat die Paläoökologie Methoden entwickelt, wie z.B. aus abgelagerten Sedimenten auf bestimmte Ereignisse oder Verhältnisse zurückgeschlossen werden kann. Der Einsatz moderner paläoökologischer Methoden am Hoch- und Oberrhein steht jedoch noch ganz am Anfang. Am Ende des dritten Abschnitt wird die Gewässerbelastung im Hoch- und Oberrheingebiet um 1900 als Gewässergütekarte im Vergleich zu 1995 dargestellt.

Gewässerschutz am Rhein

Der vierte Abschnitt befaßt sich mit der Geschichte der Bemühungen um den Gewässerschutz seit dem letzten Drittel des 19. Jahrhunderts am Hoch- und Oberrhein. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts war man im wesentlichen noch auf Wasser aus Oberflächengewässern angewiesen. Wasserrechte waren oft seit Jahrhunderten vergeben und spielten eine große Rolle im alltäglichen Leben (Beispiel Wiesenbewässerung um Freiburg, Gewerbekanäle etc., Kap. 0). Das in Dohlen, Gräben oder auch Leitungen geführte Wasser wurde oft mehrfach genutzt und organische Belastungen waren kein Anlaß zur Sorge, sondern dienten der Düngung.

Erst mit der Einleitung der Fäkalien bei zunehmender Bevölkerung und der Zunahme der gewerblichen und industriellen Abwassermenge wurden viele kleine Bäche zu Kloaken. Im Zuge des Straßenbaus wurden die kleinen Kloaken überbaut und meist nicht viel später zu einem Kanalisationsnetz ausgebaut. Die Kanalisationsnetze mündeten schließlich in kleinere und größere Vorfluter, die nun ihrerseits je nach ihrer Größe zu Kloaken verkamen. Die ersten Klagen aus England, daß selbst Flüsse wie die Themse zu Kloaken geworden waren, nahm man in Deutschland durchaus mit Besorgnis zur Kenntnis. Da man in Deutschland das Ausmaß der Flußverunreinigungen jedoch für weitaus geringer einschätzte, verhielt man sich abwartend.

Selbstreinigung

Gleichzeitig setzte eine wissenschaftliche Debatte über eine Beobachtung ein, die man als „Selbstreinigung“ bezeichnete. Man hatte an vielen Stellen beobachtet, daß ein Gewässer nach einer Abwassereinleitung bereits nach wenigen Kilometern wieder so aus sah, wie vor der Einleitung. Bereits die ersten Arbeiten, die sich mit dem Phänomen auseinandersetzen, kommen zu Schlüssen und Formulierungen, die sich weitgehend mit dem zur Deckung bringen lassen, was auch heute noch unter Selbstreinigung verstanden wird. Um so bemerkenswerter ist die Wende, die die wissenschaftliche Debatte um die Erklärung der Selbstreinigung im Zuge der Debatte um die Frage „Abfuhr oder Schwemmkanal“, bzw. „Flußverunreinigung“ nimmt. Ab Mitte der 1880er Jahre werden eine ganze Reihe von Theorien zur Erklärung der Selbstreinigung entwickelt, die sich zum Teil diametral widersprechen. Der

Begriff „Selbstreinigung“ mit seiner wissenschaftlichen Konnotation wirkt dabei meinungsbildend. Das politische Motiv bestimmt das Experiment. Erst mit der Bildung einer Kommission durch das Kaiserliche Gesundheitsamt 1899 setzt insbesondere am Rhein eine intensive Forschung über den Vorgang der Selbstreinigung ein, und es stellt sich ein etwas breiterer Konsens darüber ein, wie Selbstreinigung zu erklären sei. Inzwischen waren die Verschmutzungen an vielen auch größeren Gewässern so groß geworden, daß man ohne eine Abwasserreinigung nach 1900 nicht mehr auszukommen schien. Die gerade erst begonnene Grundlagenforschung zum Stoffhaushalt und zur Biologie der Flüsse konzentrierte sich darauf, die wenigen Erkenntnisse, die man über sauerstoffzehrende Vorgänge etc. gewonnen hatte, auf künstliche Reinigungsanlagen zu übertragen. Der vorliegende Bericht kommt zu dem Schluß, daß der Begriff der „Selbstreinigung“ vor 1900 dazu mißbraucht wurde, um Gewässerverunreinigungen herunterzuspielen, zu verdrängen oder zu negieren. (Kap. 4.2. und 4.10). Bis heute sind die Vorgänge, die man noch immer unter dem Begriff „Selbstreinigung“ zusammenfaßt, in vielen Einzelheiten unverstanden und quantitative Daten zu Produktions- und Abbauleistungen in Fließgewässern liegen kaum vor. Der Begriff „Selbstreinigung“ birgt auch heute noch die Gefahr, Gewässerverschmutzungen als hinnehmbares natürliches Phänomen zu betrachten, denn die „Reinigung“ nimmt der Fluß „selbst“ vor. Die zeitgenössische Bewertung der Gewässerverschmutzung erfolgte bis 1900 im wesentlichen nach ästhetischen Kriterien (Kap. 4.3).

Wasserrecht

Die Verbannung des Schmutzes aus dem unmittelbaren Blickfeld in lange Kanäle, haben das Abwasserproblem der öffentlichen Aufmerksamkeit entzogen. An die damit einhergehende Verschmutzung der Fließgewässer bis über die Grenzen des „Gemeinüblichen“, gewöhnte man sich rasch. Einschränkende Gesetze gab es zwar (Gewerbeordnung, Privatflußgesetz), aber die ausführende Gewalt war nicht in der Lage oder nicht willens, die bereits exisitierende Gesetzgebung im Sinne eines Schutzes der Gewässer umzusetzen. Beschwerden und rechtliche Auseinandersetzungen gab es ausschließlich dann, wenn durch Verschmutzungen des einen die Nutzungsrechte des anderen betroffen waren. Verbesserungen konnte man nur dort erreichen, wo man die Ursache der Verschmutzung und des Nutzungskonfliktes genau beweisen konnte. Diese Möglichkeit stand meist nur denjenigen offen, die sich zeit- und geldintensive Gerichtsverfahren sowie entsprechende Gutachten leisten konnten.

Schutz des Menschen vor den Gewässern

Wasserrechtliche Regelungen sowie wasserwirtschaftliche Verwaltungseinrichtungen dienten im großen und ganzen während des gesamten 19. Jahrhunderts in gewässermorphologischer Hinsicht im wesentlichen dem Hochwasserschutz – mit anderen Worten dem Schutz des Menschen vor den Gewässern und in stofflicher Hinsicht ausschließlich der Regelung individueller Nutzungsrechte (Kap. 4.4).

Schutz der Gewässer vor dem Menschen

Eine Auseinandersetzung um Gewässerschutz im Sinne eines Schutzes der Gewässer vor dem Menschen gab es bis zum letzten Drittel des 20. Jahrhunderts allenfalls als Einzelfall. Erst katastrophenartige Gewässerverschmutzungen, wie die vom Brandunfall bei der Fa. Sandoz 1986, lösten breiten öffentlichen Protest aus. Im übrigen war Gewässerverunreinigung zum Problem von Spezialisten der Abwasserreinigung geworden.

Bezogen auf die Nutzungsrechte anderer, verlangten bereits Vertreter des über Jahrzehnte maßgeblichen Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege von Wissenschaft, Politik und Verwaltung, die Angabe einer zulässigen Gewässerverunreinigung in Zahlen. Dabei stand jedoch nicht der Gewässerschutz im Vordergrund, sondern der Wunsch nach Vereinfachung der Genehmigungspraxis. Als erster Diskussionsvorschlag galt in Deutschland lange Zeit der von Pettenkofer eingeführte „Verdünnungsfaktor“. Er leitete aus Untersuchungen an der Isar ab, daß eine Verdünnung von städtischem Abwasser um den Faktor 16 ausreichen würde, um eine Selbstreini-

gung der Flüsse zu gewährleisten. Der Grad der Verdünnung sowie die Fließgeschwindigkeit waren in der Folge auf lange Zeit die wichtigsten Beurteilungskriterien, die Schädlichkeit einer Abwassereinleitung zu beurteilen. „Der Abwassereinleitung folgen die nicht vorhergesehenen Schäden, den Schäden die öffentliche Aufmerksamkeit, der Aufmerksamkeit die Forschung, der Forschung im günstigen Fall nach langen Gutachterdebatten 'grenzwertfähige Ergebnisse'...“ (zit. aus BÜSCHENFELD 1994).

Argumentationsmodelle der verschiedenen Interessensgruppen

Den Erwartungen entsprechend einseitig, waren die Argumentationsmodelle der Industrievertretung. Die Verschmutzung kleinerer Gewässer galt bei entsprechenden Interessen der Industrie und des Gewerbes als hinnehmbares Opfer. Bei den größeren Flüssen vertraute man auf die „Selbstreinigung“. Mit dem Hinweis auf die hygienische Gefahr durch kommunale Einleitungen versuchte man, von den industriellen Einleitungen abzulenken. Der Ausbruch der Choleraepidemie in Hamburg 1892 hatte bereits dazu beigetragen, die Aufmerksamkeit auf die städtischen Abwässer zu lenken. Auf die Flüsse als natürliche Abwasserkanäle wurde ebenso immer wieder verwiesen, wie auf den höheren wirtschaftlichen Wert der Industrie gegenüber dem der Fischerei und der Landwirtschaft. Außerdem hielten sich die Vertreter der Industrie mit dem Hinweis auf ihre wissenschaftliche Bildung und Beweisführung in Fragen der Abwasserbehandlung für allein kompetent. Ohnehin würde das Vermeiden von Abwässern im eigenen Interesse der Industrien liegen und man könne beruhigt auf die Eigenverantwortung der Industriebetriebe vertrauen. Eine ernsthafte Diskussion um Alternativen (Abwasserreinigung, Verfahren, Chemikalien) zwischen Industrievertretern und Behörden fand zu keiner Zeit statt (Kap. 4.6).

Die Rolle der Landwirtschaft

Die Warnungen Liebigs, vor einem die Landwirtschaft existentiell bedrohenden Nährstoffverlust, hatten, durch die neuentdeckten Nährstoffquellen (Thomasmehl, Kalibergbau etc.), ihre Bedrohlichkeit vollkommen verloren. Das Hauptargument für eine Abfuhr bzw. Nährstoffrückführung in die Landwirtschaft war somit entfallen. Das Problembewußtsein, daß die Stoffe nicht mehr im Kreislauf geführt werden, ging damit sowohl bei den Schwemmkanalbefürwortern wie auch bei den „Schwemmkanalgegnern“ verloren (Kap. 4.7.). Alternativen zur Schwemmkanalisation scheiterten letztlich immer an der fehlenden Abnahme des menschlichen Düngers durch die Landwirtschaft (vgl. auch Kap. 2.6). Das ursprüngliche Konzept der Abfuhr und damit des Nährstoffrecyclings scheiterte vor allem daran, daß die Beziehungen zwischen Stadtbewohner und Landwirt vollkommen abgebrochen waren. Zwischen Stadt und Land war eine öffentliche Verwaltung geschaltet. Durch unzureichende Abfuhr ließen sich „dichte Gruben“ in den Städten faktisch nicht realisieren. Im Gegenteil: vereinzelte, dichte Gruben wurden künstlich zerstört, um eine häufige, teuer gewordene Abfuhr zu vermeiden. Bei bereits vorhandenen Kanälen, wurden die Gruben des Nachts in selbige entleert. Das Prinzip der Abschwemmung setzte sich somit oft ohne generellen Plan und Ordnung, vorwiegend durch die „Macht des Faktischen“ durch.

Der Gewässerschutz um 1900 beschränkte sich auf die Forderung von Einleitungsgrenzwerten. Lediglich der Internationale Verein gegen Verunreinigung der Flüsse, des Bodens und der Luft forderte, bezogen auf Fäkalien und Urin, die Nullemission. Diese Forderung war angesichts der politischen und wirtschaftlichen Interessen unrealistisch.

Gewässermorphologie und Naturschutz

Auch der Hinweis einiger Biologen zu Beginn des 20. Jahrhunderts auf die Bedeutung der Morphologie für ein Gewässer als Lebensraum wurde nicht beachtet. Von einer Beachtung des Zusammenhangs zwischen der Morphologie eines Gewässers und seiner ökologischen Funktion konnte weder in der Gesetzgebung, Politik und Verwaltung noch in der Öffentlichkeit um 1900 die Rede sein. Das Ziel des „Schutzes der Natur“ war entstanden aus den romantisierenden Bewegungen des Heimatschutzes und verlief weitgehend unabhängig vom stofflich orientierten Gewässerschutz (Kap. 4.8). In der er-

sten Hälfte des 20. Jahrhundert nahm die Verunreinigung der Gewässer, nur unterbrochen durch die beiden Weltkriege, kontinuierlich zu. Die einzige Strategie des Gewässerschutzes bestand in „end of pipe“ Maßnahmen (Kap. 4.9).

Eine Synthese zwischen Naturschutz, stofflichem und morphologischem Gewässerschutz („Integrierter Gewässerschutz“) steht bis heute aus. Diese Entwicklung läßt sich auch an der Geschichte der Bewertung der Fließgewässer erkennen. Sie beruht bis heute im wesentlichen auf der Erhebung weniger Summenparameter und der Bestimmung des Saprobienindexes (seit wenigen Jahren als DIN 38410 standardisiert). 1976 erscheint auf Grundlage des Saprobiensystems die erste Gewässergütekarte der Bundesrepublik als gemeinsame Arbeit der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 1976, Kap. 4.10). Die Einbeziehung der Gewässerstruktur ist auch in Zukunft, wie die aktuelle Diskussion um die EU-Wasserrichtlinie (Anhang V) zeigt, nicht zu erwarten.

Vom Stoffdurchfluß zum Stoffkreislauf

In der Industrieabwasserreinigung gehört die Teilstrombehandlung, wegen der Möglichkeiten der Verwertung von Inhaltsstoffen und der größeren Flexibilität, zur gängigen Praxis. Im Bereich der Haushalte galt bisher die gängige Praxis der Vermischung und der gemeinsamen Behandlung. Durch die Diskussion um Dauerhaftigkeit oder Nachhaltigkeit werden die Nachteile dieser Vorgehensweise deutlich. Es besteht längerfristig die dringende Notwendigkeit der Wiederverwendung der Abwasserinhaltsstoffe in der Landwirtschaft und der Rückführung der organischen Stoffe in den Boden, um die Humusschicht zu erhalten und eine Kohlenstoff-Senke zu schaffen. Im Abfallbereich ist der Verwertungsgedanke bereits etabliert, im Bereich des Abwassers sollte dieses auch geschehen. Das vorliegende Forschungsprojekt stellt die Frage, ob nicht die Einleitung der Fäkalien in vorhandene Abwasserkanäle aus heutiger Sicht im Sinne eines anzustrebenden Stoffkreislaufes ein großer Fehler war (Kap. 5).

Zu den Entwicklungsaufgaben zukunftsfähiger Sanitärstrategien gehört daher die Enttabuisierung des Umgangs mit Fäkalien und Urin. Die Stadt-Umland-Beziehungen haben einen großen Einfluß auf den Umgang mit Fäkalien und Urin in der Stadt. Sie sind der Schlüssel zum Erfolg von ökologischen Sanitärkonzepten und damit für einen nachhaltigen Gewässerschutz. Abschließend werden einige vielversprechende Ansatzpunkte zukunftsfähiger, wasserwirtschaftlicher Lösungen vorgestellt. Ein Ausblick befaßt sich mit den, nach Ansicht des Projektbearbeiters, drängendsten zukünftigen Forschungsfragen (Kap. 6).

8 Anhang

8.1 Tabellen

8.1.1 Kanalstatistik

Tab. 45: Kanalstatistik; Abschätzung der Verschmutzung des Rheins um 1900 durch Kommunales Abwasser (zusammengestellt aus BORNE 1880, OHLMÜLLER 1903, SALOMON 1906, STEINMANN 1923)
Rkm = Einleitung bei Rheinkilometer, EW=Einwohnerwerte, K=Anschlußgrad an Kanalisation, SW = eingeleitetes Schwarzwasser als Einwohnerwerte
1 = Einwohner geschätzt
2 = Einwohnerwerte und Einwohnerwerte für Schwarzwasser geschätzt

Rkm	ORT	Einw.	Vorfluter	K	F	EW	SW	Bemerkungen
	Bischheim	7743	Dorfgraben-Suffel	0,5	0,5	3872	3872	
	Feuertahlen	1200	Rhein	0,5	0,9	600	1080	
	Hüttenheim	2020	Rhein	0,1	0,9	202	1818	
0	Konstanz	25000	Rhein,Bodensee-rhein	0,5	0,8	12500	20000	Abfuhr durch Privatunternehmer; Kosten 1500Mk/Jahr; einige Tonneneinrichtung; Abtrittschächte wurden; a;T;191 WCs(1896);
45	Schaffhausen	15000	Durach	0,5	0,1	7500	1500	
74	Eglisau	1500	Rhein	0,9	0,9	1350	1350	
92	Zurzach	1600	Rhein	0,5	0,5	800	800	Kalkbeläge auf Steinen; Fische werden vertrieben, gesundheitliche Schäden, Beeinträchtigung der Laichplätze
103,1	Zürich		Limmat, Aare					
120	Laufenburg	1150	Rhein	0,1	0,1	115	115	
135	Säckingen	4034	Rhein	0,7	0,2	2824	807	Seifensiederei;
150	Rheinfelden	3200	Rhein	1	1	3200	3200	
165	Basel	110000	Rhein	0,8	0,8	88000	88000	Stärkezellen der Kartoffeln, Reste von Gemüse, Kaffeesatz, Fett-Tropfen, Zellulosefasern, Textilfasern, blaue Farbstoff-Flitter, Haare, durch Gallenfarbstoffe gelb gebeizte Muskelfasern; Strömungsgeschwindigkeit rasche Verteilung durch hohe Fließgeschwindigkeit; Verschwinden der Forellen, Aeschen
170	Lörrach	10347	Wiese	0,7	0,1	7243	1035	mit Kies gefüllte Becken !; Kiesfiltration;
220	Freiburg i. Br.	61504	**Rieselfeld !**	0,8	0	0	0	Untergrund kiesig (r)
228	Breisach	3534	Rhein	0,3	0	1060	0	Altrhein
270	Lahr	16192	Rhein	0,5	0,1	8096	1619	50WCs(1896); 130(1905); a;p
311	Benfeld	2388	Ill	0,5	0,5	1194	1194	
311	Erstein	5286	Ill	0,1	0,1	529	529	
311	Grafenstaden[1]	500	Ill	0,1	0,1	50	0	500 Einwohner
311	Schiltigheim	10745	Ill	0,8	0,1	8596	1075	Ill schon durch Straßburg stark verunreinigt;
311	Schlettstadt	9337	Ill	0,1	0,1	934	934	
311	Straßburg i.E.	151041	Ill	0,9	0,8	135937	120833	Abwässer im höchsten Grade verunreinigt, viele treibende Fäkalbrocken, Papierreste, noch 400-500 m unter-

								halb der Mündung der Ill in den Rhein sind die Straßburger Abwässer nachweisbar; Selbstreinigung der Ill funktioniert während der Zeit starken Pflanzenwachstums am besten
311	Dornach	7312	Ill,Doller	0,2	0,2	1462	1462	
311	Colmar	36844	Ill,Lauch, Saugr., Brennb.	0,5	0,1	18422	3684	Bauern zahlen für Auswürfe zwischen 2 - 4 Mk/cbm je nach Entfernung und wer abholt (140Hmit WCs)
311	Mülhausen i.E.	89118	Ill,Rhein-Rhone-K.	0,1	0,9	8912	80206	Spinnereien, Maschinen, Gerbereien, Brauereien, Wäschereien, öff. Bäder; Bewässerung des Hardtwaldes;!!! ->Rieselfeld geplant! bei geringem Grundwasserstand; (r)
311	Neubreisach	3307	Ill,Rhein-Rhone-Kanal	0,1	0,1	331	331	
311	Kehl	3000	Schutterk., Altrhein	0,5	0,5	1500	1500	Verpilzung des Ufers bis ca. 200 m unterhalb der Mündung des Schutterkanals in den Rhein
312	Offenburg	17899	Mühlbach	0,9	0,1	16109	1790	luftleere Tonnen;!
335	Zabern	8499	Zorn Saubach	0,9	0,1	7649	850	a;p;
336	Bischweiler	7875	Moder	0,3	0,1	2363	788	
344	Rastatt	13940	Murg	0,9	0,2	12546	2788	Zitat siehe memo wegen Versickerung,Verdunstung; a;p; Tonnen in Kaserne;
344	Baden-Baden	15731	Oosbach	0,9	0,8	14158	12585	Vakuum-Klärtürme ! Schlamm als Dünger;
354	Lauterburg	1602	Lauter (Rhein.)	0,2	0,2	320	320	
360	Karlsruhe	97182	Alb, Altrhein, Landgraben (aus d. 16.Jahrh.)	0,9	0,3	87464	29155	Außerordentlich starke Verschmutzung etwa 2 km oberhalb der Mündung des Alb-Altrheins; Wasser dunkel stabartig getrübt, zahllose Pilzfladen, Abwasserreste aller Art: Stärkezellen der Kartoffeln, aus Fäkalien stammende gelbe Muskelfasern, Papierreste, Textilfasern; größtenteils ohne Fäkalien !; WCs nach "Friedrichscher Klärung"!; Trotz relativ niedrigem Pegelstand geringfügige Wirkung. Ein Teil der Abwässer wird schon im sich durch die Auwälder hinziehenden Altrhein aufgearbeitet, der als riesige Faulkammer wirkt; a;p; WCs;
384	Germersheim	5868	Queich	0,4	0,1	2347	587	
384	Landau	15823	Queich	1,0	0,3	15823	4747	
390	Bruchsal	15000	Gießgraben	0,7	0,1	10500	1500	Dampfsaugpumpe; 0,7Mk/m^3
400	Speyer	20921	Rhein	0,1	0,1	2092	2092	stark getrübtes Wasser mit vielen Spaerotilus, Stärke-Zellulosereste, Woll- u. Textilfasern, gelbe Muskelfasern aus Fäkalien ; 100 m nach der Mündung des Speyerbaches in den Rhein sind die Verunreinigungen nur noch selten nachzuweisen; verdünnende Wirkung der gewaltigen Wassermassen des Rheins. siehe Gutachten von CLASSEN 1898a zu Karlsruhe !
400	Edenkoben	5232	Speyerbach	0,3	0,1	1570	523	
400	Lambrecht	3627	Speyerbach	0,5	0,5	1814	1814	
400	Neustadt a.H.	17800	Speyerbach	0,5	0,1	8900	1780	
420	Oggersheim	6128	Frankentalkanal	0,3	0,1	1838	613	
424,7	Ludwigshafen	70212	Rhein	0,7	0,3	49148	21064	(Einwohner mit Vororten) Papierreste, Gemüse, Fett, Ölhäute bilden dunkles Schmutzband, das ca. 500 m entlang des Ufers zieht, bis es sich mit dem farbigen Abwasser der Anilinfabrik vermischt. Letzte mikro-

								skopisch nachweisbare Reste bis etwa 5 km unterhalb der Einmündung, bis 450 m unterhalb der Einleitung Ufersteine mit Rasen von Sphaerotilus; größtenteils keine Fäkalien;viele Hausanschlüsse sind trotz Verbot angeschlossen; 150 H. m. Wcs; (1896) a;p;
428,2	Heidelberg	40000	Neckar	0,9	0,1	36000	4000	
428,2	Heilbronn[1,2]	20000	Neckar	?	?	18000	5000	
428,2	Stuttgart	176699	Neckar	0,9	0,1	159029	17670	Gordon (engl. Ingenieur aus Frankfurt) wurde mit Projekt betraut; 4,4 Mk/m^3 bzw. 4,9 Mk bei WC;p;
428,2	Mannheim	141000	Neckar, ab 1905 Rhein, 20m v. Ufer!	0,9	0,8	126900	112800	aufquellende Schmutzwolken, Fäkalbrocken im Bereich der Einmmündung 120-150 m unterhalb der Einleitung: gewaltige Mengen Abwasserreste (Fett, gelbe Muskelfasern, bakterienbedeckte Kartoffel-Stärkezellen, Zellulose- und Textilfasern), nachweisbar bis 2km unterhalb der Einleitung, zum Teil bis Worms, am Ufer Rasen von Sphaerotilus; Gutachten u.a. von Honsell; Klage von Worms gegen Mannheim; einige Wcs; Talardsche A.
432	Frankenthal	16898	Isenach	0,3	0,1	5069	1690	Altrhein,a,p,(m)
432	Dürkheim a. H.	6207	Isenach	0,8	0,1	4966	621	
438	Waldhof[1]	3000	Rhein	0,2	0,2	200	200	Starke Verpilzung des Rheins, die sich von der Mündung dieser Abwässer an über Worms bei Gernsheim und weiter teils durch Pilzwucherungen am rechten Ufer teils durch treibende Pilzflocken vom rechten Ufer bis gegen die Strommitte bemerkbar macht.
443	Worms	40714	Rhein	0,9	0,1	36643	4071	a;p; WCs nach vorheriger Reinigung
446	Kirchheim-Bolanden	3459	Pfrimmbach	0,5	0,6	1730	2075	
462	Gernsheim[1,2]	3000	Rhein	0,1	0,1	300	300	
490	Darmstadt	72381	**Rieselfeld !**	0,9	0,8	0	0	Untergrund sandig-lehmig (r)
490	Groß Gerau [1,2]	2500	Schwarzb.	0	0	0	0	
494,6	Höchst a. M.	15232	Main (24)	0,5	0,8	7616	12186	Gutachten von Brix;!
494,6	Rödelheim	6492	Main (26), Nidda	0,3	0,1	1948	649	
494,6	Griesheim a.M	8546	Main (28)	0,7	0,1	5982	855	
494,6	Frankfurt a. M.	267452	Main (32)	0,9	0,8	240707	213962	bis zu 60000m^3 Abwasser pro Tag; mech. Reinigung wird durch Arbeiter per Hand vorgenommen) (Sedimentierung und Kalkfällung ab 1905); Niederschlag wird als Dünger verkauft; Tiefe der Kanäle 2,5 (4,5-5); Frankfurter **Badeanstaltbesitzer haben vorwiegend wegen der Verfärbung mehrfach beschwert, Herkunft Anilinfabrik Mainkur**!; Tubifiziden, die sonst häufige Dreissena trotz ausreichend zu filtirender Stoffe nicht mehr anzutreffen, früher häufig (KOBELT in MARSSON 1904); durch weißlich, graue Flocken u.a. stark getrübt; Höchster Wehr als Schlammspeicher!; (m)
494,6	Offenbach	50929	Main (40)	0,5	0,1	25465	5093	undurchsichtige, graubraune Jauche ohne jegliche mech. Klärung; grobe Stoffe + tote Fische sammeln sich am Offenbacher Wehr, überall große Schlammansammlungen;Steine schearz überzogen; Torfmull / b. Wcs; ->10Mk/a; Fischaufstieg immer seltener beobachtet bei der

								Fischtreppe
494,6	Hanau	29864	Main (51)	0,9	0,1	26878	2986	siehe Gutachten Marsson !; a;p;(m)
494,6	Aschaffen-burg[1,2]	20000	Main (85)	?	?	10000	4000	
494,6	Würzburg[1,2]	50000	Main (250)	?	?	25000	10000	
494,6	Schweinfurt[1,2]	15000	Main (?)	?	?	12500	6000	
494,6	Windsheim	3500	Main,Aisch	0,8	1	2800	2800	Fischsterben; Beispiel für mißlungene Kanalisation durch zu geringes Gefälle; BONNE 1912, S.49
494,6	Bayreuth[1,2]	70000	Main, roter ()	?	?	35000	10000	
494,6	Nürnberg[1]	263000	Main, Regnitz, Pegnitz	0,7	0,7	140000	70000	verschleimt! IV; 1876, 77 (20.000 Mark Entschädigung an Fischpächter gezahlt)
500	Mainz	84300	Rhein	0,9	0,3	75870	25290	
503	Biebrich	15048	Rhein	0,8	0,1	12038	1505	a,p
507	Wiesbaden	86074	Salzbach	0,9	0,8	77467	68859	(m)
512	Eltville	3752	Salzbach	0,5	0,1	1876	375	
523	Geisenheim	3785	Rhein	0,1	0,9	379	3407	
528	Rüdesheim	4808	Rhein	0,1	0,1	481	481	
529	Kaiserslautern	48306	Nahe, Lauter (Pfalz)	0,6	0,2	28984	9661	
529	B. Kreuznach	21179	Nahe	1,0	0,3	21179	6354	
529	Bingen	9670	Nahe	0,9	0,1	8703	967	
	Summe	2454973				1672756	993377	

8.1.2 Industrielle Einleitungen

Tab. 46: Abschätzung der industriellen Einleitungen in den Hoch- und Oberrhein bzw. einiger Nebenflüsse um 1900 (zusammengestellt aus OHLMÜLLER 1903, SALOMON 1906, BONNE 1912, CANTZLER & SPLITTGERBER 1915, 1916, LAUTERBORN 1905-1911, sofern nicht unter Bemerkungen angegeben)
B = Brennereien, Brauerreien und Mälzereien, C = Chemische Fabriken, G = Gerbereien und Lederfabriken, T = Textilfabriken, Webereien, Spinnereien, Färbereien, Druckereien und Bleichereien, W = Wäschereien, Z = Zellulose-, Stärke und Papierfabriken, S = Sonstige

Rkm	**ORT**	**Vorfluter**	**B**	**C**	**G**	**T**	**W**	**Z**	**S**	**Abwm. [m³/d]**	**Bemerkungen (Sonstige Quellen)**
	Erfenbach	Lauter				1				20	
	Königsstädten	Rhein	1							0,3	
	Neckrau	Rhein							1	1400	1 Gummi-Celluloid Fabrik
	Waghäusel	Rhein						1		4000	1 Zuckerfabrik
0	Konstanz	Bodenseerhein									
47	Neuhausen	Rhein							1		1 Aluminiumwerk
74	Eglisau	Rhein									
92	Zurzach	Rhein									Sodafabrik, Kalkbeläge auf Steinen; Fische werden vertrieben, gesundheitliche Schäden, Beeinträchtigung der Laichplätze (STEINMANN 1923)
135	Säckingen	Rhein	1		2	3			1		Seifensiederei (BORNE 1880; OHLMÜLLER 1903)
145	Kaiseraugst	Rhein		1				1			Celloloidfabrik; Schaumbildung der Ablaugen der Cellulosefabrik Schonau; erhöhte Fischsterblichkeit (STEINMANN 1923)
150	Rheinfelden	Rhein	2						3		1 Saline
160	Grenzach	Rhein		2						68	Sodafabrik, Geigy & Co.; Ablagerung von Schaum- und Faserstoffen, gefärbte Schlämme; Beeinträchtigung der Laichtätigkeit (OHLMÜLLER 1903)
160	Whylen	Rhein		1						500	

163	Schweizerhalle	Rhein									Fabriken, Schaum-, Faserstoffe, Schlämme; Verlust von Laichplätzen (OHLMÜLLER 1903, STEINMANN 1923)
165	Basel	Rhein		3	2	2			1		
170	Lörrach	Rhein, Wiese	1			5					Knopf-, Tuchfabrik, Seidenweberei, Brauerei, Fäberreien
171	Wehr	Rhein				2				30	
172	Schusterinsel	Rhein				2				3000	>
228	Breisach	Rhein, Altrhein	1						1		
268	Rheinau (b.M.)	Rhein		2						465	
270	Lahr	Rhein									
311	Benfeld	Ill			1						
311	Eisau	Ill						1		230	
311	Erstein	Ill	1		1	1					
311	Grafenstaden	Ill							1	10	
311	Grüneberg	Ill			1						Lohbrühe
311	Hüttenheim	Ill				2			1	10	
311	Kogenheim	Ill						1		60	
311	Königshofen	Ill	4							85	
311	Lingolsheim	Ill			1						
311	Neudorf	Ill							1	18	
311	Ruprechtsau	Ill			2			1		910	1 Papierfabrik
311	Schiltigheim	Ill	18				1				
311	Schlettstadt	Ill			2	1			1	20	
311	Straßburg i.E.	Ill	2					2	6		Gewerbe
311	Pfaffstad	Ill, Doller				1				11800	
311	Colmar	Ill, Lauch, Saugr., Brennb.									
311	Mülhausen i.E.	Ill, Rhein-Rhone-Kanal	2	1		5	2		5	13000	
311	Dornach	Ill; Doller		1		2			1	7340	
311	Bischheim	Ill; Dorfgraben-Suffel	1					3	1	82	
311	Kehl	Rhein, Schutterkanal, Altrhein	1	3		1		1	1	24000	Cellulosefabrik, Verpilzung des Ufers bis ca. 200 m unterhalb der Mündung des Schutterkanals in den Rhein (LAUTERBORN 1905-1911)
311	Hüningen	Rhein-Rhone-Kanal		2						6	
312	Offenburg	Rhein;Mühlbach	1	1	1				5		
336	Bischweiler	?;Moder	6			15	1				
344	Rastatt	Rhein, Murg	2		1	1			1		
344	Baden-Baden	Rhein, Oosbach									
360	Maxau	Rhein, Alb						1		1800	Alb und Mündung in den Rhein total verpestet (BONNE 1912). Zellulosefabrik, eingeleitete Abwässer in Form aufquellender brauner Wolken im Rhein etwa 100 m weit sichtbar; keine tiefergehende Beeinflussung der Organismenwelt des Ufers. Sphaerotilus-Rasen makroskopisch etwa 200 m weit unterhalb der Einleitung zu verfolgen (LAUTERBORN 1905-1911)
360	Karlsruhe	Rhein, Alb, Landgraben							1		
379	Herxheim	?,Klingbach	1								
384	Germersheim	Rhein,Queich	1			1			1		
384	Landau	Rhein, Queich	2				1			1000	
390	Bruchsal	Rhein; Gießgraben									
400	Speyer	Rhein	4			2			4		

400	Althochspeyer	Rhein, Hoch-speyerb.		1						665	Kühlwasser
400	Weidenthal	Rhein, Hoch-speyerbach				1		1		6	1 Papierfabrik ?
400	Edenkoben	Rhein; Speyer-bach			1		2		6		
400	Lambrecht	Rhein; Speyer-bach	1			12		5	1	9000	
400	Lindenberg	Rhein; Speyer-bach				1		1		3,5	
400	Neustadt a.H.	Rhein; Speyer-bach	2						8	600	
400	Edesheim	Modenbach	1							0,7	
420	Oggersheim	Rhein, Franken-talkanal	4			1					
424,7	Ludwigshafen	Rhein		1					1	75200	BASF; Gewerbe
424,7	Mundenheim	Rhein		2						70	
425	Mutterstadt	?,Rehbach						1		2000	1 Zuckerfabrik
428,2	Heidelberg	Neckar	2		1	1	1		2		
428,2	Tübingen	Neckar	2								Laichplätz großenteils durch Verbau zerstört
428,2	Unterkochen	Neckar (103), Kocher				1		3	16		1 Zellstoffabrik amtlich stiil-gelegt; trotzdem noch Fisch-sterben; keine Wanderfische mehr
428,2	Umlidhagen	Neckar (103), Brettach									keine Fabrikanlagen; Hoch-wasserereignis, Verbau
428,2	Neckarsulm	Neckar (107)		1							jährliche Fischsterben auf mind. 5km Flußlänge
428,2	Heilbronn	Neckar (110)		1						1000	1000 m^3 Kalkschlamm (z.Z. Ätzkalk),
428,2	Calw	Neckar (137), Nagold							1		Gasfabrik; Verbesserung durch Bau von Kläranlagen
428,2	Mühlhausen	Neckar (176), Feuerbach		1					2		1 Schwellensiederei, 1 Teer-fabrik, Feuerbach „tot“; be-deutende Fischsterben im Neckar 1902, 1903; 1910 Verschlechterung, Wander-fische wandern aus Gründen der Verunreinigung nicht mehr hoch; Fischsterben auf einer Stecke von 30 km
428,2	Weinsberg	Neckar (97), Sulm							1		Gasfabrik
428,2	Stuttgart	Neckar,									
428,2	Mannheim	Neckar, später Rhein, 20m v. Ufer!	1	3			1		2		
428,2	Hechingen	Neckar, Sturzel	1			3					5 km lang keine Fische; Kla-gen wurden abgewiesen, weil der Kläger nicht beweisen konnte von welcher Fabrik !
432	Frankenthal	Rhein, Altrhein	1						6	63	1 Zuckerfabrik
432	Dürkheim a. H.	Rhein, Isenach						1			
438	Hardenburg	Isenach						1		77	
438	Rhein-Dürkheim	Rhein							1	3000	1 Strohstoffabrik
438	Waldhof	Rhein						1		36000	1 Zellstoffabrik
441	Eisenberg	Eisbach								218	
442	Obrigheim	Eisbach						1		5700	1 Zuckerfabrik
443	Worms	Rhein,	4	1	2				4		
446	Kirchheim-Bolanden	Rhein, Pfrimm	2		1						
446	Pfeddersheim	Rhein, Pfrimm							2	853	
446	Bolanden	Rhein, Pfrimm			1					6000	
462	Gernsheim	Rhein		1					1	5900	1 Zuckerfabrik (5800)
466	Osthofen	Rhein						2	3	1639	

466	Eich	Rhein, Seebach-Altrhein	1							20	
490	Groß-Gerau	Rhein, Schwarzbach	3					1	4	820	
491	Gustavsburg	Rhein							3	3	
494	Weisenau	Rhein	1							1990	
494,6	Kesselstadt	Main	1							10	
494,6	Kostheim, Mainz	Main (1)						1		12000	Zellulosfabrik,weißliche Flocken,100m danach immer noch stinkender,fauliger Schlamm, Pilzflocken
496,4	Okriftel	Main (3)						1		7000	1 Zellulosefabrik,keine Pilzbildung ? durch Füllner-Filter, täglich zwischen 5-6000 Zellulose, oberhalb an der Schleuse, schwimmende Fettschicht
494,6	Hochheim	Main (5), Goldbach			2						
494,6	Lorsbach	Main (5), Goldbach			2						rötlich-schwarze Farbe, stinkend
494,6	Rüsselsheim	Main (10)							1		Opelsche Fahrradfabrik, rot gefärbtes, stark erwärmtes Abwasser
494,6	Hofheim	Main (18)				8				95	
494,6	Kelsterbach	Main (20)							1		Kunstseidefabrik
494,6	Nied b.Höchst	Main (23),Nidda			2				1	60	Gelatinefabrik,stark alkalisch,graue Flocken
496,4	Unterliederbach	Main (23), Liederbach			1					700	Lederfabrik mit 250-300 Beschäftigten; stark gelbe Färbung, noch 100 m im Main zu deutlich zu verfolgen; Steine völlig schwarz, Blumen mit Liederbachwasser begossen würden nach kurzer Zeit absterben
496,4	Rödelheim	Main (26), Nidda							1		1 Kohlensäurefabrik
494,6	Heddernheim (Frankfurt)	Main (26), Nidda, Urselb.							2		
494,6	Bonames	Main (26), Nidda			1						
494,6	Eschersheim	Main (26), Nidda			1				1	1,4	
494,6	Griesheim	Main (30)		4		1			1	2400	Anilinfabrik, Schwefelnatriumfabrik, Chromfabrik, Schwefelsäurefabrik, Salpeter-Schwefelsäurefabrik; beträchtlicher roter Bodensatz, Vegetation abgetötet, aromatischer Geruch, Schwefelwasserstoff u.v.m., stark milchige Trübung mit schwarzen Bodensatz, dazwischen alle Farben im tiefschwarzen Schlamm auch 200m unterhalb keine Spur von Leben, nach 300m einige tote Schlammwürmer
494,6	Frankfurt, Rotenham,	Main (35)							1		Wertheimsch Asbestpappenfabrik, kein Leben auf dem mit einer weislichen Schicht bedeckten Sediment auf einer Strecke von 100m, Sichttiefe 25cm;
494,6	Höchst a. M.	Main (35)		1					1	70000	Gelatinefabrik, Farbwerke Höchst (4800 Beschäftigte), unterhalb Ausfluß tiefschwarzer Sand, der einmal im Jahr ausgebaggert wird, bis 2,5km danach kein Leben, 1m dicke Schlammschicht, braune fet-

											tige Klunpen an der Oberfläche Ufer
496,4	Oberrad	Main (38), Speckgraben	2								
494,6	Fechenheim	Main (38)		1							Wanderfische durch Verunreinigung im Aufstieg gestört
494,6	Offenbach	Main (40), Grenzgraben		1	2					8420	2 Lederleimfabriken;siehe Kanal.doc,1 Anilinfarbenfabrik Oehler, 500 Beschäftigte
494,6	Bürgel-Offenbach	Main (43)			3					101	Union Lederwerke, lange Zeit Haare im Ufersediment festzustellen, loh- und teerartige Rückstände in den Sedimenten; Schlachthofausfluß
494,6	Mainkur	Main (47)		1		1				1000	Anilinfarbwerke mit 2300 Beschäftigten; Verdacht auf ungenehmigte Einleitungen! (Mengenangabe ohne Kühlwasser) 3500m3 Klärvolumen mit anschließenden Filterpressen -> Herkunft der Färbungs-Beschwerden durch die Badeanstalten von Frankfurt erklärt ! ((+10000 Brauchwasser)
494,6	Mühlheim a. M.	Main (48)		1						800	Farbwerke, nur tagsüber, ständig wechselnde Zusammensetzung, oft rote Verfärbung; die Konzession datiert 1880; Naphtol und Azofarben, vor allem Naphtolgelb
494,6	?	Main (51), Rodau				1					Färberei; Fischsterben
494,6	Hanau	Main (55),Kinzig	2	1	1		1	1	4		Papierfabrik an der Kinzig
494,6	Groß-Auheim	Main (60)							1	900	Pulverfabrik + Abwässer von Groß-Auheim; 50 m deutlicher Pilzbewuchs
494,6	Alzenau	Main (67), Kahl						1			Zellulosefabrik an der Kahl
496,4	Seligenstadt	Main (70)	2							58	
494,6	Stockstadt	Main (85)						1		25000	besitzt Trommelfilter zur Rüchgewinnung der Cellulose, die Verarbeitung der Rückstände deckt die Filter; Kaliumpermanganatverbrauch 11,3 g/l !
494,6	Aschaffenburg	Main (86), Aschaff						1	1	21600	Zellulosefabrik an der Aschaff, 3,5 km zum Main produziert täglich 3 Waggons = 30000 kg; 0,5 km oberhalb zusätzlich 1 Kunstwollfabrik
494,6	Bayreuth	Main (rot)		1							Fabrikabwässer durch den Kanal; Fischsterben auf einer Strecken von 5 km;
494,6	Berneck	Main (weiß)								1	auf ca. 700 m Fischesterben, kurzfristig;
500	Mainz	Rhein	3				1		4		
503	Biebrich	Rhein	1	2					5		
507	Sonnenberg	Rambach					16				
507	Wiesbaden	Rhein, Salzbach	4						1		
512	Eltville	Rhein, Salzbach	4								
518	Nieder-Ingelheim	Selzbach							1	100	
518	Östrich-Winkel	Rhein		1						120	
523	Geisenheim	Rhein									
528	Rüdesheim	Rhein	1								1 Schaumweinfabrik
529	Kaiserslautern	Nahe, Lauterbach	7			1					
529	Kreuznach	Rhein, Nahe	3		6		1				
530	Bingen	Rhein, Nahe	3		1				4		
Summen			111	43	42	79	28	36	133	371049	

8.1.3 Veränderungen der Fauna

Tab. 47: Auswahl an Arten zur Dokumentation der Veränderungen des Arteninventars an Hoch- und Oberrhein. Die Liste stellt lediglich eine kleine Auswahl dar. Tiergruppen wie z.B. die Käfer (Coleoptera > 1000 Arten, Spinnen (Arachnida > 100 Arten), Schmetterlinge (Lepidoptera, ca. 1000 Arten) und Heuschrecken (Saltatoria, ca. 50 Arten) würden das Bild der Veränderung des Hoch- und Oberrheins um wertvolle Aspekte erweitern, den Umfang der vorliegenden Arbeit jedoch sprengen. Die Artenliste soll dazu anregen sie zu ergänzen, verbessern, um Vorstellungen von Naturnähe etc. differenziert entwickeln und beurteilen zu können. Sofern die Angaben nicht aus den Arbeiten von LAUTERBORN (1905, 1907a, 1908a-c, 1909a,b, 1910a,1911,1916,1917,1918,1942 unveröffentl.) stammen sind sie in der Tabelle angegeben.
(N = Neozoe, V = Verschollen/Ausgestorben/Wiederansiedlung unwarscheinlich bis unmöglich, W = Wiederansiedlung u.U. möglich, A = galt als verschollen, inzwischen wieder in Ausbreitung begriffen, R = ausschließlich rezent nachgewiesen)

	Veränderungen des Arteninventars am Hoch- und Oberrhein	
	Taxa	**Bemerkungen**
Mammalia (Säugetiere)		starker Rückgang des Artenbestandes
terrestrische Arten		
	Micromys minutus (Zwergmaus)	
	Microtus oeconomus (Nordische Wühlmaus)	
	Eliomys quercinus (Gartenschläfer)	
	Glis glis (Siebenschläfer)	
	Muscardinus avellanarius (Haselmaus)	
	Rattus rattus (Hausratte)	
	Rattus norvegicus (Wanderratte)	
V	Bos primigenius (Auerochse, Ur)	letzter Hinweis von 1344
V	Alces alces (Elch)	letzter Beleg von 1025 am Niederrhein
	Cervus elaphus (Rothirsch)	
	Capreolus capreolus (Reh)	
	Sus scrofa (Wildschwein)	
	Meles meles (Dachs)	
	Felis sylvestris (Wildkatze)	
V	Bär	um 1000 der letzte Bär und Wolf am Oberrhein (in den Ardennen noch bis zum Beginn des 19. Jahrhundert, LAUTERBORN 1918), der letzte Bär der Rheinebene wurde 1492 bei Schwetzingen erlegt (LAUTERBORN 1917)
Fledermäuse		
	Nyctalus noctula (Abendsegler)	Indikator für naturnahe Auestrukturen
	Leucone daubentonii (Wanderfledermaus)	Indikator für naturnahe Auestrukturen
	Leucone dasycneme (Rauhhaut-Fledermaus)	Indikator für naturnahe Auestrukturen
semiaquatische Arten		noch bis zum 18. Jahrhundert am gesamten Rhein
	Neomys fodiens (Wasserspitzmaus)	Indikator für Strukturvielfalt
	Neomys anomalus (Sumpfspitzmaus) (nur am Niederrhein)	Indikator für Strukturvielfalt
	Arvicola terrestris (Ostschermaus)	
W	Biber (Castor fiber albicus)	um 1830 fast ausgerottet (RIEDER & ROHRER 1982; GERKEN 1988a), hohe ökologische Bedeutung als pflanzenfressendes Nagetier: die von ihm verursachten kleinflächigen Entwaldungen und Überstauungen waren ursprünglich die ersten offenen Standorte und damit Lebensraum entsprechender Tier- und Pflanzenarten, Indikator für naturnahe, großflächige Biotope, heute einzelne Exemplare am Hochrhein (seit Ende der 1950iger Jahre Versuch der Wiederansiedlung in der Schweiz)

V	Europäischer Nerz (Mustela lutreola)	um 1940 ausgerottet, Indikator für naturnahe, großflächige Biotope
W	Fischotter (Lutra lutra)	um 1940 bis auf Vorkommen am holländischen Nierderrhein ausgerottet;, galt als Fischereischädling (V.D. BORNE 1883; LAUTERBORN 1917, 1918), sein beanspruchtes Minimalareal (5-10 km Uferlinie), seine Wiederansiedlung erscheint möglich und könnte gleichzeitig die Rückkehr vieler anderer Tierarten bedeuten, Indikator für naturnahe, großflächige Biotope (GERKEN 1988a)
N	Ondatra zibethicus (Bisam)	Einführung aus Nordamerika im Jahre 1905 zum Zweck der Pelztierzucht, heute relativ häufig, Fraßfeind der Unionidae, Rückgang insbesondere von Unio crassus wird auf den Bisam zurückgeführt
N	Myocastor coypus (Nutria)	eingebürgert um 1920
N	Procyon lotor (Waschbär)	eingebürgert um 1940
N	Mustela vison (Mink).	eingebürgert um 1917
Reptilia (Reptilien)		
W	Emys orbicularis (Europäische Sumpf-schildkröte)	Auen-Charakterart, besiedelte bis zum 16. Jahrhundert noch massenhaft den Oberrhein, seit 1850 bis auf Restvorkommen verschwunden (LAUTERBORN 1917,1918, SCHNELL 1971, KINZELBACH 1988), Indikator für Strukturvielfalt
	Anguis fragillis (Blindschleiche)	
	Lacerta agilis (Zauneidechse)	
	Lacerta viridis (Smaragdeidechse)	
	Lacerta vivipara (Waldeidechse)	
	Podarcis muralis (Mauereidechse)	
	Coronella austriaca (Schlingnatter)	
	Natrix natrix (Ringelnatter)	Indikator für Strukturvielfalt
W	Natrix tessellata (Würfelnater)	ans Wasser gebunden, benötigt Flachwasserzonen, seit 1940 am Rhein durch Verfolgung weitgehend fehlend, Indikator für Strukturvielfalt
W	Vispera berus (Kreuzotter)	Opfer der Landwirtschaft, seit 1940 am Rhein sehr stark zurückgegangen, Indikator für Strukturvielfalt
Amphibia (Amphibien)		insgesamt seit 1970 stark dezimiert (GLASER 1868, LAUTERBORN 1917, VIERTEL 1980; SCHADER 1983; GERKEN 1988a)
	Salamandra salamandra (Feuersalamander)	
	Triturus alpestris (Bergmolch)	
	Triturus helveticus (Fadenmolch)	
	Triturus vulgaris (Teichmolch)	
	Triturus christatus (Kammolch)	
	Alytes obstetricans (Geburtshelferkröte)	
	Bombina variegata (Gelbbauch-Unke)	
	Pelobates fuscus (Knoblauchkröte)	
	Bufo bufo (Erdkröte)	Indikator für naturnahe, großflächige Biotope
	Bufo calamita (Kreuzkröte)	
	Bufo virides (Wechselkröte)	
	Hyla arborea (Laubfrosch)	seit 1970 massiver Rückgang (VIERTEL 1980; SCHADER 1983; GERKEN 1988a), Indikator für Überflutungsaue
	Rana acvalis (Moorfrossch)	
	Rana dalmatina (Springfrosch)	Indikator für naturnahe, großflächige Biotope
	Rana temporaria (Grasfrosch)	Indikator für naturnahe, großflächige Biotope
	Rana esculenta (Wasserfrosch)	
	Itana ridibunda (Seefrosch)	
Aves (Vögel)		Rückgang der Arten hält unvermindert an, die meisten bedrohten Arten auf wenige Schutzgebiete beschränkt, Hauptgründe: intensive Landwirtschaft, Verlust von Hekken, Gebüschen, Gehölzen und Einzelbäumen, Industrie, Verkehrslärm, Camping, Sport, Jagd, Angeln, Klimaveränderungen (FREY 1970; BFVN 1975 ; HANDKE & HANDKE 1982, HÖLZINGER 1987)
nicht mehr nachweisbare Brutvögel		
V	Geronticus eremita (Waldrap)	im 16. Jahrhundert durch Verfolgung ausgerottet (LAUTERBORN 1912)
V	Nycticorax Nycticorax (Nachtreiher)	durch Verfolgung ausgerottet

W	Botaurus stellaris (Rohrdommel)	ausgestorben, Trockenlegung von Sumpf- und Feuchtwiesen
V	Ciconia nigra (Schwarzstorch)	durch Verfolgung ausgerottet, Indikator für naturnahe, großflächige Biotope
?	Anas acuta (Spießente)	
?	Mergus merganser (Gänsesäger)	durch Verfolgung ausgerottet
?	Haliaetus haliaetus (Seeadler)	seit 1850 verschwunden
?	Aquila pomarina (Schreiadler)	durch Verfolgung ausgerottet, früher auf die Auenwälder beschränkt
?	Circaetus gallicus (Schlangenadler)	durch Verfolgung ausgerottet, früher auf die Auenwälder beschränkt
W	Pandion haliaetus (Fischadler)	durch Verfolgung seit ca. 1850 ausgerottet, früher auf die Auenwälder beschränkt, Wiedereinbürgerung scheint möglich, Indikator für naturnahe, großflächige Biotope
W	Falco peregrinus (Wanderfalke)	durch Verfolgung ausgerottet, Indikator für naturnahe, großflächige Biotope
	Tetrao urogallus (Auerhuhn)	durch Verfolgung ausgerottet
	Alectoris rufa (Rothuhn)	
	Otis tarda (Großtrappe)	durch Verfolgung ausgerottet
	Burhinus oedicnemus (Triel)	Brutvorkommen früher alle in der Aue
	Chlidonias niger (Trauerseeschwalbe)	
	Sterna albifrons (Zwergseeschwalbe)	Indikator für Pionierstadien von Sand- und Kiesbänken (Brutbiotop) und naturnahe Ufer (Nahrungsbiotop)
	Bubo bubo (Uhu)	seit 1850 weitgehend ausgerottet, Indikator für naturnahe, großflächige Biotope
	Coracias garrulus (Blauracke)	
	Monticola saxatilis (Steinrötel)	
	Steinsperling	
	Porzana parva (Kleines Sumpfhuhn)	
	Corvus corax (Kolkrabe)	durch Verfolgung ausgerottet, Indikator für naturnahe, großflächige Biotope
	Circus cyaneus (Kornweihe)	durch Verfolgung ausgerottet
	Porzana pusilla (Zwerghuhn)	
stark dezimierte Arten		FREY 1970, HANDKE & HANDKE 1982; NIEHUIS 1982; WILLI 1985; WOLF 1985; WESTERMANN & SCHARFF 1987/88
	Milvus milvus (Rotmilan)	noch 250 Brutpaare in BW
	Circus aeroginosus (Rohrweihe)	stark gefährdet
	Coturnix coturnix (Wachtel)	
	Wachtelkönig (Crex crex)	
	Vanellus vanellus (Kiebitz)	
	Charadrius dubius (Flußregenpfeifer)	natürliche Brutstätten auf Kiesinseln völlig zerstört, Sekundärstandorte Kiesgruben, Indikator für Pionierstadien von Sand- und Kiesbänken (Brutbiotop) und naturnahe Ufer (Nahrungsbiotop)
	Gallinago gallinago (Bekassine)	
	Numenius arquata (Großer Brachvogel ()	
	Sterna hirundo (Flußseeschwalbe)	Indikator für Pionierstadien von Sand- und Kiesbänken (Brutbiotop) und naturnahe Ufer (Nahrungsbiotop)
	Columba oenas (Hohltaube)	
	Actitis hypoleucus (Flußuferläufer)	Indikator für Pionierstadien von Sand- und Kiesbänken (Brutbiotop) und naturnahe Ufer (Nahrungsbiotop)
	Asio flammeus (Sumpfohreule)	Trockenlegung von Sumpf- und Feuchtwiesen, seit 1850 weitgehend fehlend
	Asio otus (Waldohreule)	seit 1850 weitgehend fehlend
	Alcedo atthis (Eisvogel)	Steilwand-Höhlenbrüter, regelmäßig aber selten am Hoch- und Restrhein, sowie in einigen Altrheinen des Oberrheins
	Upupa ehops (Wiedehopf)	sehr stark von klimatischen Veränderungen abhängig noch am ganzen Oberrhein
	Dendrocopos medius (Mittelspecht)	Dezimierung durch Zerstörung naturnaher Wälder mit Alt- und Totholzanteile
	Jynx torquilla (Wendehals)	sehr stark zurückgegangen
	Riparia riparia (Uferschwalbe)	Steilwand-Höhlenbrüter, natürliche Brutstätten in der Aue völlig zerstört
	Hirundo rustica (Rauchschwalbe)	
	Delichon urbica (Mehlschwalbe)	
	Anthus trivialis (Wiesenpieper)	

	Luscinia luscinia (Blaukehlchen)	
	Corvus frugilegus (Saatkrähe)	
Neozoen unter den Vögeln		Holzwarth et al. 1969; Frey 1970; Niehuis 1982; Westermann & Scharff 1987/88
N	Graugans	
N	Schnatterente	
N	Löffelente	
N	Tafelente	
N	Reiherente	
N	Kolbenente	
N	Uferschnepfe	
N	Türkentaube	
N	Alpensegler	
N	Gebirgsstelze	
N	Rohrschwirl	
N	Wacholderdrossel	
N	Girlitz und Beutelmeise	
Pisces (Fische)		BALDNER 1666; NAU 1787A; SANDERS 1781, SPANNAGEL 1859, SIEBOLD 1863, VETTER 1864, WITTMACK 1875, LEUTHNER, 1877; V.D. BORNE 1883, REIBER 1888; DOSCH 1899; LAUTERBORN 1916,1917, STEINMANN 1923 KNÖPP 1952; CONTAG 1961 KRIEGSMANN 1970; KUHN 1976; SRU 1976, LELEK 1976, 1978A,B, 1983; ROTH, J. & KINZELBACH 1986; ROTH,J. 1987B; BERG 1987; BUNDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ BERN 1988A-C, BERG ET AL. 1989, LELEK & KÖHLER 1989, GERSTER 1990,1991 DÖNNI 1993, ZEH 1993
Neunaugen (Petromyzontidae)		
W	Petromyzon marinus L. (Meerneunauge)	seltener Wanderfisch, nur Einzelnachweise aus dem nördlichen Oberrhein bekannt (KINZELBACH 1985c, LELEK & KÖHLER 1989), nach LEUTHNER 1877 ehemals im Hochrhein bis Rheinfelden
W	Lampetra fluviatilis L. (Flußneunauge)	im Hochrhein noch zu Beginn des Jahrhunderts verbreiteter Wanderfisch, laicht im Feinsediment
W	Lampetra planeri BL. (Bachneunauge)	vor allem im Hochrhein zu Beginn des Jahrhunderts noch verbreitet, heute bis auf Einzelfunde erloschen (LELEK & KÖHLER 1989), laicht im Feinsediment
Acipenseridae (Störe)		
?	Acipenser sturio L. (Stör)	Wanderfisch, letzter Nachweis 1942 im Niederrhein (BÖCKING 1981), Hauptlaichgebiete im Bereich des Niederrheins (KINZELBACH 1987a)
C?lupeidae (Heringsfische)		
?	Alosa alosa L. (Maifisch)	ehemals massenhaft auftretender Wanderfisch, Einzelfunde bei Iffezheim und Helmlingen (BERG et al. 1989), natürliche Verbreitungsgrenze bildeten die Stromschnellen von Laufenburg
?	Alosa fallax Lac.(Finte)	ehemals seltener Wanderfisch bis Laufenburg, Einzelfund (ROTH 1987b)
Salmonidae (Lachsfische)		
V/?	Salmo salar L. (Lachs)	massenhaft auftretender Wanderfisch bis Schaffhausen, Rheinlachspopulation durch Verlust der Laichplätze und zunehmende Verschmutzung vollständig ausgestorben, heute fremde Populationen vereinzelt wiedergefunden, Besatzmaßnahmen
	Salmo trutta L. (Meerforelle)	früher Irrgast ?, erst seit 1980 wieder vereinzelt gefunden (u.a. Michling 1988; Roth 1987b)
	Salmo trutta f. fario L. (Bachforelle)	zu Beginn des Jahrhunderts noch verbreitet
	Salmo trutta f. lacustris L. (Seeforelle)	Irrgast, Einzelfunde
	Salvelinus alp. salv. L. (Seesaibling)	Irrgast, Einzelfunde
Thymallidae (Äschen)		
	Thymallus thymallus L. (Äsche)	um 1920 typischer Standffisch im Hochrhein bis Straßburg weit verbreitet, empfindlich gegenüber Verschmutzung
Osmeridae (Stinte)		
	Osmerus eperlanus L. (Stint, W)	seltener Wanderfisch, Einzelfund nördlicher Oberrhein (ROTH 1987b)
Coregonidae (Renken)		
	Coregonus sp. (Renke, I)	Irrgast, Einzelfunde
	Coregonus oxyrhynchus L. (Nordseeschnäpel)	ehemals seltener Wanderfisch, Einzelfund nördlicher Oberrhein, (ROTH 1987b)

Cyprinidae (Karpfenfische)		
	Rutilus rutilus L. (Plötze)	vor allem im Oberrhein massenhaft
	Leucaspius delineatus HECK. (Moderlieschen)	Einzelfund (umstritten)
	Leuciscus cephalus L. (Döbel)	verbreitet mit Schwerpunkt Oberrhein
	Leuciscus idus L. (Aland)	selten
	Leuciscus leuciscus L. (Hasel)	verbreitet
W	Leuciscus souffia agassizi C.V (Strömer)	ehemals typische Art für den Hoch- und südlichen Oberrhein, um 1920 noch verbreitet, heute äußerst selten, empfindlich gegen verschmutztes Wasser
	Phoxinus phoxinus L. (Elritze)	um 1920 noch verbreitet, heute selten
	Scardinius erythrophthalmus L. (Rotfeder)	vor allem im Hochrhein verbreitet
	Aspius aspius L. (Rapfen)	Einzelfunde im Oberrhein (umstritten)
	Tinca tinca L. (Schleie)	heute verbreitet
	Chrondrostoma nasus L. (Nase)	im Hochrhein und Nebenflüssen des Rheins früher massenhaft, starker Rückgang, Kurzstreckenwanderer, Kieslaicher
	Gobio gobio L. (Gründling)	verbreitet
	Barbus barbus L. (Barbe)	im Oberrhein vor 1920 massenhaft, Kurzstreckenwanderer, Kieslaicher
	Alburnus alburnus L. (Ukelei)	heute massenhaft
	Alburnoides bipunctatus Bloch (Schneider)	Schwarmfisch, vor 1920 verbreitet, heute selten, Indikator für schnellfließendes, saubereres Wasser
	Blicca bjoerkna L. (Blicke)	Zunahme, zum Teil im Oberrhein massenhaft
	Abramis brama L. (Brachsen)	heute verbreitet
W	Rhodeus sericeus amarus Bt. (Bitterling)	im Oberrhein vor 19020 verbreitet, typischer Bewohner von Altwässern, zwingend auf das Vorkommen von Unioniden (Flußmuscheln) angewiesen, legt seine Eier in die Kiemen der Muscheln ab. Einzelfunde am Hoch- und Oberrhein
W	Carassius carassius L. (Karausche) -	heute verbreitet, die Wildform vom Aussterben bedroht, Larvalstadien bzw. Jungfische empfindlich gegen hohe Alkalität (Eutrophierung), ehemals Bewohner der langsam fließenden Auegewässer mit Sumpfpflanzen bzw. Baumwurzeln
	Cyprinus carpio L. (Karpfen)	verbreitet
Cobitidae (Schmerlen)		
	Noemacheilus barbatulus L. (Schmerle)	im Hochrhein bis 1950 verbreitet, im Oberrhein schon vor 1950 starker Rückgang
W	Misgurnus fossilis L. (Schlammpeitzger)	vor 1920 in den Altrheingewässern verbreitet, gegen Sauerstoffmangel unempfindlicher Bodenfisch, heute nur noch Restbestände (BERG et a1. 1989, LELEK & KÖHLER 1989)
W	Cobitis taenia L. (Steinbeißer)	vor 1920 am Oberrhein in den Altwässern verbreitet, heute nur noch Einzelfunde, z.B. Schusterwörther Altrhein
Siluridae (Welse)		
	Silurus glanis L (Wels)	eingebürgert, selten (warscheinlich aus Schweizer Seen)
Anguillidae (Aale)		
	Anguilla anguilla (Aal)	früher häufiger und heute massenhaft auftretender Wanderfisch und Räuber, der als Nahrungskonkurrent, Laichräuber andere Fischarten gefährdet
Esocidae (Hechte)		
	Esox lucius L: (Hecht)	verbreitet
Percidae (Barsche)		
	Perca fluviatilis L. (Flußbarsch)	verbreitet
	Gymnocephalus cernua L. (Kaulbarsch)	vor 1920 verbreitet, starker Rückgang
Conidae (Groppen)		
	Cottus gobio L. (Groppe)	vor 1920 verbreitet, heute selten
Gasterosteidae (Stichlinge)		
	Pungitius pungitius L. (Zwergstichling)	
	Gasterosteus aculeatus L. (Dreistachliger Stichling)	bis 1920 verbreitet, heute selten
Pleuronectidae (Schollen)		
	Pleuronectes flesus L. (Flunder)	in Flüssen nur selten vorkommende Meeresart, Einzelfunde (Roth 1987b)
	Gadidae *(Dorschfische)*	

	Lota lota L. (Quappe, Trüsche)	bis 1920 verbreitet, heute vereinzelt im Hochrhein
Nach 1800 eingebürgeerte Arten		
	Carassius carassius gibelio BL. (Giebel)	im Hochrhein vereinzelt, im Oberrhein selten
	Lucioperca lucioperca L. (Zander)	seit 1950 häufig
	Lepomis gibbosus L. (Sonnenbarsch)	
Zwergwelse (Ictaluridae)		
	Ameirus nebulosus (LE SUEUR) (Zwerg-wels)	selten
	Sonstige Nachweise von Neozoen	LELEK & KÖHLER (1989) im Untersuchungszeitraum 1987-1988
Lachsartige (Salmonidae)		
	Salvelinus fontinalis (Mitchell) Bachsaib-ling)	
	Salmo gairdneri Rich. (Regenbogenforelle)	
	Hucho hucho (Huchen)	
	Oncorhynchus kisutch (Sibirischer Lachs)	
	Oncorhynchus tschawytscha (Pazifiklachs)	
	Salvelinus namaycusch (Amerikanischer Saibling)	
Karpfenartige (C_prinidae)		
	Leuciscus idus ssp.(Goldorfe)	
	Ctenopharyngodon idella (VALENCIENNES) (Graskarpfen)	selten, vor allem stehende Nebengewässer
	Hypophthalmichthys molitrix (Silberkarp-fen)	
	Pseudaspora parva (Blaubandbärbling)	
	Aristichthys nobilis (Marmorkarpfen)	
	Vimba vimba (Zährte)	
Centrarchidae (Sonnenbarsche)		
	Lepomis gibbosus (Sonnenbarsch)	
	Micropterus dolomieu (Schwarzbarsch)	
	Micropterus salmoides (Forellenbarsch)	
Cichlidae (Buntbarsche)		
	Astronotus ocellatus (CUV.) (Pfauenaugen-buntbarsch)	
	Tilapia mosambica (Natal-Cichlidae)	
	Poecilia reticulata (Guppy)	
	Gambusia affinis (Moskitofisch)	
Bryozoa (Moostierchen)		
	Paludicella articulata (EHRENBERG)	
	Fredericella sultana (BLUMENBACH)	
	Plumatella emarginata ALLMAN	
	Plumatella fruticosa ALLMAN	
	Plumatella fungosa (PALLAS)	
	Plumatella repens (L.)	
	Hyalinella punctata (HANCOCK)	
	Lophopus cristallinus (CUVIER)	
	Cristatella mucedo CUVIER	
Carabidae (Coleoptera)		deutlicher Rückgang der anspruchsvollen Arten dynamischer Uferstrukturen (z.B. flacher, vegetationsarmer Sand- und Kiesufer); mehrere der stark gefährdeten Arten nicht mehr am Rheinufer selbst, sondern aktuell nur noch in Sekundärlebensräumen v.a. in Abbaugebieten (Beispiel: Cicindela arenaria viennensis); andere nur noch punktuell am Rheinufer (z.B. Perileptus areolatus); mehrere Arten am Hochrhein erloschen, am Oberrhein aber noch mit einzelnen Vorkommen (z.B. Bembidion litora-

		le); für Auwaldarten indirekt über Rückgang ihrer Lebensräume eine negative Bestandsentwicklung in der Vergangenheit ableitbar (z.B. Platynus livens, Asaphidion austriacum) (TRAUTNER 1996, 1998 und in lit.; TRAUTNER & DETZEL 1994)
V	Bembidion foraminosum	spezifische Art ausgedehnter, besonnter Sandufer, letzte Funde vom Hoch- und Oberrhein datieren aus dem 19. Jahrhundert (BRÄUNICKE & TRAUTNER 1998)
Trichoptera (Köcherfliegen)		FELBER 1908; NEERACHER 1910; LAUTERBORN 1916, CASPERS (1980a), KOSTER & WINKLER 1985A; JATZEK 1986a, sowie Hochrhein nach det. Coll. LININGER, Naturhistorisches Museum Basel) und der Coll. RIS (ETH Zürich)
	Rhyacophila sp.	
	Rhyacophila aquitanica MCL.	
	Rhyacophila dorsalis (CURTIS)	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS, ETH Zürich 1894-1906
	Rhyacophila fasciata HAGEN	
	Rhyacophila nubila (ZETTERSTEDT)	ehemals am Hochrhein, Einzelfunde v.a. im oberen Hochrheinabschnitt (KOSTER & WINKLER 1985a) und südlichem Oberrhein (LANGE 1990)
	Rhyacophila pascoei MCL.	ehemals am Hoch- und Oberrhein, gilt als ausgestorben; Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1894-1900, ETH Zürich
	Rhyacophila philopotamoides MCL.	
	Rhyacophila torrentium PICTET	
	Rhyacophila tristis PICTET	ehemals massenhaft am Hoch- und Oberrhein, gilt als ausgestorben; Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1894-1906, ETH Zürich
	Rhyacophila vulgaris PICTET	
	Glossosoma boltoni CURTIS (= G. vernalis)	ehemals massenhaft am Hoch- und Oberrhein, gilt als ausgestorben; Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1895-1906, ETH Zürich
	Glossosoma conformis NEBOISS	
	Synagapetus dubitans MCL.	
	Agapetus fuscipes CURTIS	
	Agapetus laniger PICTET	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 7/1895, ETH Zürich
	Agapetus ochripes CURTIS	ehemals massenhaft, heute Einzelfunde (KOSTER & WINKLER 1985); Nachweis im Hochrhein; Sammlung RIS 5/1895, ETH Zürich
	Prilncnlensiis eranulatus (PICTET)	
	Stactobiella risi Felber	
	Orthotrichia angustella (MCL.)	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1901-1914, ETH Zürich
	Orthotrichia costalis (CURTIS)	
	Ithytrichia lamellaris EATON	ehemals am Hoch- und Oberrhein, gilt als ausgestorben; (RIS 1897)
	Oxyethira flavicocnis (PICTET)	
	Hydroptila sp.	
	Hydroptila angulata MOSELY	
W	Hydroptila forcipata EATON	ehemals massenhaft vor allem im Hochrhein, heute Einzelfunde
	Hydroptila rheni RIS	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1894/99, ETH Zürich
	Hydroptila sparsa CURTIS	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1894-1901, ETH Zürich
	Hydroptila tineoides DALMAN	
	Hydroptila vectis CURTIS	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 5/1906, ETH Zürich
	Agraylea sp.	
	Agraylea sexmaculata CURTIS	
	Allotrichia pallicornis EATON	
	Philopotamus ludificatus MCL.	
	Philopotamus montanus (DONOVAN)	
	Wormaldia occiptalis (PICTET)	
	Wormaldia subnigra MCL.	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1894-1900, ETH Zürich
V	Chimarra marginata (L.)	ehemals massenhaft am Hoch- und Oberrhein, gilt bis heute auch für die Zuflüsse des Rheins als ausgestorben; Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1894-1906, ETH Zürich
	Hydropsyche sp.	
	Hydropsyche angustipennis (CURTIS)	ehemals massenhaft am Oberrhein, heute vor allem südlicher Oberrhein
	Hydropsyche contubernalis MCL.	nach CASPERS (1980b) und JATZEK (1986a) bei LAUTERBORN (1916-1918) Hydropsy-

		che ornulata
	Hydropsyche exocellata DUFOUR	
	Hydropsyche guttata (PICTET)	
	Hydropsyche instabilis CURTIS	
	Hydropsyche ornatula MCL.	nach CASPERS (1980b) und JATZEK (1986a) bei LAUTERBORN (1916-1918) Hydropsyche ornulata
	Hydropsyche pellucidula CURTIS	ehemals häufigste Art der Gattung Hydropsychide, heute in Hoch- und südlicher Oberrhein wieder in Ausbreitung begriffen; Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1894-1916, ETH Zürich
	Hydropsyche saxonica MCL.	
	Hydropsyche siltalai DÖHLER	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1894-1906, ETH Zürich
	Cheumatopsyche lepida (PICTET)	ehemals häufig an Hoch- und Oberrhein, heute am Oberrhein wieder in Ausbreitung begriffen (KOSTER & WINKLER 1985a, TITTIZER & SCHÖLL 1988, LANGE 1990); Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 7/1906, ETH Zürich
	Polycentropidae	
	Neureclipsis bimaculata (L.)	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 7/1906, ETH Zürich
	Plactrocnemia conspera (CURTIS)	
	Polycentropus ftovamaculatus (PICTET)	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 10/1916, ETH Zürich
	Polycentropus irroratus (CURTIS)	
	Halocentropus dubius (RAMBOUR)	
	Cyrnus sp.	
	Cyrnus ftavidus MCL.	
	Psychomyia pusilla (FABR.)	ehemals massenhaft in Hoch- und Oberrhein, heute wieder in Ausbreitung begriffen; Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; RIS 1897
	Lype phaeopa (STEPHENS)	
	Lype reducta (HAGEN)	
	Tinodes rostocki MCL.	
	Tinodes waeneri (L.)	
	Ecnomus tenellus (RAMBOUR)	
	Agrypnia Pagetana (CURTIS)	
	Agrypnia varia (FABR.)	
	Phryganea bipunctata RETZIUS	
	Oligotricha striata (L.)	
	Hagenella clathrata (KOT.)	
	Oligostomis reticulata (L.)	
	Brachycentrus montanus KLAP.	
W/?	Brachycentrus subnubilis CURTIS	ehemals am Hoch- und Oberrhein, Heutige Nachweise der gefährdeten Art fehlen bis auf vereinzelte Imaginalnachweise aus Lichtfallenfängen 1990/91 an der Stauhaltung Kehl (SCHÖLL & BECKER 1992). Die Art gilt als Indikator für die Gewässergüteklasse II. Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1895-1906, ETH Zürich
V	Oligoplectrum maculatum FOURCROY	ehemals am Hoch- und Oberrhein, gilt als ausgestorben; Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 6/19016, ETH Zürich
	Micrasema minimum MCL	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1894/95, ETH Zürich
V	Micrasema setiferum (PICTET) *(= M. nigrum)*	ehemals am Hochrhein massenhaft, gilt als ausgestorben
	Limnephilidae	
	Drusus chrysotus RAMBOUR	
	Drusus trifidus MCL.	
	Ecclisopteryx guttulata (PICTET)	
	Limnephilus aflfinis CURTIS	
	Limnephilus auricula CURTIS	
	Limnephilus extricatus MCL.	
	Limnephilus flavicornis (FABR.)	
	Limnephilus germanus MCL.	
	Limnephilus griseus (L.)	

	Limnephilus ignavus McL.	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung Ris 6/194, ETH Zürich
	Limnephilus lunatus Curtis	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung Ris 1917/18, ETH Zürich
	Limnephilus nigriceps (Zett.)	
	Limnephilus rhombicus (L.)	
	Limnephilus stigma Curtis	
	Limnephilus vittatus (Fabr.)	
	Grammotaulis nigropunctatus (Retzius)	
	Glyphotaelis pellucidus (Retzius)	
	Anabolia nervosa (Curtis)	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung Ris 10/1900, ETH Zürich
	Potamophylax cingulatus (Stephens)	
	Potamophylax latipennis (Curtis)	
	Potamophylax luctuosus (Pill. & Mitt.)?	
	Potamophylax nigricornis Pictet	
	Potamophylax rotundipennis (Brauer)	
	Halesus digitatus (Schrank)	
	Halesus radiatus (Curtis)	
	Halesus tesselatus (Ramb.)	
	Melopophylax mucoreus Hagen	
	Anisogamus difformis McL.	
	Parachiona picicornis (Pictet)	
	Enoicyla pusilla Burm.	
	Enoicyla reichenbachi Kol.	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung Ris 1898-1913, ETH Zürich
	Stenophylax permistus McL.	
	Micropterna testacea (Gmelin)	
	Mesophylax impuctatus McL.	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung Ris 5/1902, ETH Zürich
	Allogamus auricollis (Pictet)	
	Chaetopteryx villosa (Fabr.)	ehemals am Hoch- und Oberrhein, Einzelfund am Hochrhein (Koster & Winkler 1985a); Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung Ris 1916/17, ETH Zürich
	Annitella obscurata (McL.)	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung Ris 10/1917, ETH Zürich
	Goera pilosa (Fabr.)	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung Ris 6/1894, ETH Zürich
	Lithax niger (Hagen)	
	Silo nigricornis (Pictet)	
??	Silo pallipes (Fabr.)	ehemals am Hochrhein, aktuelle Nachweise fehlen
	Silo piceus (Brauer)	ehemals massenhaft am Hochrhein, im Hochrhein oberhalb Aare (Schröder & Rey 1991); Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung Ris 1900-1916, ETH Zürich
	Lepidostoma hirtum (Fabr.)	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung Ris 1894-1916, ETH Zürich
	Lasicophala basalis (Kolenati)	
	Leptoceridae	
	Athripsodes sp.	
	Athripsodes albifrons (L.)	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung Ris 1894/95/1930, ETH Zürich
	Athripsodes aterrimus (Stephens)	
	Athripsodes bilineatus (L.)	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung Ris 6/1894, ETH Zürich
	Athripsodes cinereus (Curtis) (=Leptocerus cinereus)	ehemals massenhaft, heute Einzelfunde (Koster & Winkler 1985); Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung Ris 1894-1930, ETH Zürich
	Athripsodes leucophaeus (Ramb.)	
	Ceraclea sp.	
	Ceraclea alboguttatta Hagen	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung Ris 8/1906, ETH Zürich
	Ceraclea annulicornis (Stephens)	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung Ris 1910-1916, ETH Zürich
	Ceraclea aurea Pictet	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung Ris 1894-1900, ETH Zürich
	Ceraclea dissimilis Stephens	
	Ceraclea fulva (Ramb.)	
	Ceraclea nigrronervosa (Retzius)	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung Ris 1894-1916, ETH Zürich

	Ceraclea riparia ALBARDA	
	Mystacides sp.	
	Mystacides azurea (L.)	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1906-1916, ETH Zürich
	Mystacides longicornis (L.)	
	Mystacides nigra (L.)	
	Triaenodes conspersus (RAMBOUR) [Ylodes]	FELBER 1908
	Oecetis sp.	
	Oecetis furva (RAMBOUR)	
	Oecetis lacustris (PICTET)	
	Oecetis notata RAMBOUR	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1894-1906, ETH Zürich
	Oecetis ochracea (CURTIS)	
	Oecetis testacea CURTIS	
	Setodes argentipunctellatus MCL.	
	Setodes punctatus (FABR.)	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1894/95, ETH Zürich
	Setodes viridis FOURCROY	
	Leptocerus interruptus (FABR.)	
	Notidobia ciliaris (L.)	
	Sericostoma sp.	
	Sericostoma ftavicorne SCHNEIDER	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 5/1894, ETH Zürich
	Sericostoma personatum (K. & Sp.)	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1895/1904, ETH Zürich
	Beraea pullata CURTIS	
	Beraeodes minutus (L.)	
	Ernodes articularis (PICTET)	
	Odontocerum albicorne (SCOPOLI)	
	Molanna angustata CURTIS	ehemals am Hoch- und Oberrhein, aktuelle Nachweise fehlen
Plecoptera (Steinfliegen)		
?	Brachyptera braueri KLAP.	Fund für Mittelrhein, Niederrhein (LE ROI 1912), ehemals häufig in zentraleuropäischen Flüssen
R	Brachyptera risi	aktuelle Einzelfunde im Hochrhein (SCHRÖDER & REY 1991)
V	Brachyptera trifasciata PICTET	ehemals am Hoch- und Oberrhein, gilt als ausgestorben
?	Brachyptera monilicornis (PICTET)	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1895-1904, ETH Zürich
?	Oemopteryx loewii ALB	Fund für Mittelrhein, Niederrhein (LE ROI 1912), bestätigt von Zwick (ZWICK 1992)
R?	Rhabdiopteryx neglecta ATS.	rezenter Fund KOSTER & WINKLER (1985)
?	Taeniopteryx nebulosa L.	Fund für Mittelrhein, Niederrhein (LE ROI 1912)
?	Taeniopteryx kempnyi KLP. ?	Fund für Mittelrhein, Niederrhein fraglich (LE ROI 1912)
?	Nephelopteryx minuta (RAMB.) ?	Fund für Mittelrhein, Niederrhein fraglich (LE ROI 1912)
R	Amphinemura standfussi RIS	rezenter Fund (TITTIZER & SCHÖLL 1988)
?	Nemoura cinerea (RETZIUS)	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1918, ETH Zürich
?	Nemoura marginata PICTET	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1894/95, ETH Zürich; Fund für Mittelrhein, Niederrhein fraglich (LE ROI 1912)
?	Nemurella picteti KLP.	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1895/1918, ETH Zürich; Fund für Mittelrhein, Niederrhein fraglich (LE ROI 1912)
?	Protonemura meyeri PICTET	Fund für Mittelrhein, Niederrhein fraglich (LE ROI 1912)
`R	Euleuctra geniculata STEPHENS	ehemals Oberrhein, Wiederfund an kiesigen, nicht vom Wellenschlag beeinflußten Ufer der Insel Rettbergsaue im Rheingau (SCHÖLL & SCHLEUTER 1989), gilt als Indikator für Gewässergüteklasse I-II
?	Leuctra braueri KNP.	Fund für Mittelrhein, Niederrhein fraglich (LE ROY 1912)
A	Leuctra fusca L.	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1899/1901, ETH Zürich; ehemals am Hoch- und Oberrhein häufig, heute Einzelnachweise aus Hochrhein (Jatzek 1986a) und südlichem Oberrhein (LANGE 1990, TITTIZER & SCHLEUTER 1988)
?	Leuctra cylindrica (DE GEER) ?	Fund für Mittelrhein, Niederrhein fraglich (LE ROI 1912)
?	Leuctra hippopus KNP.	Fund für Mittelrhein, Niederrhein fraglich (LE ROI 1912)
?	Capnia nigra PICTET	zweifelhafte Angaben (ZWICK, schriftl. Mitteilung), Vertreter eher kleiner Fließge-

		wässer
W	Besdolus imhoffi (PICTET)	Besdolus bei Neeracher = Dictyogenus, Gattung Besdolus (ZWICK 1995), wohl sehr häufig nach Zwick, schriftl. Mitteilung; Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung Ris 1894/95, ETH Zürich;
?	Besdolus ventralis PICTET (=Dictyogenus)	warscheinlich, wurde von Ris aber nicht unterschieden, warscheinlich seltener wie B. ventralis (ZWICK, schriftl. Mitt.)
?	Isogenus nubecula NEWM.	ehemals in allen großen Flüssen Europas verbreitet, ehemals vor allem am Hoch- und Oberrhein, bei Bonn gefundenes Exemplar von Zwick bestätigt (ZWICK schriftl. Mitt.)
?	Isoperla grammatica PODA	Rezente Einzelnachweise in der Region Basel (KÜRY 1994); ehemals am Hoch- und Oberrhein häufig, gilt dort als ausgestorben; Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1900, ETH Zürich;
?	Isoperla obscura ZETT.	ehemals am Hoch- und Oberrhein häufig, gilt als ausgestorben (= Isoperla griseipennis, Synonymie ungesichert)
?	Perlodes microcephalus PICTET /dispar (RAMBOUR)	Rezente Einzelnachweise in der Region Basel (KÜRY 1994);Unterscheidung von Perlodes dispar erst seit den sechziger Jahren bei den Imagines möglich;;Nachweis von P.dispar? im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung Ris 1895/1909, ETH Zürich;
?	Dinocras cephalotes CURTIS (=Perla cephalotes)	Rezente Einzelnachweise in der Region Basel (KÜRY 1994);ehemals massenhaft im Hochrhein, ggf. auch D. megacephala und/oder D. ferreri; Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1894/95, ETH Zürich;
?	Marthamea selysii PICTET	Fund für Mittelrhein, Niederrhein fraglich (LE ROI 1912)
?	Perla burmeisteriana CLAASSEN	gilt für den Rhein als verschollen; Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1895/1900, ETH Zürich;
?	Perla grandis RAMBUR	gilt für den Rhein als verschollen; (RIS 1897)
?	Perla maxima	ehemals häufig, Unterscheidung von NEERACHER 1910 zu P. marginata warscheinlich verläßlich (schriftl. Mitt. ZWICK)
?	Perla marginata PANZ.	Rezente Einzelnachweise in der Region Basel (KÜRY 1994);schon früher im Hoch- und Oberrhein selten, in den Nebengewässern (Birs und Wiese) bei Basel nach Angaben NEERACHER 1910 häufig
?	Chloroperla tripunctata SCOPOLI (=Isopteryx tripunctata)	ehemals massenhaft im Hochrhein, Bestimmung fraglich (schriftl. Mitt. ZWICK); Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 5/1918, ETH Zürich;
?	Chloroperla susemicheli ZWICK	Nachweis im Hochrhein bei Rheinau; Sammlung RIS 1895/1918, ETH Zürich;
?	Chloroperla venosa ST. ?	warscheinlich zu Gattung Isoperla zugehörig
?	Siphonoperla burmeisteri PICTET	Fund fraglich
?	Xanthoperla apicalis NEWM.	für den Hochrhein (RIS 1897), für Niederrhein (LE ROI 1912)
Odonata (Libellen)		Historisch wenig untersucht; Auswertung der Sammlung RIS steht m.W. noch aus; insgesamt starke Abnahme, Sekundärbiotope oft Kiesgruben
W	Sympetrum depressiusculum (Sumpf-Heidelibelle)	gilt als typische Art der natürlichen Auen, geringe Restvorkommen am Oberrhein; durch Imitation der ehemals natürlichen Überschwemungen wird die Art in ihrer Ausbreitung gefördert (vgl. Naturschutzinformationen Nr. 6 der Schutzgemeinschaft Libellen Baden-Württemberg, 1998)
	Cordulegaster boltoni	u.a. typische Art klarer Auewaldbäche;
	Onychogomphus forcipatus, O. simillimus (Kleine Zangenlibelle)	Indikator für naturnahe Nebengewässer bzw. Ufer, insbesondere in der natürlichen Aue;
A	Onycogomphus uncatus (Große Zangenlibelle)	galt früher am Hochrhein als häufig, letzter schweizerischer Nachweis von 1979 als Restpopulation am Hochrhein bei Schaffhausen
	Gomphus vulgatissimus (Gemeine Flußjungfer)	Gomphus vulgatissimus im Rhein selbst heute noch unterhalb der Mainmündung, Indikator für naturnahe Nebengewässer bzw. Ufer
	Libellula depressa (Plattbauch)	Indikator für naturnahe Nebengewässer bzw. Ufer
	Anaciaeschna isosceles (Kleinfleck-Libelle)	Indikator für naturnahe Ufervegetation
	Brachytron pratense (Kleine Mosaikjungfer)	Indikator für naturnahe Ufervegetation
	Orthetrum coerulescens (Kleiner Blaupfeil)	Indikator für naturnahe Ufervegetation
	Anax imperator (Große Königslibelle)	Indikator für nährstoffreiche Gewässer
	Cercion lindeni (PokalAzurjungfer)	Indikator für kleine Auegewässer
	Calopteryx splendens (Gebänderte Prachtlibelle)	Indikator für naturnahe Ufervegetation
	Coenagrion mercuriale (Helmazurjungfer)	Indikator für kleine Gräben mit naturnaher Ufervegetation, stark gefährdet
	Leucorrhinia caudalis (zierliche Moosjungfer)	Ökologie noch weitgehend unbekannt; 3 Restvorkommen in der mittleren Oberrheineben; stark gefährdet (vgl. Naturschutzinformationen Nr. 3 der Schutzgemeinschaft Libellen Baden-Württemberg, 1997)

	Erythromma najas (Großes Granatauge)	Indikator für nährstoffreiche Gewässer
	Erythromma viridulum (Kleines Granatauge)	Indikator für nährstoffreiche Gewässer
Ephemeroptera (Eintagsfliegen)		NEERACHER 1910, EIDEL 1937,CASPERS 1980A, 1980B; KOSTER & WINKLER 1985A; JATZEK 1986A; FRANZ & JATZEK 1982,ZIESE 1987A; SOPP 1983; SCHRÖDER & REY 1991;REY ET AL. 1992;KÜRY 1994
	Siphlonorus lacustris ETN.	
	Baetis sp.	
	Baetis buceratus ETN.	
	Baetis fuscatas L.	um 1900, wie heute häufig
	Baetis gemellus ETN.	
	Baetis lutheri MÜLLER-LIEBENAU	
	Baetis muticus L.	
R	Baetis rhodani PICTET	nur rezent aus dem Hoch- und Oberrhein bekannt
	Baetis scambus ETN	
	Baetis vernus CURTIS	
	Centroptilum luteolum MÜLLER	
V	Pseudocentroptilum pennulatum EATON	keine rezenten Nachweise im Hoch- und Oberrhein
	Cloeon dipterum L.	
	Cloeon simile ETN.	
	Procloeon bifidum BGTSS	
V	Oligoneuriella rhenana IMHOF	ehemals massenhaft am HR, auch am OR, MR und NR): Heute ist diese vom Aussterben bedrohte Art am Rhein verschwunden. Sie gilt als stark empfindlich gegenüber stagnierendem Wasser und gegen Sauerstoffmangel
	Epeorus sylvicola PICTET	Rezente Einzelnachweise (SCHRÖDER & REY 1991; KÜRY 1994)
	Rhithrogena alpestris ETN.	um 1900 nachgewiesen
V	Rhithrogena diaphana NAV.	*(*= R. *aurantiaca)* (ehemals massenhaft am HR, auch am OR, MR und NR), heute ist diese gefährdete Art am Rhein verschwunden.
	Rhithrogena germanica ETN	keine rezenten Nachweise im Hoch- und Oberrhein
	Rhithrogena semicolorata CURTIS	Rezente Einzelnachweise (Küry 1994)
V	Ecdyonurus (=Heptagenia) lateralis-Gr.? (=E.aurantiacus od. E.dispar)	keine aktuellen Nachweise, bis 1920?, (NEERACHER 1910)
?	Ecdyonurus fluminum Gr. ? (=E. *aurantiacus* oder E. *dispar)*	ehemals im Hoch- und Oberrhein verbreitet (LAUTERBORN 1916)
	Ecdyonurus dispar CURTIS	Einzelfunde im Hochrhein;(SCHRÖDER & REY 1991; KÜRY 1994)
	Ecdyonurus forcipula PICTET	
V?	Ecdyonurus insignis ETN.	keine aktuellen Nachweise
	Ecdyonurus venosus F.	rezent nachgewiesen
	Heptagenia coerulans ROST.	keine aktuellen Nachweise
	Heptagenia flava ROST.	
V	Heptagenia longicauda STEPHENS	*(*= H. *flavipennis)* (ehemals am HR und OR): Heutige Nachweise für diese vom Aussterben bedrohte Art fehlen.
	Heptagenia sulphurea Müller	rezent nachgewiesen
	Ephemerella notata ETN.	
	Ephemerella ignita (Poda)	rezent nachgewiesen
	Caenis luctuosa BURMEISTER	nur rezent nachgewiesen
?	Caenis macrura STEPHENS	
?	Caenis rhenicola Maiz.	
?	Caenis rivulorum Etn.	
V	Prosopistoma foliaceum FOURCROY *(= P. punctifrons)*	ehemals selten am Oberrhein, gilt bis heute auch für die Nebengewässer als ausgestorben
	Leptophlebia sp.	
	Leptophlebia marginata L.	keine rezenten Nachweise
	Leptophlebia vespertina L.	keine rezenten Nachweise

	Paraleptophlebia submarginata (STEPHENS)	nur zenent nachgewiesen
	Haproleptoides confusa SARTORI & JACOB	nur rezent nachgewiesen
A	Ephoron virgo OL. (Uferaas od. Weiß-wurm)	ehemals massenhaft, galt bis 1985 als ausgestorben und kommt heute wieder zum Teil massenhaft vor
?	Ephemera danica MÜLLER	?
	Ephemera lineata Etn.	kein rezenter Nachweis
	Ephemera glaucops Pict.	kein rezenter Nachweis
	Potamanthus luteus L.	zweithäufigste Eintagsfliegenart am Hochrhein (KOSTER & WINKLER 1985a), südlicher Oberrhein bis Breisach TITTIZER & SCHÖLL 1988
V	Palingenia longicauda	ehemals selten am Oberrhein, gilt bis heute auch für die Nebengwässer als ausgestorben
Diptera (Zweiflügler)		große Artenzahl am Gesamtbestand des Makrozoobenthos, vor allem die Chironomidae (Zuckmücken). LAUTERBORN (1917) erwähnt vor allem die häufigen sandinkrustierten Röhren der Zuckmückengattung Tanytarsus
Decapoda (Zehnfüssige Krebse)		KOSTER & WINKLER 1985A; 2 SOPP 1983; 3 JATZEK 1986A; 4 FRANZ & JATZEK 1982; SCHILLER 1990
N	Atyaephyra desmarestii (MILLET)	eingewanderte Süßwassergarnele über Kanäle aus dem Mittelmeergebiet, euryök, phytophil
N	Orconectes limosus (RAFINESQUE) (Amerikanischer Flußkrebs)	1780 aus N-Amerika als Ersatz für die einheimischen Astacus-Arten Ende des 18. Jahrhunderts in Norddeutschland und in Frankreich ausgesetzt, Kanäle, euryök
N	Eriocheir sinensis (Wollhandkrabbe)	eingeandert mit Schiffen aus Asien, salztolerant, erytherm
Isopoda (Wasserasseln)		
	Asellus aquaticus (L.)	
	Proasellus coxalis (DOLLFUS)	
N	Proasellus meridianus (RAC.)	eingewandert üner Kanäle aus dem Mittelmeergebiet
N	Orchestia cavimana HELLER (Süßwasserstrandfloh)	1980 über Kanäle eingewandert aus Pontokapsis
Amphipoda (Flohkrebse)		
N	Corophium curvispinum SARS	1982 eingewandert über Kanäle aus Pontokapsis, sallztolerant
N	Echinogammarus berilloni CARRA	vom Mittelmeegebiet über Kanäle eingewandert, salztolerant, eurytherm
	Gammarus fossarum KOCH	
	Gammarus pulex pulex (L.)	
	Gammarus roeseli GERVAIS	
N	Gammarus tigrinus SEXRON	aus N-Amerika, 1957 von Schmitz in die Werra ausgesetzt, salztolerant
	Niphargus sp.	
Hydracarina (Wassermilben)		eigene Angaben (unveröffentlicht, Lange 1990)
R	Sperchon clupeifer PIERSIG 1896	
R	Sperchon hispidus KOENIKE 1895	
R	Sperchon compactilis KOENIKE 1911	
R	Sperchon turgidus VIETS 1914	
	Aturus scaber KRAMER 1875	
R	Aturus crinitus THOR 1902	
R	Torrenticola sp.	
R	Atractides nodipalpis THOR 1899	
R	Hygrobates nigro-maculatus LEBERT 1879	
R	Hygrobates fluviatilis (STRÖM 1786)	
R	Hygrobates trigonicus KOENIKE 1895	
	Lebertia (Pilo-) sp.	
R	Lebertia sparsicapillata THOR 1905	
R	Limnesia undulata (MÜLLER 1776)	
R	Limnesia maculata (MÜLLER 1776)	
R	Forelia variegator (KOCH 1837)	

R	Torrenticola anomala (KOCH 1837)	
R	Unionicola crassipes crassipes MÜLLER 1776	
R	Piona coccinea coccinea (KOCH 1836)	
R	Mideopsis orbicularis (MÜLLER 1776)	
R	Oxus sp.	
R	Arrenurus sp.	
R	Neumania vernalis (MÜLLER 1776)	
R	Porolohmannella violaceae (MÜLLER 1776)	
R	Porohalacarus sp. (MÜLLER 1776)	
Hirudinea (Egel)		
?	Glossiphonia complanata (L.)	
?	Glossiphonia complanata concolor (Aenr.)	
?	Glossiphonia heteroclita (L.)	
?	Helobdella stagnalis (L.)	
?	Batracobdella paludosa (CAREN)	
?	Theromyzon tessolatum (O.E MÜLLER)	
?	Hemiclepsis marginata (O.E MÜLLER)	
?	Piscicola geometra (L.)	
?	Haemopis sanguisaga (L.)	
?	Erpobdella octoculata (L.)	
?	Erpobdella testacea (Sav.)	
?	Dina lineata (O.E MÜLLER)	
Oligochaeta		SCHMELZ 1990 (unveröffentl.)
?	Glossiphonia complanata (L.)	
?	Glossiphonia complanata concolor (Aenr.)	
Mollusca		BACH 1844; GOLDFUSS 1851,1856; POHLIG 1886; KOBELT 1908; BOETTGER 1912; HAAS 1912, Unterarten wurden nicht berücksichtigt
Bivalvia (Muscheln)		
?	Anodonta cygnea (L.)	
?	Anodonta anatina (L.) (Gewöhnliche Teichmuschel)	sandige Bereiche
W	Pseudanodonta elongata HOLANDRE (Strommuschel)	strömungsliebende Art der sandigen Bereiche, Restvorkommen im Sondernheimer Altrhein (KINZELBACH 1976), Main (NESEMANN 1986) und unterhalb Moselmündung (BLESS 1990)
W	Unio crassus PHILIPSSON (Gemeine Flußmuschel)	Charakterart der kiesigen Stromsohle, von LAUTERBORN 1917 noch als Unio batavus pseudocrassus bezeichnet, ehemals am HR mit der Rasse *Unio crassus cytherea* sowie am Oberrhein mit der Rasse *Unio crassus batavus* vertreten, galt als ausgestorben und wurde 1990 im Hochrhein (BUWAL 1992) und 1992 unterhalb der Moselmündung (SCHÖLL et al. 1995) wiederentdeckt, weitere ca. 21 Reliktvorkommen in Nebengewässern (z.B. Schwarzbach, Kinzig sind bekannt) werden vermutet, Ausbreitung scheint möglich, Rückgang durch die Bisamratte
?	Unio pictorum (L.) (Malermuschel)	sandige Bereiche
?	Unio tumidus PHILIPSSON (Flußmuschel)	sandige Bereiche
?	Pisidium sp.	
?	Pisidium amnicum (O.F. MÜLLER)	
?	Pisidium casertanum (POLI)	Euryöke und allgemein häufige Art, im Rhein gering verbreitet, in den Rand- und Seitengewässern mit relativ hoher Präsenz und Abundanz
?	Pisidium henslowanum (SHEPPARD)	häufige Art der Flüsse, Kanäle und Seen, im Rhein mittlere, in den Rand- und Seitengewässern mit relativ hoher Präsenz und Abundanz
?	Pisidium milium HELD	??
?	Pisidium moitesserianum	??Art der Flüsse, Kanäle und Seen, im Rhein mittlere, in den Seitengewässern hohe Präsenz und Anundanz
?	Pisidium nitidum JENYNS	häufige Art der Teiche, Flüss und Seen, im Rhein und seinen Seiten- und Nebengewässern häufig

?	Pisidium personatum MALM	
?	Pisidium subtruncatum MALM	mittlere Präsenz in den Rand- und Seitengewässern des Rheins
?	Pisidium supinum A. SCHMIDT	weit verbreitete und häufige Art großer Ströme, auch im Rhein und seinen Rand- und Nebengewässern
?	Sphaerium corneum (L.)	häufigste Art der Gattung im Rhein und seinen Nebengewässern
A	Sphaerium solidum (NORMAND)	vom Aussterben bedrohte Art schnellfließender Flüsse mit kiesigem Grund, Restvorkommen in Nebengewässern, lebendgebärend, ortsgebunden, 1988 im Gustavsburger Altrhein (NESEMANN & SCHÖLL 1988), danach in diversen Altrheinen und Häfen (Min. f. Umwelt u. Gesundheit Rheinland-Pfalz 1992) gefunden
A	Spaerium lacustre (O.F. MÜLLER)	Stillwasserart, in den Siebzigern selten, heute mit geringer Präsenz und Abundanz in Rand- und Seitengewässern verbreitet
A	Sphaerium rivicola (LAMARCK)	galt als verschollen, mittlerweile wieder in Ausbreitung begriffen
A	Corbicula fluminalis (O.F. MÜLLER 1874)	Wiederfunde im Rhein seit 1990 (ALF 1992, SCHMIDT & SCHRÖDER 1992)
N	Dreissena polymorpha (PALLAS)	1880 eingewandert über Kanäle und Schiffe aus Pontokapsis
V	Margaritifera auricularia = Pseudunio sinuatus (Rheinperlmuschel)	warscheinlich bereits vor 1800 ausgestorben (LAUTERBORN 1917)
Gastropoda (Schnecken)		BOETTGER 1912; CASPERS 1980a; BLESS 1981a,b; FRANZ & JATZEK 1982; SOPP 1983; KOSTER & WINKLER 1985a; JATZEK 1986a; SCHMITZ 1986b; BLESS 1990; SCHILLER 1990, SCHÖLL et al. 1995.
A	Theodoxus fluviatilis (L.)	galt um 1960 bis auf Restvorkommen in den Altarmen als ausgestorben, mittlerweile ist sie beinah im ganzen Rhein wieder nachweisbar
?	Viviparus ater (CHRIST. & JAN)	
N	Viviparus viviparus (L.) (Flußdeckelschnecke)	1890 aus Osteuropa über Kanäle, Schiffe eingewandert, empfindlich gegen niedrige Sauerstoffgehalte, ihr Vorkommen war zwischen 1970 und 1985 auf Nebengewässer beschränkt, heute in Ausbreitung begriffen, pelophil
?	Valvata cristata O.E MÜLLER	
?	Valvata pulchella STUDER	
?	Valvata piscinalis (O.E MÜLLER)	
N	Potamopyrgus antipodarum (E.A. SMITH) (Flußturmschnecke)	1980 aus Neuseeland (Schiffe, Vögel ?) eingewandert, salztolerant, pelophil
?	Bytiospeum sp.	
N	Lithoglyphus naticoides (C. PFEIFFER) (Flußsteinkleber)	1890 von Norden her durch Schiffe eingeschleppt, pontokaspischer Herkunft, bewohnt sandige und schlickige Bereiche, galt 1960 als verschollen, heute Einzelnachweise
	Bithynia leachi (SHEPPARD)	
	Bithynia tentaculata (L.)	
N	Physa acuta DRAPARNAUD	1980 über Kanäle aus dem Mittelmeergebiet eingewandert
	Physa fontinalis (L.)	
	Lymnaea stagnalis (L.)	
	Lymnaea palustris (O.F. MÜLLER)	
	Lymnaea corvus (GMELIN)	
	Lymnaea truncatula (O.F. MÜLLER)	
	Lymnaea turricula (HELD)	
	Lymnaea auricularia (L.) (Ohrschlammschnecke)	schlickige Bereiche
	Lymnaea peregra/ovata	
	Anisus leucostomus (MILLET)	
	Anisus spirorbis (L.)	
	Anisus contortus (L.)	
	Anisus vorticulus (TROSCHEL)	
	Gyraulus albus (O.F. MÜLLER)	
	Segmentina complanatus (L.)	
	Planorbis sp.	
	Planorbis carinatus O.F. MÜLLER	
	Planorbis planorbis (L.)	
	Ancylus fluviatilis O.F. MÜLLER	

N	Ferrissia wautieri (MIROLLI)	1980 aus dem Mittelmeer- Donauraum eingewandert (Schiffe, Vögel), salztolerant
	Acroloxus lacustris (L.)	
Tricladida (Strudelwürmer)		
	Dugesia gonocephala (DUGÈS)	
	Dugesia lugubris-Gr. (O. SCHMIDT)	
N	Dugesia tigrina (GIRARD)	eingewandert aus N-Amerika, Aquarien, euryök
	Planaria torva (O.F. MÜLLER)	
	Polycelis sp.	
	Polycelis nigra (O.F. MÜLLER) ?	
	Polycelis tenuis Ijima ?	
	Bdellocephala punctata (PALLAS))	
	Dendrocoelum lacteum (O.F.MÜLLER)	
Porifera (Schwämme)		
Spongillidae		
	Spongilla lacustris (L.)	
R	Trochospongilla horrida (WELTNER 1893)	seit 1988 vor allem in verschiedenen Altrheinen (NEUBERT & EPPLER 1992)
	Eunapius fragilis (LEIDY)	
	Ephydatia ftuviatilis (L.)	
	Ephydatia mülleri (LIEBK.)	
Coelenterata (Hohltiere)		
N	Cordylophora caspia (Keulenpolyp)	Pontokaspis, Kanäle, Schiffe, salztolerant
N	Craspedacusta sowerbyi (Süßwassermedu-se)	1880 aus Südasien eingewandert (Aquarien,Vögel) temperatur- tolerant
Annelida (Ringelwürmer)		
N	Branchiura sowerbyi (Kiemenwurm)	Südasien, Schiffe, Aquarien, temperatur tolerant

8.2 Kurzbiographien

Baumeister, Reinhard
*****19.3.1833 Hamburg †11.12.1917
1849 Studium an der Polyt. Hochschule Hannover, 1851 in Karlsruhe
1853 bad. Staatspr. f. Ingenieure
1862 im Straßenbau praktisch tätig
Wasserbau am Rhein, Eisenbahnbau
o. Pro. d. Ingenieurwissenschaften in a.d. techn. Hochschule Karlsruhe
1906 Geheimer Oberbaurat und Dr. ing. h.c.d. techn. Hochschule Berlin
Mitglied des Bundes Deutscher Bodenreformer und Deutschen Vereins f. ö. Gesundheitspflege
"Städtisches Straßenbauwesen und Städtereinigung"1890

Blasius, Rudolf
*****25.11.1842 †21.9.1907
Studium in Braunschweig, Göttingen, Zürich, Wien, Berlin, München
1866 Doktor med.
1865 Ass. bei Billroth
1867 Ass. bei Schwarz
1868 herzoglicher Braunschweigerischer Assistenzarzt
1870 Stabsarzt
1879 Prof. d. Hygiene an der THBraunschweig
Abschnitt "Städtereinigung" in Einleitung und Abfuhrsysteme von T. Weyl
Arbeiten über Schulhygiene, Flussverunreinigungen, Wasserversorgung, sterilisierte Milch, Ver. in der D.V.f.ö.Gesundheitspflege, Monatsblätter für Hygiene

Bochmann, Eugen
*****30.5.1836 Libau †29.9.1901
1854-59 Studium in Dorpat
1860 Dr. med., arbeitet als Ass. der therapeutischen Uniklinik und zieht Dann ins innere Rußland
1862 in Alexandrowdkoje Landarzt
1863-65 Arzt in Bolderad
1865 praktischer Arzt in Riga
1863-68 Badearzt in Bilderlingshof
1864-74 Arzt der Riga-Duaburger Eisenbahn
seit 1867 mit Dr. E. Haken und Dr. Heß Mitglied des "permanenten städtischen Sanitätskommitees"
1874 Direktor des Stadtkrankenhauses, Bau nach dem Pavillon-System, Große Verdienste um das Sanitätswesen Rigas
1867-78 Berichte des Rigaer Sanitätskommites
"Über die öffentliche Gesundheitspflege und die Wirksamkeit des Sanitätskommites"1866 Riga
"Die Reinigung und Entwässerung der Städte" Riga 1877

Bonne, Georg
*****12.8.1859 Hamburg
Arzt und Schriftsteller
studiert in Leipzig Medizin, germanistische und deutsche Literatur
1881/82 Marburg Fortsetzung des Medizinstudiums
1883/83 in Göttingen Dr. med und Staatsexamen
1885 Vol.-Ass. bei Prof. Gerhard und Fick in Würzburg
1886 Ass. im Städtischen Krankenhaus Barmen unter Geheimrat Heusner
1887 Arzt in Klein-Flottbeck
Vorsitzender des Internationalen Vereins zur Reinhaltung der Flüsse, des Wassers und der Lüfte
u.a. medizinische Schriften über Blutgerinnung, Verhütung der Volksentartung, "Der gotische Mensch", "Verbrechen als Krankheit"

Brix, Joseph
*****26.6.1859 †10.1.1943
Geheimer Regierungsrat
Studium an der Techn. Hochschule in München, arbeitet danach im Bauingenieurwesen, Tiefbau und Kulturingenieurwesen
o. Prof. a.d.Techn. Hochschule in Berlin-Charlottenburg

preisgekrönter Bearbeiter der Bebauungspläne für Groß-Berlin, Groß-Belgrad, Montevideo u.a.
Mitglied der preußischen Akademie für Bauwesen
Münchner Wasserversorgung, Kanalisation von Mainz, Direktor der Allgemeinen St. Reinigungs-Ges.
Hrsg.:"Stadtentwässerung in Deutschland"
"Die Kanalisation von Wiesbaden"
technischer Teil von Behring:"Die Bekämpfung der Infektionskrankheiten"
"Städtereinigung in Abels"Praktische Hygiene"

Cohn, Ferdinand J. (1828-1898)
Studium der Botanik bei Heinrich Robert Göppert in Breslau
und Karl Sigismund Kunth und Chr. G. Ehrenberg in Berlin
1849-51 zytologische Studien zu Eigenschaften der Membran und des Protoplasma
1851-1853 zur Entwicklungsgeschichte von Infusorien
1853 über lebendige Organismen im Trinkwasser
1866 Gründung des pflanzenphysiologischen Institutes in Breslau, gleichzeitig erste Forschungsstätte der Bakteriologie (vgl. Robert Koch)

Degener Paul
*****25.10.1851 †?
Dr. phil.
zuerst Vorstand . chem. Laboratoriums d. botan. Gartens in Leipzig, Aphothekenbesitzer
1880 Vorstand d. Laborat. d. Vereins f. Zucker-Industríe d. Deutsch. Reiches
1881 Dozent an der landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin
1889 diss. an. d. techn. Hochschule in Braunschweig, auch Nahrungsmittelchemiker, gerichtlich vereidigter Sachverständiger
Spezialist auf dem Gebiet der Reinigung der Abwässer
"Untersuchungen der Fabrikabwässer"1883"Die Forderungen d. Hygiene an die Beseitigung der Kanalabwässer durch die Rieselung"Frankfurt 1899
"Reinigung der Abwässer"1899

Dunbar, William
*****18.10.1863 USA †19.3.1922
Doktor der Medizin , Prof. der Hygiene an der Uni. Hamburg, Direktor des hygienischen Instituts
"Die Abwässer der Kaliindustrie"1913
"Häusliche Gesundheitspflege"1914

Emmerich, Rudolf
*****29.9.1852 †15.11.1914
medizinische Studien in München
die mit dem Fakultätspreis preisgekrönte Arbeit "Über die chemischen Veränderungen des Isarwassers während seines Laufes durch München" bringt ihn in Beziehung zu Pettenkofer und er arbeitet bei Prof. Beyer, sowie in Pettenkofers hygienischen Laboratorium, Untersuchungen der Cholera auf Madeira
1879 1. Assistent am hygienischen Institut in Leipizg, Habilitation
1880 geht nach Lissabon, zur Einrichtung einer Untersuchungsanstalt für Nahrungsmittel und Hygiene
1881 Assistent Pettenkofers in München
1884 studienhalber in Neapel während der Choleraepidemie, der bei den Leichen gefundene Bazillus neapolitanus wird als "Emmerich-Bacillus" bezeichnet und wird fälschlicherweise als Erreger der Cholera angesehen, die Krankheitserscheinungen der Cholera hält er für Vergiftungserscheinungen durch salpetrige Säure(Nitrittheorie)
1888 a.o. Prof.
1902 Ordinarius für Hygiene und Bakteriologie in München, weist daraufhin, daß gewisse Flagellatenarten mit besonderer Vorliebe Thyphusbacillen verzehren, was wichtig für die Prozesse der Selbstreinigung der Gewässer ist
1895 S.M.D.Sultan ruft ihn während einer Choleraepidemie nach Konstantinopel, um die dortigen hygienischen Verhältnisse zu untersuchen
machte mit Pettenkofer einen Selbstinfektionsversuch mit Cholerabacillen-Resultat: mit dem Stuhl ausgeschiedene Ch.-Bac. sind nicht so giftig, wie jene, bei der natürlichen Infektion mit dem Boden
"Die Verunreinigungen der Zwischendecken in ihrer Beziehung zu den ektogenen Infektionskrankheiten"1879
"Anleitung zu hygienischen Untersuchungen"München 1899
"Entstehungsursachen der Gelsenkirchner Thyphusepidemie von 1901"1906
"Max von Bettenkofers Bodenlehre der Cholera indica"1910

Eulenberg, Hermann
*****20.7.1814, Mülheim, Rhein †3.10.1902 Bonn

Studium in Bonn und Berlin
längere Aufenthalte in Wien, London, Paris, in Berlin unter Johannes Müller und Theodor Schwann
1836 Promotion, arbeitet zehn Jahre in Lennep als praktischer Arzt
1848 Kreisphysikus in Bonn
Medizinalrat am Rheinischen Provinzial-Medizinal-Kollegium, Privatdoz. der gerichtlichen Medizin und Arzneien der Uni. Bonn
1860 in Köln Medizinal- und Regierungsrat
1870 vortragender Rat im Kultusministerium
1853 mit A. Erlenmeyer u. a. "Korrespondenzblatt f. psychiatrische und gerichtliche Psychologie"
"Handbuch der Gewerbehygiene auf experimenteller Grundlage"1876
"Handbuch des öffentlichen Gesundheitswesen im Vereine mit Fachmännern bearbeitet"1881
1871-90 Redakteur der V.f.gerichtliche Medizin und öffentliches Sanitätswesen", hierin, sowie für die Zeitschrift vom ärztlichen Verein in Preußen und für die Berliner klinische Wochenschrift zahlreiche Abhandlungen

Ewich, Karl Otto Jakob
*****13.2.1814 †1895
Studium in Bonn und Halle
1842 Doktortitel in Halle, dann praktischer Arzt in Barmen, Waldbreitbach, Kurhaus-Inhaber
1851 in Köln als Armen-, Kassen- und Eisenbahnarzt, beschäftigt sich neben der Praxis mit balneolog., geolog. und hygienischen Untersuchungen
1877 stiftet er in Köln den "Internationalen Verein gegen die Verunreinigung der Flüsse, des Bodens und der Luft", wirkte dafür auch im Interesse der Fischerei in Journalaufsätzen und Zeitungsartikeln
"Über dichtwandige Tiefbrunnen zur Gewinnung gesunden Wassers"Deutsche Klinik 1867

- zugunsten der Tiefbrunnen wird das für Kölns Wasserleitung 1868 begonnene Rheinwasser-Filtersystem 1869 aufgegeben

Fischer Ferdinand
*****13.5.1842 †28.6.1916
1866-70 studiert Chemie in Göttingen und Berlin
1869/70 Assistent am Institut f. psysiologische Chemie d. Uni. Göttingen
1869 Dr. phil. Jena
1870 wissenschaftlicher Hilfslehrer an der Höheren Gewerbeschule zu Magdeburg
1871-79 Lehrer f. Naturwissenschaften an der Höheren Bürgerschule zu Hannover
1877-79/80 Privatdozent f. Städtereinigung an der Polytechnischen Hochschule zu Hannover
1887 Mitglied der Gesellschaft für angewandte Chemie
1897 Prof. an der Uni. Göttingen
redigiert seit 1880 die Jahresberichte f.d. Fortsch. d. chem. Technologie
1881-87 Dinglers polyt.Journal
1887-1900 Zeitschrift für angewandte Chemie
"Abfallstoffe"Leipzig
"Chemische Technologie des Wassers"Braunschweig 1880,1901
"Das Wasser" Berlin 1891
Dinglers poly. J.:"Trinkwasseruntersuchungen" 1873

Gruber, Max von
*****6.7.1853, Wien †16.9.1927 Berchtesgaden
1876 Promotion in Wien, widmet sich hygienischen Studien-in München bei Pettenkofer,Voigt, Nägeli, in Leipzig bei K.Ludwig
1882 Habilitation in Hygiene
1887 Ordinarius, Graz
1902 Ordinarius in München

- moderne Bakteriologie, Immunitätslehre, Hygiene

Arbeiten über die Variabilität von Bakterien, Gegner von dem von Robert Koch aufgestellten Dogma der Bakteriendominanz
bei der Untersuchung der Cholera stellte er die ausschlaggebende "zeitliche Disposition" heraus und widerlegte die "örtliche Disposition" des Erdbodens
entdeckte die spezifische Agglutination
Arbeiten über Wohnungs- und Siedlungsreform, Erhaltung und Ertüchtigung der Rasse, Hygiene des Geschlechtslebens
Österreichische Sanitätsgesetzgebung
"Wohnung und Gesundheit"Hdb.d.HygieneBd.2
Max von Pettenkofers Biographie, 1904

Gaertner, August
*****14.4.1848 Ochtrup, Westfalen †21.12.1834
besucht das Friedrich-Wilhelm-Institut in Berlin
1872 Promotion in Medizin

Marinearzt
wirkt im Kaiserlichen Gesundheitsamt unter Robert Koch
1886 Prof. d. Hygiene in Jena
Direktor der hygienischen Universitätsanstalt, Geheimer Hofrat
Mitbegründer der modernen Hygiene, entdeckt den Bacillus enteiditis
"Über die Ursachen des in Soest vorkommenden Thyphus"1882
"Über die Methoden, die Möglichkeit der Infektion eines Wassers zu beurteilen"1885
"Handbuch der Untersuchung und Beurteilung der Wässer"(mit Thienemann)
"Leitfaden der Hygiene"1892(in Weyls Handbuch der Hygiene)
"Die Quellen in ihre Beziehung zum Grundwasser und zum Thyphus"1902
"Die Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung im rheinisch-westfälischen Industriegebiet"1927

Hobrecht, James
*****31.12.1825, Memel †8.9.1902, Berlin
Geheimer Baurat
Chefingenieur der Berliner Kanalisation
Ausbildung in Landmeßkunst
1845 Landmesserprüfung
1847-49 Bauakademie, Berlin
Regierungsbauführer in Königsberg
1856 besucht nochmals die Bauakademie und schließt mit der Baumeisterprüfung ab
zunächst Bahnbau, Regierungsbaumeister am Berliner Königl. Polizeipräsidium, welchem der Straßenbau- und der Brückenbau unterstand

- Bebauungsplan für Berlin und die nächste Umgebung
- Entwässerung der Stadt

1860/62 Studienreisen mit Oberbaudirektor Geiheimrat Wiebe und Civilingenieur Veitmeyer zur Erarbeitung des Entwässerungsplans
1868 Anregung zu einem zentralen staatlichen Gesundheitsamt
1869 leitender Techniker für die Neuanlagen der Berliner Kanalisation
1. die Stadt wird in kreissektorenförmige teile gegliedert und jeder Teil selbständig entwässert
2. das Abwasser wird landwirtschaftlich verwendet

- sein Bau hat großen Einfluß auf die Techniker der deutschen Stadtentwässerung

1885 Stadtbaurat für das gesamte Tiefbauwesen
Spreeregulierung, wird zum Gegner der Untergrundbahn, da er um "seine" Kanalisation fürchtete

Hofer, Bruno
*****15.12.1881, Ostpreußen †7.7.1916, München
Dr. med.Prof. f. Zoologie, München
Vorst. d. Bay. Biolog. Versuchsstation f. Fischerei, Bodenseeforschung, Fischzucht
Mitarbeiter Pettenkofers
Begr. und Leiter d. staatl. teichwiss. Station in Wiedenbach
Hrsg.: Allg. deutschen Fischereizeitung

Hulwa, Franz
*****28.11.1830, Oppeln †10.8.1910, Brieg
Apotheker
Chemiker, Privatdozent für analytische Chemie an der Akademie zu Proskau
Leiter der Versuchstation des landwirtschaftlichen Zentralvereins in Breslau
Geschäftsführer und Schatzmeister des Schles. Fischerei-Vereins, Mitglied d. wiss. Kommission d. Deutschen Fischerei-Vereins

- Untersuchungen des Oderwassers, Abwassereinigungsverfahren

Kaftan, Johann
*****11.9.1841, Prag †22.4.1909,Prag
Studium am Polytechnikum in Prag
ab 1863 Eisenbahnbau, Flußkanalisierungs- und Regulierungsarbeiten
1886 Projekt der Moldauer Schutz- und Hafenbauten
1891 Reichsrat, Stadtverordneter von Prag
"Die systematische Reinigung und Entwässerung der Städte"1880

Kast, Hermann
*****4.11.1827,Überlingen †5.8.1881 Freiburg
Studium der Medizin in Freiburg
1852 Heil- und Pflegeanstalt Illenau
1863 ärztlicher Bezirksdienst Ettenheim,1871 in Bühl, Gerichts- und praktischer Arzt
1874 Bezirksrat in Freiburg, gerichtliche Medizin und öffentliche Gesundheitspflege
1876 "Reinigung und Entwässerung Freiburgs", der Stadtrat zieht die praktischen Konsequenzen aus der Schrift und der Bau der Kanalisation in Freiburg wird begonnen

1875 Medizinalrat
1880 Medizinalreferent am Groß. Landgericht

Koch, Robert
*****11.12.1843 †27.5.1910
1862-66 Studium in Göttingen, Ass. im Allg. Krankenhaus zu Hamburg
1866 Langenhagen bei Hannover, Rackwitz, Prosen
1872-80 Physikus zu Wollstein, beginnt hier seine epochemachenden Forschungen über Wundinfektion, Septikämie, Milzbrand, "Zur Ätiologie des Milzbrandes"1876
"Untersuchungen über die Ätiologie der Wundinfektioskrankheit"Leipzig 1878
1880 o. Mitglied des Reichs-Gesundheitsamtes in Berlin, Natur und Ursache der Tuberkulose, Geheimer Rat
1883 Leiter der deutschen Cholera-Kommission in Ägypten und Indien, Entdeckung des Kommabacillus, als Cholera-Kommissar in Frankreich
1885 Prof. der med. Fakultät, Direktor des hygienischen Institus der Uni Berlin
1891 Direktor des Instituts für Infektionskrankheiten

Knauff, Max
*****5.3.1851 †1914
Stadtbauinspektor, Privatdozent für Bauing.-Wiss. an der technischen Hochschule Berlin

König, Franz Joseph
*****15.11.1843 †1930
Studium in München und Göttingen
1871 Leiter der landwirtschaftlichen Versuchsstation in Morschen
Leiter der Agrikultuchemischen Versuchsstation in Münster
1899 Prof. für Nahrungsmittelchemie und Hygiene in Münster
Ehrendoktor der Ingenieur- und Naturwissenschaften
1887 Die Verunreinigung der Gewässer, deren schädliche Folgen, nebst Mitteln der Reinigung der Schmutzwässer.(Preisschrift)
"Neuere Erfahrungen über die Behandlung und Beseitigung gewerblicher Abwasser"1911

- Hauptsächlich Arbeiten auf dem Gebiet der Nahrungsmittelchemie

Kröhnke, Otto
*****29.4.1872 †19.10.1940
Studium in Freiburg, München, Kiel
Beeideter Sachverständiger für Wasserversorgung, Wasserreinigung, Materialstörungen, Korrisionsfragen, Photographie
"Die Reinigung des Wassers für häusliche Zwecke"1900
"Über organische Kolloide aus städtischen Abwässern"

Liernur, Charles T.:
1828-1893
1828 in Haarlem geboren
Ingenieurausbildung
1843-1848 an Eindeichungs- und Entwässerungsprojekten in Holland beteiligt
1848-1865 USA, tätig bei verschiedenen Eisenbahngesellschaften, Teilnahme am amerikanischen Bürgerkrieg
1865 Rückkehr nach Europa, Aufenthalt in Frankfurt und Beerlin, gründete das „Internationale Hygienisch-Technische Institut für Stadtentwässerung“ und war Herausgeber der Zeitschrift „Archiv für rationelle Stadtentwässerung“

Lauterborn, Robert
Lauterborn machte in den Jahren von 1907 bis 1914 insgesamt 300 photographische Aufnahmen von der Quelle bis zur Mündung des Rheins, von denen einige in Form von Papierabzügen erhalten sind.
Nach seiner Emeritierung 1935
Robert Lauterborn wurde 1935 emeritiert und widmete sich nun ganz seiner Rheinmonographie, die unter den Umständen des 2. Weltkrieges jedoch unvollständig geblieben ist.
Viel schlimmer noch als im Ersten Weltkrieg traf es Robert Lauterborn im Zweiten Weltkrieg. 1943 brannte durch Bombenangriffe das Elternhaus in Ludwigshafen ab und damit der Lagerbestand des dritten Bandes des Rheinwerkes und des Baldner-Buches. Am 8. Februar 1945 wurde das Forstzoologische Institut ebenfalls von Bomben getroffen, und es wurden u.a. Lauterborns Planktonsammlung, viele Aufzeichnungen zur Rheinmonographie sowie die erwähnten 300 photographischen Platten der Rheinaufnahmen vernichtet. Zuletzt verlor er am 10. Februar 1945 noch sein Haus in Freiburg (Erwinstraße 27), in dem er mit seinen beiden Schwestern gewohnt hatte. Es wurde als eines der wenigen in dem Stadtteil überhaupt zerbombt. Dabei kam seine Schwester Ella im Luftschutzkeller um (die Schwester Paula war bereits 1939 gestorben). Eine Kopie seiner Autobiographie ist einer der wenigen Gegenstände, die aus dem zerbomten Haus gerettet werden konnten. Diese sollte – von Lauterborn selbst noch korrigiert – den Abschluß seines Rheinwerkes bilden, ist aber trotz mehrerer An-

läufe bis heute unveröffentlicht geblieben. In seiner Autobiographie, aus der mehrfach zitiert wurde, heißt es zu dieser Zeit:
Glück und Unglück, beides trug in Ruh
Alles geht vorüber. So auch du.

Mittermaier, Geh. Med. Rat Dr. Karl
1822 - 25.12.1917
Mezinalrat in Heidelberg
Mitbegründer der Teitschrift gesundheit, Begründer des Internationalen Vereins für Reinhaltung des Bodens, der Flüsse, der Luft

Ochwadt, Alexander
*****1813 †1.12.1891
1837 Studium an dem militärischen Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin
zuletzt tätig als pensionierter Generalarzt
Feldzüge: 1864, 1866, 1870/71
Schriften in Kriegschirurgie und Kriegshygiene
"Beiträge zur Militärhygiene in Krieg und Frieden" 1868

Petrie, Friedrich
*****26.5.1837 †28.11.1896
1837 studiert in Berlin Philosophie und Naturwissenschaften
1864 Lehrer an der Luisenstädtische Realschule
tätig an der Berliner Feuerwehrschule
literarische Arbeiten über Städtereinigung und Desinfektion
Kammerstenograph

Pettenkofer, Max von
*****3.12.1818 †1901
studiert Philosophie und Naturwissenschaften in München, Giesen,Würzburg unter Fuchs, Scherer, Liebig, Bischoff hauptsächlich mineralogische und technische Chemie
1839 Lehrling in der Hofaphotheke, Gehilfe, dann Schauspieler in Würzburg
1841 Studium der Medizin in München
1843 Promotion in München
1845 Ass. beim Hauptmünzamt in München(finanzielle Probleme)
1847 Prof. für diätische Medizin in München, richtet seine Aufmerksamkeit auf die Verwertung der Chemie für hygienische Zwecke
1849 Mitglied des Obermedicinalausschusses
1850-96 Leiter der Hof- und Leibaphotheke
epochemachende Untersuchung:"Bestimmung der Kohlensäure in der Luft und im Wasser", Arbeiten über Ventilationsverhältnisse in Wohnungen, Physikalische Verhältnisse der Kleidung u.a., Verunreinigungen der Bodenluft durch Gaseinströmungen unter der Erde, Münchner Kanal- und Abflußsysteme
1855 Studie über die Cholera und deren Verhältnisse zum Grundwasser
Tritt für die Errichtung hygienischer Lehrstühle ein
1865 Prof. der Hygiene
1875 nach Pettenkofers Plänen wird das erste hygienische Institut in München errichtet und 1879 eröffnet
aus seiner Schule gingen hervor: Wolfhügel, Soyka, Renk, Emmerich, die fortan mit Pettenkofers Methoden arbeiteten
1873 Vorsitzender der Cholera-Kommission
1876 Berufung an das kaiserliche Gesundheitsamt
1889 Präs. der bayrischen Akademie der Wissenschaften
1883 erblicher Adel
1901 Selbstmord
"Untersuchungen und Beobachtungen über die Verbreitungsart der Cholera" München 1867
"Hauptbericht über die Choleraepedemie in Bayern 1854" 1857
"Verbreitungsart der Cholera in Indien"Braunschweig 1871
"zur Ätiologie des Thyphus" München 1872
"Beziehungen der Luft zu Kleidung, Wohnung und Boden"Braunschweig 1877
"Über den gegenwärtigen Stand der Cholera"1873
"Künftige Prophylaxe gegen Cholera"1875
"Vorträge über Kanalisation und Abfuhr" 1880 "Der Boden und sein Zusammenhang mit der Gesundheit des Menschen"1882 München
"Handbuch der Hygiene" Leipzig 18821865-82 mit Bahl, Radkofer und Voit, Ztschr. f. Biol.
1883-94 mit Hofmann und Forster"Archiv für Hygiene

- bekämpft im wesentlichen die Ansicht von der bakteriologische Herkunft von Cholera und Thyphus, tritt für die Kombination mehrerer Faktoren ein-Boden und Grundwasserbeschaffenheit

Pieper, Karl

*8.6.1838 †?
Ausbildung an der technischen Hochschule in Karlsruhe,Civilingenieur
1859/60 Arbeit bei den Kruppschen Werken und in englischen Maschinenfabriken
1865 widmet sich in Dresden hygienisch-technischen Zeitfragen, Stadtverordneter
1873 Gründung des deutschen Patentschutzverein
1874/75 Zürich/Basel als Sachverständiger im "Referendumskomite wider die Beschlüsse der Kantonalregierungen betr. öffentliche Sanitärbauten"
"Schwemmkanäle oder Abfuhr?",1869
"Quell- oder Flusswasser" 1870
" Mediziner und Behörden in der Städtereinigungsfrage" Dresden 1874
"Wie steht es mit der Städtereinigungsfrage" 1873.

Prausnitz, Wilhelm
*****1. 1. 1861Groß-Glogau †11. 9. 1931
studiert Medizin in Heidelberg, Leipzig, Freiburg, Breslau
1885 Promotion in München
Phatologisches Institut in München
Hygienisches Universitätsinstitut Göttingen
Psysiologisches Institut München
1890 Habilitation in München
1894 Prof. in Graz, Erforschung der Krankheitswege, Aufbau der öffentlichen Sanitätshygiene in Österreich-Ungarn
1899 Prof. der Hygiene
Vorstand der staatlichen Lebensmitteluntersuchungsanstalt
† Arbeiten besonders auf dem Gebiet der Ernährungsphsysiologie und Hygiene
" Grundzüge der Hygiene" 1892
"Einfluß der Münchner Canalisation auf die Isar" 1889
" Atlas und Lehrbuch der Hygiene, mit besonderer Berücksichtigung der Städtehygiene" 1909

Rubner, Max Dr. med.
*****2. 6. 1834 †27.4. 1932

Studium in Leipzig und München, bei C. Ludwig und C. v. Vorr
1878 Promotion
1883 Habilitation für Physiologie
1885 Prof. der Hygiene in Marburg
1891 Nachfolger Robert Kochs als Prof. der Hygiene und Direktor des hygienischen Instituts der Uni. Berlin
Prof. der Kaiser-Wilhelm-Akademie für das militärische Bildungswesen
Mitglied der königl. preuss. wissensch. Deputation für das Medicinalwesen
a.o. Mitglied des königl. Gesundheitsamtes
1889 "Lehrbuch der Hygiene"
Redakteur: "Archiv für Hygiene", "Hygienische Rundschau"
1888 Pettenkofer-Preis
1895 Ehrenmitglied des ungarischen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege
Vorsitzender der ärztlichen Prüfungskommision
Stell. Vorsitz des Reichsgesundheitsrates
Geheimer Medicinalrat

- viele Arbeiten auf dem Gebiet der Physiologie des Wärmehaushaltes, Wasserbakterien,

Soyka, Isidor
*****26.4.1850 †1889
studiert bei Hering und Klebs in Prag, in Leipzig sowie bei Pettenkofer in München Medizin
1873 Assistent im phatologischen Institut in Prag
1874 Promotion
1877 Habilitation für phat. Anatomie
1878 Habilitation für Hygiene
1879 Assistenzstelle am hygienischen Institut in München
1880 habilitiert am Polytechnikum in München
1885 Prof. der Hygiene in Prag
1889 Selbstmord
veröffentlicht hauptsächlich in der "Pettenkofer-Vott'schen Zeitschrift für Biologie"
"Hygienische Tagesfragen", München
"Untersuchungen zur Schwemmkanalisation", Jahrbücher 1882

Stübben, Hermann Joseph
*****1845 †8.12.1936
1864-70 Ausbildung an der königlichen Bauakademie in Berlin
1871 Regierungsbaumeister, u. a. Kanalisation der Alt- und Neustadt von Köln
1880 Kölner Stadtbaumeister

Vorsitzender des Verbandes deutscher Architekten und Ingenieure und des Vereins für öffentliche Gesundheitspflege
Stoffwechsel der Bakterien
Bau der Kanalisation von Lennep, Düren, Wesel, Schwelm, Schwerin
als Gutachter beim Bau der Kanalisation von Aachen und Krefeld
"Das Wasserwerk der Stadt Aachen" 1877
"Die Behandlung der Kanalstoffe in England" Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1880 S.277
"Über Städte-Erweiterung, insbesondere in hygienischer Beziehung" D. V. f. öffentl. Gesundheitspflege 1886
"Hygienische Grundsätze für die Erweiterung und den inneren Ausbau der Städte" Vortrag auf dem internationalen hygienischen Kongreß, London 1893
"Über städtische Bauanlagen in Deutschland" Beitrag zum Katalog der deutschen Ausstellung auf der Weltausstellung in Chicago 1893

- "erfahrenster Meister des modernen Städtebaus" (Vario,J.:"Kölnische Künstler in alter und neuer Zeit" 1895)

Uffelmann, Julius
*****21.1.1837 †26.4.1894
Studium in Göttingen bei Henle, Hasse, Baum
1861 Promotion, danach als Arzt in Rostock tätig
1876 Habilitation
1879 a. o. Prof. der Medizin für Hygiene und med. Geschichte
1883 Direktor des hygienischen Instituts
1890 Mitglied der großherzoglichen Medizinalkommission
"Darstellung des auf dem Gebiet der öffentlichen Gesundheitspflege bis jetzt geleisteten" gekr. Preisschrift, Berlin 1878.
" Handbuch der Hygiene" 1889
"Hygienische Topographie der Stadt Rosstock"
"Jahresberichte über die Fortschritte und Leistungen auf dem Gebiet der Hygiene", Beilage 1886-1904 (D. V. f. öffentl. Gesundheitspflege)

Varrentrapp, Georg
*****20.3.1809 †15.3.1886
1827 Studium der Medizin in Heidelberg, Straßburg, Paris, Würzburg
1831 Promotion in Würzburg
10 Jahre Assistent im Hospital des Heiligen Geistes in Frankfurt, beim Neubau des Krankenhauses Berücksichtigung von Fragen der Hygiene, bleibt dort bis 1882 als Oberarzt tätig
1834 Gründung der Armenklinik, Neuerungen im Gefängniswesen
1842 "Jahrbücher für Gefängniskunde und Besserungsanstalten
1852 Erster hygienischer Kongreß in Brüssel, wird gelobt als "Luther der Hygiene"
1860 Frankfurter gemeinnützige Baugesellschaft zur Herstellung gesundheitsgemäßer, billiger Wohnungen
1865 setzt die Anlage von Schwemmsielen durch
1867 gründet mit Pettenkofer die Sektion für Hygiene
1869 auf seine Anregung erscheint die "Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege"
1873 Gründung des Vereins für öffentliche Gesundheitspflege
1876 Städtischer Gesundheitsrat
1878 plädiert für die Einführung von Ferienkolonien
1880 außerordentliches Mitglied des kaiserlichen Gesundheitsamtes
1842-84 Mitglied der Stadtverordnetenversammlung, Leistungen:
Verbesserungen des Schulwesens, der Schuleinrichtungen, in Fabriken, Gefängnissen, Hospitälern, im Impfwesen, der städtischen Bauverordnung, Wasserversorgung und Kanalisation
1881 erscheint anläßlich des 50-jährigen Jubiläums seiner Promotion die Schrift "Frankfurt in seinen hygienischen Verhältnissen und Einrichtungen" mit einer Auflistung aller Tätigkeiten Varrentrapps.

Virchow, Rudolf
*****13.10.1821 †5.9.1902
1839-43 Studium in Berlin am Friedrich-Wilhelm-Institut
1843 Unterarzt
1844 Prosektor der Charite, Robert Frorieps Assistent und ab 1846 sein Nachfolger
1847 Habilitation an der Berliner Uni., gründet mit Benno Reinhard "Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie und für klinische Medizin"
1848 Untersuchung des Hungerthyphus in "Mitteilungen über die in Oberschlesien herrschende Hungerthyphusepidemie" Berlin 1848, kritisiert darin Unterlassungssünden der Regierung und gibt mit Leubuscher das med.-polit. Blatt:"Medizinisches Forum" heraus, fordert darin die Errichtung eines deutschen Reichsministeriums für öffentliche Gesundheitspflege und die Aufhebung des Kaiser-Wilhelm-Instituts

1849 Teilnahme an den Februarwahlen, wird daraufhin seines Amtes enthoben, was aber auf Fürbitte seiner Verehrer widerrufen wird, kurzzeitig in Würzburg als o. Prof. der path. Anatomie, beteiligt sich dort an den "Verhandlungen der physik.-med.-Ges. in Würzburg"
kehrt als Direktor des path. Instituts nach Berlin zurück, mit Eisenmann, Scherer,Redakteur der Canstatt`schen Jahresberichte über die Fortschritte der ges. Medizin in allen Ländern seit 1867"Jahresbericht über die Leistungen und Fortschritte in der gesamten Medizin"
1859 Studium des Aussatzes in Norwegen
1861 Mitglied des Berliner Stadtverordneten-Kollegiums
1862 Preuss. Abgeordnetenhaus
1874 Geheimer Rat
Mitglied der wiss. Deputation für das Medizinalwesen im Kultus-Ministerium u.a.
Gründer und Führer der Fortschrittepartei
1880-93 Mitglied des deutschen Reichstages
Vorstandsmitglied des "Berliner Hilsvereins für die Armee im Felde"

- Einfluß auf den Bau des städt. Krankenhauses, städt. Irrenanstalt, Kanalisation Berlins, Gesetzgebung über Tierseuchen, Fischerei

"Generalbericht über die Arbeiten der städt. Deputation zur Reinigung und Entwässerung Berlins"1873

Weyl, Dr. med.
*****8.1.1851 †6.6.1913
Medizinstudium in Berlin und Straßburg, Schüler von Dubois-Raymond, Hoppe-Seyler, Robert Koch
1877 Promotion
1879/80 Dozent in Erlangen
ab 1880 in Charlottenburg
Privatdozent für Hygiene und praktischer Arzt
Generalsekretär der Deutschen Gesellschaft für öffentliche Gesundheitspflege
Ratgeber des Sultans der Türkei für die Assanierung Konstantinopels
amtlich als Hygeniker in: England 1891, Rußland 1896, Konstantinopel 1896, Ungarn 1895

- Spezialität: Hygiene, Bakteriologie, Chemie

Herausgeber des "Handbuch der Hygiene" in 10 Bänden
"Organische Medizin für Mediziner", Berlin 1891
"Einfluß hygienischer Werke auf die Gesundheit der Städte", Jena 1893
"Studium der Straßenhygiene mit besonderer Berücksichtigung auf Müllverbrennung" engl. Philadelphia 1892
"Straßenhygiene in europäischen Städten", Berlin 1898
Aufsätze in : Dubois Archiv, Pflügers Archiv, Koch's Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten
Arbeiten über den Tetanus-Bacillus

8.3 Ungedruckte bzw. unveröffentl. Quellen

Bundesarchiv Abt. Potsdam (BA Abt. Potsdam)

Aktenbestand des Reichsamts/Reichsministerium des Innern

Nr. 9241, 9249, 9239, 9243, 9244, 9271, 9275, 9277, 9278, 9279

Bundesarchiv Koblenz

Akten des Reichsgesundheitsamtes (R86)

Nr. 2515

Geheimes Staatsarchiv Merseburg, Stiftung Preußischer Kulturbesitz

Ministerium für die geistlichen, Unterrichts- und Medizinalangelegenheiten/ Ministerium des Innern: Rep. 76 VIII B, Nr. 209, 2137

Staatsarchiv Basel (StAB)

Akten Ratschläge

457 Jg. 1875	Gesetzesentwurf
465b Jg. 1875	Bericht zur Wasserversorgung
477 Jg. 1876	Bericht zur Gemeinderatskomission
1043 Jg. 1895	Vollendung Gesetzesentwurf
1076 Jg. 1896	Vollendung, Bericht der Gemeinderatskomission

Akten Protokolle

H18	Gesetzesentwurf Kanalisation

Akten Privatarchive

511: 622-08-12	Kommission zur Ausführung eines Kanalisationsgesetz
513: I B5,26 7	Akten betreffend Wasserversorgung und Kanalisation
304: B4	Referendum gegen Kanalisationsgesetz

Bauakten

Bau SS 1,1	K-Gesetz der Stadt Basel
Bau SS 1-9	Kanalisationsgesetz

Akten Handel und Gewerbe (HuG)

EEE I
EEE 2.12.

Bibliothek StAB:

Bq 386: Unveröffentlichte Dokumentation zur Kanalisation Basels, 1870er-1970er Jahre, zusammengestellt von Dipl, Ing, GEORGES, KUBAT (1982): ETH, Basel

Stadtarchiv Freiburg

Aktennr.

143.3	Einl. v. Abw: in die Stadtbäche (1885/87)
144.7(1)	Verunreinigung der fließenden Gewässer (1888/91)
144.7(2)	Maßregeln zur Verhütung derselben (1888/91)
144.7(3)	Gesuche um Erlaubnis zur Einl. von Abwasser in die fließenden Gew. (1888/91)
35.5	Verunreinigung der Fischwasser (1890)
39.1	Düngerfabrik an der Lehener Str. (1887/90)
94/2.18	Errichtung von Wasser-Closetts hier (1890)
94/2.1	Bildung einer Kommission für öffentliche Gesundheit (1875/87)
95.1b	Kloakengefahr 1879-1891 (1887/91)
95.2	Kloakenabfuhr, Pläne, Eisenbahn u. Düngertransp. (1888/89)
95.3	Kloakengruben außerhalb Freiburg (1867/88)
95.4	Kloakenabfuhr; Verträge mit Leberle, Buhl + Keller (1879/85)
95.5	Kloakenabfuhr, Konkurs Buhl/Keller, Selbstregie d. Stadt (1885/86)

96.1	Kloakenabfuhr, Erwerb Düngerfabrik, Anschaffung v. Maschinen, Bau von Düngerbeh., Verkauf von Dünger (1887)
96.2	Sicherung der öffentlichen Reinlichkeit (1884/92)
96.3	Sicherung der öffentl. Reinlichkeit (1877/84)
96.4	Einräumung einer Strafbefugnis d. Abfuhrverwaltung (1888/89)
96.16	Beschaffenheit der Aborte u. Düngergruben (1874/83)
96.17(1)	Beförderung von Fäkaldünger auf der Eisenbahn (1890/91)
96.17(2)	Entleerung von Fäkalgruben (1890/91)
96.18	Erstellung von öffentl. Bedürfnisanstalten (1864/79)
96.19	Erstellung von öffentl. Bedürfnisanstalten (1864/79)
96.21	Einführung von Closetts in hiesigen Aborten (1888/93)
224.3	Sammlung verschiedener Gutachten über Anlage und Betrieb eines Rieselfeldes bei Freiburg (1889/91)
224.4(1)	Begutachtung der Kanalisation bezw. Rieselfeldanlagen der Stadt durch auswärtige Ingenieure
428.3	Begutachtung des Projektes der Einleitung der Fäkalien in die Kanalisation (1883/84)
428.4	Einleitung der Fäkalien in öffentliche Gewässer (1892/97)
427.1(1)	Anfertigung eines Planes bezw. Modells zur Veranschaulichung der Kanalisations- u. Rieselfelderanlagen der Stadt Freiburg (1890/?)
427.1(2)	Verwendungen desselben bei Ausstellungen (1890/?)
427.1.(3)	Herausgabe von Druckschriften (1890/07)
427.2	Gutachten des Ministeriums des Innern über die Spüleinrichtungen (1885)
427.3	Kanalisation: Projekte und Begutachtung (1886/87)
524.7	Untersuchung der Abortgruben
732.4	Cholera in Hamburg (1892/93)
742.3(1)	Verunreinigung der fließenden Gewässer (1891/19)
742.3(2)	Massregeln zur Verhütung derselben (1891/19)
742.4(3)	Gesuche zur Erlaubnis zur Einleitung von Abwasser in die fließenden Gew. (1892/03)
742.5	Gesuche zur Erlaubnis zur Einleitung von Abwasser in die fließenden Gew. (1904/15)

Staatsarchiv Ludwigshafen (StAL)

Akten LU 710, LU 3277

Hessisches Hauptstaatsarchiv Wiesbaden (HHStA Wiesbaden)

Abt. 405, Nr. 456

Sonstige unveröffentlichte Schriften:

Lauterborn, Robert (1942): Autobiographie. Unveröffentlichtes Manuskript, mehr als 1000 S. (ursprünglich gedacht als letzter Band seiner Rheinmonographie).

Arbeitstagung „Das Management von Fäkalien und Flüssigabfällen aus Haushalten - historische Perspektiven auf ein Problem der Gegenwart“ (Inst. f. Sozialökologische Forschung GmbH, Prof. Dr. E. Becker - Az.II/71-525)

Min. f. Umwelt u. Gesundheit Rheinland-Pfalz 1992: "Umweltvorsorge am Rhein - Rheingrund, Altrheine und Häfen als Refugien der Tierwelt", Forschungsbericht unveröff., 1988-1991)

Bart, Gerhart, Klaus Parey & Hans-Julius Troschel (1993): Die historische Entwicklung der Fischerei am Hoch- und Oberrhein in Baden-Württemberg.- unveröffentl. Manusskript, erstellt im Auftrag der Fischereiforschungsstelle des Landes Baden-Württemberg und des Landesfischereiverbandes Baden-Württemberg e.V..

8.4. Bibliographie

= zitiert

ABEL, RUDOLF (1911): Die Vorschriften zur Sicherung gesundheitsgemäßer Trink- und Nutzwasserversorgung.- Schoetz, Berlin.

ABEL, RUDOLF (1913): Die Entwicklung der Landesanstalt für Wasserhygiene in den ersten 12 Jahren ihres Bestehens.- Mitteilungen aus der Königlichen Landesanstalt für Wasserhygiene 17:I-V.

ACKERMANN, ADOLF (1875): Literarischer Wegweiser für die öffentliche Gesundheitspflege und das Wohl der Menschen. Enthaltend die Schriften und Journalartikel der letzten 20 Jahre (1854 bis 1874).- Ackermann, München, 53 S.

ADAM, GEORG (1905): Der gegenwärtige Stand der Abwasserfrage, dargestellt für die Industrie, auf Veranlassung des Vereins der Deutschen Textilveredelungsindustrie Düsseldorf.- Vieweg & Sohn, Braunschweig.

ADAM, THEOBALD & HANNA KAPPUS-MULSOW (1910): Ein Jahrtausend Altenheimer Geschichte.- Röschdruck KG., Kehl am Rhein: 156 S.

ALBARDA, H. (1889): Catalogue raisonné et synonymique des Neuroptéres observés dans les Pays-Bas et dans les Pays limitropes.- Tijdschrift voor Entomologie 32:211-375.

ALBERT, G. (1983): Ursachen und ökologische Folgen großräumiger Grundwasserabsenkungen im Rheintalgraben.- Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (11. Jahrestagung, Mainz 1981) 10: 365-373.

ALBERT, MAX (1917): Die Hausentwässerung - Eine erschöpfende Darstellung über Projektierung, Bau, Kosten und Instandhaltung.- Oldenbourg Verlag, Münsch, Berlin.

ALBERTI, J. (1983): Organische Schadstoffe in Gewässersedimenten.- Vom Wasser 61: 149-154.

ALBRECHT, H. (1891): Wasserversorgung. Bericht über den VII. Internationalen Kongreß für Hygiene und Demographie, London 10. - 17. August 1891.- Gesundheits-Ingenieur 19: 626-630.

ALBRECHT, M.-L. & Bursche E.-M. (1957): Fischereibiologische Untersuchungen an Fliessgewässer. I. Physiographisch-biologische Studien an der Polenz.- Zeitschrift Fischerrei N. F. 6:209-40.

ALBRECHT, M.-L. (1954): Die Wirkung der Kaliabwässer auf die Fauna der Werra und Wipper.- Zeìtschrift für Fischerei 3: 401-426.

ALEXANDER, P (1895): Die Desinfectionspraxis.- Schoetz, Berlin.

ALF, A. (1992)#: A remarkable locality of Corbicula fluminalis Muller 1774 in the River Rhine - with notes on ecology and additional presence of the species in Baden-Wurtemberg.- (G. e.). Lauterbornia 9:65-72.

ALMQUIST, E (1900): Untersuchungen zur Strassenhygiene.- Heymanns, Berlin.

AMBÜHL, H. (1966): Der Einfluß chemischer Düngung auf stehende Oberflächengewässer.- GWF (Das Gas- und Wasserfach) Wasser/Abwasser 107 (14): 357-363.

AMMAN, H. (1917): Die Geschichte einer Wasserblüte.- Archiv für Hydrobiologie 11: 496 ff.

AMMER, U. (1968): Die Belastung des Naturhaushaltes im südlichen Oberrheingebiet.- In: Deutscher Rat für Landespflege, Landespflege am Oberrhein. Berichte über den Ausbau des Oberrheines zwischen Basel und Karlsruhe und seine Landespflegerischen Auswirkungen. Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege, H.10: 14-18.

AMMON, F. v. (1954): Die mathematische Erfassung der natürlichen Selbstreinigung und der Abwasserbelastung in Fließgewässern.- Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 2: 51ff.

AMMON, F. v. (1959): Die Belastbarkeit von Fließgewässern mit organischen Verunreinigungen.- Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 6: 123ff.

AMMON, O. (1886a): Die Correction des deutschen Oberrheins I.- Beiträge zur Allgemeinen Zeitung, Nr.43, l2. Februar 1886: 625-626, München.

AMMON, O. (1886b): Die Correction des deutschen Oberrheins II.- Beiträge zur Allgemeinen Zeitung, Nr.45, l4. Februar 1886: 658-659, München.

AMMON, O. (1886c): Die Correction des deutschen Oberrheins III (Schlußartikel).- Beiträge zur Allgemeinen Zeitung, Nr.47, 16. Februar 1886: 682-683, München.

AMTHOR, C. & Zink, Z. (1895): Untersuchungen des Rheinwassers.- Monatsberichte der Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, des Ackerbaues und der Künste im Unterelsaß (Straßburg) 29: 24-30.

ANDERSEN, A. & F.J.BRÜGGEMEIER [HRSG.] (1987)#: Besiegte Natur-Geschichte der Umwelt im 19. und 20. Jahrhundert.- Beck, München: 197 S.

ANDERSEN, ARNE & GERD SPELSBERG [Hrsg.] (1990)#: Das Blaue Wunder. Zur Geschichte der synthetischen Farben.- Kölner Volksblatt Verlag, Köln: 254 S.

ANDERSEN, ARNE (1996)#: Historische Technologiefolgenabschätzung am Beispiel des Metallhüttenwesens und der Chemieindustrie.- Steiner, Stuttgart. 470 S. (zgl. Habil. Technische Hochschule Darmstadt, 1995).

ANDERSON, LETTY (1988): Fire and Desease: The Development of Water Supply Systems in New England, 1870-1900.- in: Tarr, Joel.A. & Dupuy, Gabriel: Technology and the Rise of the Networked City in Europe and America, Philadelphia:137-156.

ANDRE, F. (1828)#: Bemerkungen über die Retification des Oberrheins und die Schilderung der furchtbaren Folgen, welche dieses Unternehmen für die Bewohner des Mittel- und Unterrheins nach sich ziehen wird.- Hanau.-

ANONNYMUS (1874): Rapport der commissie benoemd door den gemeenteraad van Amsterdam tot het ontwerpen of voordragen van een plan tot reiniging en reinhouding van den bodem en de wateren van Amsterdam. 1e gedeelte.- Stadsdrukkerij, Amsterdam, 216 S.

ANONYMUS (1869): Die Einführung des pneumatischen Canalisations-Systems zu Prag.- Dt. Ing. u. Archiv-Ver. B, Prag.

ANONYMUS (1869): Report of the Commission to inquire into the best means of preventing the pollution of rivers.- London

ANONYMUS (1870): I.Bericht über die Verhandlungen u.Arbeiten der vom Stadtmagistrate München niedergesetzten Commiss.- Mühlthaler, München.

ANONYMUS (1870): Rivers Pollution Commission. Second report. The A.B.C. Process of Treating Sewage.- London.

ANONYMUS (1871): Der Fang der Alsen, Alburnus lucidus, im Rhein.- Der Zoologische Garten (A.F.) 12: 251.

ANONYMUS (1871): Rivers Pollution Commision. Third report of the commissioners appointed in 1868 to aquire into the Best Means of Preventing the Pollution of Rivers. Vol.1 Pollution arising from the Woollen manufacture.- Eyre & Spottiswoode, London.

ANONYMUS (1872): Technische Hilfstabellen.- 3. Aufl., Meissner, Hamburg.

ANONYMUS (1873): Canalisation und Abfuhr ? Discussion auf dem III. internationalen medizinischen Congress zu Wien.- Wien. med. Presse Nr. 35 u. ff.

ANONYMUS (1874): Denkschrift über Reinigung und Entwässerung der Städte mit besonderer Beziehung auf Karlsruhe.- Seperatum.

ANONYMUS (1876)#: Discussion über Berieselung in Zürich.- Schweizer Correspondenz Blatt 6: 288.

ANONYMUS (1877): Offizielle Berichte von Staats- und Stadtbehörden über das Liernur'sche Canalisations-System.- Schell, Heilbronn.

ANONYMUS (1877): Tonnenabfuhrsystem in Heidelberg.- Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 9:721.

ANONYMUS (1884): General-Register zur Vierteljahrszeitschrift für gerichtliche Medizin und öffentliches Sanitätswesen.- Hirschwald, Berlin.

ANONYMUS (1884): Gutachten der Königl. wiss.Deputation f.d.Medicinalwesen in Preussen betreff. d. Liernur'sche Reinigun.- Vierteljahrsschrift für gerichtl. Med. u. öff. Sanitätswesen.N.F. XL.Bd.Suppl-H (Hirschwald, Berlin).

ANONYMUS (1885): Das Abfuhrwesen und Tonnensystem der Stadt Emden.- Haynel, Emden.

ANONYMUS (1886): Festschrift der Stadt Berlin für die 59. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte.- Stuhr, Berlin.

ANONYMUS (1890): Die Zuverlässigkeit der direkten Einleitung der Fäkalien in die Isar für die Stadt München.- Rieger, München.

ANONYMUS (1890): Festschrift für die Teilnehmer der 16.Versammlung des Dt.Vereins f. Öff. Gesundheitspflege.- Meyer, Braunschweig.

ANONYMUS (1890): Transactions of the Sanitary Institute. Vol. X. Congress at Worcester 1888-1889.- Sanitary Inst., London.

ANONYMUS (1892): Die Einleitung der Fäkalien Münchens in die Isar.- Lehmann, München.

ANONYMUS (1892): Entwässerung und Fäkalabfuhr mittelst Druckluft, System Shone.- Augsburg.

ANONYMUS (1892): Vorschläge zur Verbesserung des Deutschen Wasserrechts: aufgestellt v. d. Dt. Landwirt.- Gesellsch.- Puttkammer & Mühlbrech, Berlin.

ANONYMUS (1894): Die keimtötende Wirkung des Torfmulls: vier Gutachten der Herren Stutzer, Gärtner, Fränkel, Löffler.- Parey, Berlin.

ANONYMUS (1894): Die Reinigung städtischer Abwässer und die Verwerthung der erhaltenen Niederschläge.-

ANONYMUS (1894): Entwurf eines preußischen Wassergesetzes sammt Begründung.- Parey, Berlin.

ANONYMUS (1894): Österreichische Gesetze und Verordnungen über das Wasserrecht.- Manz, Wien.

ANONYMUS (1894): Portefeuille èconomiques des machines (S. 461 über Kalkklärung in Southhampton).- .

ANONYMUS (1895): Gesetz über den Schutz gegen fließende Gewässer und über die Benutzung derselben vom 16.Febr. 1854..- Hof-Buchdruckerei, Weimar.

ANONYMUS (1896): Bericht des Hygienischen Instituts betreffend die Verunreinigungen der Bille und ihrer Zuflüsse..- Hamburg.

ANONYMUS (1896): Jahrbuch der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft. Bd. 11(1896).- Unger, Berlin.

ANONYMUS (1897): Die städtische Abdeckerei in Hamburg unter Berücksicht. ihrer Beziehunmgen zur Landwirtschaft.- Hamburg.

ANONYMUS (1898): Kanalisation und Entwässerung von Ortschaften an Binnenseen. 2 Gutachten.- Lehmann, München.

ANONYMUS (1898): Strassenhygiene in europäischen Städten: sammelbericht des aus Anlass des IX. intern. Kongr. f. Hygiene und Demographie in Madrid (April 1898) zusammengetretenen intern Komites.- Hirschwald, Berlin.

ANONYMUS (1898): The engineering magazine: an industrial review. Vol. XV, April to Sept. 1898.- London.

ANONYMUS (1899): Experts' report on treatment of Manchester sewage. Dated October 30th, 1899.- Blacklock, Manchester.

ANONYMUS (1900): Das Wasser.- Thomas, Berlin.

ANONYMUS (1900): Report of the Rivers Committee of the 22nd January, 1900. (A)Report of the Experts (B) Supplem.Repor.- Blacklock, Manchester.

ANONYMUS (1901): Erster Bericht des Ornithologisch-oologischen Vereins Hamburg 1897-1901.- .

ANONYMUS (1901): Illustrierter praktischer Ratgeber für die rationelle Besetzung von Fischteichen.- Hübner, Bautzen.

ANONYMUS (1902): Deutscher Baukalender.- 35. Jg., Dt.Bauzeitung, Berlin.

ANONYMUS (1902): Royal Commission on Sewage Disposal. Second report.- .

ANONYMUS (1902): Third annual report of the Sewage Commission to the Governor. For the year ended September 31, 1901.- Tuttle, Morehouse &, New Haven.

ANONYMUS (1903): Royal Commision on Sewage Disposal. Third Report .. in 1898 to..of treating and disposing of sewage. 1. Trade effluents 2. A new central authority. Vol II. Evidence.- HMSO, Wyman, London.

ANONYMUS (1904): Projekt der Kanalisation, Abwasserbeseitigung und Müllverbrennung für die Stadt Königshütte.- Leineweber, Leipzig.

ANONYMUS (1904): Royal Commission on Sewage Disposal. Fourth report.. pollution of tidal waters with special referen.- London.

ANONYMUS (1921): Blaufelchen, Plankton und Rheinschlamm.- Int. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph. 9: 239.

ANONYMUS (1924): Vom Rheinlachs.- Schweizer Fischerei-Ztg. 32 (6): 234-236.

ANONYMUS (1937): Zusammenstellung der bisherigen Veröffentlichungen der gewässerkundlichen Länderanstalten.- Jahrbuch für Gewässerkunde 1937, Anzeigenteil.

ANONYMUS (1938): Die landwirtschaftliche Verwertung der Abwässer.- Gemeindetag 32: 836.

ANONYMUS (1953): Internationaler Arbeitsausschuß für die Reservate Untersee und Hochrhein.- Ornithologische Mitteilungen, 5: S.120.

ANONYMUS (1954): Sorgen um den Rhein.- VDG Mitteilungen, Heft 12: 5.

ANONYMUS (1957): Die Verölung unserer Flüsse.- VDG Mitteilungen, Heft 3/4: 10-12.

ANONYMUS (1957): Überblick über die Reinhaltungsmaßnahmen am Hoch- und Oberrhein.- VDG Mitteilungen, Heft 5l6: 8-9.

ANONYMUS (1958): Bericht über die physikalisch-chemische Untersuchung des Rheinwassers Nr. 2.- Der Fischwirt 8: 308-309.

ANONYMUS (1958): Die Verunreinigung des Rheins.- Wasser, Luft und Betrieb 2 (11): 273-275.

ANONYMUS (1958): Gewässerschutz bedingt mehr Abwasserkläranlagen.- VDG Mitteilungen 9/10: 3-5.

ANONYMUS (1959): Das kommunale Interesse am Abwasserwesen.- Städtetag NF 12: 499.

ANONYMUS (1959): Gutachten über Massentod der Fische im Rhein. (Was sagen die Amerikaner dazu?).- Allg. Fischerei-Zeitung 84: 94.

ANONYMUS (1961): Naturschutz in der Offensive. Arbeitsgemeinschaft zum Schutze von Hochrhein und Bodensee gegründet.- Nachrichtenblatt für Naturschutz und

Landschaftspflege, Beilage zu Natur und Landschaft, 32: 5-6.

ANONYMUS (1962): Lachsfischerei in der Wied.- Heimatkal. f. d. Kreis Neuwied: 104-106.

ANONYMUS (1963): Detergentiengehalt im Rheinwasser. Untersuchungen der Fachkommssion "Abwasser" im Deutschen Ausschuß für Grenzflächenaktive Stoffe.- Wasser/Abwasser 104 (30): 854 (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

ANONYMUS (1970): Reinhaltung des Rheines (I-XII) - Bibliographie 1959/69. Die Übersicht der gwf-Beiträge zum Gewässerschutz und ihre Autoren.- Wasser/Abwasser 111 (9): 526-528 (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

ANONYMUS (1971): Größte industrielle Kläranlage Europas.- Wasser, Luft und Betrieb 15 (7): 247-249.

ANONYMUS (1971): Wasserwerke fordern verstärkte Maßnahmen zur Reinhaltung des Rheins.- Korrespondenz Abwasser 18 (5): 86-87.

ANONYMUS (1975): BASF Completes Ten-Year Project for Cleaning up The Rhine.- Water Services 79 (958): 507.

ANONYMUS (1975): Großkläranlage der BASF Ludwigshafen.- Österreichische Abwasser-Rundschau 20: 42-43.

ANONYMUS (1977): Sechs Hauptquellen der Rheinbelastung.- Forum Städte-Hygiene 28: 315-316.

ANONYMUS (1977): Stand des Gewässerschutzes in der Bundesrepublik Deutschland. Aus der Sicht der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz.- Forum Städte-Hygiene 28: 101-108.

ANONYMUS (1984): Wasserwirtschaft im Wandel - 1859 - 1984; 125 Jahre Staatliches Amt für Wasser- und Abfallwirtschaft Münster.- Minister für Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten d. Landes Nordrhein-Westfalen, [Düsseldorf]: 68 S.

ANONYMUS (1985): Noch keine Entwarnung am Rhein. Statt der Schwermetalle nun schwer abbaubare organische Substanzen.- Zeitung für Kommunale Wirtschaft 32 (10): 20.

ANONYMUS (o.J.): Adler's Plan von Hamburg-Altona-Wandsbek.- .

ANONYMUS (o.J.): Anlage zur Reinigung städtischer Abwässer vom Siechenhausplatz zu Halle a.d.Saale mit 6 Gutachten.- .

ANONYMUS (o.J.): Das Liernursystem: ein Mittel zur modernen Städteentwässerung erläut.a. d. H. d. Verh. i. d. S. Eberswalde.- Neumann, Neudamm.

ANONYMUS (o.J.): Eingabe des Ausschusses des Deutschen Vereins für öff. Gesundheitspflege an den Herrn Reichskanzler.- .

ANONYMUS (o.J.): Gesichtspunkte und Bedingungen für die Lösung der Preisaufgabe Klärung der Leipziger Schleusenwasser.- .

ANONYMUS (o.J.): Kanalisation und pneumatische Wasserhebung von Rangoon.- Riedinger, Augsburg.

ANONYMUS (o.J.): Patents of invention, abridgments of specification Class 111 1884/88 /92 /96.- .

ANONYMUS. (1902): Das Fischsterben im Neckar.- Allg. Fischerei-Zeitung 27 (1902).

ANSELMINO, O. (1910): Das Wasser.- Leipzig: Teubner.

ANSTED, D.T. (1877): Die Flüsse in ihrer Beziehung zur öffentlichen Gesundheit.- Public Health VI: S.332.

ANT, H. (1967)#: Korrelierte Artengruppen und Mosaikkomplexe im Bereich des Fließwasser-Benthos.- Schriftenrh. Vegetationskd. 2: 193ff.

ANT, H. (1970): Wenn das Wasser im Rhein wirklich Wasser wäre. Das Fischsterben von 1969. Gefahren auch für den Menschen.- Das Parlament 20 (34): 5.

ANT, H. (1971): Verschmutzung der Fließgewässer und ihre Folgen am Beispiel der Lippe und des Rheins.- In: OLSCHOWY, G. (Hrsg.): Belastete Landschaft - Gefährdete Umwelt. Wilhelm Goldmann Verlag, München: 35-50.

ARBEITSGEMEINSCHAFT DER LÄNDER ZUR REINHALTUNG DES RHEINS (1965)#: Denkschrift zur Verunreinigung des Rheins und seiner wichtigen Nebenflüsse in der Bundesrepublik Deutschland.- Bad Godesberg.

ARBEITSGEMEINSCHAFT RHEINWASSERWERKE (arw) (1970b): Untersuchung über die Vorgänge bei der Selbstreinigung.- ARW, 27. Bericht (Düsseldorf): 32-36.

ARBEITSGEMEINSCHAFT RHEINWASSERWERKE (arw) (1971d): Untersuchung zur Selbstreinigung des Rheins.- ARW, 28. Bericht (Düsseldorf): 26-30.

ARBEITSGEMEINSCHAFT RHEINWASSERWERKE (arw) (1972b): Erfassung der Vorgänge bei der Selbstreinigung durch summarische Parameter.- ARW, 29. Bericht (Düsseldorf): 34-38.

ARBEITSGEMEINSCHAFT UMWELT MAINZ (1972)#: Bestandsrückgang der Schneckenfauna des Rheins zwischen Straßburg und Koblenz.- Natur und Museum 102 (6)#: 197-206.

ARCHIV für rationelle Städteentwässerung (1884): Archiv für rationelle Städteentwässerung. 1. Heft 1884 - 12. Heft 1895 [liernur, Hrsg.].- R. v. Deckers Verlag, Berlin Heft 1-12 1884-1895.

ARNDT, U.; Nobel, W. & Schweizer, B. (1987): Bioindikatoren: Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse.- Ulmer, Stuttgart: 388 S.

ARNIM-SCHLAGENTHIN, VON & FRANK (1894): Der Entwurf eines preußischen Wassergesetzes: Bericht über die vom Sonderausschuß für Wasserrecht der. Dt. Landwirtschafts-Ges. mit anderen Vereinig. vereinb. Beurteil. d. Entwurfs.- Arbeiten d.Deutschen. Landwirtschaftsgesellschaft, H. 4, Parey, Berlin.

ARNOLD, Tim (1990)#: Ein leichter Geruch nach Fäulnis und Säure..- Wasserverschmutzung durch Färberei und füihe Farbenindustrie am Beispiel der Wupper.- in:Das Blaue Wunder. Zur Geschichte der synthetischen Farben.- Kölner Volksblatt Verlag, Köln:145-161.

ARTELT, W. [Hg.] (1969): Städte-, Wohnungs- und Kleidungshygiene des 19, Jhs. ind Deutschland.- Studien zur Medizingeschichte des 19. Jhs. 3; Stuttgart.

ARTNER, A. (1981): Die Abwasserfrage im 19. Jahrhundert.- Vortrag auf der VDI-Tagung "Technik und Umwelt in der Geschichte" (Düsseldorf, 6.3.1981).

ASHENASY-FÖRSTER (1892): Beitraege zur Badischen Algenflora.- MitteilungenBad.Bot.Ver. 101:.

BAAS, HERMANN JOH. (1879)#: Zur Geschichte der öffentlichen Hygiene.- Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege 11:325-347.

BABBAGE, Ch. (1833)#: Über Maschinen und Fabrikenwesen.- Berlin (Engl. Org. 1832).

BABUT DU MARÈS, J (1890): Utilusation-Epuration des eaux d'égout (Sewage) par le sol et la végétation.- Verl.d. k. k. Landwirt. G., Wien.

BACH, ERWIN (1981)#: Pettenkofer - sein Beitrag zur Lösung der Abwasserfrage.- in: Geschichtliche Entwicklung der Wasserwirtschaft und des Wasserbaus in Bayern. Informationsbericht 4/81 des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, München: 261-285.

BACH, H. (1924)#: Die Bestimmung des biochemischen Sauerstoffbedarfs.- Gesundheitsingenieur 393.

BACH, M. (1841)#: Bemerkungen über einige der seteneren Pflanzen des Mittelrheines.- Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung, 24: 731-736.

BACH, M. (1844)#: Systematisches Verzeichnis der bis jetzt bei Boppard, Trier und einigen anderen Orten der preussischen Rheinlande aufgefundenen Mollusken.-

Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande und Westfalens 1: 13-16.

BACHMANN, W. & FLEISCHER, L. (1925)#: Über die Veränderung des Rheinwassers durch die Düsseldorfer Abwässer.- Gesundheits-Ingenieur 48 (43): 549-552.

BACKHAUS, D. [Mitverf.] (1980)#: Untersuchungen über den Gewässergütezustand des Neckars.- Landesanst. für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe: 312 S.

BACKHAUS, D. & A. KEMBALL (1978a): Gewässergüteverhältnisse und Phytoplanktonentwicklung im Hochrhein, Oberrhein und Neckar.- Archiv Hydrobiol. 82:166-206.

BACKHAUS, D. & KEMBALL, A. (1978): Gewässergüteverhältnisse und Phytoplanktonentwicklung im Hochrhein, Oberrhein und Neckar.- Archiv für Hydrobiologie 82: 166-206.

BACKHAUS, D. & W. KRAUSE (1974)#: Beiträge zu einer Algenflora des Taubergießengebiets.- in: Landesst. Natursch. Landschaftspfl. BW: Das Taubergießengebiet, Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs 7:177-179.

BACKHAUS, D. & W.K. BESCH (1978b) #: Limnochemische Aspekte der Auengewässer im Gebiet des Rußheimer Altrheins.- in: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) Der Rußheimer Altrhein, eine nordbadische Auenlandschaft. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, Bd. 10: 49-75, Karlsruhe.

BACKHAUS, D.; BESCH, W.K. et al. (1978): Der Rußheimer Altrhein, eine nordbadische Auenlandschaft.- Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, Bd.10: 1-622, Karlsruhe.

BACMEISTER, A. (1965): Der Fischbestand des Neckars um die Jahrhundertwende.- Allg. Fischerei-Zeitung 22: 658-659.

BADER, C. (1988): Wassermilben (Acari, Hydrachnellae) aus dem Rhein bei Basel.- Verhandl. Naturf. Ges. Basel, 98: 59-67.

BAER, S. (1933): Die Wasserversorgung deutscher Städte im Mittelalter.- Wasser/Abwasser 76: 255 ff. (GWF).

BAHR, K. (1957): Fischerei und Wasserwirtschaft.- Gewässer und Abwässer 17/18: 7 ff.

BAIER, JOHANN (1988): Armut, Not und Hoffnung am Rande der Stadt. Haidhausen im Jahrhundert der Cholera-Epidemien. Ein Beitrag zur Sozialgeschichte Haidhausens.- München.

BAILEY-DENTON, E (1896): Sewage purification: brought up to date, 1896.- Spa, London.

BALDNER, L. (1666)#: Vogel-, Fisch- und Thierbuch.- Straßburg, Faksimile-Druck 1974, Müller u. Schindler (Faksimile und Reprint der Textausgabe von Lauterborn (1903), 2 Bde.), Stuttgart.

BALLOT, A.M. (1873): Ueber Infectionskrankheiten in Holland und über die Einführung des Liernu'schen Systems daselbst.- Med. Times and Gaz. 1:182.

BALLOT, A.M. (1874): De Gezondheitsleer tegenover de risolstelsels.- van Hengel & Eeltjes, Rotterdam, 52 S.

BANAD, K. , FÖRSTNER, U. & MIILLER, G. (1972): Schwermetalle in Sedimenten von Donau, Rhein, Ems, Weser und Elbe im Bereich der Bundesrepublik Deutschland.- Die Naturwissenschaften 59 (1972) 525 ff.

BANAT, K., FÖRSTNER, U. & MÜLLER, G. (1972a): Schwermetallanreicherungen in den Sedimenten wichtiger Flüsse im Bereich der Bundesrepublik Deutschland. Eine Bestandsaufnahme.- Interner Bericht, Institut für Sedimentforschung, Universität Heidelberg: 230 S.

BANAT, K., FÖRSTNER, U. & MÜLLER, G. (1972b): Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins.- Umschau in Wissenschaft und Technik 72: 192-193.

BANAT, K., FÖRSTNER, U. & MÜLLER, G. (1972c): Schwermetalle in Sedimenten von Donau, Rhein, Ems, Weser und Elbe im Bereich der Bundesrepublik Deutschland.- Die Naturwissenschaften 59 (12): 525-528.

BANDT, H. J. (1955): Fischereischäden durch Phenolabwässer.- Wasserwirtschaft & Wassertechnik 5: 290 ff.

BANDT, H. J. (1957): Die Vorfluterverpilzung und die Geschmadssbeeinflussung der Fische als Folgeerscheinungen von Abwässern.- Sitzungsberichte Dtsch. Akad. Landwirtschaftswissenschaften Berlin 6 (1957).

BANDT, H.J. (1946): Über verstärkte Schadwirkungen auf Fische, insbesondere über erhöhte Giftwirkungen durch Kombination von Abwassergiften.- Beiträge zur Wasser-, Abwasser- und Fischereichemie aus der Flußwasser-Untersuchungsanstalt Magdeburg 1: 15-23.

BANDT, H.J. (1958): Phenolabwässer und Abwasserphenole, ihre Entstehung, Schadwirkung und abwassertechnische Behandlung.- Akademie Verlag, Berlin.

BANFIELD, T.C. (1970): Industry of the Rhine (Reprint of 1836 edition).- New York.

BANFIELD, THOMAS C (1848): Industry of the Rhine: Series 1-2; 2 Vols in 1. Repr. of 1848.- Kelley, Augustus M. Publishers, 1969.

BANGERT, V. (1958): Über Rheinarme und Grundwasserverhältnisse südlich des Kaiserstuhls.- Berichte der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg/Breisgau, 48: 159-166.

BANNING, M. (1990): Der Rheo-Index - eine Möglichkeit zur Berechnung der Auswirkungen des Flußstaus auf die benthische Lebensgemeinschaft. 4 Lit.- Deutsche Ges. Limnol. Erw. Zusammenfass. Jahrestagung 1990 Essen: 186-190, München.

BANOUB, M. W. (1991): Microbial glucose-uptake along the Rhine and Neckar rivers in Baden-Württemberg, FRG.- Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol. 24:1823-7. j.

BARCLAY-SMITH, PH. (1967): Oil pollution; an historical survey.- Journal Devon Trust Nat. Conserv. 7 (1967) 3 ff.

BARDACH, J. (1964): Downstream: a natural history of the river.- Harper and Rowe, New York.

BARDE, CHARLES (1891): Salubrité des habitations et hygiène des villes.- Stapelmohr, Genève.

BARNES J.R. & G.W.MINSHALL (1983): Stream ecology - An historical and current perspective.- In: stream ecology - Applications and testing of general ecological theory, Ed: J.R.Barnes & G.W.Minshall:1-7.

BAROCKA, EGON (1955): Zur Frage der organisatorischen Zusammenfassung von Wasserversorgung und Abwasserwesen in den Gemeinden.- Städtetag NF 8: 325-327.

BARSCH, D. (1968)#: Das Hochrheingebiet und das Problem der Hochrheinschiffahrt.- Jahrbuch zum Schutze d. Alpenpflanzen u. -tiere 33: 29-67.

BÄRTHEL, E.-V. (1965a): Der Stadtwald Breisach - 700 Jahre Waldgeschichte in der Aue des Oberrheins.- Schriftenreihe Landesfortsverwaltung Baden-Württemberg 18.

BÄRTHEL, E.V. (1965b): Hie Großtat - da Verderben. Der Einfluß von Rheinkorrektion und Rheinseitenkanal auf die Auenwaldungen am Oberrhein.- Allgemeine Forstzeitung, 30/31: 484-485, München.

BARWISE, SIDNEY (1899): The purification of sewage.- London.

BARWISE, SIDNEY (1901): The bacterial purification of sewage.- Crosby Lockwood, London.

BAS, F. DE (1871?): Stadsreinigingsstelsel van Liernur en zijne uitvoerbaarheid in Nederland.- Gravenshage, M. M. Convée. 91 S.

BASF (1977): Gewässerschutz am Rhein. BASF-Symposium vom 12. November 1976 in Ludwigshafen.- Verlag Wissenschaft und Politik, Berend von Nottbeck, Köln:176 S.

BASF (Badische Anilin- und Soda-Fabrik) <Ludwigshafen> (1965): 100 [Hundert] Jahre BASF.- Bad. Anilin- u. Soda-Fabrik AG, Ludwigshafen am Rhein, Abt. Öffentlichkeitsarbeit (AOA): 47 S.

BAUCH, G. (1958): Untersuchungen über die Gründe für den Ertragsrückgang der Elbefischerei zwischen Elbsandsteingebirge und Boizenburg.- Zeitschrift für Fischerei 7.

BAUER, F.W. (1951): Die Überführung der badischen Auenwaldungen in Hochwald.- Freiburg/Breisgau (Verlag der Landesforstverwaltung).

BAUMEISTER (1876)#: Die Verunreinigung der Flüsse und amerikanische Beobachtungen darüber.- Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 8:487.

BAUMEISTER (1877)#: Die Verunreinigung der Flüsse und amerikanische Beobachtungen darüber.- Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 20: 107,137.

BAUMEISTER (1878a)#: Die Verunreinigung der Flüsse und amerikanische Beobachtungen darüber.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 10(4): 574-580.

BAUMEISTER, REINHARD (1878b)#: Vortrag zur Canalisationsfrage.- in: Bericht des Ausschusses über die Fünfte Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege zu Nürnberg vom 25.-27.9.1877, Deutscher Vierteljahresschrift f. öffentliche Gesundheitspflege 10:83-114.

BAUMEISTER, REINHARD (1890): Städtisches Straßenwesen und Städtereinigung.- Toeche, Berlin.

BAUMEISTER, REINHARD (1892)#: Vergleich von Flußverunreinigungen.- Centralblatt der Bauverwaltung.

BAUMEISTER, REINHARD (1903)#: Gutachten über Wasserspülaborte und Schwemmsystem in Heidelberg.- Universitäts-Buchdruckerei von J. Hörning, Heidelberg: 19 S.

BAUSCHINGER, GERHARD (1968): Das Verhältnis von städtischer Selbstverwaltung und königlicher Polizei in München im 19. Jahrhundert.- Diss. Jur., München.

BAYERL, G. (1980): Historische Wasserversorgung - Bemerkungen zum Verhältnis von Technik, Mensch und Gesellschaft.- in: Troitzsch, U. & G. Wohlauf [Hrsg.]: Technik-Geschichte - Historische Beiträge und neuere Ansätze, Frankfurt a.M.: 180-210.

BAYERL, G. (1987): Zur Erforschung der Luft- und Wasserverschmutzung in vorindustrieller Zeit.- Siedlungsforschung 6: 199-204.

BAYERL, GÜNTER (1987): Herr Pfisters und anderer Leute Mühlen. Das Verhältnis von Mensch, Technik und Umwelt im Spiegel eines literarischen Topos.- in: Segeberg, Harro [Hrsg.]:Technik in der Literatur, Frankfurt:51-101.

BECHURTS, H. (1882): Über die Verunreinigung der Flüsse durch Effluvien der Zuckerfabriken.- Monatsblatt für die öffentliche Gesundheitspflege 5: 161 ff.

BECKER (1872): Beiträge zum pneumatischen Städte-Reinigungssystem Liernur's.- Correspondenz-Blatt des niederrheinischen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege 1, S.226.

BECKER (1872): Bericht über die Reinigung der Aborte in Amsterdam und Leiden nach Liernur'schem System.- Correspondenzblatt des niederrheinsichen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege 1, S.129.

BECKURTS, H. & BLASIUS, R. (1895): Verunreinigung und Reinigung der Flüsse nach Untersuchungen des Wassers der Oker.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 27: 337 ff.

BECKURTS, H. & BLASIUS, R. (1906)#: Bericht über den Betrieb der Braunscheiger Rieselfelder in den Jahren 1895 bis 1900.- Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten 55: 232.

BECKURTS, HEINRICH (1882)#: Ueber diie Verunreinigung der Flüsse durch Effluvien von Zuckerfabriken.- Monatsblatt für öffentliche Gesundheitspflege (Separatum).

BEER, W. (1954): Über den Einfluß des Phenolgehaltes des Pleißewassers auf die Mikrolebewelt.- Wasserwirtschaft & Wassertechnik 4: 125 ff.

BEETZ, A. (1892): Experimentelle Beiträge zur Lehre von der Selbstreinigung der Flüsse.- Diss. Rostock.

BEGER, H. (1952): Leitfaden der Trink- u. Brauchwasserbiologie.- Schriftenreihe ! Verb. Wasser-, Boden-, Lufthyg. Berlin-Dahlem. Stuttgart: Piscator i.

BEGER, H. (1966): Leitfaden der Trink- und Brauchwasserbiologie. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage von J. Gerloff und D. Lüdemann.135 Abb.,1188 Lit., Sachverz.- 360 S., (G. Fischer) Stuttgart.

BEHRING (1894): Bekämpfung der Infektionskrankheiten.- Thieme, Leipzig.

BEIVINKLER, C. (1874): Studienmässige Besprechung der Reinigung und Entwässerung der Städte durch Canalisirung mit Rücksicht der durch den 3. internationalen medizinischen Congress in Wien gestellten Anforderungen und deren Lösung.- Kilian, Budapest, 19 S.

BEMMELEN, A.A. VAN (1866): Lijst van Vischen in Nederland waargenommen.- In: HERKLOTS, J.A.(Hrsg.) Bouwstoffen vor eene Fauna van Nederland. 3: 318-413, Leiden.

BENEDICT, HANS (1896): Die Abwässer der Fabriken.- Enke, Stuttgart.

BENISCH, J. (1954): Das augenblickliche biologische Bild des Rheines auf der Strecke von Honnef bis Emmerich, dargestellt auf Grund einer Rheinuntersuchung im Oktober 1953.- Vom Wasser 21: 33-83.

BENÖHR, H.P. (1996): Zur Geschichte des Wasserrechts.- in: Inst. f. Sozialökologische Forschung [Hrsg.], Materialien Soziale Ökologie (MSÖ) 8, Frankfurt.

BERAIL, H. (1873): Iets over het Liernur's stelsel en de fosses mobiles.- 's Herogenbosch, van Heusden, 9 S.

BERAIL, H. (1873): Open brief aan de geneeskundige raden van Nederland, omtrent het belangrijke tweeledige doel: de verzameling der fecale stoffen ten behoeve van den landbouw.- 's Herogenbosch, van Heusden, 16 S.

BERBIG, O. (1917): Der Sonnenbarsch als Gast im Rhein.- Allg. Fischerei-Zeitung 42: 11-12.

BERBIG, O. (1922): Die Versündigung am Rhein.- Fisch-Zeitung 25: 492-493.

BERG, R. (1987)#: Zur Situation des Fischbestandes im Rhein im Bereich zwischen Schaffhausen und Mannheim.- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Institut für Seenforschung und Fischereiwesen, Langenargen: 36 S.(Typoskript).

BERG, R., Strubelt, T. & Blank, S. (1989)#: Fische in Baden-Württemberg. Ergebnisse einer landesweiten Fischartenkartierung und Bestandsuntersuchung.- Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg, Stuttgart: 158 S.

BERGHAUS (1892)#: Die Notlage Hamburgs, hervorgerufen durch das verunreinigte Wasser der Elbe.- Gesundheit 17: 273-276, Elberfeld.

BERNADOTTE,GRAF LENNART (1968): Stellungnahme des Deutschen Rates für Landespflege zum Ausbau des Oberrheins von Basel bis Karlsruhe.- In: Deutscher Rat für Landespflege: Landespflege am Oberrhein. Berichte über den Ausbau des Oberrheines zwischen Basel und Karlsruhe und seine Landespflegerischen Auswirkungen. Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege, H.10: 5-9.

BERNATZ, W. (1865): Das Geruchlosmachen, die jährliche Menge und der Werth des Abtrittdüngers - Ein Beitrag zur Cloakenfrage.- München.

BERNDT, HEIDE (1987)#: Hygienebewegung des 19. Jahrhunderts als vergessenes Thema von Stadt- und Architektursoziologie.- Die Alte Stadt 14: 140-163.

BESELER (1904): Erörterung über die Zweckmäßigkeit einer Düngung der Aecker und Wiesen des Klostergutes Weende mit Wasserfäkalien der Stadt Göttingen.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 4:167-175.

BEURSKENS, J.E.M., H.J.WINKELS, J.DEWOLF & C.G.C.DEKKER (1994)#: Trends of priority pollutants in the rhine during the last fifty years.- Water Science & Technology 29(3):77-85.

BEUTH, KLAUS PETER (1986): Vom Abfallkübel zur Systemabfuhr. Städtereinigung in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts.- in: Von der Städtevereinigung zur Entsorgungswirtschaft, hg. v. Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft aus Anlaß seines 25-jährigen Bestehens, Essen (Eigendruck): 7-27.

BEYER, ALFRED (1956): Max v. Pettenkofer.- Berlin(Ost).

BEYER, EDUARD (1876)#: Die Fabrik-Indsutrie im Regierungsbezirk Düsseldorf vom Standpunkt der Gesundheitspflege.- Oberhausen.

BICK, H. (1963): A Review of Central European Methods for the Biological Estimation of Water Pollution Levels.- Bulletin World Health Organization, Heft 29: 401-413.

BICK, H. (1964): Die Sukzession der Organismen bei der Selbstreinigung von organisch verunreinigtem Wasser unter verschiedenen Milieubedingungen.- Minister für Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten d. Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.

BIEDERMANN, RUDOLF (1897): Chemiker Kalender.- 18. Jg., Springer, Berlin.

BIELER, G.A. (1905): Über die Ursache der Abnahme unserer Rheinlachse im Oberrhein von Basel bis Schaffhausen und über Mittel und Wege, wie wir dieselben in reichem Maße wieder vermehren können.- Schweizer Fischerei-Zeitung 13.

BIENERT, J. (1981): Wasserhaushalt in der Industrialisierung: Die Entstehung und Entwicklung des Industriegemäßen Wasserhaushalts im Berliner Raum - unter Betonung seiner Ausformung im 19. Jahrhundert auf dem Hintergrund gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Wandels.- Unveröffentlichtes Manuskript: 534 S.

BILLIB, H. (1949): Verwurmung und landwirtschaftliche Abwasserverwertung.- Wasser und Boden 2 (1949).

BIRCH, R.W. PERIGRINE (1879): Sewage irrigation by farmers or fifty instances of profitable sewage utilization.- Spa, London.

BIRKNER, OTHMAR (1985): Die Stadt im Schatten der Epidemie - Mit Fallstudie Basel.- .

BISCHOFSBERGER, WOLFGANG (1983): Die Anfänge und Entwicklung der Abwasserreinigung in Bayern.- in: Geschichtliche Entwicklung der Wasserwirtschaft und des Wasserbaus in Bayern, München: 193-208 (=Informationsbericht 4/83 des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, Teil 2).

BISWAS, A.K. (1970): History of Hydrology.- ?.

BLACKMORE, GEO H. (1876): Das Goux-System in Halifax.- Public Health 4: 107.

BLASIUS, R & BÜSING, F. W. (1894): Die Städtereinigung.- Fischer, Jena.

BLASIUS, R (1884): Die Verwendung von Torfstreu: Vortrag gehalten am 21.Oct.1882 in d. fünften Vers. d. intern. ..- Meyer, Braunschweig.

BLASIUS, R. & H. BECKURTS (1895): Verunreinigung und Reinigung der Flüsse nach Untersuchungen des Wassers der Oker, 9 Tab.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 27: 337-360, Braunschweig.

BLASIUS, R., BÜSING, F.W., GERSON, G.H., RICHTER, E., VOGEL, J.H., WEHMER, WERNICH & WEYL, TH. (1897): Die Städtereinigung.- in:WEYL, Th. (Hrsg.): Handbuch der Hygiene. Band II. Verlag von Gustav Fischer, Jena.

BLASIUS, RUDOLF (1890): Ueber Desinfection durch Torfmull.- Verl.d.K.u.K.Landw.G, Wien.

BLAUFUSS, A.; NIEHUIS, M. & SCHNEIDER, W. (1981): Zur Bedeutung des geplanten Naturschutz-Gebietes 'Unteres Nahetal'.- Naturschutz und Ornithologie in Rheinland-Pfalz, 2, Nr.1: 10-60.

BLEKER, JOHANNA (1983)#: Die Stadt als Krankheitsfaktor.- Medizinhistorisches Journal 18: 118-134.

BLESS, R. (1990)#: Bestandsentwicklungen der Molluskenfauna des Rheins zwischen Köln und Koblenz in den letzten zehn Jahren (1979-1989).- Natur u. Landsch. 65, Nr 9, 423-430.Angi:Morpho;

BLOCHMANN, R. (1895): Die mikroskopische Untersuchung des Süßwassers.- 2. Aufl. Hamburg: Lucas Graf u. Sillem.

BLOCK, W. (1968): Belastbarkeit des Rheins mit radioaktiven Nukliden.- Umschau in Wissenschaft und Technik 68 (1968) 278 ff.

BLUME, A. (1902)#: Bis zu welchen Grenzwerten sind Wasserverunreinigungen sichtbar ?.- Diss. K.Bay. Julius-Maximilians Uni Würzburg, Boegler, Würzburg: 31 S.

BLUME, H.P. & R. HORN (1982): Belastung und Belastbarkeit Berliner Rieselfelder nach einem Jahrhundert Abwasserberieselung.- Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung 23: 236-248.

BOCHMANN, E (1877): Die Reinigung und Entwässerung der Städte.- Häcker, Riga.

BOCKENDAHL, J. (1867-1894)#: Generalberichte über das öffentliche Gesundheitswesen der Provinz Schleswig-Holsteins, 1867-1894.- zit. in Fahl 1987

BOCKENDAHL, J. (1872)#: Das Erd-, Gruben-, Eimer- und modificierte Wasser-Closet in England.- Zeitschrift für Epidemiologie und öffentliche Gesundheitspflege 3(3).

BÖCKING, W. (1981)#: Störe im Rhein.- Allg. Fischerei-Ztg., Fischwaid 11: 627-629.

BODENSTEIN, G. (1954): Trappenvorkommen im Rhein-Main-Gebiet.- Ornithologische Mitteilungen, 6: 6-7.

BOETTGER, C.R. (1907)#: Zur Conchylienfauna des Kühkopfes.- Nachrichtenblatt der deutschen Malakozoologischen Gesell. 39: 17-19.

BOETTGER, C.R. (1912a)#: Molluskenfauna der preußischen Rheinprovinz.- Diss., Universität Bonn, 80 S., Bonn.

BOETTGER, C.R. (1912b)#: Die Molluskenfauna der preussischen Rheinprovinz.- Archiv für Naturgeschichte 78, Abt. A (8): 149-310.

BOETTGER, C.R. (1949)#: Die Einschleppung einer nordamerikanischen Süßwasserschnecke der Gattung Ferrissia nach Deutschland.- Archiv für Molluskenkunde 78 (4/6): 137.

BOETTGER, O. (1880)#: Beitrag zur Molluskenfauna des Vorderrheintales, namentlich der Umgebung von Chur.- Deutsche Malakologische Gesellschaft - Archiv für Molluskenkunde, 12: 57-58.

BÖHLMANN, D. (1971): Müllgrube Meer?.- Kosmos H. 7 (1971) 275 ff.

BÖHM, B. & BANIK, E. (1944): Gewerbliche Abwässer, Reinigung, Beseitigung, nutzbare Verwertung.- O. Elsner, Berlin.

BÖHME, HARTMUT (1988): Kulturgeschichte des Wassers.- Suhrkamp Taschenbuch 1486, 352 S.

BÖHNKE, B. (1966): Der Einfluß wasserbaulicher Maßnahrnen auf das Belastungsvermögen und die Selbstreinigungskraft fließender Gewässer.- Wasser/Abwasser 107: 612 ff. (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

BÖHNKE, B. (1971): Volkswirtschaftlicher Aufwand für die Wasserversorgung sowie für die Beseitigung fester und flüssiger Abfallstoffe.- WLB 15 (1971) 294 ff.

BÖHRER, K. (1931): Wirtschaftliche Betrachtung der Meliorationen unter besonderer Berücksichtigung der badischen Verhältnisse.- Inaugural-Diss., Karslruhe.

BOISEN, THORKIL (1996): Sustainable Management of Human Waste.- in: Inst. f. Sozialökologische Forschung [Hrsg.], Materialien Soziale Ökologie (MSÖ) 8, Frankfurt.

BOJAR, RALPH & JOCHEN BOCKEMÜHL (1992): 100 Jahre Hygienisches Institut der Freien und Hansestadt Hamburg.- Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales, Hamburg.

BOKORNY, TH. (1896)#: Vergleichende Studien über die Giftwirkung verschiedener chemischer Substanzen bei Algen und Infusorien.- Pflügers Archiv 64 (1896) 262 ff.

BOLLIGER, G. (1909): Zur Gastropodenfauna von Basel und Umgebung.- Diss. Uni Basel:214 S.

BOND, FRANCIS T. (1874): Das Liernur'sche System.- Public Health 2:334.

BONNE, GEORG (1899): Die Sanierung der Unterelbe von Hamburg bis Blankenese.- Leineweber, Leipzig.

BONNE, GEORG (1901): Die Nothwendigkeit der Reinigung der städtischen Gewässer.- Leineweber, Leipzig.

BONNE, GEORG (1901): Die Notwendigkeit der Reinhaltung der deutschen Gewässer, vom gesundheitlichen, volkswirtschaftlichen und militärischen Standpunkte aus erläutert durch das Beispiel der Unterelbe bei Hamburg.- Leineweber, Leipzig: 239 S.

BONNE, GEORG (1902): Neue Untersuchungen und Beobachtungen über die zunehmende Verunreinigung der Unterelbe (2.Aufl.).- Leineweber, Leipzig:102 S.

BONNE, GEORG (1903): Ueber die militärische Bedeutung der Reinhaltung unserer deutschen Gewässer.- Leineweber, Leipzig: 21 S.

BONNE, GEORG (1904)#: Die Notwendigkeit einer systematischen Dezentralisation unserer Großstädte in hygienischer und sozialer Beziehung.- Monatsschrift für soziale Medizin.

BONNE, GEORG (1905): Der Untergang der deutschen Binnenfischerei durch die Flußverunreinigung.- Zeitschrift für Fischerei 12 (1/2): 1-28.

BONNE, GEORG (1905): Ueber die Notwendigkeit einer internationalen Regelung zum Schutze der Gewässer gegen Verunreinigung.- Referat zum internationalen Fischereikongreß in Wien 1905.

BONNE, GEORG (1907a)#: Deutsche Flüsse oder deutsche Kloaken ?.- Lüdeking, Hamburg.

BONNE, GEORG (1907b)#: Erwiederung auf Prof. Weigelts Aufsatz Beiträge zur chemischen Selbstgesundung der Gewässer.- Archiv Hydrobiol. 3: 218-230.

BONNE, GEORG (1912)#: Die Klagen der deutschen Binnenfischer über die zunehmende Verunreinigung unserer Gewässer nebst den Mitteln und Wegen zur Abhilfe derselben.- Verhandlungen des Internationalen Vereins zur Reinhaltung der Flüsse, des Bodens und der Luft 30: 192 S.

BONNE, GEORG (1915): Die Vernichtung der deutschen Flussfischerei durch die Verunreinigung unserer Gewässer, mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse auf der Unterelbe.- Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften 12: 1-28.

BORCHERDT, CH., S. HÄSLER, S. KUBELLA, J. SCHWENGER (1985): Die Landwirtschaft in Beden und Württemberg 1850-1980.- Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz.

BORNE, M. VON DEM (1880)#: Die Fischerei-Verhältnisse des Deutschen Reiches, Oesterreich-Ungarns, der Schweiz und Luxemburgs.- Verlag der Stuhr'schen Buchhandlung, Berlin 1880.

BORNE, M. VON DEM (1883)#: Die Fischereiverhältnisse des Deutschen Reiches, Österreich-Ungarns, der Schweiz und Luxemburgs.- Auftrag des deutschen Fischerei-Vereins: 286 S., Berlin (W. Moeser Hofbuchdruckerei).

BORNE, M. VON DEM (1887)#: Das Wasser für Fischerei und Fischzucht.- Neudamm: J. Neumann.

BORNEFF, J. (1977): Die hygienische Bedeutung der Schadstoffe im Rhein.- Internationale Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet (IAWR), 6. Arbeitstagung, 6. -8. Juni 1977, Wiesbaden. Amsterdam: 68-81.

BÖRNER, P AUL (1876): Ein competentes Urteil in England über die Städtereinigung durch Canalisation mit Berieselung.- Deutsche medizinische Wochenschrift 2: 627.

BÖRNER, PAUL (1877): Das Gutachten d. Kgl. wissenschaftlichen Deputation f. d. Medicinalwesen zu Berlin über das Project der Abführung aller menschlichen Excremente in der Stadt Cöln aus den Wasserclosets in die städtischen Canalisationsanlagen und durch diese in den Rhein.- Die medizinische Wochenschrift 3: 312.

BORNHAUSER, K. (1913): Die Tierwelt der Quellen in der Umgebung Basels.- Int. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph., Suppl. 5:90 pp. c n.

BORNTRAEGER, J (1893): Desinfektion oder Verhütung und Vertreibung ansteckender Krankheiten.- Hartung, Leipzig.

BOTE, L (1903): Das Kübel-Abfuhr-System und die Verwertung der Fäkalstoffe durch Kompostierung und Poudrettierung.- Leineweber, Leipzig.

BOTE, L. (o.J.): Kompostierungsanlagen und Poudrette-Fabrikation. Mit einem Anhang: Die Kadaver-Vernichtungs- und Verwertungsanstalt in Kiel.- Leineweber, Leipzig.

BOYNE, R. (1936): Vom Entwicklungsgang der Abwasserbeseitigung in den letzten hundert Jahren.- Technikgeschichte 25: 57-65.

BRAND, EVA-MARIA (1994)#: Vakuumentwässerungstechnologie.- Umweltbundesamt Abschlußbericht II 1.1 - 2044 1 - 15/16 (Investitionen zur Vermeidung von Umweltbelastungen: Programm des Bundesminister für Umwelt,.

BRANDIS, G (1894): Über die Beseitigung und Verwerthung städtischer Auswurfstoffe mit besonderem Hinweis auf das System der Druckluft-Gruben.- Geck, Essen.

BRANNGART, RICHARD (1890): Der gegenwärtige Standpunkt der Städte-Reinigungs-Frage und die Einführung des Schwemmkanalisations-Systems in München.- Datterer, Freising.

BRÄUNICKE, M. & TRAUTNER J. (1998)[#]: Die Ahlenläufer-Arten der Untergattung Bracteon Bedel und Chrysobracteon Netolitzky: Verbreitung, Bestandssicherung, Habitate und Gefährdung charakteristischer Flußaue-Arten in Deutschland.- Angewandte Carabidologie 1 (Supplement), im Druck.

BREDTSCHNEIDER, A (1902): Das Trennsystem.- Fischer, Jena.

BREDTSCHNEIDER, A (1904): Die Abwasserreinigung in England.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 3:1-251.

BREEST, F. (1922): Die Gefahren der Pollenwasserblüte.- Fischerei Zeitung 25 (1922) 73 ff.

BREHM, EVAMARIA & WOLFGANG KERLER (1985): Deponie Erde. Das große Buch vom Müll.- BUND [Hrsg.], Baden Baden.

BRENNER, G. (1908): Das Wassergesetz für das Königreich Bayern vom 23. 3. 1907.- München: Bedk.

BREUER, RÜDIGER (1997)[#]: Zunehmende Vielgestaltigkeit der Instrumente im deutschen und europäischen Umweltrecht - Probleme der Stimmigkeit und des Zusammenwirkens.- Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht 9:833-845.

BREUNIG, WILLI (1975): Soziale Verhältnisse der Arbeiterschaft und sozialistische Arbeiterbewegung in Ludwigshafen am Rhein 1869 - 1919.- Stadtarchiv Ludwigshafen a. Rh. [Hrsg.];Bd.5 ;Zugl.:Diss. Univ. Heidelberg.

BREUNIG, WILLI (1986): Vom Handelsplatz zur Industriestadt: Wirtschaftsentwicklung in Ludwigshafen am Rhein 1820 - 1920.- Veröffentlichungen des Stadtarchivs, Ludwigshafen am Rhein: 151 S.

BRINGMANN, G. & KÜHN, R. (1960): Beitrag zur Methode des wassertoxikologischen Nachweises von Insektiziden.- Gesundheits-Ingenieur 81: 243 ff.

BRINGMANN, G. & MEINCK, F. (1964): Wassertoxikologische Beurteilung von Industrieabwässern.- Gesundheits-Ingenieur 85: 229 ff.

BRINGMANN, G. & R. KÜHN (1956): Der Algen-Titer als Maßstab der Eutrophierung von Wasser und Schlamm. 7 Abb.,1 Tab.- Gesundheits-Ingenieur 77: 374-381, München.

BRINGMANN, G. & R. KÜHN (1962): Biomassentiter und Saprobien - eine hydrobiologische Vergleichsanalyse an Niederrhein, Fulda und HaveL G Tab., 5 Lit.- Int. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph. 47:123-145, Berlin.

BRINGMANN, G. (1960): Die Biomasse als Indikator der Wassergüte.- Vom Wasser 27: 86-98.

BRINGMANN, G. , KÜHN, R. & LÜDEMANN, D. (1962): Bedeutung und Zielsetzung biologischer Wasseruntersuchungen.- Wasser/Abwasser 103: 1127 ff. (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

BRINKLEY, F. (od. Brinley, F. J.) (1942): Biological studies, Ohio River pollution survey I. Biological zones in a polluted stream.- Sewage works Journal 14:147-52.

BRIX, J. (1902): Der Städtekehricht und seine unschädliche Beseitigung.- Leineweber, Leipzig.

BRIX, J. (1902): Wie sind Schiffahrtskanäle vor mißständiger Verunreinigung zu schützen ?.- Leineweber, Leipzig: 40 S.

BRIX, J., IMHOFF, K. & WELDERT, R. (hrsg.) (1934a)[#]: Die Stadtentwässerung in Deutschland. 1. Band.- Verlag von Gustav Fischer, Jena: 972 S.

BRIX, J., IMHOFF, K. & WELDERT, R. (hrsg.) (1934b)[#]: Die Stadtentwässerung in Deutschland. 2. Band.- Verlag von Gustav Fischer, Jena: 600 S.

BROCK, WILIAM H. (1997): Justus von Liebig - The Chemical Gatekeeper.- Cambridge University Press: 374 S..UB:NA 97 361

BROCKMEIER, H. (1907): Auffällige Erscheinungen in der Verbreitung von Land- und Süßwassermollusken am Niederrhein.- Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande u. Westfalens 64, Sitz. -Berichte der E: 95-97.

BRÖMME, C. (1890): Lithoglyphus naticoides im Rhein.- Nachrichtenblatt der deutschen Malakozoologischen Gesell. 22: 142.

BROOM, GEO J. (1889): Drainage with regard to health and modes of disposal of town sewage.- Spon, London.

BRUCH, WILHELM (1899): Das biologische Verfahren zur Reinigung von Abwässern.- Naturwiss.Verl.-anst, Berlin.

BRÜGGEMEIER, FRANZ-JOSEF & MICHAEL TOYKA-SEID [Hrsg.] (1995)[#]: Industrie-Natur - Lesebuch zur Geschichte der Umwelt im 19. Jahrhundert.- Campus, Frankfurt: 288 S.

BRÜGGEMEIER, FRANZ-JOSEF & THOMAS ROMMELSPACHER [HRSG.] (1987): Besiegte Natur. Geschichte der Umwelt im 19. und 20. Jahrhundert.- München.

BRÜGGEMEIER, FRANZ-JOSEF (1990): Auf Kosten der Natur. Zu einer Geschichte der Umwelt 1880-1930.- in: August Nitschke u.a. [Hrsg.]: Jahundertwende. Der Aufbruch in die Moderne 1880-1939 Bd.1, Reinbek bei Hamburg: 75-91.

BRUJEWICZ, S. W. (1931): Tägliche Schwankungen der hydrochemischen Faktoren in Flusswasser.- Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol. 5:442-57.

BRUNFORD, J (1880): Les odeurs de Paris.- Baudry, Paris.

BRUNN, W. V. (1938): Häusliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in der altindischen Städtehygiene.- Wasser/Abwasser 81: 844 ff. (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

BRUNNER, CHR. & ENDRESS, H. (1929): Der Einfluß der Umgebungstemperatur auf den Ernährungszustand der Fische bei Winterruhe.- Diss. Tierärztl. Fak. Univ. München.

BRUNNER, FRANZ & RUDOLF EMMERICH (1875): Die chemischen Veränderungen des Isarwassers während seines Laufes durch München.- München.

BRUNS, H. (1927): Die Wasserversorgung des Ruhrkohlengebietes in hygienischer Beziehung.- Mitteilungen d. Ver. WBL-Hyg. (1927).

BRUNS, H. (1955): Internat. Kongreß über die Auswirkung moderner Insektizide auf Säugetiere, Vögel und Insekten.- Anzeiger f. Schädlingskunde 28 (1955) 25 ff.

BRUNZLOW, OTTOKAR (o.J.): Die Verbreitung der Cholera durch das Wasser und die Maßnahmen gegen dieselbe vom sanitätspolizeilichen Standpunkte.- Vierteljahrsschrift für gerichtl. Med. u. öff. Sanitätswesen 2: 3. Folge XIII,2.

BUBENDEY & FRANZIUS (1910): Handbuch der Ingenieurwissenschaften: Entwässerung der Städte. Wasserbau 3. Teil.- Engelmann, Leipzig.

BUCHNER, H. (1893)[#]: Über den Einfluß des Lichtes auf Bakterien und über die Selbstreinigung der Flüsse.- Archiv für Hygiene 17:179-204.

BUCK, H. & S. BUCK (1979): Mikroorganismen in der Abwasserreinigung. 75 Farbfotos, 28 Farbzeichn.- 54 S., (Hirthammer) München.

BUCK, H. (1968): Die Ciliaten des Belebtschlammes in ihrer Abhängigkeit vom Klärverfahren.19 Abb.- Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 5: 206-222, München.

BUCK, H. (1971): Statistische Untersuchungen zur Saprobität und zum Leitwert verschiedener Organismen. 9 Abb.,1 Tab., 41 Lit.- Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 19:14-44, München.

BUCKSTEEG, W. , H. THIELE & K. STÖLTZEL (1955)[#]: Die Beeinflussung von Fischen durch Giftstoffe aus Abwässern.- Vom Wasser 22: 194 ff.SCHUA(185);

BUDDE, H. (1932): Limnologische Untersuchungen niederrheinischer und westfälischer Gewässer. Die Algenflora der Lippe und ihrer Zuflüsse.- Archiv für Hydrobiologie 24:188-252.

BUHL, & KELLER (1881): Die Fäcalienabfuhr Münchens mittelst Eisenbahn.- Braun, Karlsruhe.

BUHL, L. (1865): Ein Beitrag zur Aetiologie des Typhus.- Zeitschrift für Biologie 1: 1 ff.

BULICEK, J. (1952): Die Forschung auf dem Gebiet des Gewässerschutzes.- Wasserwirtschaft & Wassertechnik 2: 258 ff.

BÜLOW, VON K. (1927): Die deutschen Moore.- Hefte Preussisch. Geol. Landesanst. 48:387-424.

BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT (BUWAL) [Hrg.] (1992a)[#]: Koordinierte Biologische Untersuchungen im Hochrhein, Teil I: Makroinvertebraten.- BUWAL: 127 S.

BUNDESAMT fÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT (BUWAL) [Hrg.] (1992b)[#]: Koordinierte Biologische Untersuchungen im Hochrhein, Teil II: Phyto- und Zooplankton.- BUWAL: 87 S.

BUNDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (1988a)[#]: Bestandsaufnahme der Fischfauna im Rhein im Jahr 1988 und im Jahr 1985.- Unveröff. Manuskript, Bern.

BUNDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (1988b)[#]: Fangergebnisse 1987 im Hochrhein.- Unveröff. Manuskript, Bern.

BUNDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (1988c)[#]: Fischeinsätze im Hochrhein.- Unveröff. Manuskript, Bern.

BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (1957)[#]: Gutachten über den biologischen Zustand des Rheinstroms im Bereich der Wasser- und Schiffahrtsdirektion Mainz.- Koblenz.

BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSÖKOLOGIE (1980)[#]: Vegetationskundlich, Gewässerkundlich und Avifaunistisch vorrangig erhaltenswerte Flächen der badischen Rheinaue.- Bad Godesberg.

BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSÖKOLOGIE (1988)[#]: Hochwasserschutzmaßnahmen am Oberrhein im Raum Breisach zur Prüfung der Umweltverträglichkeit.- 148 S., Bonn/Bad Godesberg.

BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR VEGETATIONSKUNDE, NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE (1975)[#]: Ermittlung und Untersuchung der schutzwürdigen und naturnahen Bereiche entlang des Rheins.- Rheinische Landschaften. Schriftenreihe für Naturschutz und Landschaftspflege, H.11: 163 S.

BUNDESVERBAND BÜRGERINITIATIVEN UMWELTSCHUTZ (bbu), Arbeitskreis Wasser (1988): Dokumentation [von Presseberichten u.a.] über die Entwicklung der Schadstoffgehalte in Rheinfischen.- Selbstverlag, Freiburg i. Br.

BURBAUM, J. (1901): Die Fischereiverhältnisse des Mains in alter und neuer Zeit.- Allgemeine Fischereizeitung 26:203-207.

BURCKHARDT, H. & BURGSDORF, H.L. (1964)[#]: Flora des Altrheins bei Xanten und seiner Umgebung. Teil I.- Gewässer und Abwässer, H.37/38: 7-45, Düsseldorf.

BURCKHARDT, H. & BURGSDORF, H.L. (1966)[#]: Flora des Altrheins bei Xanten und seiner Umgebung. Teil II.- Gewässer und Abwässer, H.43: 7-47, Düsseldorf.

BÜRGER, F.W. (1926)[#]: Die Fischereiverhältnisse im Bereich der preussischen Rheinprovinz.- Zeitschrift für Fischerei, 24: 217-399.

BÜRGER, F.W. (1926)[#]: Die Fischereiverhältnisse im Rhein im Bereich der preußischen Rheinprovinz.- Zeitschrift für Fischerei 24:217-399.DO AUSGABE

BÜRGER, F.W. (1936): Rheinfischerei früher und jetzt.- Rheinische Heimatpflege 8:61-66.

BÜRGER, F.W. (1938): Schädigung der Fischerei durch Abwässer.- Rheinische Heimatpflege 10 (1938) 91 ff.

BURGER, H. (1934): Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer.- Mitteilungen Eidg. d. Anst. Forstl. Versuchswesen 18, H. 2).

BURGER, H. (1954): Einfluß des Waldes auf den Wasserhaushalt.- Mitteilungen d. Arb: Kreis. Wald u. Wasser Nr. 1 (Koblenz (1954).

BÜRGER, K. (1979): Der Wandel der Stadtlandschaft zwischen der Jahrhundertwende und heute.- Rheinische Landschaften; Schriftenreihe für Naturschutz und Landschaftspflege, H.16.

BURKHARDT, B. (1897): Die Abfallwässer und ihre Reinigung.- Springer, Berlin.

BÜRKLI-ZIEGLER, A & HAFTER, A (1875a)[#]: Bericht an den Tit. Stadtrath von Zürich über den Besuch einer Anzahl Berieselungsanlagen in England und Paris nebst sachbezüglichen Vorschlägen für Zürich.- Herzog, Zürich, 178 S.

BÜRKLI-ZIEGLER, A (1875b): Ueber die Maassregeln zur Reinhaltung der öffentlichen Gewässer. Bericht an die Gemeindecommission von Zürich und Umgebeung betreffend die in England gemachten Erfahrungen auf diesem Felde.- Herzog, Zürich, 48 S.

BURN, ROBERT SCOTT (1889): Outlines of modern farming. Vol.V: Utilization of town sewage, irrigation reclamation of waste land.- 6.ed., Crosby Lockwood, London.

BUSCH (1905): Die Entwässerung der Stadt Göttingen, unter besonderer Berücksichtigung der neuen Abwässer-Reinigungsanlage dortselbst.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 5:151-174.

BÜSCHENFELD (1997)[#]: Flüsse und Kloaken - Umweltfragen im Zeitalter der Industrialisierung (1870-1918).- Klett-Cotta, Stuttgart: 454 S. (zgl. Diss. Uni Bielefeld, 1994/95).

BÜSCHENFELD, J ÜRGEN (1993): Der Fall einer außerordentlich großen Massenvergiftung von Fischen - Gewässerverschmutzung in Herford 1880-1900.- in:Kreisheimatverein Herford [Hrsg.](1993): Historisches Jahrbuch für den Kreis Herforf.- Verlag f. Regionalgesch. :121-144.

BÜSING, F.W. (1897): Die Städtereinigung. 1. Heft: Grundlagen für die technischen Einrichtungen der Städte.- Bergsträsser, Stuttgart.

BÜSING, F.W. (1897): Die Städtreinigung.- Bergsträsser, Stuttgart.

BÜSING, F.W. (1901): Die Städtereinigung. 2. Heft: Technische Einrichtungen der Städtereinigung.- Bergsträsser, Stuttgart.

BUTSCHEK, V. (1958): Ein Weg in die Zukunft zur Erhaltung des Fischereiertrages und der Berufsfischereiezistenzen am Main.- Festschr. Fischereiverb. Ufr. Würzburg.

BÜTTNER, K. (1922): Die jetzige Verbreitung von Physa acuta DRAP.- Archiv für Molluskenkunde 54: 40-42.

BUTZ, H.(1968): Wasserwirtschaftliche Anpassung.- In: Deutscher Rat für Landespflege: Landespflege am Oberrhein. Berichte über den Ausbau des Oberrheines zwischen Basel und Karlsruhe und seine Landespflegerischen Auswirkungen. Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege, H.10: 5-32.

BUXBAUM, L. (1899): Der Zug der Mainfische im Frühjahr 1898.- Zoologischer Garten 40.

BUXBAUM, L. (1901): Die Fischereiverhältnisse des Mains in alter und neuer Zeit.- Allg. Fischerei-Zeitung 26 (1901).

BUYSCH, H. P. (1976): Belüftung oberirdischer Gewässer durch Zugabe von Luft in den Abstrom von Schiffspropellern.- Wasser und Boden 5: 111 ff.

CANTZLER, A. & SPLITTGERBER, A. (1915a)#: Die Ergebnisse von Rheinwasseruntersuchungen aus den Jahren 1907 bis 1913 auf der Strecke von Mannheim bis Worms.- Wasser u. Gas 5 (21/22): 171-175.

CANTZLER, A. & SPLITTGERBER, A. (1915b)#: Die Ergebnisse von Rheinwasseruntersuchungen aus den Jahren 1907 bis 1913 auf der Strecke von Mannheim bis Worms. (Fortsetzung.).- Wasser u. Gas 5 (23/24): 193-195.

CANTZLER, A. & SPLITTGERBER, A. (1915c)#: Die Ergebnisse von Rheinwasseruntersuchungen aus den Jahren 1907 bis 1913 auf der Strecke von Mannheim bis Worms. (Fortsetzung.).- Wasser u. Gas 6 (1/2): 209-212.

CANTZLER, A. & SPLITTGERBER, A. (1915d)#: Die Ergebnisse von Rheinwasseruntersuchungen aus den Jahren 1907 bis 1913 auf der Strecke von Mannheim bis Worms. (Fortsetzung.).- Wasser u. Gas 6 (3/4): 229-232.

CANTZLER, A. & SPLITTGERBER, A. (1915e)#: Die Ergebnisse von Rheinwasseruntersuchungen aus den Jahren 1907 bis 1913 auf der Strecke von Mannheim bis Worms. (Fortsetzung und Schluß.).- Wasser u. Gas 6 (5/6): 242-249.

CANTZLER, A. & SPLITTGERBER, A. (1916)#: Die Ergebnisse von Rheinwasseruntersuchungen aus den Jahren 1907 bis 1913 auf der Strecke von Marnnheim bis Worms.- Verein für Wasser- und Gaswirtschaft, Vereinsschriften 1: 5-55.

CAPEL, P.D., T. LICHTENSTEIGER & P.H. BRUNNER (1989): The use of sludge-only landfills as historical records of persistent organic chemicals and heavy metals in sewage sludge.- Water Resources 23,4:525-527.

CARBIENER, R. & A. ORTSCHEIT (1987b)#: Wasserpflanzengesellschaften als Hilfe zur Qualitätsüberwachung eines der größten Grundwasservorkommens Europas (Oberrheinebene).- Miyawaki, A. et.al., Vegetation ecology and creation of new environments. Proceedings Internat. Symp. Tokyo: 283-312 (Japan, Tokyo, Tokai Univ. Press).

CARBIENER, R. & E. KAPP (1981)#: La végetation a potamogeton coloratus Vahl, Phytocénose oligotrophe très menacëe des rivières phréatiques du ried d'alsace.- Tüxen, R. (Hrsg.) Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde, Vaduz (J. Kramer).

CARBIENER, R. & M. TREMOLIÈRES (1990)#: The Rhine rift valley groundwater-river interactions: evolution of their susceptibility to pollution.- Regul. Rivers 5:375-89.

CARBIENER, R. (1955)#: Un poisson menacé de disparition dans la plaine du Rhin, par suite de la construction du Grand Canal d'Alsace: L'ombre commun (Thymallus thymallus (L.) = Th. Vexillifer AGASSIZ).- Bulletin de 1'Association Philomatique d' Alsace et Lorraine 10: 27-30.

CARBIENER, R. (1969)#: Le grand Ried d'Alsace.- Bull. Soc. Ind., 734, (1): 15-44, Mulhouse.

CARBIENER, R. (1974)#: Die linksrheinischen Naturräume und Waldungen der Schutzgebiete von Rhinau und Daubensand/Frankreich: eine pflanzensoziologisch-landwirtschaftsökologische Studie.- Natur- u. Landschaftsschutzgebiete Baden Württemberg 7:438-535.

CARBIENER, R. (1976)#: Un exemple de prairie hygrophile primaire juvenile: 1'Oenantho-Lachenalii-Molinietum de la zonation d'atterrissement rhenane resultant des endiguements du 19e siècle en moyenne alsace.- Colloques phytosociologiques, 5, les prairies humides: 13-42, Lille.

CARBIENER, R. (1977)#: Serious Mercury pollution of the rhine and its tributaries in alsace proved by ecological evidence: the role of fish and birds of prey as detectors.- Miyawaki, A. & Tüxen, R. (Editors): Vegetation science and environmental protection: 201-206, Tokyo (Maruzen Co. Ltd.).

CARBIENER, R. (1981)#: Der Beitrag der Hutpilze zur soziologischen und synökologischen Gliederung von Auen- und Feuchtwäldern. Ein Beispiel aus der Oberrheinebene.- Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde, Syntaxonomie, :497-531, Vaduz (J. Kramer).

CARBIENER, R. (1982)#: L'imbrication de la phenologie generative des especes ligneuses dans le Qerco-Ulmetum rhenan d'alsace centrale.- Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde, Struktur und Dynamik von Wäldern, Sonderdruck: 557-590, Vaduz (J. Kramer).

CARBIENER, R. (1983)#: Le grand ried central d'Alsace: ecologie et evolution d'une zone humide d'origine fluviale rhenane.- S.A., Bull. Ecol., 14, Nr.4: 249-277.

CARBIENER, R. (1987a)#: The Rhine River Basin, Its Underground Water Table and Its Susceptibility to Pollution.- Oceans 87, Proceedings (Halifax) 5: 1696-1698.

CARBIENER, R., A. SCHNITZLER & J.M. WALTER (1985)#: Problemes de dynamique forestiere et de definition des stations en milieu alluvial.- Colloques phytosociologiques, 14, Phytosocilogiques et Forestrie: 655-686, Nancy.

CARBIENER, R., E. DILLMANN; E. DISTER & A. SCHNITZLER (1986)#: Variations de compartement et vicariances ecologiques d'especes ligneuses en zone inondable: L'exemple de la plaine du rhin.- Journées d'Hydro1ogie de Strasbourg (CRUES ET INONDATIONS) 10.1986, Université Louis Pasteur, Centre d'etudes et le recherches ecogeographiques: 237-259.

CARBIENER, R., N. OURISSON & A. BERNARD (1974)#: Premières notes sur les relations entre la répartition des champignons supérieurs et celle des groupments végétaux dans les forêts de la plaine d'Alsace entre Strasbourg et Sélestat.- Bulletin de la société d'histoire naturelle de Colmar, Vol.55: 3-36.

CARELL, B, S. FORBERG, E. GRELIUS, L. HENRIKSON, A. JOHNEIS, U.LINDH, H. MUTVEI, M. OLSSON, K. SVÄRDSTRÖM & T.WEST (1987)#: Can mussel shels reveal envrionmental history?.- Ambio 16,1:2-10.

CARL, A. (1939): Stand der lanwirtschaftlichen Abwasserverwertung.- Gemeindetag 33: 280-283.

CARPENTER, ALFRED (1876): Die Kraft des Bodens und der Luft in Verbindung mit Vegetation, das Canalwasser zu reinigen.- Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 8: 183.

CARPENTER, ALFRED (1877): Die praktische Erfahrung über das Erdcloset.- Public Health VI: S 486.

CASPERS H. (1953): Die Bodentierwelt und Biologie des Hamburger Alsterbeckens und der Stadtkanäle.- Mitteilungen d. Hamb. Zool. Mus. 52 (1953) 9 ff.

CASPERS, N. (1980a)#: Die Makrozoobenthos-Gesellschaften des Hochrheins bei Bad Säckingen.- Beiträge naturk. Forsch. Südw.Dtl. 39: 115-142.

CASPERS, N. (1980b)#: Die Makrozoobenthos-Gesellschaften des Rheins bei Bonn.- Decheniana, Bonn 133:93-106.

CASTELL RÜDENHAUS, ADELHEIT GRÄFIN ZU (1990): Die "gewonnenen Jahre". Lebensverlängerung und soziale Hygiene. Die Hamburger Cholera-Epidemie von 1892.- in: August Nitschke u.a. [Hrsg.]: Jahundertwende. Der Aufbruch in die Moderne 1880-1939 Bd.1, Reinbek bei Hamburg: 147-175.

CENTRALBUREAU FÜR METEROLOGIE UND HYDROLOGIE´IM GROßHERZOGTHUM BADEN (1887): Der Binnenflußbau.- Beiträge zut Hydrographie des Großherzogtums Baden 5.

CENTRALBUREAU FÜR METEROLOGIE UND HYDROLOGIE´IM GROßHERZOGTHUM BADEN (1889): Der Rheinstrom und seine wichtigsten Nebenflüsse von den Quellen bis zum Austritt des Stromes aus dem Deutschen Reich.- Beiträge zur Hydrographie des Großherzogtums Baden.

CHADWICK, E. (1842)#: Report on the Sanitary Condition of the Labouring Population of Great Britain.- BPP (HL-) Vol XXVI (Reprint: IUPS, Health, General 3).

CHAMBERLAIN, JOSEPH P. (1923): Regime of the International Rivers: Danube & Rhine. LC 68-57565. (Columbia University Studies in the Social Sciences: No. 237). Repr. of 1923.- A M S Press, Incorporated.

CHILD, G.W. & R. RUGE (1866): Die Canalisierung der Städte. Vom Standpunkt der neuesten Forschungen (Übersetzung).- Berlin.

CHRÉTIEN, J (1881): Les odeurs de Paris.- Baudry, Paris.

CLASSEN, HUGO (1889): Neue Untersuchungen über die Grenzen und hydrometrischen Werte der Selbstreinigung fließender Gewässer.- Leineweber, Leipzig: 26 S.

CLASSEN, HUGO (1891)#: Die unheilvollen Irrtümer und Widersprüche des Herrn Professors Dr. von Pettenkofer in der Städtereinigungsfrage.- Deckers, Berlin.

CLASSEN, HUGO (1892): Bedenkliche Folgen der Schwemmkanalisation.- Zeitschrift des landw. Vereins in Bayern (8). Pössenbächer, München.

CLASSEN, HUGO (1893): Denkschrift betr. die Beseitigung und Verwertung aller Abfallstoffe der freien und Hansestadt Hamburg.- Hamburg.

CLASSEN, HUGO (1897)#: Kompostbereitung mit Torfmull.- Gesundheit 22.

CLASSEN, HUGO (1898a)#: Neue Untersuchungen über die Grenzen hydrometrischen Werte der Selbstreinigung fliessender Gewässer.- Gesundheit 23 (24): 375-384 (Zeitschrift für öffentliche und private Hygiene).

CLASSEN, HUGO (1898b)#: Zur Selbstreinigung der Flüsse.- Gesundheit 23 (1): 1-3 (Zeitschrift für öffentliche und private Hygiene).

CLASSEN, HUGO (1898c)#: Städtereinigung.- Vortrag, Leipzig.

CLASSEN, HUGO (1899a)#: Gutachten über die drohende Verunreinigung des Rheinstroms.- Gesundheit 24: 51-58, Leineweber, Leipzig.

CLASSEN, HUGO (1899b): Neue Untersuchungen über die Grenzen und hydrometrischen Werte der Selbstreinigung fließender Gewässer.- Leipzig: Leineweber.

CLASSEN, HUGO (1901): Bedeutungsvolle Fortschritte in der Unterbringung der städtischen Abfallstoffe.- Oesterreich. Moorzeitung 9-11.

CLASSEN, HUGO (1903): Zur Lehre von den Abwässern.- Zeitschrift für Gewässerkunde 6.

CLASSEN, HUGO (o.J.): Erfahrungen über Torfstreu und Torfmull mit Bezug auf Städtereinigung und Flußverpestung.- Verlag des Deutsch-Oestereich. Moorvereins in Staal, Deutsche agrarische Druckerei, Prag.

CLESSIN, S. (1908): Die Molluskenfauna des Rheinauswurfs bei Speyer.- Nachr. -bl. dt. Malakozoologischen Gesell. 40: 120-127.

CLOWES, FRANK (1902): Bacterial treatment of crude sewage: fourth report by Dr. Clowes.- Truscott, Suffolk Lane.

COHEN, L. ALI (1869): Handbock der openbare Gezondheitsregeling en der geneeskundige politie, met het oog op de behoeften en de wetgeving van Nederland.- Wolters, Groningen 578 u. 652 S.

COHN, F. (1853)#: Über lebendige Organismen im Trinkwasser.- Günsburg'sche Zeitschr. klin. Med. 4: 229-237.

COHN, F. (1870)#: Über den Brunnenfaden (Crenotbrix polyspora) mit Bemerkungen über die mikroskopische Analyse des Brunnenwassers. 20 Abb.- Beiträge zur Biologie der Pflanzen 1,1:108-132.

COHN, F. (1882)#: Gutachten über die Abwässer verschiedener Rübenzuckerfabriken im Winter 1881, erstattet aufgrund mikroskopischer Untersuchungen.- Beiheft zur Zeitschrift des Vereins für die Rübenzuckerindustrie des deutschen Reiches: 21 ff.

COHN, F. (1886a): Gutachten über die Abwässer verschiedener Zuckerfabriken, erstattet aufgrund mikroskopischer Untersuchungen im Winter 1884/85.- Magdeburg.

COHN, F. (1886b): Ergebnisse der in der Campagne 1884 bis 1885 angestellten amtlichen Versuche über die Wirksamkeit verschiedener Verfahrungsweisen zur Reinigung der Abflußwässer aus Rohrzuckerfabriken.- Zeitschrift der Ver. f. Rübenzuckerindustrie d. dtsch. Reiches. Magdeburg.

COHN, F. (1888): Bericht über die mikroskopische Untersuchung der nach dem Hulwaschen Verfahren gereinigten Fabrikabwässer der Zuckerfabrik Waizenroden in Schlesien.- Beiheft zur Zeitschrift des Vereins für die Rübenzuckerindustrie des deutschen Reiches.

CONRAD, M. (1900): Gutachten über die zeitweilige Verunreinigung des Mains zwischen Aschaffenburg und Kleinostheim.- Aschaffenburg: Wailandt AG.

CONRAD, M. (1903): Bericht über die Verunreinigung des Mains durch die Abwässer der Cellulose-Papierfabriken in Aschaffenburg und Stockstadt.- Aktenunterl. d. Zellstoffwerke Aschaffenburg.

CONRATH, W. & FALKENHAGE, B. (1976)#: Die Invertebratenfauna des Rheins nach einer Besammlung im September 1976.- Staatsexamens-Arbeit, Universität Mainz, 84 S.

CONRATH, W. (1977)#: Die Invertebrata-Fauna des Rheins nach einer Besammlung im September 1976.- Diplomarbeit (zusammen mit B. Falkenhage), 84 S., Universität Mainz, Fachbereich Biologie.

CONRATH, W., B. FALKENHAGE & R. KINZELBACH (1977)#: Übersicht über das Makrozoobenthon des Rheins im Jahre 1976.- Gewässer und Abwässer 62/63: 63-84.

CONTAG, E. (1961)#: Fischerei im Hochrhein.- Allg. Fischerei-Ztg. 86: 291-294.

CORBIN, A. (1984)#: Pesthauch und Blütenduft - Eine Geschichte des Geruchs.- Berlin (Französische Originalausgabe: Paris 1982).

CORFIELD, W. H (1887): The treatment and utilisation of sewage.- 3.ed., Macmillan, London.

COSTNER, PAT (1986): We all live downstream - For everyone who wants clean water ... A guide to waste treatment that stops water pollution.- Waterworks Publishing Company, Eureka Springs, Arkansas.

COTTAM, C. & HIGGINS, E. (1947): DDT and its Effect in Fish and Wildlife.- Journal Econ. Ent. 39 (1947) 35 ff.

CREMER, E. (1938): Beitrag zur Kenntnis der Ephemeropterenfauna Westdeutschlands.- Decheniana 97 B: 147-167.

CRIMP, W & SANTO (1894): Sewage disposal works.- 2. ed., Griffon, London.

CRONHEIM, W. & SCHIEMENZ, P. (1901): Die Schädigung der Fischerei in der Obra durch die Stärkefabrik in Bentschen.- Zeìtschrift für Fischerei 9.

CUNO (1892): Denkschrift betreffend die Regulierung des Rheins von Mainz bis Bingen.- .

CZENSNY, R. (1929): Nachweis von Verunreinigungen der Fischgewässer durch Teer- u. phenolhaltige Abwässer.- Vom Wasser 3 (1929).

CZENSNY, R. (1934): Kupferhaltige Abwässer, ihre Wirkung und ihr Nachweis im Vorfluter.- Vom Wasser 8: 163 ff.

CZENSNY, R. (1947)#: Untersuchungsverfahren zur chemischen Wasseranalyse.- Schriftenreihe der Reichsanstalt für Fischerei Bd. 1, Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart: 98 S.

CZERNIN-CHUDENITZ, C.W. (1958)#: Limnologische Untersuchungen des Rheinstromes. Bd. 3. Quantitative Phytoplanktonuntersuchungen.- Forschungsberichte des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums Nordrhein-Westfalens, Nr. 536, 264 S., Opladen.

DAHME,H. (1964): Bayer. Wassergesetz 1962.- München: Dtsch. Gemeindeverlag.

DALLA TORRE,K. W. V. (1905): Berichte über die Literatur der biologischen Erforschung des Süßwassers in den Jahren 1901u. 1902.- Forsch. Berichte der Biol. Stat. Plön 12(1905). 282.

DANCKWERTS (o.J.): Denkschrift betr. die Bildung einer Wasser-Genossenschaft zur landwirtschaft. Ausnutzung der Kanalisationsabwässer der Stadt Königsberg.- Leineweber, Leipzig.

DANKLER, M. (1899): Der Rheinlachs oder Salm.- Natur 48: 353-356.

DARAPSKY, L. (1903): Tage- oder Tiefenwasser ?.- Leineweber, Leipzig.

DARSCHNIK, S. & D. LONDONG (1995)#: Die Gewässer im Emscherraum.- Natur und Landschaft 70 (19):467-473.

DEGEN, EDUARD (1925): Die städtischen Abwässer in ihrer volkswirtschaftlichen Bedeutung.- Diss. Köln.

DEGENER, PAUL (1894): Die Forderungen der Hygiene an die Beseitigung städtischer Kanalwässer durch Berieselung.- Jaeger, Frankfurt a.M.

DEGENER, PAUL (1899): Das Kohlebrei-Verfahren: zugleich eine Entgegnung auf die gleichlautende Schr. d.Hr.Prof.I.H.Vogel.- Leineweber, Leipzig.

DEGENER, PAUL (1901): Das Kohlebrei-Verfahren II: zugleich eine Erwiderung auf die Abhandlung des Herrn Dr. Kröhnke..- Leineweber, Leipzig.

DEGENER, PAUL (1901): Prinzipien der Städtereinigung.- Leineweber, Leipzig: 39 S.(u. Vortrag gehalten am 20.2.1901 in der Fachgruppe für Gesundheitstechnik des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins in Wien, Leipzig).

DEJONC, JOSEPH (1904)#: Vergleichende Bestimmungen des Keimgehalts des Wassers.- Diss., Kaiser-Wilhelm-Uni, Straßburg, Müh & Cie;.

DELBRÜCK, E. (1868): Mittheilungen über die Cholera in Halle 1867.- Zeitschrift für Biologie 4: 231ff.

DELHOTEL, E (1893): Traité de l'épuration des eaux naturelles et industrielles.- Librairie Polytechn., Paris.

DEMMERLE, S. D. (1966): Über die Verschmutzung des Rheines von Schaffhausen bis Kaiserstuhl.- Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 111: 155-224.

DEMOLL, R. & L. SCHEURING (1933): Gutachten über die Verunreinigung der Saale von ihrem Eintritt in Thüringisches Gebiet bis nach Hohenwarta.- Sonderdruck.

DEMOLL, R. (1935): Das Bayer. Wassergesetz in Beziehung zur Wasser- u. Abwasserwirtschaft.- Allg. Fischerei Zeitung 60(1935).

DEMOLL, R. (1940): Über die biologischen Grenzen der landwirtschaftlichen Verwertung städtischer Abwässer.- Gesundheits-Ingenieur 63.

DEMOLL, R. (1954): Viren, Hormone, Wuchsstoffe und Antibiotika im Abwasser.- Wasser/Abwasser 95: (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

DENKLER, HORST (1980)#: Nachwort zu "Pfisters Mühle".- in: Raabe, W.: Pfisters Mühle, Reclam: 225-251.

DESCHNER, K. (1966): Das Jahrhundert der Barbarei.- München: Kurt Desch.

DIBDIN, W. -J. (1903): Purification of sewage and water.- 3. ed., Sanitary Publ.Off., London.

DIBDIN, W.-J. (o.J.): Report by the Chemist on the Experiments on the Filtration of Sewage effluent during the years 1892.- London.

DIECK, A. (1879)#: Die naturwidrige Wasserwirtschaft der Neuzeit, ihre Gefahren und Nachtheile.- Wiesbaden: Chr. Limbarth.

DIENEL, HANS-LIUDGER (1992): Herrschaft über die Natur ? Naturvorstellungen deutscher Ingenieure 1871-1914.- Steiner Verlag, Stuttgart: 160 S.

DIETRICH, B. (1955): Die synthetischen Netz- und Waschmittel.- Wasser/Abwasser 96: 391ff. (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

DINGLER, H. (1900): Gutachten zur Pilzverunreinigung des Mains in Aschaffenburg.- Unterl. d. Zellstoff-AG Aschaffenburg.

DIRLMEIER, U. (1987)#: Zu den Lebensbedingungen in der mittelalterlichen Stadt: Trinkwasserversorgung und Abfallbeseitigung.- in: B. Herrmann: Mensch und Umwelt im Mittelalter: 150-159.

DIX, ANDREAS (1997)#: Industrialisierung und Wassernutzung: eine historisch geographische Umweltgeschichte der Tuchfabrik Ludwig Müller Kuchenheim.- Rheinland-Verlag, Köln: 344 S. (zgl. Dis.. Uni Bonn).

DOELL (1908): Dienstvorschriften und Dienstaufträge für Fischmeister.- Parey, Berlin.

DOELL,V. (1903): Die Verunreinigung der Gewässer in Elsaß-Lothringen, ihre Bedeutung für die öffentliche und militärische Hygiene, die Landwirtschaft, die Industrie, die Fischzucht wie Fischerei.- Vortrag, gehalten in der Generalversamnlung der Elsässischen Fischerei-Vereine zu Straßburg am 20. September 1903. Straßburg.(Druck v. Du Mont-Schauberg).

DOLGOV, G. J. & J. J. NIKITINSKIJ (1927): Gidrobiologicestkie metody issledovanija: Ottisk iz Knigi "Standartnye metody issledovanija pitevycb: stocnych vod".- 70 S., Moskau.

DÖNNI, WERNER (1993)#: Verteilungsdynamik der Fische in einer Staustufe des Hochrheins.- Diss. (Nr.10287) ETH, Zürich:195 S.

DÖRR, H. (1938): Reichsplanung und Naturschutz unter besonderer Berücksichtigung der Lage am Mittelrhein.- Naturschutz, 19: 35-41.

DOSCH, L. (1899)#: Die Fischwasser und Fische des Großherzogtums Hessen mit Einschluß der Teichwirtschaft und Gesetzeskunde.- 152 S., E. Roth, Stuttgart (Gießen).

DOST, K. & R. HILGERMANN (1908): Taschenbuch für die chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser.- Jena: Fischer.

DOST, K. (1906): Die Löslichkeit des Luftsauerstoffs im Wasser.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 6:168-171.

DOST, K. (1907): Die Volumenbestimmung der ungelösten Abwasserbestandteile und ihr Wert für die Beurteilung der Wirkung von Abwasserreinigungsanlagen.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 8: 203 ff.

DOUDOROFF, P. & WARREN, C. E. (1957): Biological indices of water pollution, with special reference to fish populations.- Biolological Problems in Wat. Pollut. R. A. Taft San. Eng. Center, Cincinnati, Ohio. pp 144-63.

DUNBAR (1899)#: Zur Frage über die Natur und Anwendbarkeit der biologischen Abwasserreinigungsverfahren, insbesondere des Oxydationsverfahrens.- Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege 31 (1,4) Vieweg, Braunschweig.

DUNBAR (1900)#: Zur Frage über die Natur und Anwendbarkeit der biolog. Abwasserreinigungsverfahren.- Schilling's Journal f Gasbeleuchtung und Wasserversorgung.

DUNBAR (1907): Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage.- Oldenbourg, München.

DUNBAR (1912): Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage.- 2. Aufl., München (unveränderter Nachdruck von 1954).

DUNBAR (o.J.): Beitrag zur Kenntnis des Oxydationsverfahrens zur Reinigung von Abwasser.- .

DUNBAR, W. P. & THUMM (1902): Beitrag zum derzeitigen Stande der Abwasserreinigungsfrage mit bes. Berücks. d. biol. Reinigungsverf.- Oldenbourg, München, Berlin.

DUNBAR, W.P. & ROECHLING, H ALFRED (1899): Die Behandlung städtischer Spüljauche mit besonderer Berücksichtigung neuerer Methoden.- Vieweg, Braunschweig.

DÜNKELBERG, (1876): Die Technik der Berieselung mit städtischem Canalwasser, seine Reinigung und Verwerthung.- Hochgürtel, Bonn.

DÜNKELBERG, FRIEDRICH W. (1900): Die Technik der Reinigung städtischer und industrieller Abwasser durch Berieselung und Filtration.- Vieweg, Braunschweig.

DUPUY, G. & J.A. TARR (1982): Sewer and Cities: Frame History U.S. comp.- Journal of the Environmental Engineering Division, Proceedings Am. Soc. Civ. Engin.108: 327-338.

DURAND-CLAYE, ALFRED (1875)#: Assainissement de la Seine.- in:Annales d`Hygiène publique et de Mèdicine lègale, deuxième série XLIV:241-292 (in deutscher Übersetzung als Anhang III zu Reinigung und Entwässerung Berlins).

DURAND-CLAYE, ALFRED (1888): Examen des systèmes Waring & Shone pour l'evacuation des eaux d'ègout.- Dunod, Paris.

DURAND-CLAYE, M. L. (1877): L'épuration des eaux d'égout de la ville de Reims.- Dunod, Paris.

DÜTSCHKE (1906)#: Zusammenstellung der in den deutschen Bundesstaaten bestehenden wichtigeren gesetzlichen Vorschriften über die Reinhaltung der Gewässer.- in: Salomon: Die städtische Abwasserbeseitigung in Deutschland:521-534.

DUYK, M. (1902): L'epuration des eaux d'égouts en Belgique par la méthode chimicobiologique.- Golmaere, Bruxelles.

DVFöG (1878): Bericht über die 5. Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege vom 25.-27. September 1877 in Nürnberg.- DVföG 10.

EBEL, ULRICH (1997)#: "Klient" Hochwasser - (k)ein Fall für die Versicherungswirtschaft ?.- in: Immendorf, R. [Hrsg.]: Hochwasser, Natur im Überfluß?, C.F.Müller Verlag, Heidelberg: 211-222.

EBELING, G. & SCHRÖDER, K. (1929): Über freies aktives Chlor im Wasser und seine Wirkung auf Fische und andere Wasserorganismen.- Zeìtschrift für Fischerei 27: 417 ff.

EBELING, G. (1928): Über die Giftigkeit einiger Schwermetallsalze an Hand eines Falles aus der Praxis.- Zeìtschrift für Fischerei 26: 49 ff.

EBELING, G. (1932): Untersuchungen über die Wirkung von Zellstoffabrikabwässern auf Fische und Fischnährtiere.- Zeìtschrift für Fischerei 30: 341 ff.

EBELING, G. (1940): Versuche über die Wirkung phenolhaltiger Abwässer im Zusammenhang mit Rheinuntersuchungen auf der Strecke Mainz bis Emmerich in den Jahren 1935-1937.- Vom Wasser 14: 81-91.

EBELING, G. (1957): Über die Wasserbeschaffenheit eines mit Abwässern belasteten, kanalisierten Flußablaufes - Beispiel Neckar.- Vom Wasser 24: 247 ff.

EBERTS (1910): Einiges über die Verunreinigung der Gewässer.- Fiserrei-Zeitung 51(13).

ECKOLDT, M. (1953): Die Entwicklung des Kanalbaues.- Wasserwirtschaft 43:32 S.

ECKOLDT, M. (1962): Die künstliche Belüftung der Flüsse.- Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 1: 1 ff.

ECKOLDT, M. (1962): Temperatur u. Sauerstoffverhältnisse an einem kanalisierten Fluß nach Messungen am kanalisierten Neckar.- Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen. d. Tagung Trier (1962).

EGELING, L.J. (1874): Das Liernur'sche System in Holland.- Public Health 2:305.

EGERTON, FRANK N. (1977): A bibliographical guide to the history of general ecology and population ecology.- Hist. sci. 15: 189-215.

EGGER, E. (): Zweiter Rechenschaftsbericht des Chemischen Untersuchungsamtes für die Provinz Rheinhessen.- Zabern, Mainz: 69 S.

EGGER, E. (1884): Die wechselnde Zusammensetzung des Rheins und Mains bei Mainz im Jahre 1882/83. Erster Rechenschaftsbericht des Chemischen Untersuchungsamtes für die Provinz Rheinhessen.- Zabern, Mainz: 61 S.

EGGER, E. (1885): Die wechselnde Zusammensetzung des Rheins und Mains bei Mainz im Jahre 1884.- 2. Rechenschaftsbericht des chemischen Untersuchungsamts für die Provinz Rheinhessen, Mainz.

EGGER, E. (1908): Beiträge zur hydrochemischen Untersuchung des Rheins und seiner hauptsächlichsten Nebenflüsse (I. Rhein, II. NECKAR, III. Nahe, IV. Lahn).- Notizblatt des Vereins für Erdkunde und der Großherzoglichen Geologischen Landesanstalt Darmstadt 29: 105-146.

EGGER, E. (1909): Beiträge zur hydrochemischen Untersuchung des Rheins und seiner hauptsächlichsten Nebenflüsse (I. Rhein, II. Neckar, III. Nahe, IV. Lahn).- Notizblatt des Vereins für Erdkunde und der Großherzoglichen Geologischen Landesanstalt Darmstadt 30: 87-127.

EGGER, F. (1938): Neue Erfahrungen bei der Rhein- und Neckarwasseruntersuchung oberhalb und unterhalb Mannheims.- Gesundheits-Ingenieur 61 (20): 273-276.

EGGER, F. (1951): Droht am Ober- u. Mittelrhein eine Versalzung des Flußwassers ?.- Wasser/Abwasser 92: 16 ff. (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

EGGERS, GERHARD (1936): Wasserversorgungstechnik im Altertum.- Technikgeschichte 25:1-25.

EHLERS, G. (1936): Die Wasserversorgung der deutschen Städte im Mittelalter.- Technikgeschichte 25(1936) 13ff.

EHRENBAUM, E. (1895): Statistische und biologische Untersuchungen an in den Niederlanden gefangenen Lachsen.- Mitteilungen d. deutschen Seefischerei-Vereinigung, 57 S.

EHRENBERG, R. (1838)#: Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen.- Berlin.

EHRENZELLER (o.J.): Die Hamburgischen biologischen Abwasserreinigungsanlagen, insbesondere die Abwasserreinigungsanlage.- .

EIDEL, K (1933)#: Beiträge zur Biologie einiger Bäche des Schwarzwaldes mit besonderer Berücksichtigung der Insektenfauna der Elz und Kinzig.- Archiv für Hydrobiologie 25:543-615.

EIDEL, K. (1937)#: Beiträge zur Insektenfauna des Rheins.- Beiträge zur naturkundlichen Forschung Südwestdeutschlands 2:40-48.

EITELWEIN, ROTHE & GUNTHER. (1826): Gutachten der Kgl. Preuß. Oberbau-Deputation vom 14. Juli 1826 an das königl. preuß. Minist. d. Innern. Berlin 14. Juli 1826;.- Abschrift im Bayer. Hauptstaatsarch. 5656.

ELSTER, H.-J. (1966): Über die limnologischen Grundlagen der biologischen Gewässerbeurteilung.- Verhandl. IVL 16(1966) 759ff.

EMDE, W. V. D. (1959): Die Abwasserreinigung in England.- Städtehygiene 9.

EMICH (1885)#: .- Sitzungsberichte der math.-naturw. Klasse der Königlichen Academie zu Wien 91: 67ff.

EMMERICH, RUDOLF (1892): Über Wasser-Klosett-Anlagen.- Riedel, München.

EMMERLING, O (1902): Die Zersetzung stickstofffreier organischer Substanzen durch Bakterien.- Vieweg, Braunschweig.

EMMERLING, O. & R. KOLKWITZ (1914): Chemische und biologische Untersuchungen über die Innerste.- Mitteilungen aus der Königlichen Landesanstalt für Wasserhygiene 19:167-194.

ENDRISS, G. (1950): Die künstliche Bewässerung im Schwarzwald und in der Oberrheinebene.- Statistik in Baden 1:34-58.

ENDRISS, G. (1952): Die künstliche Bewässerung im Schwarzwald und der angrenzenden Gebiete.- Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i.Br. 42(1):77-109.

ENDRISS, G. (1954): Von den Freiburger Stadtbächle.- Nachrichtenblatt der öffentlichen Kultur- udn Heimatpflege im Regierungsbezirk Südbaden 5:60-61.

ENGELKE, ROLF (1995)#: Flußverunreinigung - Problemwahrnehmung, Erklärungsversuche und Lösungsansätze am Beispiel der Mainverschmutzung.- Geschichte lernen 47: 45-46.

EPPLER, G. (1988)#: Charakterisierung der benthischen Zoozönosen am Hoch- und Oberrhein.- Diplomarbeit, Technische Hochschule Darmstadt (Fachbereich Biologie): 134 S.

ERHARD, HEINRICH (1927): Der Ingenieur in der Städtereinigung.- Gesundheits-Ingenieur 50: 975 f.

ERHARD, HEINRICH (1954): Aus der Geschichte der Städtereinigung.- Stuttgart, Köln.

ERNST, T. (1932): Der Salmenfang bei St. Goar und St. Goarshausen im 18. Jahrhundert.- Alt-Nassau 12.

ESMARCH, ERWIN VON (1896): Hygienisches Taschenbuch.- Springer, Berlin.

ESSER, BIRGIT (1998)#: Methodik zur Entwicklung von Leitbildern für Fließgewässer - Ein Beitrag zur wasserwirtschaftlichen Planung.- Diss. Bonn: 111 S. (+Anhang).

EULENBERG (1877): Superarbitrium der kgl. wissensch. Deputation für das Medicinalwesen über das Project der Abführung aller menschlichen Excremente in die städtischen Canalisationsanlagen und durch diese in den Rhein.- Vierteljahresschrift für gerichtliche Medizin 27: 474.

EULENBERG, H (1876): Gutachten der Königlichen wissenschaftlichen Deputation für das Medicinalwesen in Preußen über die Canalisation der Städte.- Vierteljahrsschrift für gerichtl. Med. u. öff. Sanitätswesen, Suppl. 49 , Berlin.

EULENBERG, H (1883a)#: Gutachten der Königlichen wissenschaftlichen Deputation für das Medicinalwesen über die Canalisation der Stadt Cöln.- Vierteljahrsschrift für gerichtl. Med. u. öff. Sanitätswesen, Suppl. 39: 68-78 (Berlin).

EULENBERG, H (1883b): Liernur's Städtereinigungs-System.- .

EULENBERG, H (1883c): Gutachten der Königl.wiss.Deputation f.d.Medicinalreform in Preussen über die Canalisation der Städte.- Hirschwald, Berlin.

EULENBERG, H. [HRSG.] (1884): Gutachten der Königlichen wissenschaftlichen Deputation für das Medicinalwesen in Preußen betr. d. Liernur'sche Reinigungsverfahren in Städten.- Vierteljahrsschrift für gerichtl. Med. u. öff. Sanitätswesen, Suppl. 40, Berlin.

EVANS, J.E. (1990)#: Tod in Hamburg.- Rowohlt, Reinbeck b. Hamburg (Englische Originalausgabe 1987).

EWICH, OTTO (1871): Städtereinigung und Wasserversorgung: eine Warnung vor englischen Zuständen.- Georgi, Bonn.

EWICH, OTTO (1872): Bericht über Ausführung und Problem des Liernurschen Systems in Amsterdam und Leiden.- Monatsblatt für medizinische Statistik 3 (Reiner, Berlin).

EWICH, OTTO (1873): Schwemm-Canäle oder Liernur ? Der heutige Standpunkt der Städtereinigungs-Frage.- Correspondenz-Blatt des Niederheinischen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege, Mayer (Köln & Leipzig) 2: 78 u. 159.

EWICH, OTTO (1878): Der heutige Standpunkt der Städtereinigungsfrage. Referat, erstattet im Internationalen Verein gegen Verunreinigung der Flüsse, des Bodens und der Luft.- Elberfeld, Loll: 8S.

FABER, MALTE, FRAN JÖST, REINER MANSTETTEN & GEORG MÜLLER-FÜRSTENBERGER (1996)#: Kuppeproduktion und Umweltpolitik: Eine Fallstudie zur Chlorchemie und zur Schwefelsäureindustrie.- Journal für praktische Chemie 338: 497-505.

FABER, MALTE, REINER MANSTETTEN & GEORG MÜLLER-FÜRSTENBERGER (1993)#: Ökologische Herausforderung für die chemische Industrie.- Ruperto Carola 2/93:30-35

FABRICIUS (1879): Die Rheinischen Auewaldungen.- Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 55: 84-88.

FADEJEFF, ANATOL A. (1886): Die Unschädlichmachung der städtischen Kloakenauswürfe durch den Erdboden: Versuche, die in den Jahren 1881-1884 an der land- u.forstwirtsch.Akademie Petrowsky bei Moskau ausgeführt wurden.- Scholtze, Leipzig.

FAENSEN, ANNA [HRSG.]; GARBRECHT, GÜNTHER [MITVERF.] (1986): Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene <Berlin, West> / Bibliothek - 85 [Fünfundachtzig] Jahre WABOLU, 85 Jahre Bibliothek - [1901 - 1986].- WABOLU, Berlin: 178 S.

FAHL, ANDREAS (1987)#: Die Qualität des Trinkwassers.- in: Lühning [Red.]:Frisches Wasser - kulturgeschichtl. Aspekte d. häusl. Wasserversorgung in Schleswig-Holstein seit d. Mittelalter, Juli - Dezember 1987, Volkskundl. Gerätesammlung d. Schleswig-Holstein. Landesm. in Schleswig, Schloss Gottorf: 23-25

FAIR, G.M. ,MOORE, E.W. & THOMAS, H. A. (1941): The natural purification of river muts and pollutional sedi-

ments.- Sewage works Journal 13 270ff., 756ff. und 1209ff.

FARMSTEINER, (1902): Leitfaden für die chemische Untersuchung von Abwasser.- Oldenbourg, München.

FARR, (1877): Ueber die Gesetze der Verunreinigungen.- Public Health VII: 127.

FARRE, W (1907): Zur Frage Schlammverzehrung in der Faulkammer.- Gesundheits-Ingenieur.

FEGEBEUTEL, AD (1870): Die Kanalwasser-(Sewage) Bewässerung oder die flüssige Düngung der Felder im Gefolge der Kanalisation.- Kafemann, Danzig.

FEGEBEUTEL, AD (1874): Die Canalwasser- (Sewage) Bewässerung in Deutschland ..Beobachtungen auf d.Canalwasser-Beries-Statio.- Kafemann, Danzig.

FEHLMANN, W. (1926): Die Ursachen des Rückganges der Lachsfischerei im Hochrhein.- Beil. Jahrbuch Kantonschule Schaffhausen.

FEHLMANN, W. (1935): Von der Rheinfischerei.- Fischer 35.

FELBER, J. (1908)#: Die Trichopteren von Basel und Umgebung mit Berücksichtigung der Trichopteren-Fauna der Schweiz.- Diss. Univ. Basel:90 S. (Archiv f. Naturgeschichte 74: 199-282).

FELKEL, K. (1972a)#: Das Sohlenkorn des Rheins zwischen Straßburg und Bingen.- Mitteilungen des Bundesamts für Wasserbau, 32: 77-87

FELKEL, K. (1972b)#: Die Wechselbeziehungen zwischen der Morphogenese und dem Ausbau des Oberrheins.- Jahresberichte und Mitteilungen des Oberhessischen geologischen Vereins, 54: 23-44, Stuttgart.

FELKEL, K. (1977)#: Die Problematik der Sohlenerosion des Oberrheins.- Zeitschrift für Binnenschiffahrt und Wasserstraßen 8:363-374.

FELKEL, K. (1987)#: Acht Jahre Geschiebezugabe am Oberrhein.- Wasserwirtschaft 4: 181-185.

FELKEL, K., KUHL, D. & STEITZ,K. (1977)#: Naturversuche mit künstlicher Geschiebezuführung zwecks Verhütung der Sohleneintiefung des Oberrheins (Freistetter Versuche).- Wasserwirtschaft, H.5: 119-125.

FERMI, CLAUDIO (1891): Über die Reinigung der Abwässer durch Elektrizität.- Archiv für Hygiene 13: 207-228.

FETZNER, C. (1935): Die Wollhandkrabbe im Rhein auf nassauischem Gebiet.- Jahrbuch des Nassauischen Vereins für Naturkunde, 82: 61-62.

FICHER, KARL (1938): Die Grundgedanken der städtischen Wasserversorgungspolitik im Mittelalter.- Wasser/Abwasser 25: 198-200.

FICKERT, C. (1894): Die Fische Süddeutschlands.- 33 S. J. Weise's Kgl. Hofbuchhandlung, Stuttgart.

FISCHEL, ALEXANDER (1911): Zur Reform des Wasserrechts.- Duncker & Humblot, Leipzig.

FISCHER, ALFONS (1913): Grundriß der sozialen Hygiene.- Berlin.

FISCHER, ALFONS (1932): Briefe Max v. Pettenkofers an den Münchner Bürgermeister Erhard.- Münchener Medizinische Wochenschrift 43: (Sonderdruck).

FISCHER, BERNHARD (1893): Jahresbericht des Chemischen Untersuchungsamtes der Stadt Breslau für die Zeit vom 1.April 1892 bis 31.März 1893. (+ 1894-95(1896); 1895-96(1897).- Morgenstern, Breslau.

FISCHER, FERDINAND (1874)#: Ueber die Verunreinigung der Flüsse durch lndustrie- und städtische Abfallstoffe und die Mittel dagegen.- Dinglers Polytechnisches Journal 211.

FISCHER, FERDINAND (1875): Die Verwerthung der städtischen und Industrie-Abfallstoffe.- Quandt&Händel, Leipzig.

FISCHER, FERDINAND (1875): Die Verwerthung der Städtischen und Industrie-Abfall-stoffe - Mit besonderer Rücksicht auf Desinfection, Städtereinigung, Leichenverbrennung und Friedhöfe.- Leipzig.

FISCHER, FERDINAND (1876): Die Verwertung der städtischen und Industrie-Abfallstoffe.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 8: 706.

FISCHER, FERDINAND (1876): Verwertung der menschlichen Excremente zu Brennmaterial und Leuchtgas.- Zeitschrift d. Ver. der Ingenieure: 309.

FISCHER, FERDINAND (1882): Die menschlichen Abfallstoffe, ihre praktische Beseitigung und ihre landwirtschaftliche Verwerthung.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege, Supplement, Braunschweig (zu 8:39).

FISCHER, FERDINAND (1891): Das Wasser, seine Verwendung, Reinigung und Beurtheilung.- Springer, Berlin.

FISCHER, FERDINAND (1894): Die Verarbeitung städtischer Abfallstoffe in der Podewils'schen Fäkalextrakt-Fabrik in Augsburg.- Chem. Ztg. 18: 68,89,102 (Ref. in Hyg. Rundschau: 449).

FISCHER, FERDINAND (1899): Einfluß der Industrie auf das Flußwasser.- Zeitschrift für angewandte Chemie 12.

FISCHER, FERDINAND (1902): Das Wasser, seine Verwendung, Reinigung und Beurtheilung, mit besonderer Berücksichtigung dr gewerblichen Abwässer und der Flußverunreinigung.- 3. Auflage, Berlin.

FISCHER, H. (1916): Über Denitrifikation in Teichen und ihre praktische Bedeutung.- Zeitschrift für Fischerei 18,N. F. 2(1916).

FISCHER, R. (1905): Internat. Regelung zum Schutze der Gewässer gegen Verunreinigung.- Wien: Verl. k. u. k. österr. Fisch. -Ges.

FITSCHEN I. & H. HAHN (1998) Human Urine - Water Pollutant or Possible Resource? Water Science and Technology (in Print)

FITTKAU, E.J. & F. REISS (1983): Versuch einer Rekonstruktion der Fauna europäischer Ströme und Auen.- Archiv für Hydrobiologie 97:1-6.

FITZAN, H. (1893): Der Einfluß der Würzburger Schwemmkanalisation auf den Main.- Verhandlungen der physikalisch-medizinischen Gesellschaft in Würzburg 27:131 (Würzburg, Stahel).

FITZAU, HERMANN (1893): Der Einfluss der Würzburger Schwemmkanalisation auf den Main.- Stahel, Würzburg.

FJERDINGSTAD, E. (1954): Bodo minimus Klein - Notes on its ecology and significance for estimation of sewage.- Hydrobiologia 6:328-30.

FJERDINGSTAD, E. (1964): Pollution of streams estimated by benthal phytomicro-organisms. I. A saprobic system based on communities of organisms and ecological factors. 9 Abb., 3 Tab., 295 Lit.- Int. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph. 49: 63-131, Berlin.

FLECK & HEILMANN (1924): Die städtische Abfallwirtschaft.- Gesundheits-Ingenieur 47.

FLOWER, L. (1877): Reine Luft und reines Wasser. Weitere Untersuchungen und Vorschläge betr. Verhütung von Flussverunreinigung.- Public Health 6: 400.

FOERDERREUTHER, (1929): Der Rhein, sein Reinheitsgrad und seine Wasserführung.- Gesundheits-Ingenieur 52 (33): 583-585.

FORBAT-FISCHER, (1903): Die Kanalisation von Mailand.- Leineweber, Leipzig.

FOWLER, GILBERT J. (1902): Sewage works analyses.- King, London.

FRAENKEL, C. (1897)#: Gutachten über die Klärung der Kanalwässer der Stadt Köln.- Zentralblatt für allgemeine Gesundheitspflege 16: 281-292.

FRAENKEL, PFEIFFER & WITT (1902): Mustergültige Einführung des Torfstuhlverfahrens in kleineren und mittleren Städten.- Parey, Berlin.

FRAIßE, F. (1880): Die Fische des Maingebietes.- Würzburg.

FRAISSINET, E.D.M. (1891): Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Privatflüsse und -bäche für die Industrie und Landwirtschaft.- Engelmann, Leipzig.

FRANK, ? (1903): Abwasserbeseitigung und Flussverunreinigung.- Deutsche Vierteljahrschrift für öffentliche Gesundheitspflege/21. Jahresbericht über die Fortschritte und Leistungen auf dem Gebiete der Hygiene/.

FRANK, ? (1910): Abwasserbeseitigung und Flussverunreinigung.- Deutsche Vierteljahrschrift für öffentliche Gesundheitspflege/25. Jahresbericht über die Fortschritte und Leistungen auf dem Gebiete der Hygiene.

FRANK, F (1888)#: Gesetze betreffend Wasserrecht und Wasserpolizei im preußischen Staate.- Korn, Breslau.

FRANK, F (1889): Arnold Nieberding's Wasserrecht und Wasserpolizei im preußischen Staate.- Korn, Breslau.

FRANK, GEORG (1897): Ueber Reinigung städtischer Kanalwässer durch Torffiltration.- Centralblatt für Gesundheitspflege 16:380-391.

FRANZ, HORST & JATZEK, H.J. (1982)#: Das Makrozoobenthon des schiffbaren Rheins im Jahre 1980.- Diplom-Arbeit, Universität Mainz, 349 S., Mainz.

FRANZ, HORST (1982)#: Das Makrozoobenthon des schiffbaren Rheins im Jahre 1980.- Diplomarbeit (zusammen mit H.-J. Jatzek), 349 S., Universität Mainz, Fachbereich Biologie.

FRANZ, HORST (1985)#: Die Bryozoa (Moostiere) - Ihre Bedeutung im Ökosystem des Rheins.- Mainzer Naturwiss. Archiv, Beih. 5: Die Tierwelt des Rheins einst und jetzt: 151-161.

FRANZ, HORST (1985)#: Die Bryozoa (Moostiere)..- Mainzer Naturw. Archiv. Beiheft 5:151-161.

FRANZ, HORST (1986)#: Filtrierende Organismen im Rhein.- In: Beiträge zur Limnologie. Teil 1: Landschaftsentwicklung und Umweltforschung 40: 307-322.

FRANZ, HORST (1990)#: Schwebstoffe im Rhein.- In: KINZELBACH, R. & FRIEDRICH G. (Hrsg.) 1990 Biologie des Rheins. (Reihe: Limnologie Aktuell, Band 1.) Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/New York: 161-180.

FRANZ, HORST (1992)#: Der Rhein und seine Besiedlung im Wandel: Schwebstoffzehrende Organismen (Hydrozoa, Kamptozoa und Bryozoa) als Indikatoren für den ökologischen Zustand eines Gewässers.- Pollichia-Buch 25:167 S. (vgl. auch Dissertation Technische Hochschule Darmstadt, Fachbereich Biologie, 1990)

FRANZIUS & FRÜHLING (1893): Wasserversorgung und Entwässerung der Städte.- Engelmann, Leipzig.

FRENZEL, J. (1897): Temperaturmaxima für Binnenfische.- Biol. Centralbl. 17 (1897).

FREVERT T. & I. BAUMGARTNER (1985): Self-purification with controlled redox conditions.- Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol. 22,4:2310-2313.

FREY, A. (1970)#: Tiergeographische Untersuchungen über säkulare quantitative und qualitative Veränderungen im Brutvogelbestand der Oberrheinischen Tiefebene und der Wetterau.- Decheniana Beihefte, 16: 177 S., Bonn.

FREY, ANDREAS BERTHOLD (1988): Die Vorstellungen zur Ätiologie der Lepra im 19. Jahrhundert.- Dissertation, Uni Tübingen: 117 S.

FREYCINET, M. CHARLES DE (1867): Rapport sur l'emploi des eaux d'égout de Londres.- Dunod, Paris.

FREYSOLDT, OSCAR (1901): Die dissiparische Arbeits-Methode zur Behandlung flüssiger und gasförmiger Massen im Großbetriebe besonders der Abwässer aus Städten, Bergwerken, Fabriken etc.- Friedländer, Berlin.

FRIEDRICH G. & LACOMBE J.[HRSG.] (1992)#: Limnologie aktuell / Ökologische Bewertung von Fliessgewässern Bd. 3.- Gustav Fischer Verlag, Stuttgart Jena New York:462 S..

FRIEDRICH, G. & KINZELBACH, R. (1989)#: Biologie des Rheins.- In: FRIEDRICH, G. & KINZELBACH, R. (Hrsg.) Limnologie aktuell l, Gustav Fischer, Stuttgart, New York.

FRIEDRICH, G. & M. VIEHWEG (1987)#: Messung der Chlorophyll-Fluoreszenz bei der Überwachung des Rheins - Ergebnisse und Probleme.- Archiv Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 29:117-122.

FRIEDRICH, G. & MÜLLER, D. (1984)#: Rhine.- In: WHITTON, B.A.(Hrsg.) Ecology of European Rivers: 265-315, Blackwell Scientific Publ., Oxford.

FRIEDRICH, G. (1990)#: Das Plankton des Rheins als Indikator.- in: Kinzelbach R. and Friedrich G. (Hrsg). Biologie des Rheins. Gustav Fischer, Stuttgart:181-187.

FRITSCH, F. E. (1902): Preliminary report on the phytoplankton of the River Thames.- Ann. Bot. 16:576-84.

FRITSCH, F. E. (1903): Further observations on the phytoplankton of the River Thames.- Ann. Bot. 17:631-47.

FRITSCH, F. E. (1905): The plankton of some English rivers.- Ann. Bot. 19:163-7.

FRITSCH, F. E. (1929): The encrusting algal communities of certain fast flowing streams.- New Phytol. 28:165-96. c n.

FRITSCH, W. (1959): Phenole als Abwassergifte in Fischgewässern.- Allg. Fischerei-Zeitung 84: 295-298.

FRITSCH, W. (1971): Über den gegenwärtigen Gütezustand der Gewässer im deutschen Alpen- u. Voralpengebiet.- Wasserwirtschaft 61 (1971) 5 ff.

FROMME, ARNOLD (1891): Ueber die Beziehung des metallischen Eisens zu den Bakterien und über den Wert des Eisens zur Wasser.- Marburg.

FRÖMMING, E. (1927): Synökie zwischen Dreissena polymorpha und einigen Süßwasserschnecken.- Naturforscher 4: 404-405.

FRONTINUS, JULIUS SEXTUS (): De auquaeductu urbis Romae (Deutsche Übersetzung von Gerhard Kühne.- in: Frontinus-Gesellschaft [Hrsg.]: Wasserversorgung im antiken Rom, München: 79-120.

FUCHS, CARL JOHANNES & PAUL SCHULTZE-NAUMBURG (1906)#: Die Stromschnellen des Rheins bei Laufenburg und ihre Erhaltung.- Halle a.S.: Gebauer-Schwetzschke 1906 (= III. Flugschrift des Bundes Heimatschutz).

FUHRMANN, (1883): Die Rieselfelder im Norden von Berlin: die Entdeckung der Mildfäulniss und ihre Beziehung zur Kindersterblichkeit.- 2. Aufl., Seydel, Berlin.

FÜRST, CARL (1892): Die Torfstreu in ihrer Bedeutung für Stadt und Land.- 2. Aufl., Parey, Berlin.

FÜRST, D. & H. KIEMSTEDT (1989)#: Umweltqualitätsziele für die ökologische Planung, Forschungsbericht Nr. 109 001 08.- i.A. des Umweltbundesamtes, Hannover, Kurzfassung 19 S.

GADAUD, E (1889): Salubrité des habitations.- Bernard, Paris.

GAINEY, P. L. & LORD, T. H. (1957): Microbiology of water and sewage.- Prentice-Hall, New Jersey.

GALLUSSER, WERNER A. & ANDRÉ SCHENKER [Hrsg.] (): Die Auen am Oberrhein. Ausmaß und Perspektiven des Landschaftswandel am südlichen und mittleren Oberrhein seit 1800. Ein umweltdidaktische Aufarbeitung.- .

GAMMETER, SONJA (1996): Einflüsse der Siedlungsentwässerung auf die Invertebraten-Zönose kleiner Fließgewässer.- Diss.ETH Nr. 11673, Zürich.

GARBRECHT, G. (1985): Wasser - Vorrat, Bedarf und Nutzung in Geschichte und Gegenwart.- Rowohlt Taschenbuch (7724), Reinbek bei Hamburg, 279 S.

GARNIER, E. (1919): Zum Vorkommen von Phalacrocorax carbo am Rhein.- Ornithologische Monatsschrift des Deutschen Vereins zum Schutze der Vogelwelt, 44: S.75.

GÄRTNER, A. & SCHÜMANN (1903)#: Die hygienische Ueberwachung der Wasserläufe (Vorträge & Leitsätze sowie versch. Diskussionsbeiträge).- Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege 25(1): 15-15-69, Vieweg & Sohn, Braunschweig.

GÄRTNER, A. (1915): Die Hygiene des Wassers.- Braunschweig: F. Viehweg.

GASCHOTT, 0. (1927): Molluskenfauna der Rheinpfalz. I. Rheinebene und Pfälzer Wald.- Mitteilungen Pollichia N.F. 2: 39-113.

GÄßLER, H. (1969): Die Arbeitsgemeinschaft der Länder zur Reinhaltung des Rheins.- Korrespondenz Abwasser 9: 178 ff.

GASTPAR, A. (1902): Die Abwasserfrage in Stuttgart.- Wittwer, Stuttgart.

GAUFIN, A. R. & C. M. TARZWELL (1952): Aquatic invertebrates as indicators of stream pollution.1 Abb., 2 Tab., 4 Lit.- Public Health Rep. 67: 57-64, Washington.

GAUFIN, A. R. & TARZWELL, C. M. (1956): Aquatic macro-invertebrate communities as indicators of pollution in Lytle Creek.- Sewage Industrial Wastes 28:906-24.

GECHTER, M. (1987): Wasserversorgung und -entsorgung in Köln vom Mittelalter bis zur frühen Neuzeit.- Kölner Jahrbuch für Vor- und Frühgeschichte 20: 219-270.

GEIGER, M. (1636): Fontigraphia oder Brunnenbeschreibung des Miraculosen Heilbronnens bei Benedictbeuren. Münichen (München) 1. Januar 1636.- 1. Deutsche Brunnenschrift im Stadtarchiv Bad Tölz.

GEIJSKES, D. C. (1935): Faunistisch-ökologische Untersuchungen am Röserenbach bei Liestal im Basler Tafeljura (Diss. Uni. Basel).- Tijdschr. Ent. 78:249-382.

GEISENHEYNER, L. & NOLL (nachwort) (1874): Die Würfelnatter, Tropidonotus tessellatus, in der Nahe.- Der Zoologische Garten (A.F.), 15: 430-434.

GELPKE, R. (1927): Entartungserscheinungen auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft. Vortrag in St. Gallen.- Verl. S. B. N. S.

GEMÜND, W. (1916): Über die Selbstreinigung des Wassers durch Protozoen mit besonderer Berücksichtigung des biologischen Klärprozesses.- Hygienische Rundschau 26(1916).

GENNERICH, J. & SIKORA (1952): Die Verunreinigung von Rhein und Main, ausgedrückt in quantitativer Bestimmung der treibenden Abwasserpilze.- Die Wasserwirtschaft 42(4):180-182.

GENNERIGH, J. (1950): Fischsterben im Regierungsbezirk Darmstadt im Jahre 1949.- Die Wasserwirtschaft 8: 236-238.

GENTZSCH, A. (1927): Die Bedeutung des Rheins für das rheinische und deutsche Wirtschaftsleben.- Berlin.

GENZMER, E. (1888): Die Wasserversorgung.- Festschrift für die Mitglieder und Teilnehmer der 61. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte: Köln: 161-186. (Köln.).

GEPP, J. (1985)#: Auengewässer als Ökozellen - Fluß-Altarme, Altwässer und sonst Augen-Stillgewässer.- Österr. Grüne Reihe, Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, Wien, 2.Aufl. 4:322 S.

GERADIN, A. (1870)#: Ueber Verhütung der Verunreinigung der Flüsse.- Journ. de Brux. L. S.277.

GERADIN, A. (1873)#: Rapport sur l'altération, la corruption et l'assainissement des rivières.- Archives des missions scientifiques et littéraires. Choix de rapports et instruction publique sous les auspices du ministére de l'instr. publ. des cult. et des beaux-arts. 3. serie, t. I: 461-524.

GERADIN, A. (1875)#: Altération, Corruption et Assainissement des Riviéres.- Annales d`Hygiéne publique et de Médicine légale, deuxiéme série XLIII: 5-41.

GERADIN, A. (jun.) (1877)#: Ueber die Verunreinigung der Seine in den Jahren 1874 bis 1875 und über die Verwendung der Abfallwässer.- Ann. d`hyg. 47:87.

GERDESSEN, G. (1931): Über das Plankton der Rheinaltwässer.- Archiv Hydrobiol. 33: 260.

GERGENS, A. (1862): Die Ansiedlung und Verbreitung der Miesmuscheln im Rhein.- Natur 11: 87-88.

GERHARD, W P (1885): Die Haus-Kanalisation.- Scholtze, Leipzig.

GERHARD, W. M. PAUL (1890): The disposal of household wastes.- Van Nostrand, New York.

GERKEN, B. & P. THOMAS (1979)#: Schutzgebiets- schonende Führung durch das Naturschutzgebiet 'Taubergießen'.- Arbeitsgruppe Naturschutz, BUND, Landesverband Baden-Württemberg e. V., Tätigkeitsbericht 1977-1979, Nr.129: 22-26, Freiburg Breisgau.

GERKEN, B. (1979)#: Über Tiergemeinschaften der Rheinaue - Zur Bedeutung des Wasserhaushaltes und des Zustandes der Waldvegetation.- Wilmanns,0.& Tüxen, R. (Hrsg.) Epharmonie: 353-372, Vaduz (Cramer & Gartner Verlag), (Berichte der Internat. Symposien der Internat. Vereinigung für Vegetationskunde).

GERKEN, B. (1980a)#: Maßnahmen zur Rettung der Oberrheinauen.- WWF-Zeitschrift für Förderer und Freunde des World Wildlife Fund, 2.6.1981: 5-6.

GERKEN, B. (1980b)#: Intakte Auen am südlichen Oberrhein im Hinblick auf Bodenlebende Coleopteren.- Colloques phytosociologiques, 9, Le forêts alluviales: 717-730, Strasbourg.

GERKEN, B. (1981)#: Zum Einfluß periodischer Überflutungen auf bodenlebende Coleopteren in Auenwäldern am südlichen Oberrhein.- Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie, H.3: 130-134.

GERKEN, B. (1985)#: Zonationszönosen bodenlebender Käfer der Oberrheinniederung. Spiegel einer Landschaft.- Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie, 4.

GERKEN, B. (1988)#: Auen - verborgene Lebensadern der Natur.-Rombach, Freiburg: 132 S..

GERKEN, B. ET AL. (1988)#: Wildfluß Durance - Zur Dokumentation einer sterbenden Flußlandschaft.- Ökologie Aktuell, Verlag J. Margraf 5:300 S.

GERL, G. RITTER VON (1907): Ueber die gegenwärtig in Steiermark herrschenden Fischereizustände.- Verlag d. steiermärk. Fischereivereins, Graz.

GERLACH RENATE & ULRICH RADTKE (1997)#: Hochwassersedimente - die Visitenkarte des Menschen.- in:Immendorf, Ralf [Hrsg.]: Hochwasser - Natur im Überfluß?; C.F.Müller, Heidelberg:223-244.

GERLACH, R. K.H. SAUER, H. BRÜCKNER & U. RADKE (1993)#: Historische Schwermetallbelastungen in Duisburger Stadtböden; Vom Mittelalter bis heute.- in:Radke, U. [Hrsg.] Schwermetalle.- Düsseldorfer Geographische Schriften 31:155-168.

GERLACH, RENATE (1991)#: Rheinwasser, Grundwasser, Trink- und Abwasser in der Duisburger Altstadt seit

dem Frühmittelalter.- in: Schuhmacher, H. [Hrsg.]; Urbane Gewässer, Essen: 493-516.

GERMANS, W. (1958): Welche Anforderungen sind an die Reinigung der Abwässer im Hinblick auf die Reinhaltung der Vorfluter zu stellen?.- Berichte der Abwassertechnischen Vereinigung 9: 360ff.

GERSON, G. (1889)#: Die Verunreinigung der Wasserläufe durch die Abflusswässer aus Städten und Fabriken und ihre Reinigung.- Verlag der Polytechnischen Buchhandlung A. Seydel, Berlin: 215 S.

GERSON, GEORG H. & VOGEL, J H (1896): Die Schicksale der Fäkalien in kanalisierten und nichtkanalisierten Städt. Rieselfelder.- Fischer, Jena.

GERSON, GEORG H. (1883): Die Anlage, die Verwaltung, die Gewinnberechnungen und Verwaltungsberichte der Berliner Rieselfelder.- Kühn, Berlin.

GERSTER, S. (1990)#: Veränderungen der Fischbestände am Hochrhein und deren Ursachen.- Auftragsarbeit zuhanden des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern:286 S. (+Grafik- und Datenanhang).

GERSTER, S. (1991)#: Hochrhein-Fischfauna im Wandel der Zeit.- Internationale Kommission für den Hochrhein: 28 S.

GESUNDHEIT - (): Hygienische und gesundheitstechnische Zeitschrift [Hrsg. von Stadtbaurat Brix und Stadt und Stadtarzt Dr. Petruschky 28, 2 Nummern monatlich.- Leineweber, Leipzig.

GEUSEN & LQOCK (1903)#: Beitrag zur mechanischen Reinigung von Kanalwasser - Bemerkungen zur Kanalisation von Düsseldorf.- Mitteilungen Kgl. Prüfungsanst. f. Wasservers. u. Abwasserbes. 2: 99-114.

GEYER (1894): Ueber die Verbreitung der Mollusken in Württemberg.- Jh. Ver. Vaterländische Naturkunde Württemberg 50.

GIESSLER, A. (1972): Wasserkreislauf und Umweltschutz.- Wasser und Boden 24 (1972) 31ff.

GLADSTONE, A. (1884): History of the London Water Supply from the creation of Man to A. D. 1884.- London.

GLASER, L. (1868)#: Mitteilungen über das Thierleben um Worms mit Beziehung auf den hohen Wasserstand von 1862 und 1866/67.- Der Zoologische Garten (A.F.), 9, l: 103-108.

GLASER, L. (1870a): Allerlei Beobachtungen aus dem Thierleben, insbesondere um Worms am Rhein.- Der Zoologische Garten (A.F.), 11: 93-95.

GLASER, L. (1870b): Allerlei Beobachtungen aus dem Thierleben, insbesondere um Worms am Rhein.- Der Zoologische Garten (A.F.), 11: 154-160.

GLEICHMANN, P.R. (1979)#: Die Verhäuslichung körperlicher Verrichtungen.- in: Gleichmann et.al. [Hrsg.]: Materialien zu Norbert Elias' Zivilisationstheorie, Frankfurt a.M.: 254-279.

GLEICHMANN, P.R. (1985)#: Die Verhäuslichung von Harn- und Kotentleerung.- in:Archithese 15:8-14.

GLEITSMANN (1982): Die Haubergwirtschaft des Siegerlandes als Beispiel für ressourcenschonende Kreislaufwirtschaft.- Scripta Mercatorae 16:21-54.

GLICK, THOMAS F. (1980): Science, technology and the urban environment - the great stink of 1858.- in: Lester J. Bilsky [Hrsg.]: Historical Ecology.

GLOECKNER, JULIUS (1869): Die wirkliche Bedeutung der Versuche zur Einführung der pneumatischen Canalisation zu Prag.- Calve, Prag.

GLUJSEN, JOSEPH (1909): Über die Verwendbarkeit von Torf zum Aufbau von biologischen Abwasserreinigungsanlagen.- .

GOCKEL, BERND (1983): Die Entwicklung der Wasserversorgung im deutschsprachigen Raum.- in: Wasserversorgungsbericht, hg. v. Bundesministererium des Innern, Teil B: Materialien, Bd. 1: Organisation der Wasserversorgung, Berlin: 1-30.

GOELDNER, M (1891): Anleitung zur Wohnungs-Desinfection in Frage und Antwort.- Gaertner, Berlin.

GOETTE, A. (1908): Microhydra ryderi ein seltener Hydroidpolyp in Straßburg.- Mitteilungen Philomat. Ges. Elsaß-Lothringen.

GÖHRIG, C. F. (1904): Beiträge zur Reinigung von städtischen und Fabrikabwässern.- Leineweber, Leipzig.

GOLDER, EDUARD (1986): St. Alban-Teich - Die Geschichte eines Gewerbekanals 1336-1986.- Korporation für die Nutzung des St. Alban-Teiches, Basel 176 S. (Archiv Basel; Quart.Conv. Nr. 1207).

GOLDER, EDUARD (1991): Die Wiese, ein Fluss und seine Geschichte.- Tiefbauamt Basel, 186 S. (Archiv Basel:St. Quart Conv. Nr.1423).

GOLDER, EDUARD (1995)#: Der Birsig und seine Nebengewässer.- Tiefbauamt Basel, 245 S. (Archiv Basel:St. Quart Conv. Nr.1660).

GOLDFUSS, 0. (1851)#: Verzeichnis der in der Umgegend von Bonn beobachteten Land- und Wassermollusken.- Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande u. Westfalens 8: 309-326.

GOLDFUSS, 0. (1856)#: Verzeichnis der bis jetzt in der Rheinprovinz und Westphalen beobachteten Land- und Wassermollusken, nebst kurzen Bemerkungen über deren Zungen, Kiefer und Liebespfeile.- Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande u. Westfalens 13: 29-36.

GOLOWIN, S. (1968): Die Bezeichnung des Vektors der Saprobotät S als eine neue Methode der Interpretation der hydrobiologischen Forschungen bei der Schätzung des Standes der Wasserverunreinigung. 5 Abb., 3 Tab., 7 Lit.- Pol. Archiv Hydrobiol.15: 39-50, Warschau.

GOLWER, A. , MATTHEß, G. & SCHNEIDER, W. (1969): Selbstreinigungsvorgänge im Grundwasserbereich.- Vom Wasser 36: 61 ff.

GÖLZ, E. (1994): Bed degradation - nature causes countermeasures.- Water Science & Technology 29(3):325-333.

GONZENBACH, WILHELM V. (1943): Hygiene und landwirtschaftliche Abwasserverwertung.- Gesundheits-Ingenieur 66: 64-47.

GORI, M.W.C. (1873): Ueber die Einführung des Liernur'schen Abfuhrsystems in Amsterdam.- Med. Times and Gaz. 1, S. 263.

GÖRS, S. & T. MÜLLER (1974)#: Flora der Farn- und Blütenpflanzen des Taubergießengebietes.- Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg (Hrsg.) Das Taubergießengebiet, eine Rheinauenlandschaft. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, Bd.7: 209-283, Ludwigsburg.

GÖRS, S. (1974a)#: Nitrophile Saumgesellschaften im Gebiet des Taubergießen.- Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg (Hrsg.) Das Taubergießengebiet, eine Rheinauenlandschaft. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, Bd.7: 324-354, Ludwigsburg.

GÖRS, S. (1974b)#: Die Wiesengesellschaften im Gebiet des Taubergießen.- Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg (Hrsg.) Das Taubergießengebiet, eine Rheinauenlandschaft. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, Bd.7: 355-399, Ludwigsburg.

GÖTTISHEIM, FR. (1873)#: Das unterirdische Basel.- Ein-Beitrag zur Canalisationsfrage. Drei populäre Vorträge, 2.Ausg.- Richter, Basel, 72 S. (mit einer Tabelle).

GOTTSTEIN, A. (1902): Geschichte der Hygiene im 19. Jahrhundert.- in: Stockhausen, Georg [Hrsg.]: Das Deutsche Jahrhundert in Einzelschriften 2.Bd., Berlin.

GÖTZ, B. (1948): Wirkung von Gesarol und DDT-Präparaten auf Fische.- Anzeiger f. Schädlingskunde 21 (1948).

GOUBERT, JEAN-PIERRE (1988)#: The development of Water and Sewerage Systems in France, 1850-1950.- in: Tarr, Joel.A. & Dupuy, Gabriel: Technology and the Rise of the Networked City in Europe and America, Philadelphia:116-136.

GRABRECHT, G. (1984)#: Hydrologische Vorstellungen und hydraulische Kenntnisse in der Antike.- Besondere Mitteilungen zum Gewässerkundlichen Jahrbuch 45.

GRADMANN, R. (1932): Unsere Flußtäler im Urzustand.- Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde Berlin: 1-18, Berlin.

GRAF, F. (1905): Über die Schädigungen der Fischerei durch Abwässer und über neuere Reinigungsverfahren.- Allg. Fischerei-Zeitung 30 (1905).

GRAF, F. (1928): Abwasserbeseitigung und Gewässerverunreinigung.- in: Demoll, R. und Maier, H. N. Handb. d. Binnenfischerei Mitteleuropas. Bd. VI, Stuttgart.

GRAF, F. (1964): Die Sukzession der Organismen bei der Selbstreinigung von organisch verunreinigtem Wasser unter verschiedenen Milieubedingungen.- Minist. Ernähr. Landw. Forst. NRW. Düsseldorf.

GRAHN, E. (1899, 1902)#: Die städtische Wasserversorgung im Deutschen Reiche sowie in einigen Nachbargebieten.- 2 Bde, München, Leipzig (1899 u. 1902).

GRAHN, E. (1900)#: Staatliche Einrichtungen zur Förderung des Baues öffentlicher Wasserversorgungsanlagen in Württemberg, Bayern, Baden und Elsass-Lothringen.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 32:185-208.

GRANDEAU (1872)#: La soudière de Dieuze etc.- Libraire agricole de la maison rustique, Paris.

GRANDKE, HANS (1892): Die Rieselfelder von Berlin und die Spüljauche: unter besonderer Berücksicht.ihrer chem.Beschaffenheit.- Grundmann, Berlin.

GRAVENHAGE, H. (1955): Uberblick über den früheren und heutigen Stand des Abwasserproblems in Holland.- Berichte der Abwassertechnischen Vereinigung 6: 70 ff.

GRAY, E. A. (1955): The microbiology of a polluted stream.- Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol. 12:814-7. j.

GREBENAU, H. (1870): Der Rhein vor und nach seiner Regulierung auf der Strecke von der französisch-bayerischen Grenze bis Germersheim.- Pollichia, 28. und 29. Jahresbericht: 84-142.

GREISER, D. (1974): Ökologische Untersuchungen an Ciliaten in einer Modellselbstreinigungsstrecke.- Int. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph. 59: 543 ff.

GRIESINGER, W. , PETTENKOFER, M. V. & WUNDERLICH, C. A. (1866): Choleraregulativ.- Zeitschrift für Biologie 2: 459 ff.

GRIMM, J. (1955): Die chemischen und planktologischen Veränderungen des Bodensee-Obersees in den letzten 30 Jahren.- Archiv für Hydrobiologie 22.

GRIMM, J. (1956): Die chemischen und planktologischen Veränderungen des Bodensee-Obersees in den letzten 30 Jahren.- Wasser/Abwasser 97 (6): 227-228 (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

GRIMM, J. (1967): Der Phosphor und die pflanzliche Produktion im Bodensee.- Wasser/Abwasser 108: 1261 ff. (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

GRIMM, J. (1969): Die Auswirkungen des Elbestaues bei Geesthacht auf die Biologie der Oberelbe.- Wasserwirtschaft 5 (1969) 131 ff.

GROH, K. & GERBER, J. (1985): Rezente und quartäre Mollusken aus dem NSG Eich-Gimbsheimer Altrhein (Rheinhessen).- Mainzer Naturwiss. Archiv 23: 119-134.

GROOT, A. DE (1924): Über das Liernursystem in Amsterdam.- Gesundheits-Ingenieur 47: 279.

GROSCH, G (1895): Der Entwurf eines preussischen Wassergesetzes: Gutachten des Sächs. Ingenieur- u. Architekten-Verei.- Felix, Leipzig.

GROSS, H. (1963): Anstieg der Phenolkonzentration im Uferfiltratwasser des Rheins. Erfahrungen beim Wasserwerk Ludwigshafen am Rhein während der Trokkenperiode Herbst und Winter 1962/63.- Wasser/Abwasser 104 (30): 850 (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

GROß, HERMANN (1985): Die Geschichte der Wasserversorgung des linksrheinischen Teils des Rhein-Sieg-Kreises und Bad Godesberg.- Diss. Med., Bonn.

GROSSE-BOHLE, H. (1906)#: Untersuchungen über den Sauerstoffgehalt des Rheinwassers.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 7: 172-181.

GROSSE-BOHLE, HUBERT (1900): Beiträge zur Frage der Selbstreinigung der Gewässer.- Dissertation Münster, Stahl, MDCCLC, Arnberg.

GROSSHERZOGLICHE OBERDIRECTION DES WASSER- UND STRASSENBAUES (1863a): Die Correction des Rheines von Base1 bis zur Großherzoglich hessischen Grenze.- Denkschrift: 64 S., Karlsruhe.

GROSSHERZOGLICHE OBERDIRECTION DES WASSER- UND STRASSENBAUES (1863b): Karte über den Lauf des Rheins längs der Badisch-Französischen Grenze nach den Stande der Jahre 1817 und 1861.- 10 Karten, Karlsruhe.

GRÖTTRUP, HENDRIK (1973): Die Kommunale Leistungsverwaltung.- Stuttgart (=Schriftenreihe des Vereins für Kommunalwissenschaften Bd. 37).

GROUVEN, HUBERT (1867): Kanalisation oder Abfuhr ?.- Flemming, Glogau.

GRUBER V. (1890): Die chemischen Farbriken und ihre Nachbarn, Vortrag anläßlich der Hauptversammlung der "Deutschen Gesellschaft für angewandte Chemie".- Zeitschrift für angewandte Chemie 19:584ff.

GRUBER, MAX (1900): Die Wasserversorgung und Reinigung der österreich. Ortschaften mit 1000 und mehr Einwohnern; die Verunreinigung der öffentlichen Gewässer und die Verhütung derselben in Österreich.- Deuticke, Wien, Leipzig.

GRUBER, O.V. & L. BRUNNER (1871): Canalisation oder Abfuhr ? Eine staatswirtschaftliche Frage, nebst einem neuen experimentell erprobten Vorschlage zur Verarbeitung der menschlichen Excremente.- Berlin.

GRÜNINGER, ROBERT (1892): Der Kleinbasler Teich.- Historisches Jahrbuch zur Basler Vereinigungsfeier 166-202.

GUILLERME, ANDRE (1988): The Genesis of Water Supply, Distribution, and Sewerage Systems in France, 1800-1850.- in: Tarr, Joel.A. & Dupuy, Gabriel: Technology and the Rise of the Networked City in Europe and America, Philadelphia:91-115.

GUNDL, M. & TÄNZLER, K. (1937): Über die Abhängigkeit der Beschaffenheit des Trinkwassers der Wasserwerke an der Ruhr von der Beschaffenheit des Ruhrwassers.- Zeitschrift für Hygiene 119.

GÜNTHER (1879)#: Über die Verunreinigung der Wasserläufe im Königreich Sachsen.- in: Berliner Klinische Wochenschrift: 101-103.

GÜNTHER, A. (1853): Die Fische des Neckars.- Württembergische naturwiss. Jahreshefte 3: 225-360.

GÜNTHER, CARL (1893): Einführung in das Studium der Bakteriologie.- 3.Aufl., Thieme, Leipzig.

GÜNTHER, CARL (1913): Die wissenschaftliche Tätigkeit der Landesanstalt für Wasserhygiene in den ersten 12 Jahren ihres Bestehens.- Mitteilungen aus der Königlichen Landesanstalt für Wasserhygiene 17:V-XVI.

GUTH & SPILLNER (o.J.): Zur Frage der Schlammverzehrung in Faulkammern und Emscherbrunnen.- .

GUTH, F & FEIGL, J (1911): Zur Bestimmung und Zusammensetzung der ungelösten Stoffe im Abwasser.- .

GUTH, F & KEIM, P (1912): Die Bedeutung der Nitrate für die Behandlung von Abwasser und Schlamm.- .

GYSSER, A. (1863): Die Molluskenfauna Badens. Mit besonderer Berücksichtigung des oberen Rheinthales zwischen Basel und Mannheim.- 32 S., Heidelberg.

HAAS, F. (1910)#: Die Najadenfauna des Oberrheins vom Diluvium bis zur Jetztzeit.- Diss. Uni Heidelberg:35 S. (+Abb. im Anhang).

HAAS, F. (1910)#: Die Najadenfauna des Oberrheins vom Diluvium bis zur Jetztzeit.- Abhandlungen Senckenbergischen Naturforschenden Gesell. 32: 147-177.

HAAS, F. (1912): Die geographische Verbreitung der westdeutschen Najaden.- Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande u. Westfalens 68: 505-528.

HAAS, F. (1922)#: Der Kühkopf, ein Zeuge aus der Vergangenheit des Oberrheins.- Berichte der Senckenbergischen Naturforschenden Gesell. 52: 29-47.

HAAS, F. (1922): Hochwasser und Flußmuscheln.- Archiv für Molluskenkunde 54: 155-157.

HAAS, F. (1929)#: Zur Kenntnis der Binnenmollusken des Oberrheingebiets (Hessen, Baden, Elsaß) Und des Gebietes der mittleren Mosel (Lothringen, Luxemburg). Nach Sammlungen H. Schenk und A. Gysser zusammengestellt.- Beiträge naturwiss. Erforschung Badens 4.

HABER, F. & JAENIKE, J. (1925): Beitrag zur Kenntnis des Rheinwassers.- Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie 147: 1069-1071.

HACHE (o.J.): Die Abwasserreinigung.- Kohle und Erz, Verlag von G.Siwinna, Kattowitz.

HAEFCKE, HERMANN (1901): Städtische und Fabrik-Abwässer: ihre Natur, Schädlichkeit und Reinigung.- Hartleben, Wien u.a.

HAGEL, J. (1983): Stuttgarter Wasser- und Umweltprobleme in der frühen Neuzeit im Spiegel alter Karten und Pläne des Nesen- und Dobelbachs.- Zeitschrift für Württembergische Landesgeschichte 42: 217-254.

HAGEN, G. (1847): Handbuch der Wasserbaukunst.- Bornträger, Königsberg.

HAGEN, H. (1903): Die Berliner Rieselfelder, ihre Einrichtung und volkswirtschaftliche Bedeutung.- Berlin: Wunder.

HAGER, CARL (1890): Über die Aufnahme des Wasserrechts in das bürgerl. Gesetzbuch f.d.Dt.Reich mit bes.Rücksicht auf die Frage der Flußverunreinigung durch Fabrikabwässer.- Puttkammmer & Müllbr, Berlin.

HAILER, N. (1982)#: Natur und Landschaft am Oberrhein: Versuch einer Bilanz, Referate und Aussprachen der Arbeitstagung 1977.- Veröffentlichungen der Pfälzischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft in Speyer, Vol.70: S.105.

HAINE, E. (1946): Die Fauna des Grundwassers von Bonn mit besonderer Berücksichtigung der Crustaceen.- Diss., 144 S., Melle i. Hannover.

HALLERBACH, J. (1982): Das pneumatische Klo.- Wechselwirkung 13: 41-43.

HAMLIN, CHRISTOPHER (1991): A Science of Impurity; Water Analysis in Nineteenth Century Britain.- University of California Press, Berkley & Los Angeles: 342 S.

HAMLIN, CHRISTOPHER (1992)#: Edwin Chadwick and the Engineers, 1842-1854 - Systems ans Antisystems in the Pipe-and-Brick Sewers War.- Technology and Culture 1992:680-709.

HAMM, A. (1968): Nomogramm zur Ermittlung der Gewässergüteklassen von Fließgewässern.1 Abb.,15 Lit.- Wasser- u. Abwasserforsch. 5:(?1-3), München.

HÄMMERLE, MARKUS (1979)#: Die Anfänge der Basler chemischen Industrie im Lichte von Arbeitsmedizin und Umweltschutz.- Basel/Stuttgart.

HAMMERTON, D. (1972): The Nile River - a case history.- in: Oglesby, R. T. et al. (eds). River Ecology and Man. Academic Press, New York. pp 171-214.

HANDKE, K. & HANDKE, U. (1982)#: Ergebnisse sechsjähriger Brutvogel-Bestandsaufnahmen im NSG 'Lampertheimer Altrhein', Kreis Bergstraße (1974-79).- Zeitschrift für Vogelkunde und Naturschutz in Hessen, Vogel und Umwelt, 2: 75-124.

HÄNEL, K. (1979): Systematik und Ökologie der farblosen Flagellaten des Abwassers.12 Abb.,198 Lit.- Archiv für Protistenkunde 121: 73-137, Jena.

HANKIN (1890): L'action bactéricide des eaux de la Jumna et du Gange sur le microbe du Cholera.- Annales de l'Institut Pasteur, Tome X: S.511.

HAPKE [HRSG.] (1993): Stadthygiene und Abwasserreinigung nach der Hamburger Cholera-Epidemie: Umweltforschung vor 100 Jahren im Spiegel der Bibliothek der Sielklär-Versuchsstation Hamburg-Eppendorf; [Ausstellung in der Universitätsbibliothek der Technischen Uni Hamb.Harb.].- Verlag Traugott Bautz, Herzberg.

HÄRDTL, H. (1954): Über die Giftigkeit der wasserlöslichen Stoffe verschiedener Teererzeugnisse für Fische unter besonderer Berücksichtigung von Straßenteeren u. Imprägnierstoffen.- Zeitschrift für Fischerei 32: 459ff.

HARDTWIG, WOLFGANG (1990): Soziale Räume und politische Herrschaft. Leistungsverwaltung, Stadterweiterung und Architektur in München 1870-1914.- in: Wolfgang Hardtwig & Klaus Tenfelde [Hrsg.]: Soziale Räume in der Urbanisierung. Studien zur Geschichte Münchens im Vergleich, München.

HÄRINGER, G. & CZYCHOWSKI, H. (1970): Welche Lehren sind aus dem Fischsterben zu ziehen?.- in: Der Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Wasserwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf: 59-61.

HARKNESS, N. (1982): The River Tame - a short history of water pollution and control within an industrial river basin.- Wat. Sci. Technol. 14:153-65.

HARMSEN, F. (1956): Hygiene der Abwasserlandbehandlung.- Berichte der Abwassertechnischen Vereinigung 7: 126ff.

HARRISON, A. D. (1958): The effects of organic pollution on the fauna of parts of the Great Berg River System and of the Kron stream.- Trans. R. Soc. S. Afr. 35:299-329. s.

HARRISON, A. D. (1958): The effects of sulphuric acid pollution on the biology of streams in the Transvaal.- Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol. 13:603-10. j.

HARRISON, M. E. & HEUKELEKIAN, H. (1958): Slime infestation - literature review.- Sewage Industrial Wastes 30:1278-302.

HARTMANN, G. (1969): Fischsterben im Rhein.- Niederrhein 36.

HASE, A. (1908): Hydrobiologische Untersuchungen und Beobachtungen an einem kleinen Flußsystem.- Zeitschrift für Fischerei 14 (1908) 174 ff.

HASEGAWA, M. (1911): Über das Verhalten verschiedener Wassertiere zum Sauerstoffgehalt des Wassers.- Archiv für Hygiene 74.

HASELHOFF, E. (1909): Wasser und Abwässer, ihre Zusammensetzung, Beurteilung und Untersuchung.- Leipzig: Göschen.

HASLAM, S. M. (1990): River pollution: an ecological perspective.- Belhaven Press, London. 267 pp.

HASSALL, A. H. (1850)#: A microscopic examination of the water supplied to the inhabitants of London and the suburban districts. 6 Taf.- 60 S., (S. Highley) London.

HAUBENSCHMIEDT, T. (1902): Über die Verunreinigung der Isar durch die Münchner Kanalwasser.- Allg. Fischerei-Zeitung 27,17:58-61.

HAUFT, H. (1918): Kriegswirtschaft und Abwasserfragen.- Wasser u. Gas 7/8 (19/20): 215-219.

HAUMANN, HEIKO & HANS SCHADEK [HRSG.] (1992): Geschichte der Stadt Freiburg.- Theiss, Stuttgart:750 S.

HAUPT, ARTHUR (1884): Torfstreu als Desinfections- und Düngemittel.- Hendel, Halle a.S.

HAUPT, H. (1941): Flußverunreinigung und Standortfragen der abwasserliefernden Industrien.- Archiv für Wasserwirtschaft 66 (1941) 21 ff.

HAUSER, S. (1992): Reinlichkeit, Ordnung und Schönheit - Zur Diskussion über Kanalisation im 19. Jahrhundert.- Die Alte Stadt 4: 292-312.

HAUSRATH, H. (1899): Zum Vordringen der Kiefer und Rückgang der Eiche in den Waldungen der Rheinebene.- Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Karlsruhe, H.13, 1899.

HAUTER, CHR. (1910): Die Fische der Rheinpfalz und die Krebse.- 20 S., Kranzbühler, Speyer.

HAVERKAMP, MICHAEL (1993): Die Cholera-Epidemie von 1859 - Sozialhygienische Probleme städtischer Daseinsfürsorge.- Reihe: Materialien zur Geschichte Osnabrücks: 20 S.

HAVERKAMP, MICHAEL (1995): "..herrscht hier seit heute die Cholera." - Lebensverhältnisse, Krankheit und Tod. Zur Problematik städtischer Daseinsvorsorge im 19. Jahrhundert am Beispiel der Stadt Osnabrück.- Diss., Uni Osnabrück (Kultur und Geowissenschaften).

HAWKES, H. A. (1956): The biological assesment of pollution in Birmingham streams.- Journal Inst. Munic. Engnrs. May 1956:12 pp. s.

HAWKES, H. A. (1957): Biological aspects of river pollution.- in: Klein, L; (ed.). Aspects of river pollution. Butterworth, London. v.

HEBERER (1920)#: Die Abwasser- und Vorfluterverhältnisse in Ludwigshafen a. Rh.- Zeitschrift für Wasserversorgung und Abwasserkunde 7: 75-77.

HECHT, F. (1932): Der chemische Einfluß organischer Zersetzungsstoffe auf das Benthos usw.- Senckenbergiana 14 (1932) 199 ff.

HEIDEN, EDUARD & MÜLLER, ALEXANDER (1885): Die Verwerthung der städtischen Fäcalien.- Cohn, Hannover.

HEIDEN, EDUARD (1882): Die menschlichen Exkremente in national-öconomischer, hygienischer, finanzieller und landwirtsch.Bez.- Cohen, Hannover.

HEIDER (1893): Untersuchungen über die Verunreinigungen der Donau.- Holdes, Wien.

HEIN, W. (1908): Über die Wirkungen des Steinkohlenteers auf Fische und einige Wirbellose.- Berichte der Kgl. Bayer. Biolog. Versuchsstation München 1 (1908).

HEIN, W. (1911): Über die Wirkungen plötzlicher Temperaturschwankungen auf die Eier und Brut von Bachforellen.- Allg. Fischerei-Zeitung 36 (1911).

HELBING, H. (1934)#: Die Emschergenossenschaft in Essen.- In: BRIX, J., IMIOFF, K. & WELDERT, R. (Hrsg.)#: Die Stadtentwässerung in Deutschland. 2. Band. Verlag von Gustav Fischer Jena: 478-493.

HELFER, H. (1917)#: Geschichte der biologischen Wasseranalyse.- Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde 11: 565-592.

HELFER, H. (1927)#: Über die Stellung der Fische im Saprobiensystem.1.-6. Mitteilung. einige Abb.- Kleine Mitteilungen Preuss. Landesanstalt Wasser-, Boden-, Lufthygiene 3:151-157 u. 278ff., 4:131-133, 240ff., 326ff., 5: 47-48, Berlin.

HELFER, H. (1931)#: Das Saprobiensystem. Die makroskopisch-biologiscbe Wasseranalyse nach ihrem heutigen Stande. 72 Abb., 23 Lit.- Heine Mitteilungen Preuss. Landesanstalt Wasser-, Boden-, Lufthygiene 7: 138-169, Berlin.

HELFER, H. (1938)#: Die biologische Gewässeruntersuchung, ihre Entwicklung, Ausübung und Bedeutung.- Mitteilungen d. Ver. WBL-Hyg. 14 (1938) 177 ff.

HELFER, H. (1939)#: Die Beurteilung des Verunreinigungsgrades von Gewässern nach ihrem makroskopischen pflanzenbestand.- Der Naturforscher 14 (1939) 361 ff.

HELFER, H. (1949): Die wirtschaftliche und kulturelle Bedeutung der Binnengewässer.- Die Binnengewässer 17. Stuttgart: Schweizerbart.

HELLMANN, HUBERT (1994)#: Load trends of selected chemical parameters of water quality and of trace substances in the river rhine between 1955 and 1988.- Water Science & Technology 29(3):69-76.

HEMPEL, WALTHER (1890): Gasanalytische Methoden.- 3. Aufl., Vieweg, Braunschweig.

HENNEBERG, RUDOLF (1892): Der Kafill-Desinfector.- Springer, Berlin.

HENNEKING, CARL (1909): Die Abwasserreinigung mittelst intermittierender Bodenfiltration in Nordamerika, insbesondere im Staate Massachusetts.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 12:1-173.

HENRICHFREISE, A. (1981)#: Zum Naturschutzwert der Wälder in der badischen Rheinaue.- Natur und Landschaft, 56, Nr.1: 359-362.

HENSELING, KARL OTTO & ANSELM SALINGER (1990)#: Eine Welt voll märchenhaften Reizes..- Teerfarben: Keimzelle der modernen Chemieindustrie.- in:Das Blaue Wunder. Zur Geschichte der synthetischen Farben.- Kölner Volksblatt Verlag, Köln:82-144.

HENTSCHEL, E. (1909): Das Leben des Süßwassers.- München: Reinhardt.

HENTSCHEL, E. (1917): Ergebnisse der biologischen Untersuchungen über die Verunreinigung der Elbe bei Hamburg.- Mitteilungen Zool. Mus. Hamburg 34 (1917) 37 ff.

HENTSCHEL, E. (1925): Abwasserbiologie.15 Abb., 2 Tab., 30 Lit.- in: ABDERHALDEN, R. (Hrsg.): Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden Abt: 9, Teil 2,1. Hälfte: 233-280, Berlin.

HEPCKE, H. (1996)#: Abschlußbericht über die fünfjährige, wissenschaftliche und gutachterliche Begleitung der Erprobungsphase der Vakuumabwasserentsorgungsanlage der Firma Triton Belco (in D-22846 Norderstedt).- unveröffentl. Manusskript, 8 S. (+Anhang).

HERBSTER, K. (1919): Die Rheinfischerei zwischen Säkkingen und Basel.- Blätter aus der Markgrafschaft: 38-57.

HERBSTER, K. (1932): Die Fischerei im Hochrhein zwischen Laufenburg und Basel.- Badische Heimat 19 (Heft Hochrhein Hotzenwald): 91-99.

HEROLD, H. (1958): Über die Verbreitung der rezenten Viviparus-Arten, besonders im südwestdeutschen Raum.- Jh. Ver. Vaterländische Naturkunde Württemberg 113: 143-146.

HERTZOG, L. (1930): Notes sur quelques Crustacés nouveaux pour la plaine d'Alsace (Bas-Rhin).- Bulletin de 1' Association Philomatique d'Alsace et Lorraine 7: 355-364.

HERTZOG, L. (1933): Bogidiella albertimagni sp. nov., ein neuer Grundwasseramphipode aus der Rheinebene bei Straßburg.- Zoologischer Anzeiger 102 (9/10): 225-227.

HERTZOG, L. (1936): Crustaceen aus unterirdischen Biotopen des Rheintales bei Straßburg. I. Mitteilung.- Zoologischer Anzeiger 114 (9/10): 271-279.

HERTZOG, L. (1938): Crustaceen aus unterirdischen Biotopen des Rheintals bei Straßburg. III. Mitteilung.- Zoologischer Anzeiger 123 (3): 45-56.

HERZOG, W. (1956): Die Rieselfeldkulturen der Stadt Dordmund. Kulturgeographische Auswirkungen städtischer Abwasserwirtschaft.- Geograph. Inst. Uni Bonn (=Arbeiten zur rheinischen Landeskunde 11).

HEUSCHMANN, O. (1937): Wie soll sich der Fischereiberechtigte bei plötzlichem Fischsterben verhalten?.- Allg. Fischerei-Zeitung 62 (1937).

HEUSCHMANN, O. (1953): Das Problem der Entschädigung der Fischerei bei Schiffbarmachung von Flüssen.- Allg. Fischerei-Zeitung 78 (1953).

HEUSCHMANN, O. (1954): Die Fischerei - Biologie des gestauten Stromes.- Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 2: 235 ff.

HEUSER (1889): Straßenbefestigung und Straßenreinigung - Vortrag auf der 14. Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege in Frankfurt, 13.-15. Sept. 1888.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 21: 204-235.

HEUSER, E. (1913): Zur Kaliabwasserfrage.- Zeitschrift für angewandte Chemie 26 (2): 30-32.

HEUSS, K. (1976): Untersuchungen zur Bewertung von Verfahren der biologischen Gewässer-Beurteilung.151 Abb., 312 Lit.- Schriftenreihe Landesanst. Wasser Abfall Nordrhein-Westf. 36:1-177, Krefeld-Hüls.

HEUSS, K. (1984): Geschichtliche Entwicklungslinien der Gewässergütekunde von den Anfängen bis zur Gegenwart.- Besondere Mitteilungen z. Gewässerkundl. Jahrb. 45:61-87.

HEYNEMANN, D.F. (1869): Nachtrag zur Literatur der Fauna im Rheingebiet.- Archiv für Molluskenkunde, 1: 198-203 (Deutsche Malakologische Gesellschaft).

HIGGINS, CLEMENT (1877): A treatise of the law relating to the pollution & obstruction of watercourses; together with a brief.- Stevens and Haynes, London.

HIGGINS, CLEMENT (1877): Verunreinigung der Wasserläufe.- Public Health VI: 241.

HILDEBRAND (1863): Vegetation des Rheinufers.- Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande u. Westfalens, Sitzungsbericht, 5.34-36.

HILDENBRAND, F.J. (1910): Der Zander (Lucioperca sandra) und dessen Einführung im Rheinstrom bei Speyer.- Pfälzische Heimatkunde 6 (4): 37-38.

HILLER, ARNOLD (1879): Die Lehre von der Fäulnis.- Hirschwald, Berlin.

HILSUM, M. (1900): Bakteriologisch onderzoek vanun zwembassin in verband mit zelfreinigung.- Zentralblatt für Bakteriologie, Abt. 1, Orig. Bd., S.661.

HINKELMANN, A. (1903): Ueber die neuesten Ergebnisse der Versuchsfischerei auf dem Kaiser Wilhelm-Kanal.- Heimat 7-8.

HIRSCH, A. (1914): Hydrobiologische Studie über die unterschiedliche Wirkung organischer und anorganischer Abwässer.- Zeìtschrift für Fischerei 14 (1914).

HIRSCH, A. (1961): Die Verschmutzung der Bundeswasserstraßen.- Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 5: 126.

HIRT, L. (1879)#: Über die Principien und die Methode der mikroskopischen Untersuchung des Wassers.- Zeitschrift für Biologie 15: 91-97, München.

HOBRECHT, J. (1869a)#: Die Kanalisation von Städten, vom bautechnischen und finanziellen Standpunkte unter Berücksichtigung der Verwendung des Kanalwassers zur Berieselung von Aeckern.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 1:105-114.

HOBRECHT, J. (1869b)#: Über Reinigung und landwirthschaftliche Nutzbarmachung des Kanalwassers.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 1:56-85.

HOBRECHT, J. (1869c): Das Liernur'sche System und seine Anwendung in Prag.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 1:552-566.

HOBRECHT, JAMES (1883): Beiträge zur Beurtheilung des gegenwärtigen Standes der Kanalisations- und Berieselungsfrage.- Ernst & Korn, Berlin.

HOFER, B. & KIRCHNER, O. (1900)#: Biologische Untersuchung.- in: C. Weigelt: Vorschriften für die Entnahme und Untersuchung von Abwässern und Fischwässern. Berlin: Dtsch. Fischereiverein.

HOFER, B. & SCHIEMENZ, P. (1906): Die Reinhaltung der deutschen Gewässer.- Archiv des dtsch. Landwirtschaftsrats 30 (1906) 341 ff.

HOFER, B. (1897): Über Fischkrankheiten. Vortrag vor dem 6. Deutschen Fischereitag, Berlin 1896.- Zeìtschrift für Fischerei 5.

HOFER, B. (1898): Ein Weißwerden der Fischeier.- Allg. Fischerei-Zeitung 23 (1898).

HOFER, B. (1898): Imprägniertes Holz für Wasserbauten.- Allg. Fischerei-Zeitung 23 (1898).

HOFER, B. (1899): Über Fischleitern.- Allg. Fischerei-Zeitung 24 (1899).

HOFER, B. (1899a): Die Industriellen und die Flußverunreinigung.- Allg. Fischerei-Zeitung 24 (1899).

HOFER, B. (1899b): Über den Einfluß der Karbolsäure auf Fische.- Allg. Fischerei-Zeitung 24 (1899).

HOFER, B. (1899c): Über Fischsteige.- Allg. Fischerei-Zeitung 24 (1899).

HOFER, B. (1901a)#: Über die zeitweilige Verunreinigung des Maines zwischen Aschaffenburg und Kleinostheim. Ergänzung zum Gutachten von Dr. Conrad 1900. Kgl. Bayer. Vers. Stat. f. Fisch.- München, Mai.

HOFER, B. (1901b)#: Über die Mittel und Wege zum Nachweis von Fischwasserverunreinigungen durch Industrie und Städteabwässer. 38 Lit.- Allg. Fischerei-Zeitung 20: 419-424, München.

HOFER, B. (1903)#: Ueber die Wirkung der Abwässer von Stärkefabriken in Fischwässern.- Allg. Fischerei-Zeitung 28:3-7.

HOFER, B. (1904): Die biologische Untersuchungsmethode bei Fischwasserverunreinigungen.- Allg. Fischerei-Zeitung 29 (1904).

HOFER, B. (1904): Handbuch der Fischkrankheiten.- Allg. Fischerei-Zeitung, München.

HOFER, B. (1905)#: Über die Vorgänge der Selbstreinigung im Wasser.- Münchner Medzinische Wochenschrift 52.

HOFER, B. (1907)#: Über das Verhalten der niederen Organismen bei der Wasserverunreinigung und seiner

Selbstreinigung.- Verhdl. d. XIV. intern. Kongr. f. Hygiene u. Demographie, Berlin.

HOFER, B. (1907)#: Über die Einwirkung der Flußverunreinigung auf die Fischerei. Versuche über den Einfluß von Abwässern aus Chlorkaliumfabriken auf lebende Organismen.- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte 25:388-415.

HOFER, B. (1908)#: Die Einwirkung der Flußverunreinigung auf die Fischerei.- Fischerei Zeitung 11 (1908).

HOFER, B. (1908)#: Über den Einfluß geklärter Abwässer auf die Beschaffenheit der Flüsse. Über das Verhalten der Organismen bei der Wasserverunreinigung und Abwasserbeseitigung, 3 Lit.- 14. Congr. Hyg. Demography H. 3:134-144, Berlin.

HOFER, B. (1908): Die Maßnahmen zur Reinhaltung der Gewässer in Bayern.- Allg. Fischerei-Zeitung 33 (1908).

HOFER, B. (1910): Die Reinhaltung der Gewässer und die Industrie.- Allg. Fischerei-Zeitung 35 (1910).

HOFER, B. (1913): Städtische Abwässer und Fischzucht.- Allg. Fischerei-Zeitung 38 (1913).

HOFFMANN, E. F. (1939): Grundwasserstandsänderungen im Oberrheintal.- Dissertation Universität Karlsruhe, 62 S., Karlsruhe.

HOFFMANN, J. (1903): Über eine Ursache des Sterbens der Fische.- Allg. Fischerei-Zeitung 28 (1903).

HOFFMANN, M. (1907): Latrine, Müll und Wasen.- Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, Berlin.

HOFIUS, KARL (1996)#: The River Rhine - Geography of its catchment area.- in: Internationales Hydrologisches Programm der Unesco (IHP)/ Operationelles Hydrologisches Programm der WMO (OHP): The River Rhine - Development and Mangement (IHP/OHP-Berichte, Sonderheft 9, Koblenz): 3-11

HOLLUTA, J. (1955): Untersuchungen über die Ursachen der Geruchs und Geschmacksbeeinträchtigungen uferfiltrierter Trinkwässer am Niederrhein.- Wasser/Abwasser 96 (14): 449-461 (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

HOLMBERG, O.R. & E. NAUMANN (1927)#: Die Trophie-Begriffe in sprachlicher Hinsicht.- Bot. Notiser: 211-214.

HOLTZ, L (1902): Die Fürsorge für die Reinhaltung der Gewässer.- Heyman, Berlin.

HOLZAPFEL-PSCHORN, A., U. OBST & B. SCHMITT (1987)#: Beeinflussung der mikrobiellen Stoffwechselaktivität im Rhein.- Vom Wasser 69: 225-231.

HÖLZINGER, JOCHEN (1987)#: Die Vögel Baden-Württembergs Bd. 1-3.- Ulmer, Karslruhe.

HOLZINGER, L. (1927): Phenolhaltige Abwässer der Kokereien als Fischgift.- Zeìtschrift für Fischerei 25: 155 ff.

HOLZINGER, L. (1927): Phenolhaltige Abwässer der Kokereien als Fischgift.- Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften 25: 155-159.

HOMAGK, P. (1983a)#: Konzeption für den Hochwasserschutz am Oberrhein, Möglichkeiten und Grenzen. In: Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg: Hochwasserschutz am Oberrhein,.- Informationsveranstaltung in Rastatt am 20.5.1983, Niederschrift S.9 zit. in Regionalverband Südlicher Oberrhein (1988).

HOMAGK, P. (1983b)#: Konzeption für den Hochwasserschutz am Oberrhein. Möglichkeiten und Grenzen.- In: Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Baden-Württemberg (Hrsg.) Hochwasserschutz Oberrhein. Informationsveranstaltung am 20.5.1983 in Rastatt. Niederschrift: 8-26.

HÖNIG, J. (1964): Was fängt (fing) man am Oberrhein?.- Welt am Oberrhein 1: 4 ff.

HÖNIG, J. (1969): Was fängt (fing) man am Oberrhein?.- Welt am Oberrhein 9 (1): 2-6.

HÖNIG, M (o.J.): Ueber das Proskowetz'sche Verfahren zur Reinigung der Zuckerfabrikabwasser.- .

HONSELL, MAX (1878)#: Die Canalfrage und die Rheincorrection zwischen Basel und Mannheim.- Berlin.

HONSELL, MAX (1889): Der Rheinstrom und seine wichtigsten Nebenflüsse von den Quellen bis zum Austritt des Stromes aus dem Deutschen Reich.- Berlin.

HONSELL, MAX (1890): Die Wasserstraße zwischen Mannheim - Ludwigshafen und Kehl - Straßburg - Canal oder freier Rhein ?.- Berlin.

HONSELL, MAX. (1885)#: Die Korrektion des Oberrheins von der Schweizer Grenze unterhalb Basel bis zur Großherzoglich-Hessischen Grenze unterhalb Mannheim.- Centralbureau für Meteorologie und Hydrographie (Hrsg.) In: Beiträge zur Hydrographie im Großherzogtum Baden, H.3: 97 S., Karlsruhe.

HONSELL, MAX. (1887)#: Der natürliche Strombau des deutschen Oberrheins.- Berlin.

HONSELL, MAX. (1892): Neuere Literatur zur Wald- und Wasserfrage.- Zentralblatt der Bauverwaltung, 41: 445-446.

HOPE, WILLIAM (1873): Ueber Reinigung der Flüsse.- Brit. med. Journal, 6.9.1873, S.279.

HÖPFNER & PAULMANN (1902): Ueber die Verarbeitung der Rückstände aus der Schmutzwasser-Reinigungsanlage der Stadt Kassel.- Mitteilungen Kgl. Prüfungsanst. f. Wasservers. u. Abwasserbes.

HOPP, A. (o.J.): Hauskanalisations- und Haus-Wasserleitungs-Anlagen amerikanischen Systems.- 80 S./68 Abb.

HOPP, ADOLF (1900): Die pneumatische Gruben-Entleerung und die Verwertung der menschlichen Abfallstoffe für die Landwirt.- Leineweber, Leipzig.

HORION, A. (1936): Zur Käferfauna der Rheinprovinz. Nachtrag XVII.- Entomologische Blätter für Biologie und Systematik der Käfer, 32: 242-252.

HORION, A. (1937a): Die Rheinischen Arten der Tribus Bembidiini.- Decheniana, 95A, 1-4: 1-152, Bonn.

HORION, A. (1937b): Die Rheinischen Arten der Tribus Bembidiini.- Abhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande: 6-29.

HÖRLER, A. (1941): Die Wirkung der Regenauslässe.- Schweizer Bauzeitung (1941) 15 ff.

HORN, F. (1870?): über Moule`s Erdabtritte.- in der Wiener medic. Presse IX, 50.

HORNSMANN, E. (1956): Wasser, ein Problem jeder Zeit.- DALP Taschenbücher, Bd. 321. München: L. Lehnen.

HORST, H. (1961): Die Größenordnung der Belastungsfähigkeit des Gewässernetzes der Bundesrepublik Deutschland mit abbaufähigen organischen Schmutzstoffen.- Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 5: 127 ff.

HÖSEL, GOTTFRIED (1987): Unser Abfall aller Zeiten - Eine Kulturgeschichte der Städtereinigung.- München.

HÖTTE, HERBERT [RED.] (1992): Wasser für Hamburg - zur Geschichte der Hamburger Wasserversorgung und -entsorgung; Katalogbuch einer Ausstellung; [eine Ausstellung des Museumspädagogischen Dienstes der Kulturbehörde Hamburg in Zusammenarbeit mit den Hamburger Wasserwerken und der Umwe.- Dölling und Galitz, [Hamburg]: 175 S.

HUBAULT, E. (1957): Study of the pollution of surface waters: chemical method, biological method, fish test.- Bulletin Soc. Sci. Nancy June:22-42.

HUBER, ANDREAS (1986)#: Wellenerosion am Rhein; Ufererosion am Thurgauer Hochrhein zwischen Stein am Rhein u. Schaffhausen - Auswirkungen d. Wellen d. Schiffs- u. Motorbootsverkehrs.- Versuchsanst. für

Wasserbau, Hydrologie u. Glaziologie, Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich: 247 S.

HUBER, E. (1968)#: Die forstwirtschaftlichen Probleme beim Ausbau des Oberrheins.- In: Deutscher Rat für Landespflege: Landespflege am Oberrhein. Berichte über den Ausbau des Oberrheines zwischen Basel und Karlsruhe und seine Landespflegerischen Auswirkungen. Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege, H.10: 42-43.

HUBER, EMIL (1892)#: Die Wasser-Gesetze Elsaß-Lothringens.- 2. Aufl., Bensheimer, Mannheim.

HUBER, M. (1976)#: Die Verkrautung des Hochrheins unter besonderer Berücksichtigung von Ranunculus fluitans LAM.- Diplom-Arbeit, Universität Zürich, 147 S.

HÜBNER, OTTO (1893): Otto Hübner's geograph.statist. Tabellen Ausgabe 1893.- .

HUEPPE, M. (1888): Die hygienische Beurteilung des Trinkwassers.- Journal f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 11: bbff. und Centralbl. f. Bakteriol. III Nr. 13 (1888).

HUET, M. (1949)#: La pollution des eaux. L'analyse biologique des eaux polluées.-13 Abb., 3 Taf.,15 Lit.- Bulletin Centre Belge Etude Document. Eaux 5/6: 259-275 und 346-352, Brüssel.

HUET, M.; LECLERC, E., TIMMERMANS, J. A. & BEAUJEAN, P. (1955): Recherche des corrélations entre l'analyse biologique et l'analyse physico-chimique des eaux polluées par matières organiques.- Bulletin Centre Belge Etude Document. Eaux 30:216-37. s.

HUETING, R. ET AL. (1978): Rhine Pollution.- Zwolle.

HÜGEL, L F (1886): Kanalisation und Abfuhr in Würzburg.- Verhandlungen der physikalisch - medizinischen Gesellschaft in Würzburg 19(5).Stahel, Würzburg (Ref. in Schmidts Jahrbuch, Leipzig: 212:68.

HÜGIN, G. & HENRICHFREISE, A. (1989): Vegetation und Wasserhaushalt des rheinnahen Waldes. Naturschutzbewertung der badischen Oberrheinaue.- Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie (Hrsg.), Bonn/Bad Godesberg.

HÜGIN, G. (1962): Wesen und Wandlung der Landschaft am Oberrhein.- Beiträge zur Landespflege 1: 186-250.Festschrift Prof. Wiepking.

HÜGIN, G. (1968): Die Rheinaue im Landschaftsschutzgebiet Taubergießen.- Schulwarte März/April 1968:140-158.

HÜGIN, G. (1974): Der Oberrheinausbau und seine Folgen für Natur und Landschaft.- Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg (Hrsg.) Das Taubergießengebiet, eine Rheinauenlandschaft. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, Bd.7: 173-176, Ludwigsburg.

HÜGIN, G. (1980): Die Auenwälder des südlichen Oberrheintales und ihre Veränderung durch den Rheinausbau.- Colloques phytosociologiques, 9, forêts alluviales: 343-363, Strasbourg.

HÜGIN, G. (1981): Die Auenwälder des südlichen Oberrheintales - Ihre Veränderung und Gefährdung durch den Rheinausbau.- Landschaft und Stadt, 13, H.2: 78-91.

HÜGIN, G. (1982)#: Die Mooswälder der Freiburger Bucht. Wahrzeichen einer alten Kulturlandschaft gestern, heute..und morgen?.- Beiheft zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landespflege, H.29: 88 S., Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Institut für Ökologie und Naturschutz, Karlsruhe.

HULWA, F. (1884)#: Beiträge zur Schwemmkanalisation und Wasserversorgung der Stadt Breslau.- Zentralblatt für allgemeine Gesundheitspflege, Ergänzungsheft.

HULWA, F. (1890): Beiträge zur Schwemmkanalisation und Wasserversorgung der Stadt Breslau.- Breslau.

HULWA, F. (1894)#: Die Selbstreinigung der Flüsse. Vortrag Dtsch. Fischereitag Breslau 1894.- Festschrift. Breslau: Wilh. Gottl. Korn:10 ff.

HULWA, F. (1905)#: Über die Selbstreinigung der Flüsse.- Zeitschrift für Fischerei 3/4: 153 ff.

HÜNERBERG, KURT (1911): Untersuchungen über die Entwicklung zentraler Wasserversorgungen in Deutschland seit dem Jahre 1911.- Wasser/Abwasser 75: 310-317 u. 336-339.

HÜPPE, F. (1888): Die hygienische Beurteilung des Trinkwassers.- Centralblatt für Bakteriol. III, Nr. 13 (1888).

HUSMANN, W. (1954): Erfahrungen mit der biologischen Reinigung verschiedener industrïeller Abwässer.- Vom Wasser 21: 247-258.

HYAMS,E. (1956): Der Mensch,ein Parasit der Erde?.- Düsseldorf-Köln: E. Diederichs.

HYDROGRAPHISCHES BÜRO KARLSRUHE (1889): Der Rheinstrom und seine wichtigsten Nebenflüsse von den Quellen bis zum Austritt des Stromes aus dem deutschen Reich.- Berlin 1889.

HYNES, H.B.N. (1949): Biological Aspects of River Pollution.- Nature, Lond. 164:730. s.

HYNES, H.B.N. (1960): The Biology of Polluted Waters.- Liverpool: Univ. Press.

IBEN, O (1895)#: Zusammenstellung der Abgabebestimmungen, Wasserpreise, Bedingungen für die Herstellung der Hausleitungen, sowie der ortspolizeilichen Vorschriften für die Wasserversorgung in 137 Städten.- München.

IKSR (Internationale Kommission zum Schutze des Rheins) [Hrg,] (1998a)#: Rhein-Atlas: Ökologie und Hochwasserschutz.- Berichte der IKSR Nr. 93: DIN A3.

IKSR (Internationale Kommission zum Schutze des Rheins) [Hrg,] (1998b)#: Bestandsaufnahme der ökologisch wertvollen Gebiete am Rhein und erste Schritte auf dem Weg zum Biotopverbund.- Berichte der IKSR Nr. 94: 71 S.

ILLI, MARTIN (1987)#: Von der Schissgruob zur modernen Stadtentwässerung.- (herausgegeben von der Stadtentwässerung Zürich); Neue Zürcher Zeitung, Zürich: 263 S.

ILLI, MARTIN (1993)#: Wasserentsorgung in spätmittelalterlichen Städten.- Die Alte Stadt 3: 221-228.

ILLI, MARTIN (1996)#: Umgang mit Hausabwasser und Fäkalien in vorindustriellen Städten.- in: Inst. f. Sozialökologische Forschung [Hrsg.], Materialien Soziale Ökologie (MSÖ) 8, Frankfurt.

ILLICH, IVAN (1987)#: H20 und die Wasser des Vergessens.- rororo aktuell 12131, Hamburg: 142 S.

ILLIES, J. (1980): Die Verfahren der biologischen Beurteilung des Gütezustandes der Fließgewässer (systematisch-kritische Übersicht).- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft, Studien zum Gewässerschutz (Karlsruhe) 5: 125 S.

IMHOFF, KARL & H. WAGNER (1948): Die Reinhaltung der deutschen Flüsse.- Wasserwirtschaft 39(1948) 7ff.

IMHOFF, KARL (1906): Taschenbuch der Stadtentwässerung.- München: Oldenbourg.

IMHOFF, KARL (1909): Die biologische Abwasserreinigung in Deutschland.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 7:1-157.

IMHOFF, KARL (1931): Die Wiederverwendung von städtischem Abwasser.- Gesundheits-Ingenieur 54: 699-701.

IMHOFF, KARL (1934): Die Arbeiten des Ruhrverbandes.- In: BRIX, J., IMHOFF, K. & WELDERT, R. (Hrsg): Die Stadtentwässerung in Deutschland. 2. Band. Verlag von Gustav Fischer, Jena: 455-477.

IMHOFF, KARL (1936a): Die Abwasserreinigung im Auslande.- Gesundheits-Ingenieur 59: 195-196.

IMHOFF, KARL (1936b)#: Taschenbuch der Stadtentwässerung.- 7. Aufl.- Oldenbourg Verlag, München, Berlin.

IMHOFF, KARL (1941): Die Aufgaben der Abwasserbehandlung nach dem Kriege.- Gesundheits-Ingenieur 64: 569-571.

IMHOFF, KARL (1947): Die Abwasserlast der deutschen Flüsse.- Gesundheits-Ingenieur 68 (4): 108-113.

IMHOFF, KARL (1953): Die Geschichte der biologischen Abwasserreinigung.- Wasser/Abwasser 94 (12): 343-347 (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

IMHOFF, KARL (1956): Zur Geschichte der Abwasserreinigung im rheinisch-westfälischen Industriegebiet.- Wasser/Abwasser 97 (18): 757-762 (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

IMHOFF, KARL (1990): Taschenbuch der Stadtentwässerung.- 27. Aufl.- Oldenbourg, München.

IMHOFF, KARL; MULLER, W. J. & THISTLETHWAYTE, D. K. B. (1956): Disposal of sewage and other waterborne wastes.- Butterworths, London.

IMHOFF, KLAUS (1979): Die Entwicklung der Abwasserreinigung und des Gewässerschutzes in der Bundesrepublik Deutschland.- Wasser/Abwasser 120: 563-576.

IMHOFF, KLAUS (1984): Zur Entwicklung der Abwasserreinigung und des Gewässerschutzes in der Bundesrepublik Deutschland.- Wasser/Abwasser 125: 216-221.

INGENDAHL, D., A. MARTY, M.LARINER, D. NEUMANN (1995): Die Charakterisierung von Laichplätzen des Atlantischen Lachses und der Meerforelle in einem Fluß der französischen Pyrenäen.- Limnologica 25(1):73-79.

INGRAM, W. M. & PRESCOT, G. W. (1954): Toxic freshwater algae.- Am. Midl. Nat. 52:75-87. s.

INGRAM, W. M. (1957): Use and value of biological indicators of pollution: fresh water snails and clams - Biological Problems in Water Pollution.- R. A. Taft Sanit. Engng Center, Cincinnati, Ohio. p. 94. v.

INNHAUSER (1873): Die Abfuhr und Canalisationsfrage vom Standpunkte der Hygiene.- Wien. med. Presse, Nr. 34.

INSTITUT FÜR UMWELTGESCHICHTE UND REGIONALENTWICKLUNG [HRSG.] (1993): Umweltgeschichte und Umweltzukunft.- BdWi, Marburg.

INTERN. DIREKTORY OF ARCHIVES (1975): Intern. directory of archives.- Dokument-Verl., München.

INTERNAT. ASSOCIATION ON WATER POLL. RES. (1974): 7. Internat. Konfer. in Paris. Aerobe biologische Abwasserreinigungsverfahren aus internationaler Sicht über den Stand der Technik.- Korrespondenz Abwasser 22: 18 ff.

INTERNAT. VEREINIGUNG FÜR ANGEWANDTE UND THEORETISCHE LIMNOLOGIE. (1966): Aufruf an die Regierungen aller Staaten,1966.- Korrespondenz Abwasser 3: 3 ff.

INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZE DES RHEINS GEGEN VERUNREINIGUNG. (1956): Ber. d. Exp. Komm. ü. d. phys. chem. Unters. d. Rheinwassers 1953-1954.- Basel: Birkhäuser.

INTERNATIONALER VEREIN GEGEN VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE, DES BODENS UND DER LUFT (1877): Verhandlungen des Internationalen Vereins gegen Verunreinigung der Flüsse, des Bodens und der Luft, 1. Versammlung am 1.u.2.10 1877 in Köln.- Voigt, Leipzig: 156 S.

INTERNATIONALER VEREIN GEGEN VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE, DES BODENS UND DER LUFT (1880): Verhandlungen 1877, 1878, 1879, 1880.- Frankfurt a. M. Daube u. Coups 1877-1880.

INTERNATIONALER VEREIN GEGEN VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE, DES BODENS UND DER LUFT (1904): Petitionen und Proteste.- Heidelberg u. a. .

INTERNATIONALER VEREIN GEGEN VERUNREINIGUNG DER FLÜSSE, DES BODENS UND DER LUFT (1908): Resolution der 28. Jahresvers. 1907 zu Frankfurt a. M.- Gebr. Lüdeking , Hamburg.

ITTNER, von (1813): Über die Bildung von Rheininseln.- Eleutheria, Freiburg i. Br.:204-209.

ITTNER, von (1818): Über die Bildung von Rhein-Inseln im Breisgau.- Eleutheria oder Freiburger literarische Blätter, Bd. 1, H. 1: 193-226, Freiburg/Breisgau (Wagnerische Buchhandlung).

JAAG, O. (1938): Die Kryptogamenflora des Rheinfalls und des Hochrheins von Stein bis Eglisau.- Mitteilungen Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen 14:1-158.

JAAG, O. (1955): Die Verunreinigung von Fließgewässern, dargestellt am Beispiel des Rheinstroms.- Berichte der Abwassertechnischen Vereinigung 6.

JAAG, O. (1955): Some effects of pollution on natural waters.- Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol. 12:761-7.

JAAG, O. (1961): Selbstreinigungsmechanismen in Fließgewässern.- Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol. 14: 41 ff.

JAAG, O. (1962): Grenzen der Selbstreinigungskraft der Gewässer.- Schriftenreihe österr. Wasserwirtsch. Verb. 44.

JAECKEL, O. (1922): Die Gefahren der Entwässerung unseres Landes.- Greifswald.

JANKOVIC, D. (1958): Ecological research on Danubian sterlet (Acipenser ruthenus L;).- Posebna Izd, srp. biol. Drust. 2:145 pp. (Y. e.).

JANKOVIC, D. (1973): Fische als Indikator der Gewässergüte und ihre Bedeutung für die wasserwirtschaftliche Nutzung.- Archiv für Hydrobiologie, Suppl. 44 (Donauforschung 5) 2: 222-228.

JANSEN, H. (1987): Die Entwicklung der Wasserspiegel- und Sohlensenkung am Niederrhein seit 1950.- Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 31 (1): 15-17.

JANSEN, MICHAEL (1993): Mohenjo-Daro - Stadt der Brunnen und Kanäle; Wasserluxus vor 4500 Jahren.- Wirtschafts- und Verl.-Ges. Gas und Wasser, Bonn: 144 S.

JASMUND, R. (1901): Die Arbeiten der Rheinstrom-Bauverwaltung 1851-1900. Denkschrift anläßlich des 50jährigen Bestehens der Rheinstrombauverwaltung.- Berlin.

JATZEK, H.-J. (1982)#: Das Makrozoobenthon des schiffbaren Rheins im Jahre 1980.- Diplomarbeit (zusammen mit H. Franz), 349 S., Universität Mainz, Fachbereich Biologie.

JATZEK, H.-J. (1985)#: Das Makrozoobenthon des schiffbaren Rheins. Vergleich der Jahre 1980 und 1982.- Mainzer Naturwiss. Archiv, Beih. 5: Die Tierwelt des Rheins einst und jetzt: 67-83.

JATZEK, H.-J. (1986a)#: Die Dynamik des Makrozoobenthons des schiffbaren Rheins in den Jahren 1976 bis 1982.- Dissertation, 353 S., Universität Mainz, Fachbereich Biologie.

JATZEK, H.-J. (1986b)#: Die Populationsdynamik der Chironomidae (Diptera: Insecta) in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen im Rhein.- In: Beiträge zur Limnologie. Teil 1. Landschaftsentwicklung und Umweltforschung 40: 323-33l, Berlin.

JATZEK, H.-J. (1988)#: Elektrobefischung am 21.06.1988. Ergebnisnotiz.- BASF AG, Ludwigshafen, Abt. DUU/Ökologie.

JATZEK, H.-J. (1990)#: Beitrag zur Struktur und vergleichende Untersuchungen des Makrozoobenthons des Rheins aus den Jahren 1980, 1982 und 1987 im Bereich der BASF AG.- in Kinzelbach R. and Friedrich G. (eds). Biologie des Rheins: 217-225.

JENKINS S. H. (1955): Neuere Probleme bei der Reinigung häuslicher und gewerblicher Abwässer in Großbritannien.- Berichte der Abwassertechnischen Vereinigung 6: 87 ff.

JENS, G. (1952): Untersuchungen an Aalschokkerfängen im Rhein.- Diplom-Arbeit, Univ. Hamburg.

JENS, G. (1953): Gutachten über den fischereibiologischen Zustand des Rheins von Germersheim bis Worms.- Unveröff. Ms., vorliegend bei Dr. Jens (Boppard-Udenhausen), Neustadt/Weinstraße.

JENS, G. (1954): Ein Überblick über den heutigen Zustand des Rheins.- Unveröff. Ms., vorliegend bei Dr. Jens (Boppard-Udenhausen).

JONES, J. R. E. (1964): Fish and River Pollution.- London.

JORDAN, G. (1941): Sauerstoffhaushalt und Wassergüte bei fließenden Gewässern.- Mitteilungen d. Ver. WBL-Hyg. 17 (1941) 9 ff.

JU, D (1899): Zuckerfabrikabwasser-Reinigung.- Berlin.

JUNGBLUTH, H.J. & BÜRK, R. (1984): Bibliographie der Arbeiten über die Mollusken in Baden-Württemberg mit Artenindex und biographischen Notizen.- Jahrbuch Ges. Naturkunde Württemberg 193: 217-276.

JUNGBLUTH, H.J. (1976): Bibliographie der Arbeiten über die hessischen Mollusken einschließlich Artenindex.- Philippia III (2) 122-155.

JÜNGER, O (1890): Die Torfstreu in ihrer Bedeutung für die Landwirtschaft und die Städtereinigung.- Parey, Berlin.

JÜRGENSEN, C. (1935): Die Mainalgen bei Würzburg.- Archiv für Hydrobiologie 28:361-414.

JURISCH, KONRAD WILHELM (1890)#: Die Verunreinigung der Gewässer. Eine Denkschrift im Auftrage der Flusscommission des Vereins zur Wahrung der Interessen der chemischen Industrie Deutschlands.- R. Gaertner,s Verlagsbuchhandlung, Berlin: 108 S.

JUSTYN, J. (1959): Die Verunreinigung des Libus-Baches und eine experimentelle Untersuchung der Selbstreinigungsprozesse seines Wassers.- Acta Univ. Carolinae 1960:3:199-239. s.

KABRHEL, G. (o.J.): Theorie und Praxis der Trinkwasserbeurteilung.- Oldenbourg, Berlin-München.

KAEMMERER, K F (1896): Compendium der Melioration von Ländereien durch Be- und Entwässerung.- Schumann, Leipzig.

KAFTAN, JOHANN (1880): Die systematische Reinigung und Entwässerung der Städte - Ein Handbuch für Ingenieure, Baumeister, städt. Baubeamte, Aerzte, Sanitätsbehörden, Stadtvertreter etc.- Wien.

KAHR, GUSTAV V. (1896): Bayerische Gemeindeordnung für die Landestheile diesseits des Rheins, Bd. 1.- München.

KALWEIT, H. (1976)#: Auswirkungen der Urbanisierung auf die Wasserwirtschaft eines großen Flußgebietes - Modell Rhein.- Die Wasserwirtschaft 66 (1/2): 14-24.

KANTONALER FISCHEREIVERBAND [HRSG.] (1991): 50 Jahre Kantonaler Fischerei Verband.- Basel Stadt 1941-1991, 216 S.

KARPOW, GRIGORY (1893): Ueber die desinficirende Wirkung der drei isomeren Chlorphenole, ihre Salicylsäureester und ihr Verhalten im Organismus.- Medic.Diss., Kaiserl. Univ. zu Jurjew.

KAST, HERMANN (1876)#: Reinigung und Entwässerung Freiburg i.B.: Denkschrift der verehrlichen Bürgerschaft hiesiger Stadt vorgelegt.- Wagner, Freiburg i. Br.

KEHR, D. (1945): Wege zur Reinhaltung unserer Flüsse.- VDI Zeitschr. 91: 293ff.

KEHR, H. (1955): Entwicklungstendenzen in der Abwasserreinigung.- Berichte der Abwassertechnischen Vereinigung 6: 277ff.

KELLER, H. (1914): Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft.- Wasserwirtschaftliches Zentralblatt (1914).

KETTNER, W.F. von (1849)#: Darstellung der ornithologischen Verhältnisse des Großherzogtums Baden.- Beiträge Rheinische Naturgeschichte.

KEUP, L. E. (1966): Stream biology for assessing sewage treatment plant efficiency.- Wat. Sewage Wks 113:411-7.

KEY, A. (1969): Der Gewässerschutz in Großbritannien.- Wasserschutztechnik, London: Brit. Handelsministerium.

KGL. PREUß./!. OBERBAU-DEPUTATION. (1826): Gutachten und Begleitbrief zur Tullaschen Rhein-Rektifikation vom 14. 7. 1826.- München: Bayer. Hauptstaatsarchiv.

KILLER, J. [HRSG.] (1957): Die Verunreinigung des Rheins vom Bodensee bis Karlsruhe.(von der Regionalgruppe Nordwestschweiz).- Wasser- und Energiewirtschaft (Zürich), 5,10.

KINDIG, A.C. & M.M. LITTLER (1980): Growth and primary productivity of marine macrophytes exposed to domestic sewage effluents.- Mar. Environ. Res. 3:81-100.

KINZELBACH, R. & CLAUS, W. (1977)#: Die Verbreitung von Gammarus Fossarum KOCH, 1835, G: Pulex (LINNAEUS, 1758) und G. Roeselii GERVAIS, 1835, in den linken Nebenflüssen des Rheins zwischen Wieslauter und Nahe.- Crustaceana, Suppl. 4: 1,64-172.

KINZELBACH, R. & FRIEDRICH, G. [HRSG] (1990)#: Biologie des Rheins.- (G.). Limnologie Aktuell Band 1. Gustav Fischer, Stuttgart. 510 S.

KINZELBACH, R. & NEUBERT, E. (1988)#: Warm- und kaltzeitliche Molluskenfunde aus dem nördlichen Oberrheingraben.- In: KOENIGSWALD, W.v.(Hrsg.) Zur Paläoklimatologie des letzten Interglazials im Nordteil des Oberrheingrabens, Paläoklimaforschung 4: 193.

KINZELBACH, R. & SCHMIDT, U. (1977)#: Zur Ökologie abwasserbelasteter Altrheine.- Verh. d. Gesellschaft. f. Ökologie 6: 455-462.

KINZELBACH, R. (1961)#: Die Vogelwelt von Germersheim.- Mitteilungen der Pollichia, Reihe 3, Bd.8: 101-106.

KINZELBACH, R. (1965)#: Ein Strandfloh, Orchestia cavimana HELLER, am Oberrhein.- Beiträge naturkundlichen Forschung Südw. -Dtld. 24 (2): 153-157.

KINZELBACH, R. (1967)#: Ein neues Vorkommen von Branchiura sowerbyi im Oberrheingebiet (Oligichaeta, Annelida).- Mainzer Naturwiss. Archiv 5/6: 87-92.

KINZELBACH, R. (1969)#: Epökie der Wandermuschel (Dreissena polymorpha (PALLAS)).- Natur und Museum 99 (4): 155-158.

KINZELBACH, R. (1972a)#: Einschleppung und Einwanderung von Wirbellosen in Ober- und Mittelrhein (Coelenterata, Plathelminthes, Annelida, Crustacea, Mollusca).- Mainzer Naturwiss. Archiv 11: 109-150.

KINZELBACH, R. (1972b)#: Zur Verbreitung und Ökologie des Süßwasser-Strandflohs Orchestia cavimana HELLER, 1865 (Crustacea: Amphipoda: Talitridae).- Bonner Zoologische Beiträge 23 (3) 267-282.

KINZELBACH, R. (1976a)#: Das Naturschutzgebiet "Hördter Rheinaue" bei Germersheim. Einführung in Ökographie, Ökologie, Pflege und Ausbau.- Mitteilungen Pollichia 64: 55-62.

KINZELBACH, R. (1976b)#: Die Wassermollusken des Naturschutzgebietes "Hördter Rheinaue".- Mitteilungen Pollichia 64: 139-152.

KINZELBACH, R. (1978a)#: Veränderungen der Fauna des Oberrheins.- Beih. Veröff. Naturschutz und Landschaftspflege Bad. Württ. 11, S. 291-301, Karlsruhe

KINZELBACH, R. (1978b)#: Temperatur-Präferenz und Toleranz von Invertebrata des Rheins.- Verh. Dtsch. Zool. Ges. 8: 221-283.

KINZELBACH, R. (1979)#: Warum ist es am Rhein nicht mehr so schön?.- Sielmanns Tierwelt 3 (8)#:6-15.

KINZELBACH, R. (1980)#: Limnische Lebensräume - limnische Wirbellose.- Natur und Landschaft, 55, H.1: 18 f, Mainz.

KINZELBACH, R. (1981)#: Die Tierwelt des Rheins als Indikator für seine Belastung.- in: Geiper, Prauß, Rothenberger: pfälzische Landeskunde (3 Bde) Bd. 2, Biologie: 249-271.

KINZELBACH, R. (1981)#: Die Tierwelt des Rheins als Indikator für seine Belastung.- Pfälzische Landeskunde 2: 249-271.

KINZELBACH, R. (1982): Veränderung der Fauna im Oberrhein.- in: Hailer, N. [Hrsg.]; Natur und Landschaft am Oberrhein, Versuch einer Bilanz, Veröff. d. Pfälzischen Ges. z. Förderung d. Wiss. 70: 66-86.

KINZELBACH, R. (1982b)#: Zur Tierwelt.- In: RUPPRECHT, G.(Hrsg.) Die Mainzer Römerschiffe: 29-43, Mainz.

KINZELBACH, R. (1983)#: Zur Dynamik der Zoobenthon-Biozönose des Rheins.- Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Mainz 1981) 10:263-271.

KINZELBACH, R. (1984)#: Neue Nachweise der Flachen Mützenschnecke Ferrissia wautieri (MIROLLI 1960) im Rhein-Einzugsgebiet und im Vorderen Orient.- Hessische Faunistische Briefe 4 (2)#: 20-24.

KINZELBACH, R. (1985b)#: Zur Entstehung der Zoozönose des Rheins.- Mainzer Naturw. Archiv. Beiheft 5:5-49.

KINZELBACH, R. (1985c)#: Stör oder Wels? Zum Fischkatalog in der "Mosella" des Ausonius.- Mainzer Naturwiss. Archiv 23: 223-230.

KINZELBACH, R. (1985d)#: Ein Nachweis des Meerneunauges (Petromyzon marinus) am hessischen Oberrhein.- Hessische Faunistische Briefe 5 (4)#: 56-58.

KINZELBACH, R. (1985e)#: Neue Nachweise der flachen Mützenschnecke Ferrissia wautieri (MIROLLI 1960) 1. Nachtrag.- Hessische Faunistische Briefe 5: 32-36.

KINZELBACH, R. (1987a)#: Das ehemalige Vorkommen des Störs, Acipenser sturio (Linnaeus, 1758), im Einzugsgebiet des Rheins (Chondrostei: Acipenseridae).- Z. Angewandt. Zool. 74:167-200.

KINZELBACH, R. (1987b)#: Die Tierwelt im Rhein nach dem November 1986.- Natur und Landschaft 62,12:521-526.

KINZELBACH, R. (1988): Die Europäische Sumpfschildkröte (Emys orbicularis) im Einzugsgebiet des Rheins.- Zeitsch. f. angew. Zool.75/4: 385-419.

KINZELBACH, R. (1988a)#: Die Tierwelt im Rhein nach November 1986.- In: KOHLER, A. & RAHMANN, H. (Hrsg.)Hohenheimer Arbeiten: Gefährdung und Schutz von Gewässern: 537-48, Stuttgart 1988 (Ulmer).

KINZELBACH, R. (1990c)#: Besiedlungsgeschichtlich bedingte longitudinale Faunen-Inhomogenitäten am Beispiel des Rheins.- Limnologie aktuell Band 1. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart.

KINZELBACH, R. (1991)#: Gewässerschutz aus biologischer Sicht. Zum Anforderungsprofil für Entlastungskonzepte.- Schriftenreihe WAR 49 Darmstadt.

KINZELBACH, R. (hrsg.) (1985)#: Die Tierwelt des Rheins einst und jetzt.- Mainzer Naturwiss. Archiv, Beih. 5: 183 S.

KINZELBACH, W.K.H. (1981)#: Managing the Goolirig Capacity of the Upper Rhine. A Case Study.- Environment Management 5 (1): 69-77.

KIRCHNER (1891): Grundriß der Militärgesundheitspflege.- Bruhn, Braunschweig.

KIRCHNER, M & LINDLEY, W H (1896): Schädlichkeit der Canalgase und Sicherung unserer Wohnungsräume gegen dieselben.- Vieweg, Braunschweig.

KIRCHWEGER, A.J. (1728)#: Aurea Catena Homeri, Das ist eine Beschreibung von dem Ursprung der Natur und natürlichen Dingen.- 2. Auflage, Leipzig.

KIRSCHBAUM, C.L. (1861): Die Reptilien und Fische des Herzogthums Nassau. Verzeichnis und Bestimmungshilfe.- Jahrbuch d. Nassauischen Ver. f. Naturkunde 16: 77-122.

KIßKALT (1906)#: Verunreinigung der Lahn und der Wieseck durch die Abwässer der Stadt Gießen.- Zeitschrift für Hygiene 53:305-368.

KISSKALT, K. (1946): Die Trinkwasserversorgung aus Seen. I. Bodensee.- Archiv für Hygiene 124: 328ff.

KISSKALT, K. (1948): Max v. Pettenkofer. Große Naturforscher Bd. 4.- Stuttgart.

KLAUSNITZER, B.; JACOB, U. & JOOST, W. (1982): Ausgestorbene und bedrohte rheobionte Wasserinsekten der DDR unter besonderer Berücksichtung potamaler Arten.- Ent. Nachr. Berichte 26:151-6.

KLEBAHN, H. (1896): Über wasserblüthebildende Algen usw.- Plöner Berichte der 4: 189ff.

KLEEMAIER, HORST (1983): Zur Geschichte der Münchner Stadtbäche.- in: Marie-Louise Plessen [Hrsg.]: Die Isar. Ein Lebenslauf, München: 79-93.

KLEIN, L. (ed.). (1957): Aspects of river pollution.- Butterworth, London. b.

KLEIN, ULRIKE (1988)#: Die Gewässerverschmutzung durch den Steinkohlenbergbau im Emschergebiet.- in: Teuteberg [Hrsg.]: Westfalens Wirtschaft am Beginn des "Maschinenzeitalters", Dortmund:337-358.

KLEINSCHMIDT, O. (1897): Beiträge zur Ornis des Großherzogtums Hessen. Zur Ornis der Rheininsel Guntershausen.- Journal für Ornithologie, 45: 137-141.

KLEINSTEUBER, H. (1971): Dokumentation zum Fischsterben im Rhein am 8.- 10. Juni 1971.- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz: 12 S.

KLINK, ALEXANDER (1985)#: Exuviae. De biologische Kwaliteitsbeoordeling van Maas en Rijn?.- 9 S., Unveröff. Gutachten ; Hydrobiologisch Adviesburo Klink bv Wageningen, Wageningen.

KLINK, ALEXANDER (1989)#: The Lower Rhine: Palaeoecological Analysis.- In: PETTS,G.E.; MÖLLER,H: & ROUX,A.L.: Historical change of large alluvial rivers: 183-201, Chichester, New York, Brisbane (John Wiley & Sons Ltd.).

KLOEPFER, MICHAEL (1994)#: Zur Geschichte des deutschen Umweltrechts.- Duncker & Humblot, Berlin: 196 S..SW 94/1671

KLOESS, ARNO (1912)#: Die deutsche Wasserwirtschaft.- Halle/S.

KLOESS, ARNO (1913)#: Grundriss des Preußischen Wasserrechts. Systematische Einführung in das Wasserrecht, Mühlenrecht, Heiquellenrecht und Bergwasserrecht Preußen.- Knapp, Halle: 144 S.

KLOSE, H. (1964): Untersuchungen über den Indikationswert des Potamoplanktons. 9 Abb., 73 Lit.- Int. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph. 53: 781-805, Berlin.

KLOTTER, H.-E. & E. HANTGE (1966): Über die Auswertung biologischer Gewässeruntersuchungen und ihre Relation zum Biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB5). 9 Abb., 3 Tab.,14 Lit.- Die Wasserwirtschaft 56: 21-26, Stuttgart.

KLUGE (1874a): Betrachtungen über die Dauer der einzelnen Wasserstände an den Rheinpegeln bei Coblenz, Cöln und Düsseldorf, sowie über die Häufigkeit ihres Eintretens.- Zeitschrift für Bauwesen 24: 501-508.

KLUGE (1874b): Die Wasserstände des Rheins an den Pegeln zu Straßburg, Bingen, Bacharach, St. Goar, Coblenz, Cöln, Düsseldorf, Emmerich und der Mosel an den Pegeln zu Sierck und Cochem.- Zeitschrift für Bauwesen 24: 495-501.

KLUGE, T. & E. SCHRAMM (1986)#: Wassernöte. Zur Geschichte des Trinkwassers.- Kölner Volksblatt Verlag, Köln: 237 S.

KLUNZINGER, C.B. (1881): Die Fische in Württemberg - faunistisch-biologisch betrachtet und die Fischereiverhältnisse daselbst.- Jh. Ver. Vaterländische Naturkunde Württemberg 37.

KLUT, H. & OLSZEWSKI, W. (1943): Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle. 8. Aufl.- Berlin: Springer.

KLUT, H. (1908): Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle.- Berlin: Springer.

KNÄBLE, K. (1968)#: Zur Frage des Kraftausbaues des Oberrheins zwischen Kehl/Straßburg und Lauterburg.- In: Deutscher Rat für Landespflege: Landespflege am Oberrhein. Berichte über den Ausbau des Oberrheines zwischen Basel und Karlsruhe und seine landespflegerischen Auswirkungen, Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege, H.10: 19-23.

KNAEBEL, GEORGES (1988): Historical Origins and Development of a Sewerage System in a German City: Bielefeld, 1850-1904.- in: Tarr, Joel.A. & Dupuy, Gabriel: Technology and the Rise of the Networked City in Europe and America, Philadelphia:186-206.

KNAUFF, FRIEDRICH & ESSER (1872): Bericht über die zu Amsterdam und Leyden angestellten Versuche mit dem Liernur'schen System.- Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 4, S. 316-332.

KNAUFF, FRIEDRICH U.A. (o.J.): Reinigung und Entwässerung der Stadt Heidelberg.- Korr.-Bl. d. Niederrh. Ver. f. öffentlich Gesundheitspflege 1: 178.

KNAUFF, M (1884): Der Torf als Filtrationsmittel für Kanaljauchen.- Seydel, Berlin.

KNAUFF, M (1884): Die Mängel der Schwemmkanalisation gegenüber dem Shone-System mit Hinblick a.d.Kanal.d.Stadt Berlin.- Seydel, Berlin.

KNAUT, ANDREAS (1993)#: Zurück zu Natur ! (Die Wurzeln der Ökologiebewegung.- Supplement 1 zum Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege; Kilda-Verlag, Greven:480 S. (Diss., München).

KNAUTHE, K. (1899): Beobachtungen über den Gasgehalt der Gewässer im Winter.- Biologisches Zentralblatt 18 (1898) 785 ff. u. 19 (1899) 783 ff.

KNAUTHE, K. (1901): Gewitter und Fischsterben.- Allg. Fischerei-Zeitung 26.

KNAUTHE, K. (1907): Das Süßwasser. Chemische, biologische und bakteriologische Untersuchungsmethoden unter besonderer Berücksichtigung der Biologie und der fischereiwirtschaftlichen Praxis.- Neudamm: Neumann.

KNECHT, A. (1982)#: Das Wachstum von Wasserpflanzen im Hochrhein.- Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 26 (4): 109.

KNECHT, A. (1985)#: Ökologische und experimentelle Untersuchungen zur Massenentwicklung von Ranunculus fluitans LAM. im Rhein.- Diss., Universität Zürich (Philosophische Fakultät II), 127 S., Zürich.

KNOLL, K. H. (1969): Hygienische Beurteilung natürlicher Selbstreinigungsvorgänge für die Grundwasserbeschaffenheit im Bereich von Abfalldeponien.- Müll und Abfall 1: 35 ff.

KNOLL-AG <Ludwigshafen> (Hrsg.] (1949): Knoll AG, Chemische Fabriken, Ludwigshafen am Rhein: 1886 - 1949: Knoll, Knoll. - Ludwigshafen am Rhein: 111 S.

KNOP, E. (1953): Kontrollstation zur Überwachung der Verunreinigung von Wasserläufen.- Gesundheits-Ingenieur 74: 78 ff.

KNOP, E. (1970): Klärwerk Emschermündung - die größte Anlage in Mitteleuropa.- In: Der Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Wasserwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf: 72-76.

KNÖPP, H. & KOTHÉ, P. (1965)#: Die Bedeutung des biologischen Wasserbaus für die Gewässerbiologie und Fischerei.- in: Der Biologische Wasserbau an den Bundeswasserstraßen- Teil 7. Stuttgart: Eugen Ulmer: 268ff.

KNÖPP, H. & MAUCHER (1968): Minderung der Selbstreinigungskraft des Niederrheins durch Gifte aus Abwässern und die Quellen dieser Schädigung.- Zwischenbericht, Forschungsauftrag zu G5/355.02/3056. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz: 23 S. + Anlagen.

KNÖPP, H. & STURZ, 0. (1955): Gutachterliche Stellungnahme über die Beeinflussung der Wassergüte des Rheins durch Abwässer der Badischen Anilin- und Sodafabrik Ludwigshafen.- Unveröff. Gutachten, Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz.

KNÖPP, H. (1957a)#: Die heutige biologische Gliederung des Rheinstroms.- Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 1 (3): 56-63.

KNÖPP, H. (1957b)#: Gutachten über den biologischen Zustand des Rheinstroms im Bereich der WSD Mainz vom 24.10. bis 3.11.1955 und 22.11 - 23.11.1956.- Unveröff. Gutachten, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

KNÖPP, H. (1958)#: Experimentelle Untersuchungen über die Schädigung von Selbstreinigungsvorgängen durch Abwassergifte.- Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 2 (4): 79-83.

KNÖPP, H. (1959a)#: Über den Einfluß des Planktons auf die Sauerstoffzehrung von Flußwasser.- Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 3 (4): 65-70.

KNÖPP, H. (1959b)#: Über die Rolle des Phytoplanktons im Sauerstoffhaushalt von Flüssen.- Deutsche Gewässerkundliche Mitteilüngen 3 (6): 139-147.

KNÖPP, H. (1960)#: Untersuchungen über das Sauerstoff-Produktionspotential von Flussplankton.- Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie 22: 152-166.

KNÖPP, H. (1961a)#: Der A-Z-Test, ein neues Verfahren zur toxikologischen Prüfung von Abwässern (Begründung und Beschreibung der Methode).- Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 5 (3): 66- 73.

KNÖPP, H. (1961b)#: Die "Zusätzliche Zehrung" - eine neue biochemische Kennzahl zur Bewertung von Selbstreinigungskraft und Verschmutzung.- GWF (Das Gas- und Wasserfach) Wasser/Abwasser 105 (4): 92- 98.

KNÖPP, H. (1962)#: Der Assimilations-Zehrungstest, ein einfaches Verfahren zur biochemischen Prüfung und Bewertung von Abwasser.- GWF (Das Gas- und Wasserfach) Wasser/Abwasser 103 (30): 786.

KNÖPP, H. (1962): Über Situation und Entwicklungstendenzen der Saprobiologie. 21 Lit.- Int. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph. 47: 85-99, Berlin.

KNÖPP, H. (1963)#: Biochemische Abwasserprüfung und ihre Beziehungen zum Stoffhaushalt der Vorfluter.- Föderation Europäischer Gewässerschutz, FEG Informationsblatt Nr. 8: 55-56.

KNÖPP, H. (1964a)#: Die "Zusätzliche Zehrung" - eine neue biochemische Kennzahl zur Bewertung von Selbstreinigungskraft und Verschmutzung.- GWF (Das Gas- und Wasserfach) Wasser/Abwasser 105 (4): 92-98.

KNÖPP, H. (1964b)#: Messung der "Selbstreinigungskraft" von Gewässern.- Umschau in Wissenschaft und Technik 64 (21): 670.

KNÖPP, H. (1965)#: Neue Erkenntnisse zum Sauerstoffhaushalt von Fließgewässern.- Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, Sonderheft: 17-23.

KNÖPP, H. (1967a)#: Biochemical analysis and charting of flowing waters.- Advances in water pollution research. Proceedings 3d International Conference on Water Pollution Research,. Munich 1966. Washington D.C: 1: 146-151.

KNÖPP, H. (1967b): Untersuchungen über die Selbstreinigungskapazität und Selbstreinigungsleistung von Strömen und über die Vergiftung dieser Funktionen durch industrielle Abwässer.- Vortrag Donautagung Kiew 1967. Sonderband der Ukrainischen Akademie der Wissenschaften, Kiew.

KNÖPP, H. (1968b)#: Stoffwechseldynamische Untersuchungsverfahren für die biologische Wasseranalyse.- Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie 53 (3): 409-441.

KNÖPP, H. (1970)#: Neuere Studien zur Biologie und Biochemie des Rheins.- Gewässerschutz, Wasser, Abwasser 3: 67-82.

KNÖPP, H. (1973)#: Zur Frage der "Belastbarkeit" von Fließgewässern, dargestellt am Beispiel des Rheines.- VDI- Z. 115 (14): 1101-1106.

KNÖPP, H. (1973d)#: Zur Frage der "Belastbarkeit" von Fließgewässern, dargestellt am Beispiel des Rheines.- VDI-Zeitung 115 (14): 1101-1106.

KNÖPP, H. (1988)#: Der Rhein ein knappes Jahr nach "Sandoz".- Beiträge zur Rheinkunde 40 : 5-19.

KNÖRZER, K.-H. (1971): Mittelalterliche Vorkommen von Schwarzpappeln (Populus nigra) am Niederrhein.- Decheniana, H.1/2, Bd.123: 249-252, Bonn.

KNÖRZER, K.-H. (1987): Geschichte der synanthropen Vegetation von Köln.- Kölner Jahrbuch für Vor- und Frühgeschichte 20:271-388.

KOBELT, W. (1870)#: Ein Nachtrag zu der Literatur der Molluskenfauna des Rheingebiets.- Nachrichtenblatt der deutschen Malakozoologischen Gesell. 2: 54-55.

KOBELT, W. (1908a)#: Die ergeschichtliche Bedeutung der lebenden Najaden.- Verhandlungen des naturhistorischen Vereins des preußischen Rheinland-Westfalens 65:151-162.

KOBELT, W. (1908b)#: Zur Erforschung der Najadenfauna des Rheingebietes.- Nachrichtenblatt der deutschen Malakozoologischen Gesell. 40 (2): 49-59.

KOBWIG, W. (1937): Zur Soziologie und Ökologie des Mitteldeutschen Auenwaldes.- Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Dissertation: 211 S.

KOCH & QUEDNAU (1955): Die Strom- und Flußfischerei insbesondere im Rheingebiet.- Die Binnenfischerei, Schr. Reihe des Landes und Hauswirtschaftlichen Informationsdienstes (A.I.D.) 94: 31-42.

KOCH, ERICH (1911)#: Die städtische Wasserleitung und Abwässerbeseitigung volkswirtschaftlich sowie finanzpolitisch beleuchtet.- Jena (=Abhandlungen des staatswissenschaftlichen Seminars zu Jena, 10. Bd., 2. Heft).

KOCH, ROBERT (1881)#: Zur Untersuchung von pathogenen Organismen.- Mitteilungen aus dem Königlichen Gesundheitsamt Bd.1.

KOCH, ROBERT (1883)#: Über die neuen Untersuchungsmethoden zum Nachweis der Mikroorganismen in Boden, Luft u. Wasser.- Ärztl. Ver. B1. f. Deutschl. Nr. 137.

KOCH, ROBERT (1903): Die Bekämpfung des Typhus.- Veröffentlichungen a.d. Gebiete des Militär-Sanitätswesens 21, Hirschwald.

KOCH, W. (1925): Die Geschichte der Binnenfischerei von Mitteleuropa.- Handbuch der Binnenfischerei mitteleuropas, Stuttgart 4:1-52.

KOCH, W. (1929): Ernste Gefährdung unserer Rheinfischerei.- Badische Fischereizeitung 6: 154-159.

KOCH, W. (1929): Fischpässe und Fischwanderung am Neckar.- Badische Fischereiztg. 8/9.

KOCH, W. (1933): Schutz der badischen Altrheine.- Mein Heimatland, 20, H.7/8: 234-250.

KOCH, W. (1939): Vom Rheinlachs.- Naturschutz 14 (6): 110-113.

KOCH, W. (1942): Oberrheinfischerei und die ehemalige "Kaiserliche Fischzucht Hüningen".- Mein Heimatland 35: 57-72.

KOCH, W. (1973): Zur Geschichte der Mainzer Fischerzunft.- Mainzer Naturwiss. Archiv 12: 5-21.

KOEBELE, F. (1984a): Entwicklung der rheinischen Auenwälder im Elsaß.- Revue Forest. Francaise, 36, numero special: 76-82.

KOEHLER, O. (1949): Ehrenpromotion Robert Lauterborns.- Archiv für Hydrobiologie, 1949, Bd. XLII:483-489.

KOEP, Th. (1933): Beitrag zur Kenntnis der Hydracarinen vom Niederrhein.- Natur am Niederrhein 9 (2): 43-44.

KOHL, R. (1990): Möglichkeiten der Gewässerbewertung mit Köcherfliegenlarven, Limnologische-ökologische Untersuchungen zur saarländischen Trichopterenfauna.- Abhandlungen Delattinia, Saarbrüchen 19:1-65.

KOHLER, A. (1975): Submerse Makrophyten und ihre Gesellschaften als Indikatoren der Gewässerbelastung.- Beiträge Naturk. Forsch. Südw. Dtschl. 34 (1975) 149ff.

KOHLER, A., R. BRINKMEIER & H. VOLLRATH (1974): Verbreitung und Indikatorwert der submersen Makrophyten in den Fließgewässern der Friedberger Au. 6 Abb., 6 Tab., 22 Kt., 42 Lit.- Berichte der Bayer. Bot. Ges. 45: 5,36, Müinchen.

KOHLER, WALTER F. (1991): Quellen zur Statistik des Gesundheitswesen in Deutschland (1815-1938).- in: Fischer, W. & A. Kunz [Hrsg.]: Grundlagen der Historischen Statistik von Deutschland, Opladen 1991:275-298.

KÖHN, TH. (1894): Ueber die Untersuchungsmethoden zur Feststellung der Selbstreinigung des Flußwassers.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 25,4.

KOIJMANS,J. (1954): Die Selbstreinigung in Flüssen, insbesondere im Rhein.- Bulletin Centre Belge Etude Document. Eaux 24: 90ff.

KOLENATI, M. (1848)#: Über den Nutzen und Schaden der 'Trichopteren.- Stettiner Entomologische Zeitung 9: 50-52, Stuttgart.

KOLKWITZ, R. & FELIX EHRLICH (1907): Chemisch-biologische Untersuchungen der Elbe und Saale.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 9:1-110.

KOLKWITZ, R. & H. THIESING (1905): Chemisch-biologische Untersuchungen über die Verwendung der Rieselwiesen zur Reinigung des Talsperrenwassers für Genusszwecke.- Mitteilungen aus der Königlichen

Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 5:130-150.

KOLKWITZ, R. & M. MARSSON (1902)#: Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. 117 Lit.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 1:33-72, Berlin.

KOLKWITZ, R. & M. MARSSON (1908): Ökologie der pflanzlichen Saprobien. 4 Lit.- Berichte der Dtsch. Bot. Ges. 26a: 505-519, Berlin.

KOLKWITZ, R. & M. MARSSON (1909): Ökologie der tierischen Saprobien. Beiträge zur Lehre von der biologischen Cewässerbeurteilung. 23 Lit.- Int. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph. 2: 126-152, Berlin.

KOLKWITZ, R. & M. MARSSON (1960)#: Ökologie der tierischen Saprobien.- Int. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph. 2: 126-152.

KOLKWITZ, R. (1902a): Über die Bedeutung der Biologie für die Beurtheilung des Wassers.- Berichte der Dtsch. pharm. Gesellsch. 12 (1902) 97ff.

KOLKWITZ, R. (1902b): Gibt es Leitorganismen für verschiedene Grade der Verschmutzung des Wassers?.- Verhandlungen der Gesellschaft für Naturforscher u. Ärzte 73. Versammlung zu Hamburg. Theil II,Hamburg:246ff.

KOLKWITZ, R. (1903): Beiträge zur biologischen Wasserbeurteilung: a) Trinkwasseruntersuchung.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 2:23-26.

KOLKWITZ, R. (1903): Ueber Bau und Leben des Abwasserpilzes Leptomitus lacteus.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 2:34-98.

KOLKWITZ, R. (1906): Die biologische Selbstreinigung der natürlichen Gewässer.- in: Lafar: Handbch. d. techn. Mykologie. Bd. III. Jena: G. Fischer.

KOLKWITZ, R. (1907): Die biologische Selbstreinigung im Dienste der Abwässerbeseitigung.- Wochenbl. f. Papierfabr. 38(1907).

KOLKWITZ, R. (1907): Entnahme- und Beobachtungsinstrumente für biologische Wasseruntersuchungen.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 9:111-144.

KOLKWITZ, R. (1907): Über biologische Selbstreinigung und Beurteilung der Gewässer.- Beilage zur Hyg. Rundschau 17,H. 2(1907).

KOLKWITZ, R. (1907): Ueber biologische Selbstreinigung und Beurteilung der Gewässer.- Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für öffentliche Gesundheitspflege zu Berlin 17 (2): 143- 150.

KOLKWITZ, R. (1911): Biologie des Trinkwassers, Abwassers und der Vorfluter.- in: Rubner u. a, Handb. d. Hygiene. 2. Abt. 2. Aufl. Leipzig.

KOLKWITZ, R. (1912): Das Plankton des Rheinstroms von seiner Quellen bis zur Mündung.- Berichte der dt. bot. Ges. 30:205-26.

KOLKWITZ, R. (1912): Quantitative Studien über das Plankton des Rheinstroms,von seinen Quellen bis zur Mündung -1. Mitteilung.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 16:167-209.

KOLKWITZ, R. (1928): Zur Kenntnis der biologischen Selbstreinigung der Gewässer.- Berichte der Dtsch. Bot. Ges. 46: 35ff.

KOLKWITZ, R. (1950)#: Ökologie der Saprobien. Über die Beziehungen der Wasserorganismen zur Umwelt.- Schriftenreihe Ver. Wasser-, Boden,- Lufthygiene 4:1-64, Stuttgart.

KOLLIBAY, P. (1909): Eine vergleichende Besprechung der rheinischen und schlesischen Vogelfauna.- Journal für Ornithologie, 57: 223-226.

KÖLLMANN, WOLFGANG (1974): Bevölkerung in der industriellen Revolution - Studien zur Bevölkerungsgeschichte Deutschlands.- Göttingen.

KÖNIG, F. (o.J.): Anlage und Ausführung von Städtekanalisationen.- Wiegand, Leipzig.

KÖNIG, FRIEDRICH (1907): Anlage und Ausführung von Wasserleitungen und Wasserwerken zur Versorgung von Städten, Ortschaften, Anstalten und Privatgebäuden.- Wigand, Leipzig, 564 S.

KÖNIG, GUSTAV (1894): Über die Kanalisation kleinerer Städte und Reinigung der Abwässer.- Knapp, Halle a.S.

KÖNIG, J. & HASELHOFF, E. (1897): Über die Schädlichkeit industrieller Abgänge für die Fischzucht.- Landwirtschaftliche Jahrbücher 26: 193 ff.

KÖNIG, JOSEF & RUDOLF EMMERICH (1904): Die Bedeutung der chemischen und bakteriologischen Untersuchung für die Beurteilung des Wassers. Nach den auf der Versammlung d. Freien Vereinigung Deutscher Nahrungsmittelchemiker geh. Vortrag.- Zeitschrift für Untersuchung d. Nahrungs- und Genußmittel Bd. 8,H1: 25 S.

KÖNIG, JOSEF (1885): Ueber die Prinzipien und die Grenzen der Reinigung von fauligem und fäulnissfähigen Schmutzwassern.- Springer, Berlin.

KÖNIG, JOSEF (1887)#: Die Verunreinigung der Gewässer, deren schädliche Folgen, nebst Mitteln der Reinigung der Schmutzwässer.- J. Springer, Berlin, 624 S.

KÖNIG, JOSEF (1891): Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe.- Parey, Berlin.

KÖNIG, JOSEF (1899a)#: Die Verunreinigung der Gewässer: deren schädliche Folgen sowie die Reinigung von Trink-u.Schmutzwas.- 2. Auflage, Band 1, Springer, Berlin 454 S.

KÖNIG, JOSEF (1899b)#: Die Verunreinigung der Gewässer, deren schädliche Folgen sowie die Reinigung von Trink- und Schmutzwasser.- 2. Auflage, Band 2 Verlag von Julius Springer, Berlin: 513 S.

KÖNIG, JOSEF (1903)#: Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Flüsse.- P. Parey, Berlin.

KÖNIG, JOSEF (1911): Neuere Erfahrungen über die Behandlung und Beseitigung der gewerblichen Abwässer.- Springer, Berlin (Vortrag): 52 S.

KÖNIG, JOSEF (1929): Die Ermittlung des Düngerbedarfs des Bodens.- Parey, Berlin: 75 S.

KÖNIG, JOSEF ET. AL. (1915): Die Reinigung städtischer Abwässer in Deutschland nach den natürlichen biologischen Verfahren.- Landwirtschaftliche Jahrbücher, Parey, Berlin (1914)?.

KOPPITZ, U. (1994): Entwicklungen industrieller Wasserwirtschaft bis in den I. Weltkrieg - ein Überblick am Beispiel Deutschland.- Manusskript.

KORN, O. (1897)#: Die Rieselfelder der Stadt Freiburg - Chemische und bakteriologische Untersuchung der Kanalflüssigkeit und der Drainagewässer.- Diss. Uni Freiburg, R. Oldenbourg Drukkerei, München.

KÖRNER, H. (1977): Diatomeenaufwuchsanalyse. Eine quantitative Methode der biologischen Gewässergüteüberwachung. 2 Abb.,1 Tab.,12 Lit.- Wasser und Boden 30: 332-337, Hamburg.

KOSCHMIEDER, HERM (1903): Die Verwendung elektrischer Energie zur Reinigung und Sterilisierung von Abwasser.- Leineweber, Leipzig.

KOSCHMIEDER, HERMANN (1903): Die Verwertung des Schlammes von Kläranlagen für Abwässer.- Leineweber, Leipzig.

KOSTER, B. & WINKLER, J. (1985a)#: Das Makrozoobenthos des Hochrheins im Jahre 1983.- Diplom-Arbeit, Technische Hochschule Darmstadt,(Zoologisches Institut), 332 S., Darmstadt.

KOSTER, B. & WINKLER, J. (1985b)#: Das Makrozoobenthon des Hochrheins.- Mainzer Naturwiss. Archiv, Beih. 5: Die Tierwelt des Rheins einst und jetzt: 51-66.

KOSTOF, SPIRO (1993): Die Anatomie der Stadt - Geschichte städtischer Strukturen.- Campus Verlag, Frankfurt, New Yorh: 320 S.

KOTHÉ, P. (1956): Die Technisierung der Oberelbe zwischen Alandmündung und Hamburg in ihrer Auswirkung auf die makroskopische Lebewelt des Stromes.- Diplom-Arbeit, Zoologisches Staatsinstitut und Museum Hamburg, 66 S., Hamburg.

KOTHÉ, P. (1962): Der "Artenfehlbetrag", ein einfaches Gütekriterium und seine Anwendung bei biologischen Vorfluteruntersuchungen. 3 Abb.,1 Tab.,10 Lit.- Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 6: 60-65, Koblenz.

KOTHÉ, P. (1966): Die Bestimmung des "Artenfehlbetrags" - ein Beitrag zur Methodik der biologisch-ökologischen Gewässeranalyse.- Wasser/Abwasser 107: 620 (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

KOUSSOURIS, T. S.; DIAPOULIS, A. C., BERTAHAS, I. T. & GRITZALIS, K. C. (1989): Self-purification processes along a polluted river in Greece.- Wat. Sci. Technol. 21:1869-72.

KRABBE, WOLFGANG R. (1985): Kommunalpolitik und Industrialisierung - Die Entfaltung der städtischen Leistungsverwaltung im 19. und frühen 20. Jahrhundert - Fallstudien zu Dortmund und Münster, Stuutgart u.a.- Schriften des Deutschen Instituts für Urbanistik Bd. 74.

KRABBE, WOLFGANG R. (1989): Die deutsche Stadt im 19. und 20. Jahrhundert.- Göttingen.

KRAHWINKEL, W. (1922): Städteentwässerung am Niederrhein.- Gesundheits-Ingenieur 45: 265-266.

KRAMER, ERNST (1890): Die Bakteriologie in ihren Beziehungen zur Landwirtschaft und den landw.-technischen Gewerben.- Gerold, Wien.

KRÄTZ, OTTO (1991): Historische chemische Versuche.- Aulis Verlag Deubner & Co, Köln: 258 S.

KRAUSE, A. (1949): Untersuchungen zur Anatomie und Ökologie von Lithoglyphus naticoides (C. Pfeiffer).- Archiv f. Molluskenkunde 78 (4/6): 103-148.

KRAUSE, W. & CARBIENER, R. (1975)#: Die Chloridkonzentration in den Gewässern der Oberrheinebene und ihrer Randgebirge.- Erdkunde, Archiv für wissenschaftliche Geographie 29 (4): 268-277.

KRAUSE, W. & HÜGIN, G. (1987)#: Ökologische Auswirkungen von Altarmverbundsystemen am Beispiel des Altrheinausbaus.- Natur und Landschaft, Jg.62, Nr.1: 5.9.

KRAUSE, W. (1963)#: Eine Grünland-Vegetationskarte der südbadischen Rheinebene und ihre landschaftökologische Aussage.- Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde, H.20: 5-77.

KRAUSE, W. (1968)#: Beobachtungen zum Grundwasseraustritt in der Rheinaue vor und nach den Bau des Elsässischen Rheinseitenkanals, Stauhaltung Rheinau-Sundhausen.- In: Deutscher Rat für Landespflege: Landespflege am Oberrhein. Berichte über den Ausbau des Oberrheines zwischen Basel und Karlsruhe und seine Landespflegerischen Auswirkungen, Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege, H.10: 55-59.

KRAUSE, W. (1969)#: Zur Characeenvegetation der Oberrheinebene.- Archiv Hydrobiol., Suppl. 35: 202-253.

KRAUSE, W. (1971)#: Die makrophytische Wasservegetation der südlichen Oberrheinaue.- Archiv Hydrobiol. (Suppl.) 37:387-465.

KRAUSE, W. (1974a)#: Die Wasservegetation im Taubergießengebiet vor Inbetriebnahme des Rheinseitenkanals mit Ausblicken auf die künftige Entwicklung.- Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg (Hrsg.) Das Taubergießengebiet, eine Rheinauenlandschaft. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, Bd.7: 306-324, Ludwigsburg.

KRAUSE, W. (1974b)#: Das Taubergießengebiet, Beispiel jüngster Standortgeschichte in der Oberrheinaue.- Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg (Hrsg.) Das Taubergießengebiet, eine Rheinauenlandschaft. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, Bd.7: 147-172, Ludwigsburg.

KRAUSE, W. (1974c)#: Veränderungen des Chloridgehaltes der Rheinauengewässer in Zusammenhang mit dem Bau des Rheinseitenkanals.- Berichte der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg/Breisgau, 64, H.1: 5-23.

KRAUSE, W. (1976)#: Veränderungen im Artenbestand makroskopischer Süßwasseralgen in Abhängigkeit vom Ausbau des Oberrheins.- Schr. Reihe f. Vegetationskunde 10: Veränderungen der Flora und Fauna in der Bundesrepublik Deutschland: 227-237.

KRAUSE, W. (1979)#: Die Rückkehr verschollener Pflanzen und Pflanzengesellschaften auf neugeschaffene anthropogene Standorte.- Tüxen, R. (Hrsg.) Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde, Werden und Vergehen von Pflanzengesellschaften (Rinteln 20. - 23.3.1978), Vaduz (Verlag J.Cramer).

KRAUSE, W. (1980)#: Zur Gesellschaftsbildung der Characeen in der Oberrheinebene.- Phytocoenologia 7 (Festband Tüxen): 305-317.

KRAUSE, W. (1980a)#: Vorrangig erhaltenswerte Gewässer der Badischen Rheinaue und ihre Vegetation. Vegetationskundlich, gewässerkundlich und avifaunistisch vorrangig erhaltenswerte Flächen der Badischen Rheinaue.- Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie, Institut für Vegetationskunde, Bonn/Bad Godesberg.

KRAUSE, W. (1980b)#: Das Zusammenwirken des natürlichen Landschaftsaufbaues der Oberrheinaue und der technischen Eingriffe des Menschen, interpretiert an historischen topographischen Karten.- Colloques phytosociologiques, 9, les forêts alluviales: 429-439, Strasbourg.

KRAUSE, W. (1981)#: Über das Verhältnis von Beständigkeit und Veränderung in der Wasservegetation der Oberrheinaue.- In: Tüxen, R. (Hrsg.) Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde: 133-154, - Vaduz (J. Kramer).

KRAUSE, W. (1982)#: Stellungnahme zu Problemen des Naturschutzes auf den Wiesen des Taubergießengebietes.- In: Umweltstiftung World Wildlife Fund Deutschland: Rheinaue Taubergießen: 35-61, Frankfurt/Main.

KRAUSS (1865): Ein Lachs (Trutta Salar L.) aus dem Nekkar bei Heilbronn.- Jh. Ver. Vaterländische Naturkunde Württemberg 21: 276-277.

KRAWINKEL, W. (1922): Stadtentwässerung am Niederrhein.- Gesundheitsingenieur 21:265-269.

KREBS, F. (1978a)#: Kresol-Abbau im Rhein als Folge bakterieller Giftadaptation (Rhein-km 590,3, Juli 1971 - Dezember 1974).- in:Vortragsband Tagung deut-

scher Limnologen in der Internationalis Limnologiae in Karlsruhe, September 1978, Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft, Karlsruhe: 118-119.

KREBS, F. (1978b)#: Stoffwechseldynamische Untersuchungsmethoden als ökotoxikologische Testverfahren, dargestellt am Beispiel von Längsprofiluntersuchungen des Rheins (Strom-km 359-855, November 1972 und 1973).- In: KREBS, F.: Vergiftung der Selbstreinigung durch toxische Abwässer. Teil 1: Stoffwechseldynamische Analysenmethoden - Forschungsbericht, Umweltforschungsplan des Bundesministers des Innern (102 04 009/102 04 301). Bundesanstalt für Gewässerkunde, Kob.

KREBS, F. (1981): Vergiftung der Selbstreinigung durch toxische Abwässer. Teil 2: Algentoxizitätsteste.- Forschungsbericht, Umweltforschungsplan des Bundesministers des Innern. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz: 134 S.

KREJCI, V., R. FANKHAUSER, S. GAMMETER, M. GROTTKER, B. HARMUTH, P. MERZ & W. SCHILLING (1994)#: Integrierte Siedlungsentwässerung - Fallstudie Fehraltorf.- Schriftenreihe der EAWAG 8:268 S.

KREUSELIN, W. (1891): Die Stellung des deutschen Vereins zur öffentlichen Gesundheitspflege zur Flußverunreinigungsfrage.- Archiv für rationelle Städteentwässerung (Berlin 1891).

KREUZ, A. (1938): Handbuch der landwirtschaftlichen Abwassrverwertung.- R. Oldenbourg Verlag, Berlin.

KRIEGSMANN, F. (1969a)#: Die Rheinschifferei Baden-Württembergs und die Entwicklung des Rheinstroms zur Hochwasserrinne und zum Kraftwerkskanal.- Allg. Fischerei-Ztg. 94 (12): 382-385.

KRIEGSMANN, F. (1969b)#: Die Oberrheinfischerei zwischen Karlsruhe und Basel.- Welt am Oberrhein 1: Fischerei und Gewässerschutz: 11-12.

KRIEGSMANN, F. (1970)#: Gutachten über die Rheinfischerei und die Wirkungen der Teilkanalisierung zwischen Breisach und Kehl.- Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Weinbau und Forsten Baden-Württemberg (Hrsg.) 88 S.

KRIEGSMANN, F. (1974)#: Fische und Fischerei im Schutzgebiet Taubergießen.- In: Das Taubergießengebiet, Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Bad. Württ. 7: 580-588, Ludwigsburg.

KRIEGSMANN, F. (1978)#: Fischerei im Oberrhein.- In: Naturschutzgebiet Limberg am Kaiserstuhl, Natur- und Landschaftsschutzgebiete Bad. Württ. 2: 205-216, Karlsruhe.

KRÖHNCKE (1903): Oxydationsverfahren bei der Abwasserreinigung.- Leineweber, Leipzig.

KRÖHNKE, O (1901): Ueber Spülabortgruben I.- Gesundheit 26(1901)10, Leineweber, Leipzig.

KRÖHNKE, O (o.J.): Die Reinigung des Wassers für häusliche und gewerbliche Zwecke.- .

KRÖHNKE, O. (1900): Das Kohlebreiverfahren.- Leineweber, Leipzig: 32 S.

KRÖHNKE, O. (1902): Das Wasser und seine Reinigung.- Zeitschrift für landwirtsch. Gewerbe, Hamburg.

KRÖHNKE, O. (o.J.): Die natürlichen Wasservorräte und ihre Beschaffenheit auf der Elbinsel Wilhelmsburg.- Vortrag, Kämmereres Buchdruckerei, Wilhelmsburg.

KROMER, MAX (1962): Wasser in jedwedes Bürgers Haus - Die Trinkwasserversorgung historisch verfolgt und dargestellt m Beispiel Ulm.- Frankfurt, Berlin.

KRUSCHE, PER, DIRK ALTHAUS, INGO GABRIEL & MARIA WEIG-KRUSCHE (1982)#: Ökologisches Bauen.- Bauverlag GmbH, Wiesbaden, Berlin: 360 S.

KRUSE, W. (1899)#: Ueber Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse.- Zentralblatt für allgemeine Gesundheitspflege Bonn: 18: 16-48.

KUBE, R. R. SPREE (1991): Quellen zur Statistik des Gesundheitswesens der Bundesrepublik Deutschland.- in: Fischer, W. & A. Kunz [Hrsg.]: Grundlagen der Historischen Statistik von Deutschland, Opladen 1991:299-314.

KUHL, D. (1980)#: Naturversuch mit einer Geschiebezugabe im Rhein unterhalb der Staustufe Iffezheim.- Zeitschrift für Binnenschiffahrt und Wasserstraßen 2:59-63.

KUHLMANN, J. (1911): Die chemische Zusammensetzung und das biologische Verhalten der Gewässer.- Dissertation, Philosophische und Naturwissenschaftliche Fakultät, Universität Münster: 65 S. + Anlagen.

KÜHN, B. L. (1894): Die zweckmäßigste Beseitigung und Nutzbarmachung menschlicher Auswurfstoffe i.mittl.u.kleinen Städte.- Kühn, Rixdorf-Berlin.

KUHN, GÖTZ (1971)#: Die Rheinflußfischerei in Nordbaden.- Diplom-Arbeit, Mannheim.

KUHN, GÖTZ (1976)#: Die Fischerei am Oberrhein. Geschichtliche Entwicklung und gegenwärtiger Stand.- In: Böckenhoff, E. (Hrsg.) Hohenheimer Arbeiten, Schriftenreihe der Universität Hohenheim, Reihe Agrarökonomie, H.83: 193 S.

KUHN, GÖTZ (1976)#: Die Fischerei am Oberrhein.- Hohenheimer Arbeiten Heft 83, Ulmer.Stuttgart

KUHN, GÖTZ (1978)#: Zur Fischerei im Rußheimer Altrhein.- In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) Der Rußheimer Altrhein, eine nordbadische Auenlandschaft. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, Bd. 10: 553-558, Karlsruhe.

KULKA, HANS (1937): Ist eine besondere Ausbildung des Gesundheitsingenieurs notwendig ?.- Gesundheits-Ingenieur 60: 266-268.

KULTURBEHÖRDE HAMBURG - DENKMALSCHUTZAMT, MUSEUMSPÄDAGOGISCHER DIENST (1992): Wasser für Hamburg: Zur Geschichte der Hamburger Wasserversorgung und -entsorgung.- Kulturbehörde Hamburg - Denkmalschutzamt, Museumspädagogischer Dienst [Hrg.], Dölling und Galitz Verlag GmbH, Hamburg: 173S.

KÜMMEL (1894): Vorbeugungsmaßregeln gegen Wasservergeudung.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 26: 94-109.

KUMMER, G. (1934): Die Flora des Rheinfallgebiets.- Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft 11.

KUMMER, G. (1941): Die höheren Pflanzen am Rheinfall.- Schweiz. Naturschutz 7 (4/5): 138-143.

KUNZ, E. (1975a)#: Von der Tulla'schen Rheinkorrektion bis zum Oberrheinausbau.- Jahrbuch Naturschutz und Landschaftspflege 24: 59-78.

KUNZ, E. (1975b)#: Hochwasserschutz und Wasserbauten am Oberrhein.- Wasser- und Energiewirtschaft 67 (5/6): 151-162.

KUNZ, E. (1976)#: Die Verkrautung des Hoch- und Oberrheins.- Wasser, Energie, Luft - Eau, Energie, Air 68 (10): 224-229.

KUNZ, E. (1982)#: Flußbauliche Maßnahmen am Oberrhein von Tulla bis heute mit ihren Auswirkungen.- In: Hailer, N. (Hrsg.) Natur und Landschaft am Oberrhein, Versuch einer Bilanz, Bd.70: 34-50, Speyer.

KÜRY, DANIEL (1994): Die Wirbellosenfauna der Fliessgewässer in der Region Basel.- Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Basel 104:19-44

KUSKE, B. (1905): Der Kölner Fischhandel vom 14. bis 17. Jahrhundert.- Trier.

LACKEY, J. B. (1938): A study of some ecological factors affecting the distribution of Protozoa (3 Tab., 38 Lit.).- Ecological Monographs 8,4: 503-527, Durham.

LACOMBLET, T. J. (1968): Archiv für die Geschichte des Niederrheins (Neudruck der Ausgabe 1832-1870).- Osnabrück.

LAIS, R. (1928): Beiträge zur Kenntnis der badischen Molluskenfauna.- Mitteilungen Badischen Landesver. Naturkunde und Naturschutz N.F. 2 (11/12): 135-145.

LAIS, R. (1929): Beiträge zur Kenntnis der badischen Molluskenfauna II.- Beiträge naturwiss. Erforschung Badens N.F. 2 (2/3): 44-54.

LAIS, R. (1931): Beiträge zur Kenntnis der badischen Molluskenfauna III.- Beiträge naturwiss. Erforschung Badens 7: 105-111.

LAIS, R. (1932): Vom Naturschutz.- Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz, N.F.2 (21): 296-298.

LAMPERT, K. (1893): Bemerkungen zur Süßwasserfauna Württembergs.- Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg 49: 102-109.

LAND NORDRHEIN-WESTFALEN, WASSERWIRTSCHAFTSVERWALTUNG & WASSER UND SCHIFFAHRTSDIREKTION DUISBURG (1957): Die Verunreinigung des Rheins im Lande Nordrhein-Westfalen. Stand: Ende 1956. Maßnahmen zu ihrer Bekämpfung.- Duisburg: 43 S.

LANDBECK, L. (1847): Systematisches Verzeichnis der Vögel Württembergs.- Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg, Jg. 2: 212-238, Stuttgart.

LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (lawa) (1971): Grundlagen für die Beurteilung der Wärmebelastung von Gewässern.- 88 S., Wiesbaden, Koehler u. Hennemann.

LANDOLT, E. (1856): Denkschrift des schweizerischen Forstvereins an die Eidgenössische Bundesregierung.- Zürich.

LANDSCHAFTSVERBAND RHEINLAND, RHEINISCHES MUSEUMSAMT (1988): Die Große Wäsche (Ausstellungskatalog).- Rheinland-Verlag GmbH, Köln: 149 S.

LANE, F. W. (1924): Effect of oil pollution of coast and other waters on public health.- Publ. Health Rep. 39 (1924) 1657 ff.

LANE, F. W. (1925): The effect of oil pollution on marine and wild life.- Rep. U. S. Comiss. Fish App. 5 (1925) 11 ff.

LANGE, JÖRG & RALF OTTERPOHL (1997)#: Abwasser - Handbuch für eine zukunftsfähige Wasserwirtschaft.- MallBeton-Verlag, Donaueschingen:225 S.

LANGE, JÖRG (1990)#: Merozönosen auf der Stromsohle des Oberrheins und eine erste Bestandsaufnahme der Wassermilbenfauna im Rhein.- Diplomarbeit, Uni Freiburg.

LANGE, JÖRG (1990): Robert Lauterborn; Ein Leben am Rhein.- Lauterbornia 5: 1-26.

LANGE, JÖRG (1994): Geschichte des Gewässerschutzes am Beispiel der organischen Verschmutzung und einige Vorüberlegungen zu einer historisch-theoretischen Arbeit.- Biologisches Zentralblatt 113: 253-261.

LANGE, JÖRG (1997)#: Alternative Lösungsansätze der Abwasserentsorgung.- in: Tagungsband der 11. Karslruher Flockungstage 1997; Schriftenreihe des ISWW Karslruhe Bd. 89:33-47

LANGE, JÖRG (1998)#: Robert Lauterborn - Ein Leben am Rhein. in: I.Jahn & M. Schmitt [Hrsg.] Klassiker der Biologie, C.H.Beck-Verlag, München (in Druck)

LANGE, JÖRG, SONJA GAMMETER; VLADIMIR KREJCI & WOLFGANG SCHILLING (1991): Gewässerschutz bei Regenwetter- Fallstudie Fehraltorf/ZH.- Mittlg. EAWAG, 12.

LANGE-BERTALOT, H. & LORBACH, K.D. (1977)#: Die Diatomeenbesiedelung des Rheins in Abhängigkeit von der Abwasserbelastung.- Archiv für Hydrobiologie 87 (3): 347-363.

LANGE-BERTALOT, H. & LORBACH, K.D. (1979)#: Die Diatomeenbesiedelung des Rheins in Abhängigkeit von der Abwasserbelastung.- Archiv Hydrobiol. 87 (3): 347-363.

LANGE-BERTALOT, H. (1974)#: Das Phytoplankton im unteren Main unter dem Einfluß starker Abwasserbelastung.- in: Courier Forschungs. Inst. Senckenberg Frankfurt 12 (1974).

LANGE-BERTALOT, H. (1978)#: Zur Ökologie des Altrheinarmes Schusterwörth aus diatomeen- soziologischer Sicht.- In: Schäfer, W. (Hrsg.) Ökologische Modelluntersuchungen 'Schusterwörther Altrhein'. Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 35: 103-108, Frankfurt/Main.

LANGE-BERTALOT, H. (1978): Diatomeen-Differentialarten anstelle von Leitformen: ein geeignetes Kriterium der Gewässerbelastung.12 Abb., 3 Tab., 36 Lit.- Archiv für Hydrobiologie, Suppl. 31 (Algological Studies 21): 393-427, Stuttgart.

LANGE-BERTALOT, H. (1979): Toleranzgrenzen und Populationsdynamik benthischer Diatomeen bei unterschiedlich starker Abwasserbelastung. 78 Abb., 3 Tab., 48 Lit.- Archiv für Hydrobiologie, Suppl. 56 (Algological studies 23):184-219, Stuttgart.

LANGE-BERTALOT, H. (1980)#: Kieselalgen als Indikatoren der Gewässerqualität insbesondere bei hoher kommunaler und lndustrieller Belastung in Main und Rhein.- Courier Forschungsinstitut Senckenberg (Landschaft als Lebensraum. Ziele und Möglichkeiten der Naturschutzarbeit) 41: 97-110.

LANGENFELD, F. (1979): Der Gewässerschutz in Frankreich unter besonderer Berücksichtigung des Elsasses.- Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet (IAWR), 7. Arbeitstagung, 29. - 31. Mai 1979, Basel. Amsterdam: 106-115.

LANZ, KLAUS (1995): Das Greenpeace-Buch vom Wasser.- NaturBuch, Augsburg: 165 S.

LANZ, KLAUS (1996): Zur Chemisierung des häuslichen Abwassers. Eine historische Annäherung.- in: Inst. f. Sozialökologische Forschung [Hrsg.], Materialien Soziale Ökologie (MSÖ) 8, Frankfurt.

LAPORTE, D. (1991)#: Eine gelehrte Geschichte der Scheiße (aus dem französichen von G. Riicke und R Voullié).- Frankfurter Verlagsanstalt, Frankfurt am Main.

LARSEN, TOVE A. & WILLI GUJER (1996)#: Separate Mangement of Anthropogenic Nutrient Solutions.- Water, Science & Technology 34 (3-4):87-94.

LATHAM, B (1868)#: Ueber die Reinigung und Verwerthung des Hauswassers.- Ernst & Korn, Berlin: 53 S. (besonderer Abdruck aus der Zeitschrift für Bauwesen 1868).

LAUBER, A (1873): Zur Latrinenfrage: eine Studie mit Beziehung auf die Verhältnisse Stuttgarts.- Schickhardt & Ebner, Stuttgart, 56 S. (Holszschn.).

LAURIN, PHILIPP (1869): Das Liernur'sche System: Entfernung und Verwerthung von Abortstoffen, ehe dies.i.Gährung übergegangen sind, zur Beförderung der öffentlichen Gesundheit, der Land- und Volkswirthschaft.- Calve, Prag, 85 S.

LAUTER, W. (1951): Anleitung zur Behandlung der Wässerwiesen nach Jahreszeiten, Monaten und Witterungsverhältnissen nebst einem Anhange.- Karslruhe.

LAUTERBORN, R. (1893a): Über Periodizität im Auftreten und in der Fortpflanzung einiger pelagischer Organismen des Rheins und seiner Altwasser.- Verhandlungen des Nathistorischen Medizinischen Vereins Hei-

delberg, N.F.Bd.V, S.103-124.(auch: Zeitschrift f. Fischerei 1:81-95).

LAUTERBORN, R. (1893b): Beiträge zur Rotatorienfauna des Rheins und seiner Altwasser.- Zool. Jahrbücher Bd.V, S. 254-273. Mit 1 Tafel.

LAUTERBORN, R. (1894a): Über die Winterfauna einiger Gewässer der Oberrheinebene.- Biologisches Zentralblatt Bd. XIV, S.390-398.

LAUTERBORN, R. (1894b): Pflanzenphänologische Beobachtungen aus der Umgebung von Ludwigshafen a.RH. 1886-1893.- Mitteilungen d. Pollichia 1894, S.202-212 u. S.341-342.

LAUTERBORN, R. (1896c): Über das Vorkommen der Diatomeen-Gattungen Attheya und Rhizosolenia in den Altwassern des Oberrheins.- Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft Bd. XIV, S.11-15.

LAUTERBORN, R. (1896d): Diagnosen neuer Protozoen aus dem Gebiete des Oberrheins.- Zoologischer Anzeiger 1896 S. 5.

LAUTERBORN, R. (1897): Ueber Periodicität im Auftreten und in der Fortpflanzung einiger pelagischen Organismen des Rheines und seiner Altwasser.- Verh. Naturhistorisch-Medicinischen Ver. Heidelberg, N.F. 5: 103-124.

LAUTERBORN, R. (1899): Wasserverunreinigung und Fischsterben in der Mosel bei Metz.1 Lit.- Allg. Fischerei-Zeitung 1899: 314-316, München.

LAUTERBORN, R. (1901a): Beiträge zur Mikrofauna und Flora der Mosel.- Zeitschrift für Fischerei 1:1-25.

LAUTERBORN, R. (1901b): Die "sapropelische" Lebewelt.- Zoologischer Anzeiger 24: 50-55, Leipzig.

LAUTERBORN, R. (1901c): Das Vogel-Fisch- und Tierbuch des Strassburger Fischers Leonhard Baldner.- Mitteilungen des Fischerei-Vereins für die Provinz Brandenburg. 1901, 14 S.

LAUTERBORN, R. (1905): Die Ergebnisse einer biologischen Probeuntersuchung des Rheins.- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt Bd. XXII, S. 630-652.

LAUTERBORN, R. (1906): Zur Kenntnis der sapropelischen Flora.- Allgemeine Botanische Zeitschrift, 1906, S.

LAUTERBORN, R. (1907a): Bericht über die Ergebnisse der vom 2. -14. Oktober 1905 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheines auf der Strecke Basel-Mainz.- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte (Berlin) 25: 99-139.

LAUTERBORN, R. (1907b): Eine neue Gattung der Schwefelbakterien (Thioploca Schmidtlei nov. gen. nov. spec.).- Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft. Bd. XXV, S.238-242.

LAUTERBORN, R. (1907c): Einige Bemerkungen zu dem Artikel des Herrn Prof. Dr. C. Weigelt: Industrie- sowie Hausabwässer und der Rhein.- Die Chemische Industrie 30 (12): 277-280.

LAUTERBORN, R. (1908a): Bericht über die Ergebnisse der 2. biologischen Untersuchung des Oberrheins auf der Strecke Basel-Mainz (30. April bis 12. Mai 1906).- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte (Berlin) 28: 1-28.

LAUTERBORN, R. (1908b): Bericht über die Ergebnisse der dritten Untersuchung.- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt Bd. XXVII, S.62-91.

LAUTERBORN, R. (1908c): Bericht über die Ergebnisse der 4. biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Basel-Mainz (vom 14. bis 25. März 1907).- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte (Berlin) 28: 532-548.

LAUTERBORN, R. (1908d): Die Verunreinigung der Gewässer und die biologische Methode ihrer Untersuchung. Im Auftrage des Grossherzoglich Badischen Ministeriums des Innern, allgemein verständlich dargestellt.- Ludwigshafen a.Rh.; August Lauterborn (2. vermehrte Auflage 1915, 38 S.).

LAUTERBORN, R. (1909a): Bericht über die Ergebnisse der 5. biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Basel-Mainz (vom 4. - 16. Juli 1907).- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte 30: 523-542.

LAUTERBORN, R. (1909b): Bericht über die Ergebnisse der 6. biologischen Untersuchung des Oberrheins auf der Strecke Basel-Mainz (vom 15. -30. November 1907).- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte (Berlin) 32: 35-58.

LAUTERBORN, R. (1910): Bericht über die Ergebnisse der 7. biologischen Untersuchung des Oberrheins auf der Strecke Basel-Mainz (vom 21. Januar bis 4. Februar 1908).- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte 33: 453-472.

LAUTERBORN, R. (1911a): Bericht über die Ergebnisse der 8. biologischen Untersuchung des Oberrheins auf der Strecke Basel-Mainz (vom 4. bis 16. Juli 1908).- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesurndheitsante (Berlin) 36: 239-259.

LAUTERBORN, R. (1911b): Kleine Beiträge zur Fauna des Süßwassers I: Über das frühere Vorkommen der Sumpfschildkröte (Emys orbicularis L.) am Oberrhein.- Zoologischer Anzeiger Bd. XXXVII, S.109-112.

LAUTERBORN, R. (1911c): Die biologische Selbstreinigung unserer Gewässer.- Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins des Preußischen Rheinlandes und Westfalens, 68. Jahrgang, S.473-487.

LAUTERBORN, R. (1912a): Über Staubildung aus Schotterbänken im Flußbett des Rheins. Ein Beitrag zur Lössfrage.- Verhandlungen des Naturhistorischen Medizinischen Vereins N.F. Bd. XI, S.354-368.

LAUTERBORN, R. (1912b): Die sapropelische Lebewelt. Ein Beitrag zur Biologie des Faulschlammes natürlicher Gewässer.- Verhandlungen des Naturhistorischen Medizinischen Vereins Heidelberg, N.F. Bd. XIII, S.395-481. Mit 1 Tafel.

LAUTERBORN, R. (1915a): Die Verunreinigung der Gewässer und die biologische Methode ihrer Untersuchung.- 2. Aufl. Ludwigshafen: 38 S.

LAUTERBORN, R. (1915b): Die sapropelische Lebewelt. Ein Beitrag zur Biologie des Faulschlamms natürlicher Gewässer. 37 Abb., 96 Lit.- Verhandlungen Heidelberger Naturhist.-Med. Ver. N. F.13: 395-481, Heidelberg.

LAUTERBORN, R. (1916)#: Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstromes. I. Teil.- Sitzungsberichte der Heidelberger Academie der Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Abteilung B. VII, 6. Abhandlung: 1-61.

LAUTERBORN, R. (1917)#: Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstromes. I I. Teil.- Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, 5. Abhandlung, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Abteilung B. VII: 1-70, Heidelberg.

LAUTERBORN, R. (1918a): Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstroms, 3.Teil (Mittelrhein, Niederrhein).- Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Mathematisch Naturwissenschaftliche Klasse, 1.Abhandlung, 87 S.

LAUTERBORN, R. (1918b): Bedeutung und Aufgaben einer Biologischen Station am Bodensee. Konstanz, F.Romer, 8 S.- Abgedruckt auch in der Allgemeinen Fischereizeitung Bd. XXXXIV, 1919, S.233-236.

LAUTERBORN, R. (1925): Die Giessen des Oberrheins als Aufwuchsgewässer für den Lachs.- Schweizerische Fischereizeitung 1925, S.118-122.

LAUTERBORN, R. (1926a): Faunistische Beobachtungen etc., 6.Reihe.- Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz, N.F. Bd.II, S.3-12.

LAUTERBORN, R. (1926b): Das Laichen des Flussneunauges (Lampetra fluviatilis L.) in den Seitengewässern des Oberrheins.- Zoologischer Anzeiger Bd. LXVIII, S.142-146.

LAUTERBORN, R. (1927): Beiträge zur Flora der Oberrheinischen Tiefebene und der benachbarten Gebiete.- Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz, N.F. Bd. II, S.77-88.

LAUTERBORN, R. (1930): Der Rhein: Naturgschichte eines deutschen Stromes. Erster Band: Die erd- und naturkundliche Erforschung des Rheins und der Rheinlande vom Altertum bis zur Gegenwart. Erste Hälfte: Die Zeit vom Altertu.- Sonderdruck aus den Berichten der Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg i.Br. Bd. XXX Heft 1 u. 2, Buchausgabe Kommissionsverlag Spei(Freiburg i. Br. 30: 1-311, Freiburg).

LAUTERBORN, R. (1934): Der Rhein: Naturgeschichte eines deutschen Stromes. Erster Band: Die erd- und naturkundliche Erforschung des Rheins und der Rheinlande vom Altertum bis zur Gegenwart. Zweite Hälfte: Die Zeit von 1800-.- Sonderdruck der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i.Br. Bd. XXXIII. In Kommission bei Fr. Wagnersche Universitätsbuchhandlung, Bu.

LAUTERBORN, R. (1938): Der Rhein: Naturgeschichte eines deutschen Stroms. I. Band: Die erd- und naturkundliche Erforschung des Rheins und der Rheinlande vom Altertum bis zur Gegenwart. Zweite Hälfte: Die Zeit von 1800-1930.- Ludwigshafen a.Rh. Kommissionsverlag der Buchhandlung August Lauterborn, 439 S.

LAVOISIER, A.L. (1792)#: System der antiphlogistsichen Chemie.- Berlin, Stettin (Frz. Original 1789).

LE ROI, 0. (1911)#: Zur Molluskenfauna der Rheinprovinz.- Nachrichtenblatt der deutschen Malakozoologischen Gesell. 43: 1-10.

LE ROI, 0. (1912)#: Zur Kenntnis der Plecopteren von Rheinland-Westfalen.- Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande u. Westfalens 69, Sitz. Berichte der E: 25-51.

LE ROI, 0. (1914)#: Die Trichopteren-Fauna der Rheinprovinz.- Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande u. Westfalens 70, Sitz. D: 14-44.

LE ROI, 0. (1915)#: Die Odonaten der Rheinprovinz.- Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande u. Westfalens 72: 119-178.

LECLERC, E. (1960): The self-purification of streams and the relationship between chemical and biological tests.- Waste Treatm. pp 281-313.

LEFELD, W. (1873): Der gegenwärtige Stand der Abfuhr und Canalisationsfrage in Grossbritannien. Bericht an den königl. preuss. Minister für die landwirtschaftl. Angelegenheiten.- Wiegand & Hempel, Berlin, 102 S.

LEGER, L. (1912): Études sur 1'action nocive de produits de deversements industriels chimiques dans les eaux douces.- Amer. Univ. Grenoble 24(1912) 98ff.

LEHMANN, CONRAD (1929)#: Die Wirkung von Flachsröstabwässern auf die Tierwelt unserer Gewässer: Ein Beitrag zur biologischen Wasseranalyse.- Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften 27:139-250.

LEHMANN, CONRAD (1930): Abwasserbiologische Beiträge aus dem Flußgebiet der Ruhr. I. Die Auswirkung der zur Reinhaltung der unteren Ruhr getroffenen Maßnahmen auf den Rhein.- Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften 28: 453-476.

LEHMANN, CONRAD (1934): Beiträge zur Kenntnis der Fauna westdeutscher Gewässer. 3. Das Vorkommen des Moderlieschens (Leucaspius delineatus v. Sieb.) im Stromgebiete des Rheins.- Zoologischer Anzeiger 108: 143-144.

LEHMANN, K.B. (1891): Die biologische Beurtheilung des Wassers.- Zeitschrift für Hygiene 9: 282ff.

LEHMANN, K.B. (1903)#: Die Verunreinigung des Kanalhafens von Frankenthal, ihre Ursachen, ihre Folgen und die Mittel zur Abhülfe. Gutachten.- Verhandlungen der physikalisch-chemischen Gesellschaft (Würzburg) N.F. 35: 337-417.

LEHMANN, K.B., KELLER & SPITTA, 0. (1913)#: Gutachten des Reichs-Gesundheitsrats, betreffend die Abwässerbeseitigung der Stadt Offenbach a. Main.- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte (Berlin) 24: 227-285.

LEHNERT, W. (1981): Entsorgungsprobleme der Reichsstadt Nürnberg.- Veröffentlichungen des Südwestdeutschen Arbeitskreises für Stadtgeschichtsforschung 8, Sigmaringen.

LEIBUNDGUT, C. (1976): Zum Wasserhaushalt des Oberaargaus und zur hydrologischen Bedeutung des landwirtschaftlichen Wiesenbewässerungssystems im Langetental.- Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie 23:83-103.

LEIST, N. (1978)#: Die Spinnen des Rußheimer Altrheins.- In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) Der Rußheimer Altrhein, eine nordbadische Auenlandschaft. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, Bd. 10: 365-398, Karlsruhe.

LELEK, A. & C. KÖHLER (1989)#: Zustandsanalyse der Fischgemeinschaften im Rhein (1987-1988).- Fischökologie 1 (1): 47-64.

LELEK, A. & C. KÖHLER (1990)#: Restoration of fish communities of the Rhine River two years after a heavy Pollution wave.- Regulated Rivers - Research & Management 5(1):57-66.

LELEK, A. (1975)#: Erster fischereibiologischer Einsatz des Forschungsbootes "Courier" in Main und Rhein.- Natur und Museum 105 (10): 312-316.

LELEK, A. (1976)#: Veränderung der Fischfauna in einigen Flüssen Zentraleuropas (Donau, Elbe und Rhein).- In: Veränderungen der Flora und Fauna in der Bundesrepublik Deutschland - Schr. Reihe f. Vegetationskunde 10: 295-308.

LELEK, A. (1976b)#: Ichthyology of the Upper Rhine River.- Rev. Trav. Inst. Pêches marit. 40: 652-653.

LELEK, A. (1978a)#: Die Fischbesiedlung des nördlichen Oberrheins und des südlichen Mittelrheins.- Natur und Museum 108 (1): 1-9.

LELEK, A. (1978b)#: Die Bedeutung der Altrheine für die Fischfauna des Rheinhauptstromes am Beispiel des Schusterwörther Altrheins.- Cour. Forsch. -Inst. Senckenberg 35: 109-154.

LELEK, A. (1979a)#: Die Altrheine - Kinderstube der Rheinfische.- Fisch und Fang 20 (9): 730-731.

LELEK, A. (1980)#: Vorschläge zur Erhaltung und Pflege der Fischfauna in den Naturschutzgebieten Lampertheimer Altrhein, Kühkopf und Schusterwörther Altrhein.- Gutachten für die Bezirksdirektion für Forsten und Naturschutz, 61 S., Darmstadt.

LELEK, A. (1980): Fische als Indikatoren der Umweltverhältnisse.- Cour. Forsch. -Inst. Senckenberg 41: 111-129.

LELEK, A. (1983)#: Ichthyologische und fischereibiologische Arbeiten in den hessischen Altrheinen.- Forsten und Naturschutz in Hessen, Jber. 1981/82 über Naturschutz und Landschaftspflege: 54-57.

LELEK, A. (1989): The Rhine River and Some of its Tributaries Under Human Impact in the Last Two Centuries.- In: DODGE, D.P. (Hrsg.) Proceedings of the International Large River Symposium (LARS).Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106: 469-487.

LEMMERMAN, E. (1907): Das Plankton des Jang-tse-Kiang (China).- Archiv für Hydrobiologie 2:534-44.

LEMMOIN-CANNON, HENRY (1902): The Sanitary Inspector's Guide.- King, London.

LENT (1877): Zur Frage der Flussverunreinigung in Deutschland.- Niederrheinisches Correspondenzblatt für öffentliche Gesundheitspflege 6:105,218,221.

LENTHOLD (1892): Das Wasserrecht im Königreiche Sachsen.- Roßberg, Leipzig.

LENTZE,H. (1955): Badeverbot im Rhein vor Köln?.- Korrespondenz Abwasser 2: 3ff.

LENZ, F. (1937): Chironomariae aus Niederlaendisch-Indien (Larven und Puppen).- Archiv für Hydrobiologie, Suppl. 15.

LETHEBY (1869): Ueber die Methode der Bestimmung stickstoffhaltiger Materie im Trinkwasser.- Medical Times and Gazette 982:429.

LEUPOLD, JACOB (1724)#: Theatri machinarium hydraulicum (Der Schauplatz der Wasserkünste) I,II.- Leipzig.

LEUT (1877a): Referat über den materiellen Inhalt der Polizeiverordnung vom 10: Juli 1876, betreffend den obligatorischen Anschluss der Hausentwässerungs-Anlagen an das Canalsystem.- Correspondenz-Blatt des Niederrheinischen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege 6 (7,8,9): 107-123.

LEUT (1877b)#: Zur Frage der Flußverunreinigung in Deutschland.- Correspondenz-Blatt des Niederrheinischen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege 6 (7,8,9): 105-140.

LEUTHNER, F. (1877)#: Die Mittelrheinische Fischfauna mit besonderer Berücksichtigung des Rheins bei Basel.- 59 S.,H. Georg, Basel.

LIEBIG, JUSTUS VON (1846)#: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur.- Braunschweig.

LIEBIG, JUSTUS VON (1862)#: Einleitung in die Naturgesetze des Feldbaus (=Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie.- 7.Auflage, Braunschweig.

LIEBMANN, H. & KEIZ, G. (1961): Biologisch chemische Untersuchungen am Lech mit besonderer Berücksichtigung der natürlichen Selbstreinigung.- Int. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph. 46: 480ff.

LIEBMANN, H. & STAMMER, H.A. (1960): Toxikologie des Abwassers.- In: LIEBMANN, H.: Handbuch der Frischwasser- und AbwasserBiologie. Band II. R. Oldenbourg, München: 679-974.

LIEBMANN, H. & WACHS, B. (1968): Biochemische Probleme des Flusses in der Großstadt.- Wasser- u. Abwasserforsch. 5: 1ff.

LIEBMANN, H. (1936): Auftreten,Verhalten und Bedeutung der Protozoen bei der Selbstreinigung stehenden Abwassers.- Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten 118(I): 29ff.

LIEBMANN, H. (1937): Über die Wirkung von Abwässern aus Sulfitcellulosefabriken auf stehende Gewässer.- Gesundheits-Ingenieur 60.

LIEBMANN, H. (1938a): Die Ursachen der jährlichen großen Fischsterben in der Bleilochsperre.- Allg. Fischerei-Zeitung 63(1938).

LIEBMANN, H. (1938b): Verkrautung und Selbstreinigungsvorgänge in der Saale.- Vom Wasser 13.

LIEBMANN, H. (1939): Die Abwässer der Holzverzuckerungsindustrie, ihre Wirkung und Klärung.- Die Städtereinigung 31 (22): 359- 362; (23): 367-370; (24): 375-376.

LIEBMANN, H. (1942): Die Bedeutung der mikroskopischen Untersuchung für die biologische Wasseranalyse.- Vom Wasser 15: 181-8.

LIEBMANN, H. (1946): Beobachtungen über Fischereischädigung durch Abwässer.- Allg. Fischerei-Zeitung 71(1946).

LIEBMANN, H. (1947): Die Notwendigkeit einer Revision des Saprobiensystems und deren Bedeutung für die Wasserbeurteilung.- Gesundheits-Ingenieur 68: 33ff.

LIEBMANN, H. (1949a): Haben wir zu wenig Wasser in Enropa?.- Lebendige Erziehung (1949).

LIEBMANN, H. (1949b): Über die biologische Selbstreinigung in fließenden Gewässern.- Wasserwirtschaft 40(1949/1950).

LIEBMANN, H. (1949c): Zur Biologie des Tropfkörpers. 15 Abb., 5 Tab.,14 Lit.- Jahrbuch Vom Wasser 17: 62-82, Weinheim.

LIEBMANN, H. (1950): Über die Beziehungen der Wasserbiologie zur Technik.- Wasserwirtschaft 41(1950/1951).

LIEBMANN, H. (1951a): Biologische Betrachtungen über die Entwässerung und Bewässerung des Landes.- Naturwissenschaftliche Rundschau 4 (1951).

LIEBMANN, H. (1951b): Gründungsversammlung der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz.- Der Fischwirt 1.

LIEBMANN, H. (1951c): Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. Biologie des 'Trinkwassers, Badewassers, Fischwassers, Vorfluters und Abwassers. 436 Abb.,18 Taf., 353 Lit., Namenverz., Sachverz.- 539 S., Oldenbourg, München.

LIEBMANN, H. (1952a): Die Bedeutung der Fischerei für eine gesunde Wasserwirtschaft.- Arbeiten des Deutschen Fischereiverbandes H. 3 (1952).

LIEBMANN, H. (1952b): Die Wirkung von Sulfitzelluloseabwässern auf kleinere und größere Fließgewässer.- Berichte der Abwassertechnischen Vereinigung (1952) 118 ff.

LIEBMANN, H. (1953a): Die Wassergüte des schiftbaren Mains, ermittelt auf Grund biologisch-chemiscber Untersuchungen.1 Anl.,19 Lit.- in: Denkschrift über Vorschläge zum Reinhalten des Mains von Obernburg bis zur Mündung.-14 S., (Regierungspräsident Wiesbaden) Wiesbaden.

LIEBMANN, H. (1953b): The inhabitants of Sphaerotilus flocs and the physical chemical conditions of their formation.- Vom Wasser 20: 24-33.

LIEBMANN, H. (1954a): Biologie der Donau und des Mains.- Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 2: 111 ff.

LIEBMANN, H. (1954b): Biologie und Chemie des ungestauten und gestauten Stromes.- Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 2: 310 ff.

LIEBMANN, H. (1954c): Die volkswirtschatlliche Bedeutung des Gewässerschutzes.- Der Fischwirt 4 (1954).

LIEBMANN, H. (1955a): Abwasserbeseitigung in Küstengebieten und ihr Einfluß auf die Fischerei.- Die Fischwirtschaft 7 (1955).

LIEBMANN, H. (1955b): Reines Wasser - gesunder Fisch.- Allg. Fischerei-Zeitung 80 (1955).

LIEBMANN, H. (1958): Wege zur Sanierung der Donau.- Föderation Europäische Gewässerschutz.

LIEBMANN, H. (1959): Metbodik und Auswertung der biologischen Wassergüte-Kartierung. 30 Abb., 31 Lit.- Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 6:134-15 6, München.

LIEBMANN, H. (1960a): Gifte und radioaktive Substanzen im Abwasser usw.- Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 7: 224 ff.

LIEBMANN, H. (1960b): The influence of sewages on fisheries.- Natural Aquatic Resources. 7th Technical Meeting I. U. C. N. Theme I. 4:236-41.

LIEBMANN, H. (1960c): Wassermangel und Gewässerschutz.- Allg. Fischerei-Zeitung 85 (1960).

LIEBMANN, H. (1961): Untersuchungen über die Einwirkung von Stauhaltungen auf die natürliche Selbstreinigung.- Wasser- und Energiewirtschaft 4 (1961) 60 ff.

LIEBMANN, H. (1962a): Biologisches Denken als Voraussetzung einer modernen Wasserwirtschaft.- Münchner Universitätsreden 32 (1962).

LIEBMANN, H. (1962b): Die biologischen Grundlagen des Gewässerschutzes.- Universitas 17 (1962) 1005 ff.

LIEBMANN, H. (1964): Vordringliche naturwissenschaftliche Aufgaben in der Wasserwirtschaft.- WLB 8, H. 3 (1964).

LIEBMANN, H. (1965): Nährstoffanreicherung der Gewässer durch häusliche und industrielle Abwässer, beschrieben am Beispiel des Bodensees.- Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 12: 84-102.

LIEBMANN, H. (1969a): Abwässer der Landwirtschaft und landwirtschaftlicher Verarbeitungsbetriebe.- Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 16: 394 ff.

LIEBMANN, H. (1969b): Probleme der weltweiten Wasserverunreinigung und Vorschläge zu ihrer Lösung.- Korrespondenz Abwasser 9: 184 ff.

LIEBMANN, H. (hrsg.) (1969c): Der Wassergüteatlas. Methodik und Anwendung. 28 Abb., 64 Taf., 6 Tab., 75 Lit., Sachverz.- Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 15:1-87, München.

LIERNUR, CHARLES T. & DE BRUYN-KOPS (1876): Entfernung der Abtrittstoffe durch Luftdruck nach Liernur's System. Allgemeines Project und Versuchsstation für Winterthur.- Bleuler-Hausheer: 81 S.

LIERNUR, CHARLES T. (?): Die Einführung des pneumatischen Kanalisationssystems zu Prag und deren Resultate.- Vierteljahrschrift des deutschen Ingenieur- und Architektenvereins in Böhmen 1(1):14 S.

LIERNUR, CHARLES T. (1867)#: De rioolkwestie.- `s Gravenhage, Susan: 132 S.

LIERNUR, CHARLES T. (1870a)#: Die pneumatische Kanalisation und ihre Gegner. Eine Widerlegung der Hobrecht'schen Kritik über das Liernur'sche System und seine Anwendung in Prag.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 3:30 S.

LIERNUR, CHARLES T. (1870b)#: Die Ueberrieselungsfrage u. Prof. Dünkelberg in Wiesbaden.- Widerlegung seiner Berichte v. 19.1. u. 21.5. 1870 an das königl. preussi. landwi. Minist. u. d. Magistrat von Berlin über die Bewässerungen mit Kloakenwasser in der Umgebung von London.- Boselli, Frankfurt.

LIERNUR, CHARLES T. (1872)#: Zum pneumatischen Städte-Reinigungssystem (Schreiben an die Red. des Correspondenzblattes des niederrheinsichen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege).- Correspondenz-Blatt des niederrheinsichen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege 1:225.

LIERNUR, CHARLES T. (1873)#: Die pneumatische Canalisation in der Praxis.- Liernur & de Bruyn-Kops, Boselli Frankfurt a.M.:140 S.

LIERNUR, CHARLES T. (1874a)#: Adres aan burgermeester en wethouders van Amsterdam over het pneumatish rioolstelsel.- Amsterdam Scheltema en Holkema.

LIERNUR, CHARLES T. (1874b)#: Beschreibung seines Abfuhrsystems.- Jahresvericht der Gesellschaft für Natur und Heilkunde in Dresden, (1873-74):35.

LIERNUR, CHARLES T. (1874c)#: Het ontwerp tot reinhouding van de wateren en van den bodem van Amsterdam der heeren Froger, Strootman, Michaelis, Stieltjes en Zenetti toegelicht en vergeleken met het pneumatische rioolstelsel.- Amsterdam, Scheltema en Holkema, 135 S.

LIERNUR, CHARLES T. (1875)#: Ueber die Canalisation von Städten auf getrenntem Wege im Vergleich mit dem Schwemmsystem, Vortrag gehalten am 11.5.1875 zu Bern.- Meyer & Zeller, Zürich 136 S.

LIERNUR, CHARLES T. (1876)#: Das Referat des Professor Dr. Nowacki über das System des Differenzirens, die Canalisation von Zürich betreffend.- Meyer & Zeller, Zürich 46 S.

LIERNUR, CHARLES T. (1878a)#: Die Verunreinigung deutscher Flüsse. Eingabe a.d.Reichskanzleramt betr.d.Petition d.dt.Vereinsf öff. Gesundheitspfl. um Widerruf des Verbots gegen Flussverunreinigung. Nebst Beleuchtung des gegenwärtigen Standes der Städtereinigungsfrage.- Voigt, Leipzig, 81 S.

LIERNUR, CHARLES T. (1878b)#: Vortrag über Städtereinigungssysteme.- 2. Aufl., Voigt, Berlin, Leipzig.

LIERNUR, CHARLES T. (1878c)#: Toelichting der voorstellen van de gezondheidscommissie en den directeur der publieke werken. Benevens eene opheldering van mijn voorstel tot de reiniging van Amsterdam.- Amsterdam, Scheltema en Holkema: 138 S.

LIGER, F (1883): Les égouts de Paris.- Guillaumin, Paris.

LILLELUND, K. (1963): Die Auswirkung der Kanalisierung unserer Flüsse auf die Fischfauna und ihre Lebensbedingungen.- Umschau in Wissenschaft und Technik 63 (5): 148-152.

LIMANOWSKA, H. (1912): Die Algenflora der Limmat vom Zürichsee bis unterhalb des Wasserwerkes.- Archiv Hydrobiol. 7:330-408 and 524-84.

LINDAU, SCHIEMENZ,MARSSON,ELSNER,PROSKAUER & THIESING. (1901): Hydrobiologische und hydrochemische Untersuchungen über die Vorflutersysteme der Bäke,Nuthe,Panke u. Schwärze.- Vierteljahrsschrift für gerichtl. Med. u. öff. Sanitätswesen 21.

LINDEMANN, H. (1867): Ueber die zweckmässigste Methode der Beseitigung menschlicher Exkremente.- Inauguraldissertation, Halle.

LINDLEY, W.H. (1886)#: Beschreibung der Entwässerungs-Anlagen der Stadt Frankfurt am Main.- .

LINNE, C. (1865)#: Reisen durch einige schwedische Provincen.- Theil 2., Halle.

LINSE, ULRICH (1986)#: Ökopax und Anarchie. Eine Geschichte der ökologischen Bewegungen in Deutschland.- dtv, München 1080:192 S.

LINSE, ULRICH (1988)#: "Der Raub des Rheingoldes". Das Wasserkraftwerk Laufenburg.- in: Linse et al.: Von der Bittschrift zur Platzbesetzung. Konflikte um technische Großprojekte, Berlin: 11-63.

LIPOWSKY, EDUARD (1878)#: Ueber Entstehung und Einführung des Heidelberger Tonnen-Systems.- Koester, Heidelberg: 38 S.

LIPPERT, F. (1952): Die Reinhaltung des Rheins - eine internationale Aufgabe.- Mitteilungen Dtsch. Gewässerkundl. Jahrb. 4.

LIST, EDMUND (1873): Studien zur Statistik der Wasser. Ein Beitrag zur periodischen Veränderung der Quell- und Flusswasser nach Untersuchungen der Wasser in Neustadt a. Haardt.- Winter, Heidelberg, 57 S.

LIST, L. (1918): Das Plankton einiger Kolke des Altrheins bei Erfelden und ein Vergleich des Kolkplanktons mit dem einiger Teiche in der Umgebung vom Darmstadt.- Archiv für Hydrobiologie, 12: 759-804 (1918-20).

LITZELMANN, E. (1955a): Wandlungen im Vegetationsgepräge der oberbadischen Stromlandschaft seit 1870.- Natur und Landschaft, Jg.30, H. 1: 11-14.

LITZELMANN, E. (1955b): Auswirkungen von Rheinkorrektion und Rheinseitenkanal auf die Vegetation der oberbadischen Stromlandschaft.- Archiv für Hydrobiologie, Suppl. 22, H.3/4: 433-438.

LÖBERT, TRAUDE (1997): Die Oberrheinkorrektion in Baden. Zur Umweltgeschichte des 19. Jahrhunderts.- Mitteilungen des Institutes für Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karslruhe 193.

LOEBE, R. (1909): Die Beseitigung städtischer Abwässer.- Berlin: Maass u. Plank.

LOEFFLER, F, OESTEN, G & R. SEDTNER (1896): Wasserversorgung, Wasseruntersuchung und Wasserbeurteilung.- Fischer, Jena (aus: Weyl [Hrsg.]: Handbuch der Hygiene, 1.Bd., 2.Abt.).

LOHMANN, G. (1934): Flußwasser-Untersuchungsämter.- In: BRIX, J., IMHOFF, K. & WELDERT, R. (Hrsg.): Die Stadtentwässerung in Deutschland. 2. Band. Verlag von Gustav Fischer, Jena: 435-451.

LONDONG, DIETER (1991): Geschichte der Vorflutregelung und Abwasserreinigung im Ruhr-Revier.- Schriftenreihe der Frontinus-Gesellschaft 15:65-93.

LORIS, B. (1979): Bio-Indikatoren, Wasserpflanzen überwachen unsere Flüsse.- Bild der Wissenschaft, 1: 44-52.

LOSSEN, K. (1899)#: Ueber die bakteriologische Selbstreinigung des Rheins.- Dissertation, Universität Bonn: 20 S.(in: Mitteilungen aus d. Hyg. Inst. Bonn).

LÖW (1891)#: Zur Frage der Selbstreinigung der Flüsse.- Archiv für Hygiene 12: 261.

LÜBBERT, A. (1908): Biologische Abwasserreinigung.- Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten 59.

LUBERGER, J. (1892)#: Die Rieselfeldanlage der Stadt Freiburg i.Br.- Gesundheits-Ingenieur (Sep. Druck, Freiburg).

LUDWIG & HÜLSSNER (1895): Die Reinigung der Kanalwässer.- Stuttgart.

LUEGER, OTTO (1879): Die Brunnenleitung der Stadt Freiburg; Erbaut 1873-76.- Freiburg i.Br.

LÜHNING, ARNOLD [RED.] (1987)#: Frisches Wasser - kulturgeschichtl. Aspekte d. häusl. Wasserversorgung in Schleswig-Holstein seit d. Mittelalter.- Juli - Dezember 1987, Volkskundl. Gerätesammlung d. Schleswig-Holstein. Landesmuseums in Schleswig, Schloss Gottorf: 63 S.

LÜTZOW, H. (1938): Die Biologie der Rheinfische auf der Strecke zwischen Bonn und Düsseldorf.- 142 S., Staatsexamens-Arbeit, Universität Köln.

MACLEOD, M. ROY (1975): The Corresponding Societies of the British Association for the Advancement of Science, 1883-1929.- Mansell: 147 S.

MACLEOD, M. ROY (1986): Technology and the human prospect.- .

MACLEOD, M. ROY (1988): Disease, medicine and empire.- .

MACLEOD, M. ROY (1988): Nature in its greatest extent.- .

MACLEOD, M. ROY [HRSG.] (): Government and expertise: specialists, administrators and professionals, 1860-1919.- Cambridge.

MÄDLER, K. (1961): Untersuchungen über den Phosphatgehalt in Bächen.- Int. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph. 46: 75ff.

MÄDLER, K. (1964): Die natürliche Selbstreinigung in fließenden Gewässern.- Wissenschaftliche Zeitschrift Karl-Marx-Univ. Leipzig,Math. Nat. R. 13(1964) 13ff.

MAHR, G. (1929)#: Die zulässige Belastung eines Gewässers durch Abwasser I.- Technisches Gemeindeblatt 32 (15).

MAHR, G. (1930)#: Die zulässige Belastung eines Gewässers durch Abwasser II.- Technisches Gemeindeblatt 33 (16).

MAISS, J. (1952): Landwirtschaftlicher Teil der Abhandlung über das Rieselfeld der Stadt Freiburg.- Denkschrift Ausschuß Kulturbauwesen in Westdeutschland, Unterausschuß Abwasser und Bewässerung (unveröffentl.).

MAJOR, EMIL (1941): Ein Abtritt im Turm im alten Basel.- Ciba Zeitschrift 7(83): 2917-2918.

MAKIES, A. (1988)#: Die volkswirtschaftlichen Kosten der Gewässerverschmutzung - dargestellt am Beispiel des Rheins.- Diplom-Arbeit, Universität Hamburg (Fachbereich, Wirtschaftswissenschaften), 81 S.

MALDEN, F. R. E. & H. KHAN (1942): River pollution and fish mortality.- Journal Bombay nat. hist. Soc. 43: 534ff.

MALLEY, URSULA O. (1995) siehe O`Malley

MALLMANN, W. L. (1940): A new yardstick for measuring sewage pollution.- Sewage works Journal 12:875-8.

MALSEN-WALDKIRCH, C. V. & B. HOFER (1910): Das Bayerische Fischereirecht auf Grund des Wassergesetzes vom 23. März 1907, des Fischereigesetzes vom 15. August 1908, der Landesfischereiordnung vom 23. März 1909 und derVollzugsvorschriften.- München: Beds.

MAMPE, W. (1904): Gibt es gegen die Immissionen einer öffentlichen Abwässereinleitung zivilrechtlichen Schutz für die Anlieger ?.- (=Diss. jur.), Greifswald.

MANSTEIN, B. (1966): Vom Terror der Technik.- in: Jahrhundert der Barbarei. München: K. Desch 438ff.

MAQUET (?): Fabriken für Abfuhrwesen - Spezialkatalog über Tonnenabfuhr und Torfmullklosetts.- Heidelberg, Berlin.

MAQUET, CARL (1877): Abhandlung über geruchlose Ansammlung und Abfuhr menschlicher Abfallstoffe mit specieller Berücksichtigung des Heidelberger Tonnensystems.- Winter, Heidelberg (3.verb. Aufl.): 24 S.

MAQUET, CURT (1898): Das Abfuhrsystem für die Städtereinigung: insbes. d.Techn. Bestandteile u.finanz.Erg.e.vervoll.Tonn. Sammlung.- Leineweber, Leipzig.

MARCUSE, JULIAN (1901): Bäder und Badewesen im Mittelalter.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 32: 209-232.

MARGGRAFF, HUGO (1879): Wasserversorgung, Kanalisation und Abfuhr.- Lindauer, München.

MARKOWSKI, S. (1959): The cooling water of power stations: a new factor in the invironment of marine and freshwater invertebrates. 2 Abb., 6 Tab., 3 Lit.- Journal Animal Ecol. 28: 243-258, London.

MARSCHALL, J. (1931): Mohendjo-daro and the Indus civilization.- London: Probsthain.

MARSSON, MAXIMILIAN & SCHIEMENZ, P. (1901): Die Schädigung der Fischerei in der Peene durch die Zukkerfabrik in Anklam.- Zeìtschrift für Fischerei 7: 25ff.

MARSSON, MAXIMILIAN (1898): Planktologische Mittheilungen.- Zeitschrift für Angew. Mikroskopie 4(1898).

MARSSON, MAXIMILIAN (1901): Unsere Spree.- Mitteilungen Brandenburg. Fischereiverein H. II (1901) 255ff.

MARSSON, MAXIMILIAN (1901): Zur Kenntnis der Planktonverhältnisse einiger Gewässer der Umgebung von Berlin.- Forsch. Berichte der Biol. Stat. Plön 8(1901).

MARSSON, MAXIMILIAN (1903a): Beiträge zur biologischen Wasserbeurteilung. b) Fluß-Schlamm-Untersuchungen.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 2:27-33.

MARSSON, MAXIMILIAN (1903b): Die Fauna und Flora des verschmutzten Wassers und ihre Beziehungen zur biologischen Wasseranalyse.- Forsch. Berichte der Biol. Stat. Plön 10(1903).

MARSSON, MAXIMILIAN (1904a): Die Abwasserflora und Fauna einiger Kläranlagen bei Berlin und ihre Bedeutung für die Reinigung städtischer Abwässer.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 4:125-166.

MARSSON, MAXIMILIAN (1904b): Gutachterlicher Bericht der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in Sachen betreffend die Untersuchung über die Verunreinigung des Mains.- Als Manusskript gedruckt, der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung: 178 S.

MARSSON, MAXIMILIAN (1907): Bericht über die Ergebnisse der vom 14. bis 21. Oktober 1905 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Mainz bis Coblenz.- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte (Berlin) 25: 140-163.

MARSSON, MAXIMILIAN (1908a): Bericht über die Ergebnisse der zweiten am 12. Mai und vom 16. bis zum 22. Mai 1906 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Weisenau-Mainz bis Coblenz-Niederwerth.- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte 28: 62-91.

MARSSON, MAXIMILIAN (1908b): Bericht über die Ergebnisse der dritten vom 15. bis zum 22. August 1906 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Mainz bis Coblenz.- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte 28: 92-124.

MARSSON, MAXIMILIAN (1908c): Bericht über die Ergebnisse der 4. biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Mainz bis unterhalb Koblenz vom 18. bis zum 25. März 1907.- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte 28: 549-571.

MARSSON, MAXIMILIAN (1909): Bericht über die Ergebnisse der 5. biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Mainz bis Koblenz (vom 9. bis 16. Juli 1907).- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte 30: 543-574.

MARSSON, MAXIMILIAN (1910): Bericht über die Ergebnisse der vom 29. November bis zurn 7. Dezember 1907 ausgeführten 6. biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Mainz bis Coblenz.- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte (Berlin) 32: 59-88.

MARSSON, MAXIMILIAN (1911a): Bericht über die Ergebnisse der 7. biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Mainz bis unterhalb Coblenz vom 27. Januar bis zum 5. Februar 1908.- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte 33: 473-499.

MARSSON, MAXIMILIAN (1911b): Die Bedeutung der Flora und Fauna für die Reinhaltung der natürlichen Gewässer, sowie ihre Beeinflussung durch Abgänge von Wohnstätten und Gewerben.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 14:1-26.

MARSSON, MAXIMILIAN (1912): Bericht über die Ergebnisse der 8. biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Mainz bis Coblenz vom 18. Juni bis 2. Juli 1908.- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte 36: 260-289.

MARSSON, MAXIMILIAN, SPITTA, 0. & THUMM, K. (1905)[#]: Gutachten über die Zulässigkeit der Fäkalienabschwemmung der Stadt Hanau in den Main. Erstattet im Auftrage des Magistrats der Stadt Hanau von der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 5: 60-129.

MARTENS, E.V. (1865): Über die Molluskenfauna Württembergs.- Jh. Ver. Vaterländische Naturkunde Württemberg 21: 178-217.

MARTENS, E.V. (1869): Zur Literatur der Mollusken Deutschlands.- Nachrichtenblatt der deutschen Malakozoologischen Gesell. 1: 65-78, 97-100, 113-118, 129-132, 145-148, 161-165.

MARTIN, A. (1906): Deutsches Badewesen in vergangenen Tagen.- Jena.

MARTINI, D. (1897): Über das Fischgift und die sanitätspolizeilichen Maßnahmen zur Verhütung seiner Wirkungen.- Allg. Fischerei-Zeitung 22(1897).

MARTINI, MARTERNUS (1881): Neueste Lösung der Städtereinigungsfrage: zwei die bisherigen Mängel vollständig beseitigenden Syst.- 2. Aufl., Fösser, Frankfurt a.M.

MARVAN, P., J. ROTHSCHEIN & M. ZELINKA (1980): Der diagnostische Wert saprobiologischer Methoden. 4 Abb.,1 Tab., 43 Lit.- Limnologica 12: 299-312, Berlin.

MARX, W. (1969): Bis das Meer zum Himmel stinkt. Amerik. Original: The Frail Ocean. Erschienen 1967;.- dtsch. Ausgabe Rüschlikon-Zürich: A. Müller.

MATSUE, Y.; ENDO, T. & TABATA, K. (1957): Effect of an insecticide, parathion, on aquatic animals at lower ranges than its lethal concentration.- Bulletin Jap. Soc. sci. Fish. 23:358-62. (J. e.).

MAUCH, E. (1976): Leitformen der Saprobität für die biologische Gewässeranalyse. 134 Lit.- Cour. Forsch. -Inst. Senckenberg 21,1-5c l.-797, Frankfurt/M.

MAUCH, E. (1981): Der Einfluß des Aufstaus und des Ausbaus der deutschen Mosel auf das biologische Bild und den Gütezustand. 3 Tab.,19 Lit., Glossar.- Deutscher Verband f. Wasserwirtschaft u. Kulturbau e. V.- Schr. 45: 39-137, Hamburg & Berlin.

MAUCH, E., F. KOHMANN & W. SANZIN (1985): Biologische Gewässeranalyse in Bayern. 445 Lit., 6 Anl.- Informationsber. Bayer. Landesamt Wasserwirtschaft l/85:1-247 S., München.

MAYER, ADOLF (1875): Welche Methoden der Städte-Reinigung sind i. A. u. i. Sonderheit für d. Verh. d. Großherz. Badens empfehlenswert.- Winter, Heidelberg, 24 S.

MAYER, ADOLF (1895): Lehrbuch der Agrikulturchemie. 4 Bd.- 4. Aufl., Winter, Heidelberg.

MAYER, R. (1939): Einleitung von Abwässern in die Reichswasserstraßen.- Deutsche Wasserwirtschaft 34 (12): 502-509.

MAYER, R. (1940): Einleitung von Abwässern in die Reichswasserstraßen.- Deutsche Wasserwirtschaft 35 (1): 1-9.

MCKINNEY, R. E. & A. GRAM (1956): Protozoa and activated sludge. 7 Abb.,18 Lit.- Sewage Industrial Wastes 28:1219-1231.

MEIER, MARTIN (1988)[#]: Industrielle Umweltverschmutzung am Beispiel der frühen Basler Anilinfarbenindustrie (1859-1873).- Lizentiatsarbeit MS., Basel.

MEIER-BROOK, C. (1975): Der ökologische Indikatorwert mitteleuropäischer Pisidium-Arten (Mollusca, Eulamellibranchiata).- Eiszeitalter und Gegenwart 26: 190-195.

MEIGEN, J.W. & WENIGER, H.L. (1819): Systematisches Verzeichnis der an den Ufern des Rheins, der Roer, der Maas, der Ourse und in den angrenzenden Gegenden wildwachsenden und gebaut werdenden phanerogamischen Pflanzen.- 108 S., Köln (Rommerskirchen).

MEINCK, F. (1942): Darstellung der Wassergüte fließender Gewässer durch Gütepegel und -profile.- Kleine Mitteilungen des WABOLU 18(1-3):1-12.

MEISSNER, RALPH; HOLGER RUPP & HELMUT GUHR (1993): Schwermetallbelastung von Boden und Wasser im Bereich der Magdeburger Rieselfelder und Aus-

wirkungen auf deren künftige Nutzung.- Sonderdr., GKSS, Geesthacht.

MELOSI, MARTIN V. (1988): Technology Diffusion and Refuse Disposal: The Case of the British Destructor.- in: Tarr, Joel.A. & Dupuy, Gabriel: Technology and the Rise of the Networked City in Europe and America, Philadelphia:207-226.

MELSHEIMER (1878): Über bei Linz im Rheine gefangene Fische.- Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande u. Westfalens 35,,4. Folge, 5. Jg., 2. Hälfte: 95-98.

MELSHEIMER (1886): Zu dem Verzeichnis der Rheinfische.- Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande u. Westfalens 47, Corr. Bl. 82-84.

MENGERINGHAUSEN, M. (1936): Die häusliche Wasserverwendung und Abwassertechnik im Mittelalter.- Technikgeschichte 25: 42-43.

MENTZEL, (1898): Mentzel's und von Lengerke's landwirtschaftlicher Hülfs- und Schreibkalender.- 51. Jg., Parey, Berlin.

MERBACH (1876): Ueber Verunreinigung der Flüsse.- Jahresbericht der Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Dresden 1875/76: 72,82.

MERKER, E. (1952)#: Robert Lauterborn zum Gedächtnis.- Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 124. Jahrgang, S.61-63.

METCALFE, J. L. & CHARLTON, M. N. (1990): Freshwater mussels as biomonitors for organic industrial contaminants and pesticides in the St.Lawrence River.- Sci. tot. Envir. 97/98:595-615.

METCALFE, J. L. (1989): Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities; history and present status in Europe.- Environ. Pollut. 60:101-39.

METZGER, H. (1907): Städte-Entwässerung und Abwasserreinigung - Hand- und Hilfsbuch für technische Gemeinde- und Verwaltungsbeamte.- Heymanns, Berlin.

MEURER, NOT (1604): Wasser Recht vnnd Gerechtigkeyt. Das ist: Underricht vom Rheinstrom vnnd anderen Schiff vnd nicht Schiffreichen.. Strömen vnd Wassern; Erstlichen außgangen durch Not Meurer..- Getruckt zu Marpurg durch Paulum Egenolff.

MEYER, ANDREAS (1892): Systematische Untersuchungen über die Selbstreinigung der Flüsse.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 24:111ff.

MEYTHALER, F.K. (1903): Der Oberrhein - Eine geschichtliche Studie aus der Gewässerkunde.- Zeitschrift für Gewässerkunde 5: 365-385.

MEZ, CARL (1898)#: Mikroskopische Wasseranalyse. Anleitung zur Untersuchung des Wassers mit besonderer Berücksichtigung von Trink- und Abwasser.- 38 Abb., 8 Taf., rd. 50 Lit. Glossar, Sachverz.- 631 S. (Springer) Berlin.

MICHAELSEN, W. (1903): Hamburgische Elb-Untersuchung. IV. Oligochaeten.- Lucas Gräfe & Sille, Hamburg.

MICHLING, G. (1988)#: Fischereibiologische Untersuchungen am Rhein in den Grenzen von Nordrhein-Westfalen 1986/87.- Unveröff. Gutachten, Rheinfischereigenossenschaft, Bonn: 56 + 20 S.

MIDDELDORF, F. (1904): Entwurf zur Regelung der Vorflut- u. Abwässerreinigung im Emschergebiet.- Essen-Ruhr.

MIGULA, W. (1897): Beiträge zur bakteriologischen Wasseruntersuchung.- Arbeiten a. d. Bakt. Inst. TH Karlsruhe I (1897) 533ff.

MILLER, N. H. J. (1885): Über die im Drainagewasser von unbebauten und ungedüngten Feldern enthaltene Menge Chlor und Stickstoff.- Proc. of the Chem. Soc. 18, Nr. 250: 89ff.

MINERVA HANDBÜCHER (1974): Archive im deutschsprachigen Raum. (2. Aufl. Bd. 1,2).- De Gruyter, Berlin.

MINISTERIUM FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT RHEINLAND-PFALZ (1992)#: "Umweltvorsorge am Rhein - Rheingrund, Altrheine und Häfen als Refugien der Tierwelt".- Forschungsbericht unveröff., 1988-1991.

MISLIN, H. (1941): Der Phasenwechsel des Rheinlachses (Salmo salar L.) unter besonderer Berücksichtigung des Ernährungsapparates.- Rev. Suisse de Zoologie, t. 48, fasc. supplém.: 1-181.

MITGAU, L (o.J.): Bericht über die in Berlin, Amsterdam, Rochdale, Manchester, Croydon, Leannington und Abingdon eingeführten Systeme der Städtereinigung.- Goeritz & zu Puttlitz, Braunschweig.

MITTENDORFER, J.E. (1901): Die Benorbelung des Marchfeldes.- Selbstverlag, Wien.

MITTERMAIER, KARL (1870)#: Die Reinigung und Entwässerung der Stadt Heidelberg: nebst einem Anhang über die Wasserversorg d.St.- Bassermann, Koester, Heidelberg.

MITTERMAIER, KARL (1875a)#: Das Tonnensystem in Heidelberg.- Gesundheit 1: 72.

MITTERMAIER, KARL (1875b)#: Die öffentliche Gesundheitspflege in Städten und Dörfern mit besonderer Berücksichtigung auf die Beseitigung der menschl. Abfallstoffe.- Braun´sche Hofbuchdruckerei, Karlsruhe, 45 S.

MITTERMAIER, KARL (1897)#: Das Heidelberger Tonnensystem: seine Begründung und Bedeutung.- Sammlung von Abhandlungen, Gutachten und Vorträgen über Städtereinigung Bd. 1, Halle a.S.

MITTERMAIER, KARL (o.J.)#: Das Heidelberger Tonnensystem, seine Begründung und Bedeutung.- Leineweber, Leipzig.

MITTERMAIER, PH & BERNUTH, L VON (1895): Beitrag zur Geschichte des Schwemmsystems.- Wagner, Graz.

MITTERMAIER, PH. (1898): Die Reinigung der Aborte und die Reinhaltung der Flüsse.- Gesundheit 19.

MOELLER, M. (1906): Grundriß des Wasserbaues.- Leipzig.

MOHR, J. L. (1952): Protozoa as indicators of pollution.- Scient. Mon., N. Y. 74:7-9.

MOLESWORTH, GIULFORD L. (1898): Metrical tables.- Spon, London.

MOLLINS, JEAN DE (1891): Les eaux d'égout industrielles et ménagères.- Danel, Lille.

MONE, L.J. (1853): Über die Flußfischerei und den Vogelfang vom 14. bis zum 16. Jahrhundert in Baden, Elsaß, Bayern und Hessen.- Z. f. Geschichte d. Oberrheins 4: 67-97.

MONTADA, A (1889): Katechismus der Desinfection.- Marhold, Halle.

MORDZIOL, C. (1912): Zur Gliederung des Rheinstromes in einzelne Abschnitte.- Geographischer Anzeiger 13: 231-232.

MORDZIOL, C.v. (Hrsg) (): Die Rheinlande in naturwissenschaftlich- geograph. Einzeldarstellungen (Band 1-12).- .

MORELL, CONYERS (1876): Das Aschencloset mit gesiebter Asche.- Sanit. Record 5:129.

MOSER, ERNST (1888): Über die organischen Substanzen des Mainwassers bei Würzburg.- Zentralblatt für allgemeine Gesundheitspflege 7:232 (D.Med.Ztg. 9:1167).

MOSER, ERNST (1890): Über die organischen Substanzen des Mainwassers bei Würzburg. Diss. Univ. Würzburg 1887;.- Hygienische Tagesfragen 9.

MOSONYI, E. (1967): Die Wasservorräte der Erde und ihre optimale Nutzung.- Wasserwirtschaft 57, H. 6 (1967) 225 ff.

MOSSEWITSCH, N. A. & GUSSEW, A. G. (1958): Der Einfluß der Abwässer von Holzverarbeitungswerken auf Gewässer und Wasserorganismen.- Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol. 13: 525 ff.

MOTTLEY, C. MCC.; RAYNER, H. J. & RAINWATER, J. H. (1939): The determination of the food grade of streams.- Trans. Am. Fish. Soc. 68:336-43. c n s.

MOUVET, C., MORHAIN, E. & COUTURIEUX, N. (1989): Entwicklung der Schwermetallkonzentrationen und verschiedener Organischer Chlorverbindungen in an 14 Stellen in den Rhein transplantierte aquatische Moose im Zeitraum 1. Juni bis 6. Juli 1988.- Internationale Kommission des Rheins zum Schutze gegen Verunreinigung (IKSR), Untergruppe Ps. Ps 20/89. Koblenz: 17 S. + Anlagen.

MÜCKENHAUSEN, E. (1954): Die Bodenerosion durch Wasser in Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern.- Wasser und Boden i. d. Landschpfl. Ratingen: A. Henn - Kronenburger Schriften (1954,17 ff.

MUELLER, P. K. (1954): Effect of phenols on microorganisms in the river Pleisse.- Wasserwirtschaft 4:125 (Wien).

MÜLLENBACH, H (1903): Aus der Praxis der Abwasserreinigung: mit Abbildungen des Stoddartfilters.- Leineweber, Leipzig.

MÜLLER, ALEXANDER (1869)#: Die Ziele und Mittel einer gesundheitlichen und wirtschaftlichen Reinhaltung der Wohnungen.- Schönfeld, Dresden.

MÜLLER, ALEXANDER (1873)#: Selbstreinigung von Spüljauche. Landwirtschaftliche Versuchsstationen 16:263 ff.

MÜLLER, ALEXANDER (1875)#: Die Spüljauchenrieselung: Kritische Beiträge betreffend die Theorie der Spüljauche nach Prof.Dr. Dünkelberg.- Wiegandt, Hempel & Pare, Berlin.

MÜLLER, ALEXANDER (1884)#: Die Reinhaltung von Paris.- Vierteljahresschrift für gerichtliche Medizin 11(2):336-350.

MÜLLER, ALEXANDER (1885)#: Selbstreinigung von Spüljauche. Landwirtschaftliche Versuchsstationen 32:285ff.

MÜLLER, ALEXANDER (1890)#: Die zweckmäßige Entfernung der Abfallstoffe der Städte mit besonderer Berücksichtigung der Verwertung derselben.- Verlag der k.k. Landwirtschaftsgesellschaft in Wien 63.

MÜLLER, ALEXANDER (1891)#: Gutachten über den Einfluß der Münchener Spüljauche auf den Reinigungszustand der Isar.- Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, Berlin.

MÜLLER, ALEXANDER (1901)#: Zur Reinhaltung der Städte.- Leipzig, Leineweber.

MÜLLER, ALEXANDER (1902)#: Die Reinigung der fäulnisfähigen Abwässer und die sekundäre Verpestung.- Leipzig: Leineweber.

MÜLLER, ALEXANDER (1912)#: Die Abhängigkeit des Verlaufes der Sauerstoffzehrung in natürlichen Wässern und künstlichen Nährlösungen vom Bakterienwachstum.- Arbeiten aus dem Königlichen Gesundheitsamt 38: 294.

MÜLLER, F. (1857)#: Die Gebirgsbäche und ihre Verheerungen.- Landshut: Wölfle.

MÜLLER, GERMAN, FRANK EHWALD & ASTRID HAMANN (1990): Langzeituntersuchungen über das Verhalten von Phosphor Stickstoff und Bor bei der mechanisch-biologischen Abwasserreinigung: am Beispiel der kommunalen Kläranlagen Bammental und Wiesloch (Rhein-Neckar.- Heidelberger geowissenschaftliche Abhandlungen; Bd. 34: 203 S.; Ill. ; 21 cm ISBN 3-89257-033-7.

MÜLLER, HEINRICH (1913)#: Freiburgs öffentliche Brunnen.- Breisgauer Chronik; Beilage zum Freiburger Boten 5 Nr. 16: 67-68 u. Nr. 17: 63-64.

MÜLLER, K. (1837)#: Über Wiesenbewässerung.- Landwirtschaftliches Wochenblatt für das Großherzogtum Baden 5:236-238.

MÜLLER, S.V. (1899): Die Reinhaltung der Stadt Westeraas in Schweden.- Gesundheit 18.

MÜLLER, S.V. (1901): Etwas über die Reinhaltung von Stockholm.- Gesundheit 26(8), Leineweber, Leipzig.

MÜLLER, T. (1974a)#: Die naturräumliche Lage und Klimadaten des Taubergießengebietes.- Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg (Hrsg.) Das Taubergießengebiet, eine Rheinauenlandschaft. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, Bd.7: 142-146, Ludwigsburg.

MÜLLER, T. (1974b)#: Zur Kenntnis einiger Pioniergesellschaften im Taubergießengebiet.- Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg (Hrsg.) Das Taubergießengebiet, eine Rheinauenlandschaft. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, Bd.7: 284-305, Ludwigsburg.

MÜLLER, T. (1974c)#: Gebüschgesellschaften im Taubergießengebiet.- Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg (Hrsg.) Das Taubergießengebiet, eine Rheinauenlandschaft. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, Bd.7: 400-421, Ludwigsburg.

MÜLLER, W. (1951): Steigerung der Selbstreinigung im verschmutzten Fluß durch Flußbelebung.- Gesundheits-Ingenieur 72.

MÜLLER, W. (1953): Die Einleitung von Abwässern ins Meer.- Gesundheits-Ingenieur 74: 286 ff.

MÜLLER, W. (1953): Selbstreinigung und zulässige Abwasserlast.- Gesundheits-Ingenieur 74.

MÜLLER-NEUHAUS, G. (1968): Abwasserreinigung in Gegenwart und Zukunft.- Wasser/Abwasser 109: 951 ff. (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

MÜNCH, P. (1993): Stadthygiene im 19. u. 20. Jahrhundert: Das Kommunale Engagement in der Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallbeseitigung mit bes. Berücksichtigung Münchens. (phil. Dissertation, München 1990).- Göttingen.

MURALT, HANS VON (o.J.): Fluss-Sanierung nach Carl Bürkli.- Separatum.

MUSALL , H. (1969)#: Die Entwicklung der Kulturlandschaft der Rheinniederung zwischen Karlsruhe und Speyer vom Ende des 16. bis zum Ende des 19. Jahrhunderts.- Heidelberger geographische Arbeiten 22, 279 S.

MUSALL, H. (1982)#: Die Veränderungen des Oberrheinlaufs zwischen Seltz im Elsaß und Oppenheim vom 16. Jahrhundert bis zum Beginn der Tullaschen Korrektion.- in: Haller, N [Hrsg.] Natur und Landschaft am Oberrhein, Versuch einer Bilanz, Bd.70, 105:21-34, Speyer.

MUSSELECK, G. (1902): Fischsterben in der Urft/Eifel.- Allg. Fischerei-Zeitung 27 (1902).

NADEIN, M. P. VON (1892): Neues sanitär-ökonomisches Canalisations-System.- 5. Aufl, Böhnke, Petersburg.

NÄF, N (1888)#: Das Wasserrecht im Großherzogtum Baden.- Neue Ausg., Schauenburg, Lahr.

NAGEL, ALFRED VON (1968)#: Fuchsin, Alizarin, Indigo.- Schriftenreihe des Firmenarchivs der BASF AG.

NATERMANN, E. (1949): Das Gütedauerbild.- Wasserwirtschaft 40(1949/1950) 307ff.

NATERMANN, E. (1952): Eine neue Berechnungsweise des Sauerstoffhaushalts verunreinigter Flüsse nebst eini-

gen Folgerungen.- Wasser/Abwasser 93: 449ff. (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

NATERMANN, E. (1954): Die Aufdeckung der Schädlichkeit warmer Abwässer bei verunreinigten und schlammführenden Flüssen.- Wasser/Abwasser 95: 369ff. (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

NAU, B.S. (1787a)#: Oekonomische Naturgeschichte der Fische in der Gegend um Mainz.- 21 S., Schillerscher Verlag, Mainz.

NAU, B.S. (1787b)#: Naturgeschichte der Lamprete des Rheins.- Schriften der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin 7: 466-470.

NAU, B.S. (1788)#: Nachtrag zur Naturgeschichte der Fische nebst Amphibien und Vögeln des Mainzer Landes.- Mainz.

NAU, B.S. (1791)#: Bemerkungen zu des Herrn Sander"s Beiträgen zur Naturgeschichte der Fische im Rhein.- Naturforscher 25: 24-34.

NAUMANN, E. (1917): Undersögningar ofver fytoplankton och under den pelagiska regionen försig gaende gyttje - och dybildningar inom vissa syd - och mellansvenska urbergsvatten.- Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar 56 (6): 1-165.

NAUMANN, E. (1919)#: Nagra synpunkter angaende limnoplanktons ökologi, med sarskild hansyn till fytoplankton.- Svensk Bot. Tidsskr. 13: 129-163.

NAUMANN, E. (1931): Limnologische Terminologie.- in: Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden Abt. IX, Teil 8. Abderhalden (Hrg.). 776 S.

NEAL, L. A. & STEVENS, C. L. (1976): Water pollution: oxygen sag and stream purification.- Journal Wat. Pollut. Control Fed. 48:1417-20.(Review).

NEERACHER, F. (1910)#: Die Insektenfauna des Rheins und seiner Zuflüsse bei Basel.- Revue Suisse Zool., 18: 497-590; Genf.

NEERACHER, F. (1912)#: Die Insektenfauna des Rheins und seiner Zuflüsse bei Basel.- Archiv für Hydrobiologie 7:140-60.

NESEMANN, F H. & SCHÖLL, F. (1988)#: Zum Vorkommen von Sphaerium solidum (NORMAND 1844) im Rhein- und Loire-Gebiet.- Mitteilungen dt. Malakozoologischen Gesell. 43: 33-34.

NESEMANN, H. (1986)#: Über die aktuelle Verbreitung und Bestandsänderung der Flußmuscheln (Mollusca, Bivalvia) in den Flußunterläufen des nördlichen Oberrheintales.- Hessische Faunistische Briefe 6 (3): 48-58.

NESS, A. (1990)#: Auswirkungen des Sandoz-Unfalls auf das Makrozoobenthos des Rheins.- in Kinzelbach & Friedrich (eds). Biologie des Rheins. Fischer Verlag, Stuttgart. 245- 258.

NESSELER, EMIL (1950): 85 Jahre BASF.Zur Entstehungsgeschichte des Werkes - Friedrich Engelhorn zum Gedächtnis.- Stadt-Anzeiger Ludwigshafen am Rhein. Amtliche Bekanntmachungen für den Stadt- und Landkreis 3. (14):1-7.

NEUBERT, E. (1988)#: Quantitative Diskontinuitäten der benthischen Besiedlung von Hoch- und Oberrhein.- Diplomarbeit, 126 S., Technische Hochschule Darmstadt, Fachbereich Biologie.

NEUBERT, EIKE & GERHARD EPPLER (1992)#: Trochospongilla horrida (Weltner 1893) - Neufunde aus dem Rhein.- Lauterbornia 9: 59-64.

NEUHOLD, J. M. (1981): Strategy of stream ecosystem recovery.- in Barrett, G. W. and Rosenberg, R. (eds). Stress effects on natural ecosystems. Wiley, Chichester. pp 261-5.

NEUMANN, D. (1990)#: Makrozoobenthos-Arten als Bioindikatoren im Rhein und seinen angrenzenden Baggerseen.- in Kinzelbach R. and Friedrich G. (eds). Biologie des Rheins. Gustav Fischer, Stuttgart: 87-105.

NEUMANN, DIETRICH (1996): Fischökologische Probleme des Rheins und seiner Auengewässer.- Forschung in Köln 1:77-85.

NEUSTÄTTER, OTTO (1925): Max Pettenkofer.- Wien.

NIEDNER, DR. (1874): Gutachterlicher Vortrag über die Wasser-Closet-Frage.- Dresden, Albanus, 32 S.

NIEHUIS, M. (1982)#: Änderungen in der Vogelfauna von Rheinland-Pfalz.- Pfälzer Heimat, 33, H.2/3: 96-125.

NIENHAUS-MEINAU, CASIMIR (1883)#: Bericht über die Verunreinigung des Rheins durch Abfallstoffe der Fabriken im Basler Industrie-Bezirk erstattet an das Schweizerische Handels- und Landwirtschafts-Departement, 58 S.

NIEßEN, J. (1909): Zur Geschichte der botanischen und zoologischen Durchforschung des Niederrheins.- Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande u. Westfalens. Sitzungsberichte 1909, E: 9-23.

NIESSEN, J. (1950): Geschichtlicher Handatlas der Deutschen Länder am Rhein.- Köln.

NIETZKE, G. (1967): Fischsterben und Pflanzenschutzmittel.- Gesunde Pflanzen 19(1967) 254ff.

NINCK, M. (1921): Die Bedeutung des Wassers in Kult u. Leben der Alten.- Leipzig.

NIPPES, KARL-RAINER (zusammengest. und kommentiert von) (1991): Bibliographie des Rheingebietes = Bibliographie du bassin du Rhin.- Bericht Nr. I-10 der KHR: 363 S.

NITARDY, E. (1942): Der Selbstreinigungsprozess des Rohabwassers im Laboratoriumsversuch (Vergleich der biologischen und chemisch- physikalischen Befunde).- Kleine Mitteilungen Ver. Wasser-u. Lufthyg. 18:13-41.

NN (1892): Die Vernichtung und Verwertung städtischer Abfallstoffe in England.- Gesundheits-Ingenieur 15: 75-80.

NOCHT, D. (1899): Über Abwasserbeseitigung und Reinigung in einigen englischen Städten - Ein Reisebericht;.- Hygienische Rundschau 9,Nr. 13(1899).

NOLL, F.C. (1866): Der Main in seinem unteren Laufe.- 58 S., Frankfurt.

NOLL, F.C. (1871): Der Stör in Rhein und Main.- Der Zoologische Garten (A.F.), 12: 180-183.

NOLL, F.C. (1874): Die Salmfischerei bei St. Goar.- Zoologischer Garten 15: 447-454.

NOLL, W. (1937): Der Chemismus des Mainwassers im Wechsel der Jahreszeiten.- Archiv für Hydrobiologie 31: 58ff.

NOWACK (1904): Die öffentliche Gesundheitspflege.- in: Robert Wuttke [Hrsg.]: Die deutschen Städte. Geschildert nach den Ergebnissen der ersten deutschen Städteausstellung zu Dresden Bd. 1: 446-460.

NOWAK, W. (1940): Über der Verunreinigung eines kleinen Flusses in Mähren durch Abwässer von Weisegebereien, Leder-, Leimfabriken und anderen Betrieben.- Archiv für Hydrobiologie 36:386-423.

NUßBAUMER, J. (1909)#: Über die Verunreinigung von Seen durch Zuleitung städtischer Abwässer mit spezieller Berückssichtigung des Züricher Sees.- Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 54(1909).

NÜSSLIN (1883): Fortschritte unseres Wissens vom Leben des Rheinlachses.- Verh. naturwiss. Ver. Karlsruhe 9: 25-33.

O´MALLEY, URSULA (1995)#: Von der brackigen Brühe zum keimfreien Naß - Wandel der Wasser-Wahrnehmung und Hygienisierung im 19. Jahrhundert.- Geschichte lernen 47:38-41.

OBERDORFER, E. (1934): Zur Geschichte der Sümpfe und Wälder zwischen Karlsruhe und Mannheim.- Fest-

schrift zur Jahrhundertfeier des Vereins für Naturkunde: 99-124, Mannheim .

OBERDORFER, E. (1952)#: Die Wiesen des Oberrheingebietes.- Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland, Bd. 11, H. 1: 75-88.

OBERDORFER, E. (1977)#: Süddeutsche Pflanzengesellschaften.- Teil 1, 2. Auflage: 311 S., Stuttgart, New York.

OBST, U. & B. SCHMITT-BIEGEL (1990)#: Mikrobiologische Selbstreinigung im Rhein in Abhängigkeit von der Wasserführung.- In: Internationale Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet (IAWR), 12. Arbeitstagung, 25-27. Oktober 1989, Mainz. Amsterdam: 129-136.

OCHWADT, A (1877): Die Kanalisation und Berieselung und das Dr. Petri'sche Verfahren betreffend die Desinf.u.Verwerth..- Nicolai, Berlin.

OESTEN, G. (1900): Ursache der Abnahme der Fischbestände.- Fischerei Zeitung: 385ff.

OESTERLEN, F. (1851)#: Handbuch der Hygiene für den Einzelnen wie für eine Bevölkerung.- Tübingen.

OESTERLEN, F. (1873): Die Seuchen, ihre Ursachen, Gesetzte und Bekämpfung.- Laupp, Tübingen.

OFFHAUS, K. & SCHUA,L. (1958): Einleitende Betrachtungen zur Flußwasseraufbereitung für das Grundwasserwerk Würzburg.- Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 4: 55ff.

OFFHAUS, K. (1958): Einführende Betrachtungen zur biologischen Abwasserreinigung: Das Belebungsverfahren.- Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 5: 69ff.

OFFHAUS, K. (1958): Einführende Betrachtungen zur biologischen Abwasserreinigung: Das Tropfkörperverfahren.- Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 5: 21ff.

OFFHAUS, K. (1962): Forschung im Dienste der Gewässerüberwachung. Symposium,Föderation Europ. Gewässerschutz.- Schaffhausen.

OFFHAUS, K. (1965): Kühlwassereinleitung und Belüftung.- Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 12: 301ff.

OGLESBY & CARLSON & MC CANN (1972): River Ecology and Man - Proceedings of an International Symposium on River Ecology and the Impact of Man, University of Massachusetts, Armkent.- Academic Press, New York and London.

OHLMÜLLER ET AL. (1907): Gutachten des Reichsgesundheitsrates über den Einfluß der Ableitung von Abwässern aus Chlorkaliumfabriken auf die Schunter, Oker nd Aller.- in: Arbeiten aus dem Königlichen Gesundheitsamt: 25:259-415.

OHLMÜLLER, W & SPITTA, O (1921): Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers.- Springer, Berlin, 369 S.

OHLMÜLLER, W. & O. SPITTA (1910): Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers.- Berlin: Springer.

OHLMÜLLER, W. & ORTH. (1894): Gutachten betreffend die Errichtung von Rieselfeldern in Steinhof.- Monatsblatt für die öffentliche Gesundheitspflege 17: 201ff.

OHLMÜLLER, W. & ORTL, ALBERT (1894): Die Errichtung von Rieselfeldern für die Stadt Braunschweig in Steinhof.- Meyer, Braunschweig.

OHLMÜLLER, W. (1896)#: Die Untersuchung des Wassers.- Springer, Berlin: 178 S.

OHLMÜLLER, W. (1903)#: Gutachten des Reichsgesundheitsrates über die Einleitung des Mainzer Kanalwassers einschließlich der Fäkalien in den Rhein.- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte (Berlin) 20: 258-337.

OHLMÜLLER, W., O. SPITTA & L. OLSZEWSKI (1931): Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers.- Berlin: Springer.

OPITZ, H G (o.J.): Reichswasserrecht ? Gutachten über die Vorschläge der Dt. Landwirtschafts-Ges. f.d.Verbesserung des.- Meinhold, Dresden.

OPPENHEIMER, ALFRED (1896)#: Der privatrechtliche Schutz der Fischereiberechtigten in öffentlichen Flüssen gegen Verunreinigung.- (Diss. jur., Erlangen), Stahl, Würzburg:37 S.

ORTLEPP, J., SCHRÖDER, P., REY, P. & TOMKA, I. (1991): The longitudinal zonation of macroinvertebrates of the upper River Rhine.- Verhandlungen der Internationalen Limnologie 24:1804-1811.

OTTERPOHL, RALF & JÖRG NAUMANN (1993)#: Kritische Betrachtung der Wassersituation in Deutschland.- in: Umweltschutz, Wie? Symposium: Wieviel? Kirsten-Gutke-Verlag, Köln.

OTTERPOHL, RALF & MARTIN OLDENBURG (1998)#: Separate Behandlung von Toilettenabwasser durch ein Vakuumsystem und gemeinsamer Vergärung mit Bioabfällen - ein Weg zur integrierten Siedlungstechnik.- in print;.

OTTERPOHL, RALF, MATTHIAS GROTTKER & JÖRG LANGE (1997)#: Sustainable Water and Waste Management in Urban Areas.- Water, Science & Technology 35 (9):121-133.

OTTO, H. (1908)#: Beiträge zur Vogelfauna des Niederrheins.- Der Zoologische Garten (A.F.), 49, H.5: 136-144.

OTTO, H. (1930): Ein großes Fischsterben am Niederrhein.- Naturschutz 12: 262.

OTTO, R. R. SPREE & J. VÖGELE (1990)#: Seuchen und Seuchenbekämpfung in deutschen Städten während des 19. und frühen 20. Jahrhunderts.- Medizinisches Journal 25: 286-304.

PANNEN, J. (1939): Der Zustand des Rheins von Bonn bis zur holländischen Landesgrenze.- Natur am Niederrhein 15 (1): 16-19.

PANNING, A. & PETERS, N. (1933): Die chinesische Wollhandkrabbe (Eriocheir sinensis H. Milne-Edwards) in Deutschland (vorläufige Mitteilung).- Zoologischer Anzeiger 101: 265-271.

PANTLE, B. & BUCK, H. (1955b)#: Die biologische überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse.- Besondere Mitteilungen z. Gewässerkundl. Jahrb. 18:604-606 (GWF).

PANTLE, R. & BUCK, H. (1955a)#: Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse.- Besondere Mitteilungen z. Gewässerkundl. Jahrb. 135-144.

PARET, O. (1943): Wasserversorgung im Altertum.- Wasser/Abwasser 86: (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

PAREY, KLAUS (1986): Belastung von Rheinfischen mit Schwermetallen und Organochlorverbindungen und Auswirkungen auf die Reproduktion.- Dissertation, Fakultät für Biologie, Universität Freiburg. Freiburg i. Br.: 166 S. + Tabellenanhang.

PARMA, S. (1980): The history of the eutrophication concept.- Hydrobiol. Bull. 14: 5-11.

PASSAVANT, GUSTAV (1870): Zur Frage über die Beseitigung der Exkremente aus den Schulgebäuden.- Sauerländer, Frankfurt a.M.

PATYK, A. & G. REINHARDT (1997): Düngemittel-, Energie und Stoffstrombilanzen.- Vieweg Verlag.

PAUL, JOHANN (1990): Abwasserbeseitigung und Trinkwasserversorgung in Mühlheim am Rhein zur Zeit der

Hochindustrialisierung.- Rechtsrheinisches Köln 16:39-76.

PAUL, JOHANN (1991a): Die Rheinverschmutzung in Köln und Leverkusen im 19. und 20. Jahrhundert.- Die Alte Stadt 18: 385-402.

PAUL, JOHANN (1991b): Flußverunreinigung und Gewässeraufsicht im 19. und 20. Jahrhundert a. Bsp. d. Sieg im Landkreis Altenkirchen.- Jahrbuch für Westdeutsche Landesgeschichte 17:227-239.

PAUL, JOHANN (1992a): Umweltbelastungen in der Bürgermeisterei Merheim vor dem 1. Weltkrieg.- Rechtsrheinisches Köln 18:111-128.

PAUL, JOHANN (1992b): Die Opferstrecken werden immer länger. Die Siegverschmutzung im 19. und 20. Jahrhundert.- Bensberger Protokolle 71:55-78.

PEARSE, G. WALTER (1876): Das verbesserte Aschencloset von Morell.- Public Health 4: 468.

PENTELOW, F. T. K. (1949): Fisheries and pollution from china clay works.- Rep. Salm. Freshw. Fish. Lond. 31:4 pp. s.

PENTELOW, F. T. K. (1953): River Purification.- Arnold, London.

PENTELOW, F. T. K. (1955): Pollution and Fisheries.- Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol. 12:768-71. j.

PEPPEL, H. (1995): Technische Konzepte für die Reaktivierung von Wässerwiesen.- in: Hassler, D., M. Hassler & K. H. Glaser: Wässerwiesen: 364-368, Karslruhe.

PESCHKE, OTTO (1884): Die Petri'sche Methode zur Reinigung städtischer Kanalwasser..mit bes. Berücks. d. Berlin-Plötzensee'e Versuchsanlage. Ein Beitrag zur Frage der Verwendbarkeit von Torfgrus als Filtermaterial.- Seydel, Berlin.

PESCHKE, OTTO (1884): Noch ein Mal das Petri-Verfahren zur Reinigung städtischer Kanalwässer.- Seydel, Berlin.

PETERSON, J.A. (1979): The input of sanitory reform upon American urban planing, 1840-1890.- Journal of Social History 13: 83-103.

PETITH (1929): Begründung und Verjüngung der standortgemäßen Hartholzarten im Auwald, insbesondere auf der Rheininsel Kühkopf.- Silva, 17, 11: 81-85.

PETRI, F & GÄRTNER, I (1877): Kurzgefaßte Darstellung der Reinigung der Städte und Fabrikanlagen durch die Desinfektion mittelst des Dr.Petrischen Verfahrens.- Nicolai, Berlin.

PETTENKOFER, MAX VON (1862): Die Bewegung des Grundwassers in München vom März 1856 bis März 1862.- Sitzungsberichte d. Kgl. Bayer. Akad. Wissensch. München I: 272ff.

PETTENKOFER, MAX VON (1865): Über die Verbreitungsart der Cholera.- Zeitschrift für Biologie 1: 322ff.

PETTENKOFER, MAX VON (1866): Die sächsischen Choleraepidemien des Jahres 1865.- Zeitschrift für Biologie 2: 78ff.

PETTENKOFER, MAX VON (1867)#: Ueber die Kanalisirung der Stadt Basel, mit besonderer Rücksicht auf das Bett des Birsig-Flusses.- Zeitschrift für Biologie 3: 275-307.

PETTENKOFER, MAX VON (1869): Boden und Grundwasser in ihren Beziehungen zu Cholera und Typhus: Erwiderung auf Rudolf Virchow's hygienische Studie "Canalisation oder Abfuhr?".- Zeitschrift für Biologie 5: 171ff.

PETTENKOFER, MAX VON (1869): Das Kanal- oder Sielsystem in München.- Gutachten München.

PETTENKOFER, MAX VON (1870)#: Gutachten über die Kanalisation von Frankfurt a. M.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege II: 535ff.

PETTENKOFER, MAX VON (1876a): Vorträge über Canalisation und Abfuhr (nach vom Autor revidierten Stenogrammen.).- Bayer. ärztl. Intell.-Bl. 23:1, 15, 24, 44, 55, 69, 87, 99, 118, 130, 145, 163, 173, Finsterlin, München.

PETTENKOFER, MAX VON (1876b): Referat über Canalisation und Abfuhr.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 8:701.

PETTENKOFER, MAX VON (1890)#: Die Verunreinigung der Isar durch das Schwemmsystem von München. Vortrag, gehalten im ärztlichen Verein zu München am 07. Mai 1890.- (M. Riegersche Universitätsbuchhandlung) München.(in: Hyg. Tagesfragen 10(1890)): 51 S..

PETTENKOFER, MAX VON (1891a)#: Zur Schwemmkanalisation in München.- Münchener med. Abhandlungen 12.

PETTENKOFER, MAX VON (1891b)#: Zur Selbstreinigung der Flüsse.- Archiv für Hygiene 12: 269-274.

PETTENKOFER, MAX VON (1891c)#: Über die Selbstreinigung der Flüsse.- Verhandlungen der Gesellschaft für Naturforscher u. Ärzte 12(1891) 211ff.

PETTENKOFER, MAX VON (1892a): Acht Thesen gegen die Münchener Schwemmkanalisation.- Lehmann, München.

PETTENKOFER, MAX VON (1892b): Über Cholera mit Berücksichtigung der jüngsten Choleraepidemie in Hamburg.- Lehmann, München.

PETTENKOFER, MAX VON (1898): Kanalisation und Entwässerung von Ortschaften an Binnenseen.- Lehmann, München.

PETTS, G.E.; MÖLLER, H. & ROUX, A.L. (1989): Historical change of large alluvial rivers: Western Europe.- Chichester, New York, Brisbane (John Wiley & Sons Ltd.): 355 S.

PFEIL, W. (1837): Rührt der niedrige Wasserstand der Flüsse und insbesondere derjenige der Elbe und Oder, welchen man in der neueren Zeit bemerkt, von der Verminderung der Wälder her?.- Kritische Blätter 11(1): 62-91.

PHELPS, E. B. (1944)#: Stream sanitation.- Wiley, New York. 276 pp. b.

PHILIPPI, G. (1968)#: Zur Kenntnis der Zwergbinsengesellschaften (Ordnung Cyperetalia fusci) des Oberrheingebietes.- Veröff. der Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Bad. Württ. 36: 65-130.

PHILIPPI, G. (1969)#: Laichkraut und Wasserlinsengesellschaften des Oberrheingebietes zwischen Strasbourg und Mannheim.- Veröffentlichungen der Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg, H.37, Ludwigsburg.

PHILIPPI, G. (1974)#: Die Moosvegetation des Schutzgebietes Taubergießen bei Kappel- Oberhausen.- Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg (Hrsg.) Das Taubergießengebiet, eine Rheinauenlandschaft. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, Bd.7: 193-208, Ludwigsburg.

PHILIPPI, G. (1978)#: Veränderungen der Wasser- und Uferflora im badischen Oberrheingebiet.- Beih. Veröff. Naturschutz und Landschaftspf1ege Bad. Württ. 11: 99-134.

PHILIPPI, G. (1978a)#: Die Vegetation des Altrheingebietes bei Rußheim.- In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) Der Rußheimer Altrhein, eine nordbadische Auenlandschaft. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, Bd. 10: 103-267, Karlsruhe.

PHILIPPI, G. (1978b)#: Veränderungen der Wasser- und Uferflora im badischen Oberrheingebiet.- Beiheft zu

den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg, 11: 99-134, Karlsruhe.

PHILIPPI, G. (1982a)#: Änderungen der Flora und Vegetation am OberrheinVeröff. d. Pfälzischen Gesell. Förderung Wiss. 70: 87-100.- Veröff. d. Pfälzischen Gesell. Förderung Wiss. 70: 87-100.

PHILIPPI, G. (1982b)#: Änderungen der Flora und Vegetation am Oberrhein.- In: Hailer, N.(Hrsg.) Natur und Landschaft am Oberrhein, Versuch einer Bilanz, Bd.70: 87-105, Speyer.

PHILIPPI, G. (1982c)#: Erlenreiche Waldgesellschaften im Kraichgau und ihre Kontaktgesellschaften.- Carolinea, 40.

PHILIPPI, G. (1985)#: Das Eleocharitetum acicularis im südlichen und mittleren Oberrheingebiet.- Tuexenia, Neue Serie, 5: 59-74.

PHILIPPI, G. (1985)#: Potamogeton x zizii KOCH ex ROTH, das Schmalblättrige Laichkraut im badischen Oberrheingebiet.- Carolinea 42: 139-142.

PHILLIPS, JOHN (1872): On the drainage and sewerage of towns.- Spon, London.

PICKEN, L. E. R. (1937): The structure of some protozoan communities.- Journal Ecol. 25:368-84. c n.

PIECHOTTKA, OLAF & HEINZ WAGNER (1988): Rinnsteion und Fayencebecken.- in AQUA BUTZKE AG (HRSG.] Die vergessenen Tempel - Zur Geschicht der Sanitätechnik.- Blaue Hörner Verlag, Marburg: 65-86

PIEFKE, C (1881): Mittheilungen über natürliche und künstliche Sandfiltration. Nach Betriebsresultaten der Berliner Wasserwerke vor dem Stralauer Tor.- Seydel, Berlin.

PIEPER, C. (1869): Schwemmcanäle oder Abfuhr ? Eine Frage und Abstimmung vor der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte - Mit sachlichen Erläuterungen.- (2. Auflage), Dresden:):96 S.

PIEPER, WERNER (1987): Das Scheiß-Buch.- Pieper, Löhrbach: 248 S.

PIGNANT, P (1892): Principes d'assainissement des habitations des villes et de la banlieue.- 2. ed., Steinheil, Paris.

PISTOR, M. (1908): Geschichte der preussischen Medizinalverwaltung.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 40: 225-250.

PLAGNAT, F. & NISBET, M. (1958): La pollution du Rhône par les vidages de retenue du barrage hydroélectrique de Verbois (Suisse) recevant les égouts de l'agglomération genevoise.- Étude biologique et chimique. Ann. Stat. C.

PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE & UMWELT, HANNOVER (1981): Ökologisches Gutachten zur Situation der Braunschweiger Rieselfelder - Studie im Auftrag der Stadt Braunschweig.- Hannover.

PLAßMANN, EDITH (heute Plaßmann-Schütze?) (1984): Funktionswandel von Rieselfeldern unter besonderer Berücksichtigung ihrer Bedeutung für den Naturschutz am Beispiel der Freiburger Rieselanlagen.- unveröf. Diplomarbeit, TU München, Weihenstephan.

PLEHN, M. (1899): Über die Schädlichkeit von Carbolineum für Fische.- Allg. Fischerei-Zeitung 24(1899).

PLEHN, M. (1906): Über eine eigentümliche Farbenerscheinung in Teichen.- Allg. Fischerei-Zeitung 31(1906).

PLEHN, M. (1913): Massensterben des Kaulbarsches.- Allg. Fischerei-Zeitung 38 (1913).

PLEHN, M. (1921): Die Gaskrankheit der Fische.- Allg. Fischerei-Zeitung 46(1921).

PLEHN, M. (1924): Dringende Fragen aus dem Gebiet der Fischkrankheiten.- Allg. Fischerei-Zeitung 49(1924).

PLEHN, M. (1929): Die Wanderung der Fische.- Allg. Fischerei-Zeitung 54(1929).

PLEIßNER, M. (1910)#: Über die Abhängigkeit der Sauerstoffzehrung natürlicher Wässer von der Versuchsdauer und der Versuchstemperatur.- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt 34:230.

POHL, B. (1931): Die mythische und reale Bedeutung des Wassers im Rahmen der Volksgesundheit.- Wasser/Abwasser 81: 103ff. (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

POHLE, ROLF (1986): Historische Entwicklung der Stadtreinigung und Abfallbeseitigung in Nürnberg.- Mittelungen des Vereins für Geschichte der Stadt Nürnberg, 73. Bd.: 291-328, Nürnberg.

POHLIG, H. (1886) #: Über die Formen des Genus Unio aus dem Rhein bei Bonn.- Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande und Westfalens 43, Sitz. - Berichte der: 91f.

POORE (o.J.): Essays über Hygiene auf dem Lande.- Bechtold & Comp., Wiesbaden (Übersetzt von A. v. W.).

POORE, G.G. & M.D. VIVIAN (1892): Ueber die Nachteile einiger neueren sanitären Methoden.- Wagner, Graz.

POPP, L. (1954): Über den Verunreinigungszustand der Oker, seine Ursachen und Vorschläge zu seiner Behebung.- Gutachten f. d. Stadt Braunschweig.

POPP, L. (1959)#: Pfisters Mühle. Schlüsselroman zu einem Abwasserprozeß (1884).- Städtehygiene 10: 22-25.

POPP, L. (1965): Die Hygiene der Abwasserbeseitigung.- Berichte der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. "Die Frankfurter Tagung" - 1965.

POPP, W. (1984): Ziele des Gewässerschutzes und Leistungsfähigkeit konventioneller Klärverfahren in bakteriologischer Hinsicht.- Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 38:481-493.

POPPER, M. (1871): Der gegenwärtige Stand der Abfuhr- und Schwemmfrage.- Oesterr. Zeitschrift für öffentliche Gesundheitspflege 17:36-39.

POTONIÉ, H. (1907): Kultureinflüsse auf Sumpf u. Moor.- Naturwissenschaftliche Wochenschr. N. F. 6,Nr 22(1907).

PRATI, L. & RICHARDSON, Q. B. (1971): Water pollution and self-purification study on the Po River below Ferrara.- Water Resources 5:203-12.

PRAUSNITZ, WILHELM (1890)#: Der Einfluß der Münchner Kanalisation auf die Isar mit besonderer Berücksichtigung der Frage der Selbstreinigung der Flüsse.- Rieger, München (in: Hyg. Tagesfragen 9(1890)).

PRAUSNITZ, WILHELM (1891)#: Zur Einführung der Schwemmkanalisation in München: offener Brief an Herrn Prof. Alexander Müller in.- Lehmann, München.

PREUß, K. H. & R. H. SIMON (????): Im Rhein wandern wieder Lachse.- in: Geschichte, die die Forschung schreibt Bd. 3: 156-158, Verlag Deutscher Forschungsdienst, Bonn-Bad Godesberg.

PREUßISCHE LANDESANSTALT FÜR WASSER-, BODEN- UND LUFTHYGIENE (1925): Gutachterliche Äußerung über die Beschaffenheit des Rheinstromes auf der Strecke von Koblenz bis zur holländischen Grenze.- Berlin.

PROCTER, H. R. (1901): Leitfaden für gerbereichemische Untersuchungen.- Springer, Berlin.

PROCTER, WILLIAM (1873): The Hygiene of Air and Water. Being a popular Account of the Effects of the Impurity of Air and Water, their detection and the Modes of Remedying them.- Hardwicke, London, 78 S.

PROSKAUER (1894): Schrift über die Verwendung von Kohlebrei zur Klärung der Potsdamer Abwasser.- Berlin.

PRÜß, MAX (1925a): Die Lösung der Abwasserfrage im rheinisch-westfälischen Industriegebiet.- Die Wasserkraft 20 (1): 10-14.

PRÜß, MAX (1925b): Die Lösung der Abwasserfrage im rheinisch-westfälischen Industriegebiet.- Die Wasserkraft 20 (2): 19-25.

PRÜß, MAX (1934): Die Abwässer der Kohlenindustrie.- Gesundheits-Ingenieur 57 (50): 672-676.

PRÜß, MAX (1948): Entwicklung, derzeitiger Stand und zukünftige Aufgaben der Abwasserreinigung in Deutschland.- Gesundheits-Ingenieur 69: 260-264.

PRÜß, MAX (1948a): Wasserwirtschaftliche Gefährdung der Ruhrkohlenförderung durch zu starke Abholzung im Ruhrgebiet.- Decheniana - Verhandl. d. Nat. Hist. Ver. d Rheinld. u. Westf. 103.

PRÜß, MAX (1948b): Wasserhaushalt und Waldverwüstung.- Decheniana - Verhandl. d. Nat. Hist. Ver. d Rheinld. u. Westf. 103.

PRÜß, MAX (1958): Reinhaltung der Gewässer - eine nationale und überstaatliche Verpflichtung.- VDI Zeitschr. 100: 820ff.

PUHLMANN, E. (1913): Beitrag zur Trichopteren-Fauna des Niederrheins.- Mitteilungen naturwiss. Museum d. Stadt Krefeld 1913: 27-30.

PURDY, W.C. (1922): A study of the pollution and natural purification of the Ohio River. I. The plankton and related organisms.- Bulletin U. S. Dep. Publ. Hlth 131:1-78.

PYRIKI, S. (1982)#: Zusammensetzung des Rheinplanktons bei Mainz im Frühsommer 1981.- Versuch einer Analyse der Herkunft seiner Komponenten.- Diplom-Arbeit, Universität Mainz: 47 S.

PYRIKI, S. (1985a)#: Zur Dynamik des Potamoplanktons des Oberrheins.- Diss., Universität Mainz, 96 S., Mainz .

PYRIKI, S. (1985b)#: Das Rheinplankton bei Mainz 1982 / 1984.- Mainzer Naturwiss. Archiv, Beih. 5: Die Tierwelt des Rheins einst und jetzt: 103-118.

RAABE, W. (1876)#: Krähenfelder Geschichten. Die Innerste.- Braunschweig.

RAABE, W. (1884)#: Pfisters Mühle. Ein Sommerferienheft (Schlüsselroman zu einem Abwasserprozeß 1884).- Reclam Uni Bibl. 9988 (1980), Original: (Westermann) Braunschweig. (in: Familienztschr. "Die Grenzboten" (1884)).

RAABE, W. (1968)#: Wasserbau und Landschaftspflege am Oberrhein.- Schriftenreihe Dtsch. Rat für Landschaftspflege 10: 24-31.

RADLKOFER, H. (1865)#: Mikroskopische Untersuchungen der organischen Substanzen im Brunnenwasser.- Zeitschrift für Biologie 1: 37ff.

RAFTER, GEO W. & BAKER, M. N. (1894): Sewage disposal in the United States.- Nostrand, New York.

RAFTER, GEO W. (1892): The Microscopie Examination of Potable Water.- .

RANDA, A (1891): Das österreichische Wasserrecht mit Bezug auf die ungarischen und ausländischen Gesetzgebungen.- Rivnác, Prag.

RANKE (1877): Die Einleitung städtischen Cloakenwassers in die Flüsse.- Zeitschrift des landwirtschaftlichen Vereins in Bayern, Beilage zum November.

RANZ, H. & H.-J. JATZEK (1985)#: Der Keulenpolyp Cordylophora caspia (PALLAS, 1771) im Flußsystem des Rheins..- Mainzer Naturw. Archiv. 23:109-118.CKOH;

RAPP, R. (1903): Einfluß der Lichtes auf organische Substanzen (Selbstreinigung).- Archiv für Hygiene 48:179.

RATZEL, F. (1901): Der Lebensraum, eine biogeographische Studie.- Tübingen.

RATZEL, U. (1993)#: Straßenentwässerung - Fallenwirkung und Entschärfung unter besonderer Berücksichtigung der Amphibien.- Bezirksstelle für Naturschutz und Lnadschaftspflege Karslruhe:168 S.

RAUTENBERG (1900): Die Verwerthung der Städtischen Abfallstoffe nach dem Eduardsfelder Rohrableitungs-System in Verbindung mit dem Saugsielsystem Liernur oder dem Druckluftsystem.- Leinweber, Leipzig.

RECKERZÜGL TH. (1997)#: Vergleichende Materialintensitäts-Analyse zur Frage der zentralen oder dezentralen Abwasserbehandlung anhand verschiedener Anlagenkonzepte.- Diplomarbeit Universität Gesamthochschule Paderborn, Abt. Höxter.

RECKERZÜGL TH. (1998): Vergleichende Materialintensitäts-Analyse verschiedener Abwasserbehandlungsanlagen.- gwf Wasser-Abwasser, in Vorb.

REDECKE, H.C. (1934): Über den Rheinschnäpel Coregonus oxyrhynchus.- Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol. 6(2): 352-357.

REDEKE, H. C. (1927): Report on the pollution of rivers and its relation to fisheries.- Rapp. Cons. Explor. Mer 43:1-50.

REDGRAVE, GILBERT R. (1876): Systeme zur Aufsammlung der Excremente ohne Wasser.- Journal of Gaslight, 18. April.

REDGRAVE, GILBERT R. (1876): Ueber Canalisation und Erdclosets.- Sanitary Rec. 6: 282 (Public Health 6:205).

REDGRAVE, GILBERT R. (1876): Ueber Canalisation und Erdclosets.- Sanitary Record 4: 205.

REES, G. (1967): The Rhine.- London.

REES, W. J. & BUTCHER, R. W. (1954): Biology of pollution.- Journal Inst. Biol. 1:29-30. s.

REEVES, R. HARRIS (1885): Bad drains and how to test them.- Spon, London.

REGIERUNGSPRÄSIDIUM NORDWÜRTTEMBERG (bearb.: Buck, H.) (1959): Biologische Flußüberwachung. Ergebnisse 1953-1958. zahlr. Abb. u. Tab.,1 Kt.- 135 S., Stuttgart.

REHWALD, HORST (1981): Stadtentwässerung von München von den ersten Kanälen im Jahre 1811 bis um Gordon'schen Projekt.- in: Geschichtliche Entwicklung der Wasserwirtschaft und des Wasserbaus in Bayern: 247-260 (=Informationsbericht 4/81 des bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft).

REIBER, F. (1888)#: Catalogue des Poissons observés en Alsace, et surtout aux environs de Strasbourg.- Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Colmar 27e, 28e et 29 Années: 91-97.

REICHARDT, H. (1880): Grundlagen zur Beurteilung des Trinkwassers.- Berlin.

REICHELT, G. (1953)#: Über den Stand der Auelehmforschung in Deutschland.- Petermanns geographische Mitteilungen 97:245-261.

REICHELT, GÜNTHER & BUND FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DEUTSCHLAND (1986)#: Laßt den Rhein leben. Strom im Spannungsfeld zwischen Ökologie und Ökonomie.- Verlag W. Girardet, Düsseldorf: 110 S. (Cornelsen-Velhagen & Klasing, Girardet, Berlin, Düsseldorf)

REICHELT, GÜNTHER (1983)#: Ökologie exemplarisch: Der Rhein.- CVK-Biologie-Kolleg:96 S., Berlin.

REICHENBACH-KLINKE, H.H. & SCHERB, K. (1960): Jauche als Ursache von Fischsterben.- Allg. Fischerei-Zeitung 85.

REICHENBACH-KLINKE, H.H. (1959): Beiträge zur Fauna der Oker im Stadtgebiet von Braunschweig.- Abhandlungen d. Braunschw. wissensch. Ges. ll.

REICHENSPERGER, AUGUST (1932): Zoologische Inseln in der Rheinlandschaft, ihre Formen und die Bedeutung

ihres Schutzes.- Nachrichtenblatt Rheinische Heimatpflege, 3: 320-325.

REICHLE, C. (1913): Berichte der Kgl. Abwasserkommission, z.B. 8. Bericht.- Wasser Abwasser 7:401.

REICHLE, C., K. THUMM & ZAHN (1914): Gutachten der Königlichen Landesanstalt für Wasserhygiene über die allgemeinen Grundlagen und Massnahmen zur Reinhaltung der Wupper.- Mitteilungen aus der Königlichen Landesanstalt für Wasserhygiene 18:103-109.

REICHLE, C., K. THUMM, R. KOLKWITZ & STOOFF (1914): Gutachten der Königlichen Landesanstalt für Wasserhygiene über die Abwasserbeseitigung im Niersgebiet und die zur Reinhaltung der Niers erforderlichen Maßnahmen.- Mitteilungen aus der Königlichen Landesanstalt für Wasserhygiene 18:110-138.

REIF, H. (1986)#: Der Unternehmer, die Äbtissin,das Wasser und der Staat.- In: Journal für Geschichte 2.

REINHARD, EUGEN (1996): Der Lauf des Oberrheins - Gestalter eines historisch-ökologischen Problemraums.- Alemannisches Jahrbuch 1995/96: 227-256.

REINHOLD, FRIEDRICH (1936): Vorläufige Näherungswerte für Regenspenden in Deutschland.- Gesundheits-Ingenieur 14: 196-197.

REINICKE, DHR. (1985): Bibliographie zur Rheinischen Agrargeschichte der Jahre 500-1800.- Auenthal-Verl., Trier (Wissenschaftliche Arbeitshilfen zur Geschichte des Mittelalters und der Neuzeit 6: (1018 Titel).

REISINGER, E. (1934): Die Süßwassermeduse Craspedacusta sowerbii Lankester und ihr Vorkommen im Flußgebiet von Rhein und Maas.- Natur am Niederrhein 10 (2): 33-43.

RENK, FRIEDRICH (1882): Die Kanalgase und deren hygienische Bedeutung und technische Behandlung.- Rieger, München.

RENNER, H. (1950): Über die Möglichkeit der Verbreitung von Ascaris lumbricoides durch Abwasserverregnung und Düngung mit Abwasserschlamm.- Diss. Univ. Stuttgart-Hohenheim.

REPLOH, H. (1972): Hat die Behandlung fester oder flüssiger Abfallstoffe Vorrang?.- GWF, Wasser/Abwasser 113: 82ff.

RESSMEYER, HEINRICH (1900): Zur Frage der Abwässerreinigung. Inaugural-Diss.- Univ.-Buchdr., Marburg.

REULECKE, JÜRGEN (1985): Geschichte der Urbanisierung in Deutschland.- Suhrkamp, Frankfurt a.M.

REULECKE, JÜRGEN [HG.] (1991): Stadt und Gesellschaft.- Franz Steiner Verlag, Stuttgart: 336 S.

REUSS (1872): Ueber die versuchsweise Einführung des Liernur'schen Systems zur Entfernung der Fäcalstoffe.- Württembergisches Correspondenz-Blatt 17: 2, 3, 4, 5.

REUSS (1873): Das Liernur'sche System für Stuttgart empfohlen.- Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 5: 147.

REUSS, H (1896): Die bayerischen Wassergesetze.- Brügel, Ansbach.

REUTER, F.W. (1874): Die Entfernung der schädlichen Abfallstoffe aus der Stadt Braunschweig, namentlich die Einführung von Wasserclosets in die hier gebräuchlichen quadratischen Plattencanäle resp. in die Oker.- Vieweg & Sohn, Braunschweig.

REY, P, SCHRÖDER, P. & TOMKA, I. (1991b): Austausch - und Besiedlungsprozesse zwischen dem Rhein und seinen Zuflüssen.- Mitteilungen Badischer Landesverein für Naturkunde und Naturschutz NF 15, im Druck.

REY, P., SCHRÖDER, P. & TOMKA, I. (1991a): Ein einfacher Mikroprofilindex zur Abschätzung von Substratstruktur und Besiedlungsdichte in Fließgewässern.- Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Limnologie III:473-476.

REY, P., SCHRÖDER, P. & TOMKA, I. (1992): Regenerierung der Rheinfauna durch Ausgleichsbiotop oder Fließgewässerverbund ?.- Mitteilungen der Deutschen Limnologischen Gesellschaft,.

RHEINBERGER, H.-J. (1993): Biologiegeschichte und Epistemologie - Einige Überlegungen (Manuskript).- Biologisches Zentralblatt.

RHEINHARD, A. (1873): Zur Frage von der Canalisation der Stadt Stuttgart.- Wittwer, Stuttgart, 39 S.

RICE, C. H. (1938): Studies in the phytoplankton of the River Thames (1928-1932).- Ann. Bot. N. S. 2:539-81.

RICHTER (1910): Lehrbuch der analytischen Chemie.- Cohen, Bonn.

RICHTER, E (1894): Strassenhygiene d.i. Strassen-Pflasterung, -Reinigung und -Begrenzung, sowie Beseitigung der festen Abfälle.- Fischer, Jena.

RICHTER, K. (1959): Chemische Gütezahl für Vorfluter.- Vom Wasser 26: 56ff.

RIDEAL, S. (1915): .- Journal of the Royal Institute of Public Health, 1911, 19:145 , Wasser u. Abwasser 9:100.

RIDEAL, SAMUEL (1899): Canor Lectures on bacterial purification of sewage.- Trounce, London.

RIDEAL, SAMUEL (1900): Sewage and the bacterial purification of sewage.- Ingram, London.

RIDEAL, SAMUEL (1901): Sewage and the bacterial purification of sewage.- 2. ed., Sanitary Publ., London.

RIEDER, N. & ROHRER, P. (1982)#: Über die Möglichkeit der Wiederansiedlung des Bibers (Castor fiber L.) in Südwestdeutschland.- Carolinea, 40: 91-98, Karlsruhe.

RIEHL, W.H. (1935): Land und Leute am Rhein. (Eine Auswahl von Riehls Werken mit Einleitung von Günter Wohlers).- Rheinische Heimatblätter; Koblenz.

RIEHL, WILHELM HEINRICH (1857)#: Die Pfälzer. Ein rheinisches Volksbild.- Stuttgart/ Augsburg.

RIEMANN, ERNST (1903): Das Wasserrecht der Provinz Schlesien.- Korn, Breslau.

RIGGENBACH, E. (1928): Bodenfaunauntersuchungen in Staugebieten von Kraftwerken am Rhein und an der Aare.- Schweizerische Fischerei-Zeitung (bern) 26:193-249.

RIMPAU, W. (1935): Die Entstehung von Pettenkofers Bodentheorie und die Münchner Choleraepidemie 1854.- Berlin.

RIS, F. (1897): Neuropterologischer Sammelbericht 1894-96; B. Fragmente der Neuropterenfauna des Rheins.- Mitteilungen Schweizerischen Entomologischen Gesell. 9 (10): 423-431.

RITZEL (1900): Die Wasserversorgung und die Entwässerung der Stadt Neustadt in Oberschlesien.- Ernst, Berlin.

ROBINSON, HENRY & MELLINS., JOHN CHARLES (1877): Purification of water-carried sewage.- Smith, Elder & Co, London.

ROBINSON, HENRY (1896): Sewerage and sewage disposal.- Spon, London.

RODEL, M. (1941): Die Äschenfischerei im Schaffhausener Rhein.- Schweizer Fischerei-Zeitung 49.

RODENSTEIN, MARIANNE (1992): "Mehr Licht, mehr Luft" - wissenschaftliche Hygiene und Stadtentwicklung in Deutschland im 19. Jahrhundert.- Bericht zur Wissenschaftsgeschichte 15:151-162.

ROEMER, G.B. (1948): Über den Einfluß jahreszeitlich bedingter Faktoren auf die Beschaffenheit des uferfiltrierten Rheinwassers.- Gesundheits-Ingenieur 69: 44-51.

ROHRMANN, F. (1908): Die Fische des Neckars bei Heidelberg:.- Beilage z. Jber. d. Badischen Unterländer-Fischerei-Vereins.

RÖMER, W. & BINDERT (1955): Das Rieselfeld der Stadt Freiburg und seine Bedeutung für die Ernährung.- Wasser und Nahrung 2: 35-40.

RÖMER, W. (1953): Behandlung von Stadtabwasser aus Freiburg i.Br.- Wasser und Boden 9: 228-291.

ROMMELSBACHER, THOMAS (1987): Das natürliche Recht auf Wasserverschmutzung.- in: Franz-Josef Brüggemeier & Thomas Rommelsbacher [Hrsg.]: Besiegte Natur - Geschichte der Umwelt im 19. und 20. Jahrhundert, München: 42-63.

RÖSCH, JOSEPH (1847): Beschreibung der Brunnen-Leitung zu Freiburg im Breisgau.- O.O. (Freiburg) o.J.

ROSCHER, V. (1993): Die Einführung der Kanalisation in Hamburg und der Neubau der Stadt 1842/43.- Die Alte Stadt 3: 229-241.

ROSENBOHM, A. (1926): Beiträge zur Libellenfauna des Oberrheins und des Bodensees. 3. Teil.- Mitteilungen Badischen Landesver. Naturkunde und Naturschutz N.F. 2 (5/6): 72-74.

ROSENBOHM, A. (1929): Beiträge zur Libellenfauna des Oberrheins und des Bodensees. 4. Teil.- Beiträge naturwiss. Erforschung Badens 2/3: 42-43.

ROSENGARTEN, J. (1954): Der Aufstieg der Fische im Moselfischpaß Koblenz im Frühjahr 1952 und 1953.- Zeitschrift für Fischerei 3: 489-552 (N.F.).

ROTH, E. (1903): Die Wechselbeziehungen zwischen Stadt und Land in gesundheitlicher Beziehung und die Sanierung des Landes.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 35: 95-160.

ROTH, JÜRGEN & RAGNAR KINZELBACH (1986)#: Der Status der Fischfauna des Nördlichen Oberrheins im Jahre 1985.- Untersuchungsber., Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz, Mainz: 17 S.

ROTH, JÜRGEN (1987)#: Untersuchung über die Fischfauna des Nördlichen Oberrheins und des Mittelrheins im Jahre 1986.- Unveröff. Gutachten, Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten in Rheinland-Pfalz, Mainz:133 S.

ROTH, JÜRGEN (1988)#: Die Fischbesiedlung des Nördlichen Oberrheins und des Mittelrheins im Jahre 1986.- Diplom-Arbeit, Technische Hochschule Darmstadt, 147 S., Darmstadt.

ROTHENBACHER, FRANZ (1982): Zur Entwicklung der Gesundheitsverhältnisse in Deutschland seit der Industrialisierung.- in: Erich Wiegand & Wolfgang Zapf [Hrsg.]: Wandel der Lebensbedingungen in Deutschland. Wohlfahrtsentwicklung seit der Industrialisierung, Frankfurt, New York: 335-424.

ROUSSEAU, E. (1921): Larves et nymphes aquatiques des insectes d'Europe (morphologie, biologie, systematique).- Vol. 1. Lebeque, Paris.

ROUX, A.L., BRAVARD, J.P., AMOROS, C. & PAUTOU, G. (1989): Ecological Changes of the French Upper Rhone River Since 1750.- In: Petts, G.E.: Historical Change of Large Alluvial Rivers: Western Europe . 323-350, (John Wiley & Sons Ltd.).

ROY, PALMER (1977): Auch das WC hat seine Geschichte.- München.

RUBNER, MAX & ADOLF.L. SCHMIDTMANN (1901): Gutachten der Königlich Wissenschaftlichen Deputation für das Medicinalwesen über die Einwirkung der Kaliindustrie-Abwässer auf die Flüsse.- In: SCHMIDTMANN (Hrsg.): Gutachten betreffend Flussreinhaltung und Verfahren für Abwässer-Reinigung. Vierteljahresschrift für gerichtliche Medizin und öffentliches Sanitätswesen (Berlin), 3. Folge, 11. Suppl.: 1-24.

RUBNER, MAX & ADOLF.L. SCHMIDTMANN (1903)#: Gutachten des Reichsgesundheitsrates über die Einleitung der Mannheimer Kanalwässer in den Rhein.- Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte (Berlin) 20: 338- 386.

RÜCKERT (1897): Die Aborteinrichtungen, besonders die Anlage des Wasserklosetts vom gesundheitlichen Standpunkte.- Biologisches Centralblatt 16: 231-248.

RUDLOFF, HANS V. (1991): Unser Rinnsal - unser Strom - unsere Dreisam; Von Hochwassern der Dreisam im 19. Jh.- In: FA 42: 91-98.

RUDY, H. (1927): Korrektion, Regulierung, Stauanlagen und Abwasserfrage am Oberrhein von Basel bis Straßburg. Ein Überblick.- Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol. 3, Teil 2: 372-386.

RUDY, H. (1938): Fischereiliche und allgemeine zoologische Nutzung oberrheinischer Gewässer.- Mitteilungen Badischen Landesver. Naturkunde und Naturschutz, N.F. 3 (27/28): 397-445.

RÜGEMER, WERNER (1995)#: Staatsgeheimnis Abwasser.- Zebulon Verlag, Düsseldorf: 249 S.

RUHRVERBAND ESSEN. (1955): Maßnahmen des Ruhrverbandes und Ruhrtalsperrenvereins zur Erhaltung der Ruhr als Fischereigewässer.- Allg. Fischerei-Zeitung 80(1955) 323ff.

RUISS, JOSEF (1902): Kanalisationswesen und Abwasserreinigung auf der Pariser Weltasustellung 1900.- Zeitschrift des Oestereichischen Ingenieur- und Architektenvereins, Selbstverlag.

RÜSCHE, E. (1935): Der Keulenpolyp Cordylophora caspia, ein neuer Einwanderer in die niederrheinischen Gewässer.- Natur am Niederrhein 11 (1): 11-20.

RÜSCHE, E. (1938): Atyaephyra desmaresti (MILLET) im Hafen von Duisburg-Ruhrort.- Zoologischer Anzeiger 122: 166-171.

RÜSCHE, E. (1938): Die Süßwassergarnele Atyaephyra desmaresti (Millet),wandert in die deutschen Gewässer ein.- Natur am Niederrhein 14,(2): 24-35.

RÜSCHE, E. (1938): Hydrobiologische Untersuchungen an niederrheinischen Gewässern. 10. Nahrungsaufnahme und Nahrungsauswertung bei Plumatella fungosa (Pallas).- Archiv Hydrobiol. 33: 271-293.

RYKATSCHEW, M. (1897): Der Zusammenhang zwischen Wasserstandschwankungen und Niederschlag im Gebiete der Oberen Wolga.- Köhler, Dresden.

SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (SRU) (1976)#: Umweltprobleme des Rheins.- Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart/Mainz: 258 S.

SALOMON, H. (1901): Ueber bakteriologische, chemische und physikalische Rheinwasser-Untersuchungen.- Vierteljahrsschrift für gerichtl. Med. u. öff. Sanitätswesen, Suppl. 11:25-60 ((Berlin), 3. Folge, 11.

SALOMON, H. (1906,1911)#: Die städtische Abwasserbeseitigung in Deutschland.- 2 Bde. & Erg.-Bd., Jena.

SALVIATI, C., O. ROEDER & E. EICHHORN, (1865)#: Die Abfuhr und Verwertung von Dungstoffen.- Wiegand & Hempel, Berlin, 114 S. + 4 Taf.

SANDER, FR. (1873): Bemerkungen zu dem Aufsatz Dr. Otto Ewich's: Schwemmkanäle oder Liernur ?.- Niederrheinische Correspondenz-Blatt für öffentliche Gesundheitspflege 2:121.

SANDERS (1781)#: Beyträge zur Naturgeschichte der Fische im Rhein. Erstes Stück.- Naturforscher 15: 163-183.

SANITAS, AKTIENGESELLSCHAFT IN HAMBURG-REIHERSTIEG BEI HAMBURG (): Spezialkatalog über Torfmullklosetts (System Fischer).- ?.

SAUER, E. (1956)#: Die natürliche Holzartenzusammensetzung einiger Waldgesellschaften im Flachland der Niederrheinischen Bucht östlich Köln.- Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 69: 109-120 (1956-57).

SAUER,E. ,LAIS,R. & QUIRLL,F. (1958): Kommentar zum Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts vom 27. 7. 1957.- Stollhamm: Agricola Verl.

SCHAAL, HANS & FRITZ BÜRKLE (1993)#: Vom Wasser- und Kulturbau zur Wasserwirtschaftsverwaltung in Baden-Württemberg.- Umweltministerium Baden-Württemberg: 347 S.

SCHADER, H. (1983)#: Die Bedeutung der Rheinauen zwischen Worms und Oppenheim Für die Amphibien Rheinhessens.- Berichte an die Arbeitskreise der GNOR, H.4/5: 165-191, Gesellschaft für Naturschutz und Ornithologie Rheinland-Pfalz.

SCHADEWALDT, H. (1971): Geschichtliche Einführung: Hygiene und Umweltschutz.- Zentralblatt für Bakt. Hyg. 1. Abt Org. B. 155(1971) 203ff.

SCHADEWALDT, H. (1975): Die Entdeckung des Cholera-Erregers.- DMW 100: 2119-2122.

SCHAEFER, GUSTAV (1935): Basels Unterwelt.- National Zeitung 557u.569.

SCHÄFER (1985)#: Die unvertraute Moderne - Historische Umrisse einer anderen Natur- und Sozialgeschichte.- Frankfurt a.M.

SCHÄFER, W. (1964)#: Hochrhein. Landschafts- und Siedlungsveränderung im Zeitalter der Industrialisierung.- In: Forschungen zur deutschen Landeskunde; (Hrsg.) Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung, Selbstverlag, Bad Godesberg.

SCHÄFER, W. (1971)#: Keine Hoffnung für den Rhein?.- in: Umwelt 2000- kl. Sendcenbergreihe Nr. 3(1971) 65ff.

SCHÄFER, W. (1971)#: Keine Hoffnung für den Rhein?.- Jahrbuch des Nassauischen Vereins für Naturkunde, Bd.101: 47-52, Wiesbaden.

SCHÄFER, W. (1973)#: Altrhein-Verbund am nördlichen Oberrhein.- Cour. Forsch. -Inst. Senckenberg 7: 63 S.

SCHÄFER, W. (1973)#: Nördlicher Oberrhein ökologisch und ökotechnisch.- Cour. Forsch. -Inst. Senckenberg 2: 34 S.

SCHÄFER, W. (1973a)#: Der Oberrhein, sterbende Landschaft? Der Oberrhein, Seine Sedimentationsräume.- Natur und Museum, 103, H. 1: 1-29, Frankfurt/Main.

SCHÄFER, W. (1973b)#: Der Oberrhein, sterbende Landschaft? Wasserhaushalt und Lebensräume in den Auegebieten.- Natur und Museum, 103, H.3: 73-81, Frankfurt/Main.

SCHÄFER, W. (1973c)#: Der Oberrhein, sterbende Landschaft? Wasserhaushalt und Lebensräume in den Auegebieten.- Natur und Museum, 103, H.4: 110-123, Frankfurt Main.

SCHÄFER, W. (1973d)#: Der Oberrhein, sterbende Landschaft? Wasserhaushalt und Lebensräume in den Auegebieten.- Natur und Museum, 103, H.5: 137-153, Frankfurt/Main.

SCHÄFER, W. (1973e)#: Der Oberrhein, sterbende Landschaft? Wasserhaushalt und Lebensräume in den Auegebieten.- Natur und Museum, 103, H.6: 177-192, Frankfurt/Main.

SCHÄFER, W. (1973f)#: Der Oberrhein, sterbende Landschaft? Wasserhaushalt und Lebensräume in den Auegebieten.- Natur und Museum, 103, H.9: 312-319, Frankfurt/Main.

SCHÄFER, W. (1974)#: Kranker Oberrhein. Maßnahmen zu seiner Gesundung.- Umschau 74:37-41.

SCHÄFER, W. (1974a)#: Der Oberrhein, sterbende Landschaft? Schrifttum.- Natur und Museum, Bd.104, H.B: 248-252, Frankfurt/Main.

SCHÄFER, W. (1974b)#: Der Oberrhein, sterbende Landschaft? Der Oberrhein technisch gestaltet und wirtschaftlich genutzt.- Natur und Museum, 104, H.10: 297-305.

SCHÄFER, W. (1974c)#: Der Oberrhein, sterbende Landschaft? Der Oberrhein technisch gestaltet und wirtschaftlich genutzt.- Natur und Museum, 104, H.11: 331-343, Frankfurt/Main.

SCHÄFER, W. (1974d)#: Der Oberrhein, sterbende Landschaft? Der Oberrhein technisch gestaltet und wirtschaftlich genutzt.- Natur und Museum, 104, H.12: 358-363, Frankfurt/Main.

SCHÄFER, W. (1975)#: Der Oberrhein als ökologisches Gefüge und seine ökotechnische Behandlung.- Jahrbuch f. Naturschutz u. Landschaftspflege 24: Naturschutz und Gewässerausbau: 79-85.

SCHÄFER, W. (1975b)#: Der Oberrhein, sterbende Landschaft? Der Oberrhein technisch gestaltet und wirtschaftlich genutzt.- Natur und Museum, 105/1975, H.3: 72-84.

SCHÄFER, W. (1975c)#: Der Oberrhein als ökologisches Gefüge und seine ökotechnische Behandlung.- Pfälzer Heimat, 27,1: 11-15, Speyer/ Rhein.

SCHÄFER, W. (1976)#: Der Rhein und seine wetlands, gestern, heute, morgen.- Naturopa, Nr.24: 25-26, Europäisches Informationszentrum für Naturschutz beim Europarat, Strasbourg.

SCHÄFER, W. (1978a)#: Der Oberrhein, ökotechnisch gesehen.- Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 31: 87 S., Frankfurt/Main.

SCHÄFER, W. (1978b)#: Ökologische Modelluntersuchungen 'Schusterwörther Altrhein'.- Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 35: 181 S., Frankfurt/M.

SCHÄFER, W. (1978c)#: Das Projekt 'Modell Schusterwörth' im Stadium ante.- In: Schäfer, W. (Hrsg.) Ökologische Modelluntersuchungen 'Schusterwörther Altrhein'. Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 35: 3-16, Frankfurt/Main.

SCHÄFER, W. (1980)#: Die "Wurten" in den Oberrheinauen.- Natur und Museum110 (Heft 4) S.93-100.Frankfurt a.M.

SCHÄFER, W. (1981)#: Der Oberrhein als natürliches System.- Schr. Reihe d. Dt. Rates f. Landespflege 37: Umweltprobleme im Rhein-Neckar-Raum: 609-612.

SCHÄFER, W. (1981)#: Zur Ökologie des Oberrheins.- in: Olschowy, G. (Hrg): Ökologische Grundlagen des Natur und Umweltschutzes Bd. 1: 176-182.

SCHAIBLE (1855): Geschichte des badischen Hanauerlandes nebst einer medizinisch-statistischen Topographie des großherzoglich-badischen Amtsbezirks Kork.- Karslruhe:240 S.

SCHÄPERCLAUS, W. (1950): Auswirkung der Insektenbekämpfung mit DDT und Benzolhexachlorid auf Fischgewässer.- Abhandlungen Fischerei u. Hilfswiss. 3(1950).

SCHAUT, G. C. (1939): Fish Catastrophes During Droughts.- Journal Amer. Water Works Assn. 31(1939) 771ff.

SCHEELE, M. & NATALIS, G. (1981): Biologie Dokumentation. Bibliographie der deutschen biologischen Zeitschriftenliteratur 1796,- 1965, München.- .

SCHEIFELE, M (1968)#: Aufforstungsfragen im Oberrheingebiet.- In: Deutscher Rat für Landespflege: Landespflege am Oberrhein. Berichte über den Ausbau des Oberrheines zwischen Basel und Karlsruhe und seine Landespflegerischen Auswirkungen. Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege, H.10: 44-46.

SCHENCK, FR VON (1894): Der Wassergesetzentwurf: Gutachten erstattet im Auftr.u.auf Grund der Beschlüsse d.Wasserrechts-..- Stein, Arnsberg.

SCHENK, H. (1893a)#: Ueber die Bedeutung der Rheinvegetation für die Selbstreinigung des Rheines.- Cen-

tralblatt für allgemeine Gesundheitspflege 12: 365-386.

SCHENK, H. (1893b)#: Ueber die Bedeutung der Rheinvegetation für die Selbstreinigung des Rheines. (Schluss).- Centralblatt für allgemeine Gesundheitspflege 12: 443-455.

SCHENK, R. (1994)#: Verteilung und Dynamik von Schwermetallen in Sedimenten der Wupper.- Inaugural Dissertation Universität Düsseldorf.

SCHENKENHOFER, JULIUS (1877): Die Bestimmung der Flüsse in ihrem sich ewig erneuerndem Laufe..oder Schwemmsystem contra Wechselfäss.- Reichel, Augsburg.

SCHERPF (1867): Die Kanalisierung der Stadt Würzburg.- Würtburg.

SCHERTENLEIB, R. (1991)#: Flüsse als Objekte vielfältiger Nutzung in Entwicklungsländern.- Mitteilungen d. EAWAG 32: 40-45.

SCHEUERMANN, KARL (1924): Kostendeckung für hygienische Stadtbetriebe, Straßenreinigung, Hausmüllabfuhr und Kanalableitung.- Gesundheits-Ingenieur 47: 381-386.

SCHEURING, L. & HEUSCHMANN,O. (1935): Ein Forellenbrutsterben unter eigen artigen Begleiterscheinungen.- Zeìtschrift für Fischerei 33.

SCHEURING, L. & LIEBMANN, H. (1938): Die Bleiloch-Sperre, Deutschlands größte Talsperre,ihre wasserwirtschaftlichen,chemischen und biologischen Besonderheiten.- Natur und Volk 68(1938).

SCHEURING, L. & STETTER, H. (1950): Versuche über die Wirkung von Chlor auf Fische und andere Wassertiere.- Vom Wasser 18: 101ff.

SCHEURING, L. (1926): Massensterben von männlichen Fischen.- Allg. Fischerei-Zeitung 51(1926).

SCHEURING, L. (1930): Die Wanderung der Fische.- Ergebnisse der Biologie 5(1929) u. 6 (1930).

SCHEURING, L. (1935): Über die Giftwirkung von Derrispräparaten auf Fische.- Allg. Fischerei-Zeitung 60(1935).

SCHEURING, L. (1939a): Die Reinigung und Verwertung der Abwässer der Stadt München.- Allg. Fischerei-Zeitung 64(1939).

SCHEURING, L. (1939b): Kann man die deutsche Perlerzeugung heben und welche Gefahren drohen unseren Muschelbeständen ?.- Natur und Volk 69(1939).

SCHEURING, L. (1955): Ein Beitrag zur Biologie und dem Stoffwechsel von Sphaerotilus natans.- Archiv für Hydrobiologie, Suppl.12: 498-503.

SCHEURING, L. (1956): Sphaerotilus natans, seine Ökologie und Physiologie.- Schriftenreihe d. Ver. Zellstoff u. Papier. Chem. u. Ing. 26. Darmstadt.

SCHIELE, A. (1909)#: Abwasserbeseitigung von Gewerben und gewerblichen Städten unter hautsächlicher Berücksichtigung Englands.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 11:932 S.

SCHIELE, A. (1914): Englische Gartenstädte, ihre Abwasserbeseitigung und Wasserversorgung.- Mitteilungen der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserreinigung 19:1-31.

SCHIELE, E. (1910): Abwässerbeseitigung von Gewerben und gewerblichen Städten unter hauptsächlicher Berücksichtigung Englands.- Gesundheit 5-7 (Referat v. J. Tillmanns).

SCHIEMENZ, F. (1902): Die Stärkefabrikation in Beutschen und das Fischsterben in der Obra im Winter 1900/1901.- Zeìtschrift für Fischerei 10,H. 3(1902).

SCHIEMENZ, F. (1902a): Industrie und Fischerei.- Fischerei Zeitung - Neudamm H. 8, 9,10(1902).

SCHIEMENZ, F. (1902b): Weitere Studien über die Abwässer der Zuckerfabriken und über den Wert der biologischen Untersuchungsmethode. 4 Abb.- Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften 10,1:147-185, Berlin.

SCHIEMENZ, F. (1906a): Beurteilung der Reinheitsverhältnisse der Obertlächenwasser nach makroskopischen Tieren und Pflanzen.- Journal f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg. 49: 706-709, München.

SCHIEMENZ, F. (1906b): Die biologische Wasseranalyse und ihre Bedeutung für die Beurteilung von Wasserverunreinigungen und für die praktische Fischerei.- Nachr. a. d. Klub d. Landwirte, Berlin (1906) 494ff.

SCHIEMENZ, F. (1954): Die Bedeutung natürlicher Verhältnisse bei der Selbstreinigung fließender Gewässer.- Desinf. u. Gesundheitsw. 46(1954) 8ff.

SCHIEMENZ, P. & CRONHEIM, W. (1901): Die Schädigung der Fischerei in der Obra durch die Stärkefabrik in Bentschen.- Zeitschrift für Fischerei 1.

SCHIEMENZ, P. (1903): Das Aussticken der Fische im Winter durch die Abwässer der Zucker- und Stärkefabriken.- Zeitschrift für Fischerei 11.

SCHILLER, W. (1990)#: Die Entwicklung der Makrozoobenthonbesiedlung des Rheins in Nordrhein-Westfalen im Zeitraum 1969-1987.- in Kinzelbach R. and Friedrich G. (eds). Biologie des Rheins. Gustav Fischer, Stuttg.: 259-275.

SCHIRMER, W. (1983): Holozäne Talentwicklung - Methoden und Ergebnisse.- Geologisches Jahrbuch A71, Hannover.

SCHIRMER, W. (1990): Flußablagerungen und Schwermetalle am Obermain.- Fränkische Heimat am Obermain 27.

SCHIRMER, W. (1991): Bodensequenzen der Auenterrassen des Maintals.- Bayreuther Bodenkundliche Berichte - Aardkundelige Medelingen 6:115-120, Leuven.

SCHIRMER, W. (1993): Der menschliche Eingriff in den Talhaushalt.- Kölner Jahrbuch 26:553-576.

SCHIRMER, W. [HRSG.] (1990): Rheingeschichte zwischen Mosel und Maas.- deuqua-Führer 1 (Deutsche Quartärvereinigung, Stilleweg 2, 3000 Hannover 51).

SCHIRMER,M. (1952): Neue Wege in der landwirtschaftlichen Wasserwirtschaft.- Wasser und Boden 4: 18ff.

SCHIRRMEISTER, SIEGFRIED (1937)#: Das Rieselfeld der Stadt Freiburg i.Br.- Diss. med., A.L.-Universität, Freiburg.

SCHLEGEL (1953): Die Gesamtverschmutzung des Bodensees durch Abwasser.- in: Südwestdeutscher Wasserwirtschaftsverband (Hrsg.): Der Bodensee. Eine Denkschrift. Freiburg/Karlsruhe: 53-59.

SCHLEH, EUGEN (o.J.): Fäcal-Reservoir mit Absorptions-Vorrichtung und fester Entleerungsleitung.- .

SCHLICK, WILLY (o.J.): Die festsitzenden Organismen als Mittel zur Kennzeichnung der Vorgänge in einer Kläranlage.- Diss., , Leipzig.

SCHMASSMANN, H., BENSING, W., EBELING, G., MÜLLER, R. & WUHRMANN, K. (1957a): Die Verunreinigung des Rheins vom Bodensee bis Karlsruhe.- Wasser- und Energiewirtschaft 49 (5): 115-126.

SCHMASSMANN, H., BENSING, W., EBELING, G., MÜLLER, R. & WUHRMANN, K. (1957b): Die Verunreinigung des Rheins vom Bodensee bis Karlsruhe.- Wasser- und Energiewirtschaft 49 (10): 247-267.

SCHMELZ, RÜDIGER (1991)#: Von Würmern im Rhein. Diplomarbeit, Uni Freiburg.

SCHMID-BEY, W. (1925a): Die Vögel der Rheinebene zwischen Karlsruhe und Basel.- Ornithologische Monatsschrift des Deutschen Vereins zum Schutze der Vogelwelt, 50, Nr.6: 108-116.

SCHMID-BEY, W. (1925b): Die Vögel der Rheinebene zwischen Karlsruhe und Basel.- Ornithologische Monatsschrift des Deutschen Vereins zum Schutze der Vogelwelt, 50, Nr.7: 117-129.

SCHMID-BEY, W. (1925c): Die Vögel der Rheinebene zwischen Karlsruhe und Basel.- Ornithologische Monatsschrift des Deutschen Vereins zum Schutze der Vogelwelt, 50, Nr. B: 133-144.

SCHMID-BEY, W. (1925d): Die Vögel der Rheinebene zwischen Karlsruhe und Basel.- Ornithologische Monatsschrift des Deutschen Vereins zum Schutze der Vogelwelt, 50, Nr.9: 150-158.

SCHMIDER, F. & J.C.G. OTTOW (1986): Bakterienflora und Makrophytenvegetation als Indikatoren unterschiedlich belasteter Stillgewässer in der Rheinebene.- Verhandlungen Gesellschaft für Ökolog. (Hohenheim 1984) 14:463-469.

SCHMIDLE, W. (1893)#: Algen aus dem Gebiete des Oberrheins.- Berichte der Dt. Botanischen Gesell. 11: 544-555.

SCHMIDT, C. & Schröder, E. (1992)#: Corbicula fluminalis (O.F. Muller 1774) in the River Rhine. (G.).- Lauterbornia 9:7305.

SCHMIDT, E. (1925): Beitrag zur Kenntnis der Verbreitung der Libellen in den Rheinlanden.- Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande u. Westfalens 82: 207-217.

SCHMIDT, E. (1983): Odonaten als Bioindikatoren für mitteleuropäische Feuchtgebiete.- Verhandlungen Deutschen Zoologischen Gesellschaft: 131-136.

SCHMIDT, H (1903): Der heutige Stand der Abwasserklärungsfrage und die Reinerhaltung unserer Vorfluter.- Leineweber, Leipzig.

SCHMIDT, H. (1900): Die Stromregulierung und die Schädigung der Fischerei durch dieselbe.- Fischerei Zeitung v. W. Dröscher,2. Bd. Nr. 28(1900).

SCHMIDT, H. (1924): Hydrobiologische Untersuchungen an niederrheinischen Gewässern. I.- Archiv für Hydrobiologie 15: 465-466.

SCHMIDT, H.W. (1964): Fischsterben - seine Ursachen und Folgen.- Das Wassertriebwerk (1964) 60ff.

SCHMIDT, K. (1970): Biologische Gesichtspunkte bei der Trinkwassergewinnung aus Flüssen.- Frankfurt: Verl. ZfGW.

SCHMIDT, K.W. (1930): Über die Wirkung von Abwässern aus Bleizinkbergwerken auf höhere und niedere Organismen usw.- Zeìtschrift für Fischerei 28: 105ff.

SCHMIDT, W. [HRSG. FÜR DIE KÖRBER STIFTUNG] (1986): Von 'Abwasser' bis `Wandern' - Ein Wegweiser zur Umweltgeschichte.- Körber Stiftung, Hamburg: 224 S.

SCHMIDTMANN & CARL GÜNTHER (1902): Vorwort (zu den Mitteilungen aus dem Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung).- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 1:1-32.

SCHMIDTMANN & PROSKAUER (1897): Der Stand der Städtereinigungsfrage.- Hirschwald, Berlin.

SCHMIDTMANN (1901): Gutachten betreffend Flussreinhaltung und Verfahren für Abwässer-Reinigung.- Vierteljahrsschrift für gerichtl. Med. u. öff. Sanitätswesen 11 (Berlin), 3. Folge, 11. Suppl. I-XLII.

SCHMIDTMANN, A. & K. THUMM (1911): .- in: Rubner's Handbuch der Hygiene II Bd. 2 Abtlg. Wasser und Abwasser: 162 u. 205.

SCHMIDTMANN, A.L. (1898): Gutachten betreffend Städtekanalisation und neue Verfahren für Abwässerreinigung.- Hirschwald, Berlin.

SCHMITT-BIEGEL, B. (1989)#: Abhängigkeit der biologischen Selbstreinigungskraft im Rhein und rheinbeeinflußten Grundwasser von der Wasserführung.- Abschlußbericht, DVGW-Forschungsvorhaben, Stadtwerke Mainz AG, Abteilung Wasserversorgung. Mainz: 80 S.

SCHMITZ, P. F. KREBS & U. IRMER (1994): Development, testing and implementation of automated biotests for the monitoring of the River Rhine, demonstrated by bacteria and algae tests.- Wat.Sci. Tech. 29: 215-221.

SCHNAPAUFF, JOHANN (1976): Frühe Wasserversorgung besonders in Deutschland.- Diss. phil., Bochum.

SCHNEIDER (o.J.): Entwicklung der industriellen Verarbeitung der Abfuhrstoffe.- .

SCHNEIDER, A. (1980): Abwasserreinigung mittels Pflanzen. Problematik der Kanalisation.- Gesundes Wohnen 3, Institut für Baubiologie, Rosenheim.

SCHNEIDER, C H (1886): Zur Lösung der Fäkalfrage größerer Städte.- .

SCHNEIDER, C H (o.J.): Die Verunreinigung der Flüsse durch Abfallwässer grösserer Städte und ihre Verhütung.- .

SCHNEIDER, C H. (o.J.): Zur Entwicklung der industriellen Verarbeitung der Abfuhrstoffe.- .

SCHNEIDER, W. (1972): Entwicklung der Fischerei in unseren Gewässern.- Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen 24: 57-67.

SCHNELL, P. (1971)#: Die Wirbeltiere der Dormagener Rheinaue, Oberkasseler Rheinaue und linksrheinischer Niederterrassenebene zwischen Wörringen und Neuß.- Decheniana, Bd.123, H.1/2: 147-163, Bonn.

SCHNETTER, M. (1952): Die Vogelwelt des Freiburger Rieselgutes.- Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz 6: 290-309.

SCHOENICHEN, W. B. (1925): Eyferths Einfachste Lebensformen des Tier- und Ptlanzenreiches Band 1. 426 Abb., Namenverz.- 519 S., (H. Bermühler) Berlin.

SCHOENICHEN, W. B. (1927): Eyferths Einfachste Lebensformen des Tier- und Ptlanzenreicbes Band 2. 688 Abb.,18 Taf., Namenverz.- 522 S., (H. Bermühler) Berlin.

SCHÖLL FRANZ & CHRISTINE BECKER (1992)#: Beitrag zur Köcherfliegenfauna des Rheins.- Lauterbornia 9:1-12.

SCHÖLL, F. & SCHLEUTER, M. (1989)#: Zum Vorkommen von Leuctra geniculata (STEPHENS 1835) (Plecoptera) in Rhein und Main.- Lauterbornia 2: 33-34.

SCHÖLL, F. & TITTIZER, T. (1988)#: Wiederauftreten größerer Populationen von Theodoxus fluviatilis (LINNE 1758) am Mittelrhein.- Mitteilungen dt. Malakozoologischen Gesell. 43: 35-36.

SCHÖLL, F. (1985)#: Limnologische Untersuchung der Gewässerssysteme Hanfbach und Quirrenbach in südlichen Rhein-Sieg-Kreis.- Decheniana (Bonn) 138:169-81.

SCHÖLL, FRANZ, CHRISTINE BECKER & THOMAS TITTIZER (1995): Das Makrozoobenthos des schiffbaren Rheins von Basel bis Emmerich 1986-1995.- Lauterbornia 21: 115-137.

SCHON, K. (1959): Die Verschmutzung von Saar und Mosel durch die Montanindustrie.- Arbeiten des Deutschen Fischereiverbandes H. 11(1959) 15ff.

SCHÖNFISCH, G. (1990)#: Schwermetallgehalte in Flußsedimenten des Mains und Obermains.- Inaugural Dissertation Universität Düsseldorf.

SCHORLER, B. (1893)#: Die Bedeutung der Vegetation für die Selbstreinigung der Flüsse.- Ges. Isis i. Dresden 5.

SCHORLER, B. (1895)#: Die Bedeutung der Vegetation für die Selbstreinigung der Flüsse.- Ges. Isis i. Dresden 7.

SCHORLER, R. (1907): Mitteilung über das Plankton der Elbe bei Dresden in Sommer 1904.- Archiv für Hydrobiologie 2:355-7.

SCHRADER, L. (1959): Die Verunreinigung des Rheins in NordrheinWestfalen. Eine Denkschrift aus dem Lande Nordrhein-Westfalen.- Wasser/Abwasser 100 (44): 1146-l147 (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

SCHRÄDER, T. (1932): Über die Möglichkeit einer quantitativen Untersuchung der Boden- und Ufertierwelt fliessender Gewässer - Zugleich: Fischereibiologische Untersuchungen im Wesergebiet. I.- Zeitschrift für Fischerei 105-25.

SCHRÄDER, TH. (1964): Fische als Indikatoren der Wasserbeschaffenheit.- Wissenschaftliche Zeitschrift Karl-Marx-Univ. Leipzig 13 (1): 37-43.

SCHRAMM, ENGLEBERT (1984)#: Soda-Industrie umd Umwelt im 19. Jahrhundert.- Technikgeschichte 51(3):190-214.

SCHRAMM, ENGLEBERT (1997)#: Im Namen des Kreislaufs, Ideengeschichte der Modelle vom ökologischen Kreislauf.- Verlag für Interkulturelle Kommunikation, Frankfurt:338 S.

SCHREIB, H. (o.J.): Wasserpilze und Kalkreinigung.- Kraye, Berlin.

SCHREIBER, K. (1908): Die chemische Untersuchung von Trinkwasser an der Entnahmestelle.- Zeitschrift für med. Beamte, Fischers med. Buchhandlung, Kornfeld, Berlin.

SCHREIER, K. (1941)#: Stand und Zukunft der Abwassereinigung in Deutschland.- Die Städtereinigung 33: 111ff.

SCHRÖDER & LORENT (1872): Bericht über die von Capitän Liernur in Amsterdam ausgeführten Einrichtungen zur Entfernung der Fäcalstoffe.- Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 4:486.

SCHRÖDER, C. (1896): Die Schwebflora unserer Seen.- Zürich.

SCHRÖDER, P., P. REY & J. ORTLEPP (1989a)#: Der Rhein und sein Einzugsgebiet zwischen Bodensee und Taubergießen: II. Verbreitungsmuster filtrierender Insektenlarven.- Deutsche Gesellschaft für Limnologie e.V., Mitteilungen 1/1989.

SCHRÖDER, P., REY, P. & ORTLEPP, J. (1988)#: Erfassung des biologischen, chemischen und physikalischen Zustandes ausgewählter Zuflüsse des Rheins in der Region Basel.- Gutachten: 1. Zwischenbericht über den Zeitraum 1.9.1987-31.8.1988, 130 S., Konstanz.

SCHRÖDER, P., REY, P. & ORTLEPP, J. (1989b)#: Verbreitungsmuster und Ökologie der Simuliidae im Rhein und seinem Einzugsgebiet zwischen Bodensee und Taubergießen.- Tagungsbericht 5. Deutschsprachiges Simuliiden-Symposium, Hamburg:34-38.

SCHRÖDER, P., REY, P. & ORTLEPP, J. (1989c)#: Der Rhein und sein Einzugsgebiet zwischen Bodensee und Taubergießen II: Verbreitungsmuster filtrierender Insektenlarven.- Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Limnologie I:188-195.

SCHRÖDER, P., REY, P., ORTLEPP, J. & TOMKA, I. (1991): Dominanzverhältnisse funktioneller Makroinvertebratengruppen im staugeregelten Rhein.- Mitteilungen der deutschen Gesellschaft für Limnologie III:163-167.

SCHROEDER, H. (1939): Die Algenflora der Mulde. Ein Beitrag zur Biologie saprober Flüsse. 6 Abb.,1 Taf., 4 Tab., 63 Lit., Namenverz.- Pflanzenforschung 21:1-88, Jena.

SCHROEDER, K. (1938): Hydrobiologische Untersuchungen niederrheinischer Gewässer.- Archiv für Hydrobiologie 33: 294ff.

SCHROETER, J. (1947): Zur Entdeckung der chemischen Zusammensetzung des Wassers. Das Wasser.- ZIBA - Ztschr. Basel 9(1947) 3927ff.

SCHUA, L.F. (1958): Das Gütebild des Mains und seine Bedeutung für die Fischerei.- in: Festschr. d. Fischereiverb. Unterfranken Würzburg (1958,137ff.

SCHUA, L.F. (1960): Buhnenteiche in Unterfranken - sind bei Einrichtung von Buhnenteichen Vorteile für die Selbstreinigungskraft des Mains zu erwarten?.- Mitteilungen Ver. Dtsch. Gewässersch. Nr. 5/6(1960) 10ff.

SCHUA, L.F. (1965): Gewässerschutz als dringende Aufgabe der Natur- u. Landschaftsschutzes, dargestellt an der Situation des Mains. Festvortr. Bayer. Heimattag, Aschaffenburg (1965.- Zeitschrift Schönere Heimat 54 (1965) 374ff.

SCHUA, L.F. (1966): Die Gewässergüteaufsicht in Bayern - dargestellt am Beispiel Main / Unterfranken.- Gewässerschutz in Bayern,veröffentlicht Bayer. Landesamt Wasservers. u. Gewässersch. München.

SCHUA, L.F. (1966): Die Spessartflüsse, eine gewässergütekundliche Betrachtung: I. Die Sinn,2. Der Main im Spessart,3. Die Lohr,4. Die Hafenlohr, 5. Die Elsawa 6. Die Aschaff u. 7. Die Kahl.- Zeitschrift Spessart H. 3-9 (1966).

SCHUA, L.F. (1968): Siebzehn Jahre Gewässergüteuntersuchungen am Main im Reg. - Bez. Unterfranken.- Abhandlungen d. Naturwiss. Ver. Bd. 9. Würzburg.

SCHUA, L: & R. SCHUA (1981)#: Wasser - Lebenselement und Umwelt. Die Geschichte des Gewässerschutzes in ihrem Entwicklungsgang dargestellt und dokumentiert.- Orbis Academicus, Alber-Verlag, Freiburg, München, 358 S.

SCHUBARTH, E V (1883): Berlier's pneumatisches System.- Seydel, Berlin.

SCHUCHARDT, B., D.BUSCH, M.SCHIRMER & K.SCHRÖDER (1985): Die aus Fangstatistiken rekonstruierte Bestandsentwicklung der Fischfauna der Unterweser seit 1891: ein Indikator für Störungen des Ökosystems.- Natur und Landschaft 60,11:441-444.

SCHÜLE, EVA-MARIA & KATRIN SCHWINEKÖRPER (1988)#: Kulturhistorische Untersuchung der Wiesenbewässerung in Freiburg im Br..- Diplomarbeit, Inst. für Landschafts- und Pflanzenökologie der Uni Hohenheim: 196 S.

SCHULTE, ARNOLD (1924): Die Abwässerbeseitigung in Freiburg i.Br.- Diss. med., A.L.-Universität, Freiburg i.Brsg.

SCHULTE, H. (1961): Über die natürliche Selbstreinigung in Stauhaltungen.- Wasser und Boden 11(1961) 373ff.

SCHULTZ, A (1886): Zur Städtereinigungs-Frage: eine Studie mit besonderer Rücksicht auf Verhältnisse von Berlin.- Decker, Berlin.

SCHULTZ, ALWIN (1903): Das häusliche Leben der europäischen Kulturvölker. Vom Mittelalter bis zur 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts.- Handbuch der Mittelalterlichen und Neueren Geschichte Bd. IV,1, München/Berlin.

SCHULTZ, P. (1890): Die wissenschaftliche Begründung der Schwemmkanalisation.- Archiv für rationelle Städteentwässerung 3(1890) 302ff.

SCHULTZ, S. (1930J): Der Rhein von der Quelle bis zur Mündung,seine Nebenflüsse und der Bodensee - eine Zusammenstellung des Schrifttums.- Wasser u. Gas - Berlin-Dahlem (1930).

SCHULTZE-NAUMBURG, PAUL (1904)#: Die Laufenburger Stromschnellen.- Der Kunstwart 18/1:19-22.

SCHULZE, S. (1942): Baden und Waschen im Leben der Völker.- Mitteilungen d. Ver. WBL-Hyg. (1942).

SCHULZE-BERNDT, M. (1914): Die Geschichte der chem. Industrie in Deutschland seit dem Jahre 1875 - Eine volkswirtschaftliche Studie.- Halle.

SCHURY (1905): Die biologische Versuchskläranlage der Stadt Stuttgart auf der Prag.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 5:1-59.

SCHUSTER, GOTTFRIED (1892): Das Erd-Closet-System.- Christen, Aarau.

SCHWARZ, O. (1992)#: Grundwasseranreicherung im Mooswald bei Freiburg.- Bericht über die Ergebnisse

in den ersten drei Hydrologischen Jahren 1987-1989.- Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden Württemberg, Freiburg i.Br., Heft 169: 43 S.

SCHWARZMANN, H. (1954): Auswirkungen des französischen Rheinseitenkanals auf die Grundwasserverhältnisse in der Oberrheinebene.- Gas- u. Wasserfach (GWF) 95 (16): 503-508.

SCHWARZMANN, H. (1964)#: War die Tulla'sche Oberrheinkorrektion eine Fehlleistung im Hinblick auf ihre Auswirkungen ?.- Die Wasserwirtschaft, Jg.54, H.10: 279-287.SCHUA(1238);

SCHWEDER (1899): Die Großlichterfelder Versuchsanlage zur Reinigung städtischer Abwässer, ihr Schlußergebnis und Nutzanwendung.- Leineweber, Leipzig.

SCHWEDER, B (1875): Die Spüljauchenrieselung bei Danzig.- Wiegandt, Hempe & Parey, Berlin.

SCHWEIZER, EDUARD (1921): Die Wasserrechte um den Rümelinbach.- Basler Jahrbuch 23-63;253-291.

SCHWEIZER, EDUARD (1923): Leben und Gewerbe um den St. Albanteich.- Basler Zeitschrift für Geschichte und Altertumskunde.

SCHWEIZER, EDUARD (1927): Die Gewerbe und Kleinbasler Teiche.- Basler Zeitschrift für Geschichte und Altertumskunde 26,27,28.

SCHWENG, E. (1956): Der amerikanische Flußkrebs im Rhein.- Allg. Fischerei-Zeitung 81: 31-32.

SCHWENG, E. (1957): Gewässerverschmutzung und Fischerei.- Berichte der Abwassertechnischen Vereinigung 8: 374-381.

SCHWENG, E. (1966): Die Aalwirtschaft des Landes Rheinland-Pfalz.- In: Meyer-Waarden (Hrsg.) Die Aalwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland, Archiv f. Fischereiwiss. 17, Beih.1, Berlin.

SCHWENG, E. (1968): Der amerikanische Flusskrebs Orconectes limosus (Rafinesque) im Rhein.- Mainzer Naturwiss. Archiv 7: 265-274.

SCHWENG, E. (1969): Rheinfischerei in Rheinland-Pfalz.- Allg. Fischerei-Zeitung 19: 612-614.

SCHWINEKÖRPER, KATRIN, EVA MARIA SCHÜLE & WERNER KONOLD (1996): Zur Geschichte der Wässerungsgenossenschaften am Beispiel der Stadt Freiburg.- Alemannisches Jahrbuch 1995/96, Konkordia Verlag Bühl/Baden:257-292.

SCOTT, ADAM (1874): Das Liernur'sche System.- Public Health 2:350,374.

SCOTT, ADAM (1874): Die Canalisationsfrage und das Liernur'sche System zur Städtereinigung.- Sanitary Record 1:353-394.

SCOTT, ADAM (1876): Das Liernur'sche System in Holland.- Public Health 4: 495.

SECKENDORFF GRAFEN V. (1846): Die lebenden Land- und Süßwasser-Mollusken Württembergs.- Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg 2:1-59.

SECKENDORFF, A. FRH. V. (1844): Verbauung der Wildbäche, Aufforstung und Bewahrung der Gebirgsgründe.- Wien.

SEELER, TH. (1935): Über eine quantitative Untersuchung der deutschen Ströme unter besonderer Berücksichtigung der Einwirkung von Abwässern und der Vorgänge der biologischen Selbstreinigung. I. Die Elbe.- Archiv für Hydrobiologie 28: 323-56.

SEELER, TH. (1936): Über eine quantitative Untersuchung der deutschen Ströme unter besonderer Berücksichtigung der Einwirkung von Abwässern und der Vorgänge der biologischen Selbstreinigung. II. Rhein.- Archiv für Hydrobiologie 30: 85-114.

SEIBERT, H. (1869): Massenhaftes Vorkommen der Dreissena polymorpha im Neckar bei Eberbach.- Nachr. -bl. dt. Malakozoologischen Gesell. 101.

SEIBOLD, A. (1955): Die Einwirkung von organischen Fäulnisstoffen auf tierische Leitformen des Saprobiensystems.- Vom Wasser 22: 90ff.

SEIDEL, K. (1958): Der Rhein in Holland.- Gewässer und Abwässer 21: 47-67.

SEIDEL, K. (1963): Über Phenolspeicherung und Phenolabbau in Wasserpflanzen.- Naturwissenschaften 50(1963) 452ff.

SEIDEL, K. (1964): Abbau von Bacterium coli durch höhere Wasserpflanzen.- Naturwissenschaften 51: 395.

SEIDEL, K. (1965): Wasserpflanzen als Akkumulatoren und ihre anatomisch-physiologische Anpassung.- Gewässer und Abwässer 14: 42-51.

SEIDEL, K. (1966a): Reinigung von Gewässern durch höhere Pflanzen.- Die Naturwissenschaften 53: 289-297.

SEIDEL, K. (1966b): Biologischer Schutz unserer Seen durch Pflanzen.- Österr. Fischerei 20.

SEIDEL, K. (1967): Über die Selbstreinigung natürlicher Gewässer.- Naturwissenschaften 63: 286-291.

SEIDEL, K. (1978): Gewässerreinigung durch höhere Pflanzen.- Garten und Landschaft 1:9-17.

SEIDEL, K. (1983): Kleine Pflanzenkläranlagen, Limnologie in Stichworten.- Wasserkalender: 119-141.

SEIDEL, L. (1866): Vergleichung der Schwankungen der Regenmengen mit den Schwankungen in der Häufigkeit des Typhus in München.- Zeitschrift für Biologie 2: 145ff.

SEIDLER, ERNST (1900): Die Reform des Oesterreichischen Wasserrechts.- Nüssler, Leoben.

SEIFERT, A. (1936): Die Versteppung Deutschlands - Kulturwasserbau und Heimatschutz.- Deutsche Technik.

SEIFERT, A. (1938): Naturnäherer Wasserbau.- Deutsche Wasserwirtschaft 12.

SEIFERT, A. (1941): Im Zeitalter des Lebendigen.- Dresden u. Planegg b. München.

SEIFERT, A. (1941): Reines Wasser im Heimatbild.- Archiv für Wasserwirtschaft 66 (1941) 12ff.

SEIFERT, A. (1957): Die alten und die neuen Ufer.- Landschaft und Gewässer, 1: 4-6.

SEIFERT, A. (1958): Gewässer in ihrer Landschaft.- Hilfe durch Grün H. 6(1958).

SEIFERT, A. (1965): Naturferner u. naturnaher Wasserbau.- Wasser - bedrohtes Lebenselement. Zürich: Montana (1965,4ff.

SEILER, H. (1976)#: Die Gewässerbenutzungen und ihre Rechtsgrundlagen im Verlauf der Geschichte des Wasserrechts. Ein vergleichender Überblick.- Diss. jur., Universität, Bonn.

SELIGO, A. (1890): Hydrobiologische Untersuchungen zur Kenntnis der Lebensverhältnisse in einigen westpreußischen Seen.- Schriften naturforsch. Ges. Danzig,N. F. 7(1890).

SELIGO, A. (1897)#: Opferstrecken.- Deutsche Fischerei-Zeitung.

SELIGO, A. (1926): Die Fischerei in den Flüssen, Seen und Strandgewässern Mitteleuropas. Die Fischerei im Rhein und seinen Zuflüssen.- In: DEMOLL, R. & MAIER, H.N. (Hrsg.) Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas 5: 194-214, Stuttgart.

SEMPER, K. (1880): Die natürlichen Existenzbedingungen der Tiere. Teil I.- Internat. wiss. Bibl. 39: 1-299.

SENCKENDORF, GRAF V. (1846): Die lebenden Land- und Süsswassermollusken Württembergs.- Jh. Ver. Vaterländische Naturkunde Württemberg II: 3-59.

SEYDEL, E. (1920): Über die Wirkung von Mineralölen auf Fischwasser.- Mitteilungen Fisch. Brandenburg 5(1920) 26ff.

SIEBER, U. (1991): Biologische Untersuchungen am Hochrhein.- Bundesamt Umwelt, Wald und Landschaft (Bern) ???.

SIEBOLD, A. (1955): Die Einwirkung von organischen Fäulnisstoffen auf tierische Leitformen des Saprobiensystems.- Vom Wasser 22:90-166.

SIEBOLD, C.T.E. (1863)#: Die Süßwasserfische von Mitteleuropa.- 430 S., W. Engelmann, Leipzig.

SIEDAMGROTZKY (o.J.): Beitrag zur Lösung der Frage der zweckmäßigsten und billigsten Kanalisation in mittleren und kleinen Städten.- (Separatum).

SIEFERLE, ROLF PETER (1984)#: Fortschrittsfeinde ? Opposition gegen Technik und Industrie von der Romantik bis zur Gegenwart.- Beck, München, 310 S.

SIEMEN, BIRGIT (1993)#: Ökologische Aspekte der Sulfitzellstoff-Herstellung in Deutschland um die Jahrhundertwende.- Diss. Uni Hamburg.

SIERP, F. & BRUNS,H. (1934): Die Bedeutung der Stauseen für die Reinhaltung der Ruhr.- Gesundheits-Ingenieur 57: 109ff.

SIERP, F. (1952): Die Belastung der Ruhr durch die häuslichen und gewerblichen Abwässer.- Vom Wasser 19: 157ff.

SIERP, F. (1953): Die gewerblichen und industriellen Abwässer.- Berlin: Springer.

SIERP, F. (1955): Die Verschmutzung des Rheines durch häusliche und städtische und durch gewerbliche und industrielle Abwässer.- Essen: 494 S.

SIERP, F. (1957): Amerikanische Rückschau auf die Abwasserliteratur des Jahres 1955.- Wasser/Abwasser 98: 448ff. u. 609ff. (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

SIERP, F. (1959): Gewerbliche und industrielle Abwässer. 2. Aufl.- Berlin: Springer.

SIERP, F. (1963): Zweiter Bericht der Arbeitsgemeinschaft RheinWasserwerke (ARW).- Wasser/Abwasser 104 (30): 856 (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

SIMON-MUSCHEID, KATHARINA (1990): "..damit der gestanck den lüten desterminder trang duo" - Öffentliche Hygiene im spätmittelalterlichen Basel.- Unsere Kunstdenkmäler 41(2): 218-222.

SIMSON, J.V. (1978)#: Die Flußverunreinigungsfrage im 19. Jahrhundert.- Vierteljahrsschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte 65 (3)#:370-390.

SIMSON, J.V. (1983)#: Kanalisation und Städtehygiene im 19. Jahrhundert.- Technikgeschichte in Einzeldarstellungen Bd. 39, VDI-Verlag, Düsseldorf: 203 S.

SINGER, CARL (1895): Die Abminderung der Sterblichkeitsziffer Münchens. Ein Beitrag zur Frage der Einwirkung hygienischer und sozialpolitischer Massnahmen auf die Gesundheit der Städte.- München.

SINGER, CARL (1902): Die Abminderung der Sterblichkeitsziffer Münchens.- in: Festschrift der 27. Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege, gewidmet der Stadt München: 22-35, München.

SKALSKI, K. (1961): Selbstreinigung von Oberflächengewässern, die mit Abwässern der Lebensmittelindustrie belastet sind.- Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol. 14: 1054ff.

SLADECEK, V. (1961)#: Zur biologischen Gliederung der höheren Saprobitätsstufen.- Archiv für Hydrobiologie 58:103- 121.

SLADECEK, V. (1964): Abiotische Stufen in Gewässern und Abwässern.- Int. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph. 49: 489ff.

SLADECEK, V. (1966): Water quality system. 3 Abb., 2 Tab.,18 Lit.- Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol. 16: 809-816, Stuttgart.

SLADECEK, V. (1969): The measures of saprobity. 6 Abb., 5 Tab., 25 Lit.- Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol. 17: 546-559, Stuttgart.

SLADECEK, V. (1973): System of water quality from the biological point of view.- Archiv für Hydrobiologie, Beih. 7 (Ergebnisse der Limnologie): I-IV:1-128, Stuttgart.

SLADECEK, V. (ed.) (1977): Symposium on saprobiology.- Archiv für Hydrobiologie, Beih. 9 (Ergebnisse der Limnologie):1-245, Stuttgart.

SLANINA,K. (1958): Die Verarmung von Fließgewässerbiocoenosen durch Funktionsabgänge.- Wasser/Abwasser 99: 1ff. (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

SLATER, J.- W (1888): Sewage treatment, purification, and utilization.- Whittaker, London.

SMITH, NORMAN (1976): Mensch und Wasser- Geschichte und Technik der Bewässerung und Trinkwasserversorgung vom Mittelalter bis heute.- Pfriemer (Bauverlag GmbH), Wiesbaden, Berlin, 239 S.

SMITH, R.A. (1872): Air and rain: The beginnings of chemical climatology.- Longmans, Green, London:600 S.

SOMMARUGA, HUGO FRH. V. (1874): Die Städtereinigungs-Systeme in ihrer land- und volkswirtschaftlichen Bedeutung.- Buchhdlg.d.Waisenha., Halle, 180 S.

SOPP, E. (1981)#: Das Makrozoobenthon des Rheins im Bereich von St. Goar.- Staatsexamens-Arbeit, Universität Mainz, 134 S., Mainz.

SOPP, E. (1983)#: Verteilung des Makrozoobenthons im Querprofil des Rheins bei der Loreley.- Verh. d. Gesellschaft f. Ökologie (Mainz 1981) 10: 279-285.

SOYKA, J (1880): Kritik der gegen die Schwemmkanalisation erhobenen Einwände. Vorwort Max von Pettenkofer.- Rieger, München.

SOYKA, J (1885): Untersuchungen zur Kanalisation.- Oldenbourg, München.

SOYKA, J (1889): Zur Theorie und Praxis der Desinfection.- Kornfeld, Berlin.

SPANNAGEL (1859)#: Verzeichnis der Fische der bayrischen Rheinpfalz.- Jber. Pollichia 16/17: 26-38.

SPETZLER, O (1885): Die Wasserversorgung der Wohngebäude, die Beseitigung der Schmutzwasser und der Abfallstoffe ..- Bielefeld, Karlsruhe.

SPIEGEL, LEOPOLD (1903): Der Stickstoff und seine wichtigsten Verbindungen.- Vieweg, Braunschweig.

SPIESS, ALEXANDER (1871): Ueber das Moule`sche Erdclosett von Dr. Buchanan.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 3(1): 80-104.

SPINDLER, HEINRICH (1896): Die Unschädlichmachung der Abwasser in Württemberg.- Enke, Stuttgart.

SPITTA, O. & WELDERT,R. (1906): Indikatoren für die Beurteilung biologisch gereinigter Abwässer.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 6:160-.

SPITTA, O. (1900a)#: Untersuchungen über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Teil I.- Archiv für Hygiene 38: 160-213.

SPITTA, O. (1900b)#: Untersuchungen über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Teil II: Oxydative Vorgänge im Flußwasser.- Archiv für Hygiene 38: 215-265.

SPITTA, O. (1900c)#: Untersuchungen über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Teil III.- Archiv für Hygiene 38: 266-293.

SPITTA, O. (1936)#: Zur Entwicklung der Lehre von der Selbstreinigung der Gewässer.- Gesundheits-Ingenieur 59.

SPLITTGERBER, A. (1917a)#: Die in Literatur und Praxis gemachten Fortschritte auf dem Gebiete der Ueberwachung der Flüsse.- Wasser u. Gas 7 (13/14): 165-176.

SPLITTGERBER, A. (1917b)#: Über biologische Flußuntersuchungen mit besonderer Berücksichtigung des Rheins und Neckars in der Gegend von Mannheim.- Wasser u. Gas 8 (5/6): 49-64.

SPLITTGERBER, A. (1919a)#: Gedanken zur Durchführung der regelmäßigen Ueberwachurng der deutschen Ströme.- Wasser u. Gas 10 (6): 220-221.

SPLITTGERBER, A. (1919b)#: Zur Ueberwachung der deutschen Ströme.- Wasser u. Gas 9: 55-58.

SPLITTGERBER, A. (1920)#: Weitere Beiträge zur Ueberwachung der Flüsse und Ströme.- Wasser u. Gas 10 (10): 371-384.

SPREE, REINHARD (1981): Soziale Ungleichheit vor Krankheit und Tod. Zur Sozialgeschichte des Gesundheitsbereichs im deutschen Kaiserreich.- Göttingen.

SPREE, REINHARD (1986): Veränderungen des Todesursachen-Panoramas und sozioökonomischer Wandel - Eine Fallstudie zum "Epidemologischen Übergang".- in: Gerad Gäfgen [Hrsg.]: Ökonomie des Gesundheitswesen: 73-100 (= Schriften des Vereins für Socialpolitik, Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, NF Bd.159).

SPREE, REINHARD (1991): Historische Statistik des Gesundheitswesen.- in: Dietrich, N. et.al.: Historische Statistik in der Bundesrepublik Deutschland, Stuttgart: 107-126.

SPREE, REINHARD (1992): Der Rückzug des Todes - Der Epidemiologische Übergang in Deutschland während des 19. und 20. Jahrhunderts.- Konstanz 1992.

SRAMEK-HUSEK, R. (1954): Neue und wenig bekannte Clliaten aus der Tschechoslowakei und ihre Stellung im Saprobiensystem. 22 Abb., 3 Tab., 22 Lit.- Archiv für Protistenkunde 100: 246-267, Jena.

SRAMEK-HUSEK, R. (1956): Zur biologischen Charakteristik der höheren Saprobitätsstufen.1 Beil.,1 Tab., 75 Lit.- Archiv für Hydrobiologie 51: 376-390.

SRAMEK-HUSEK, R. (1958): Die Rolle der Ciliatenanalyse bei der biologischen Kontrolle von Flussverunreinigungen.- Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol. 13:636-45.

STADLER, KURT (1960): Die Entwässerung der Stadt Wien.- Wien.

STADT FREIBURG [HG.] (1898)#: Die Kanalisation, die Rieselfelder und deren Betrieb.- Freiburg i. Br.

STADTFELD, R. (1989): Die Entwicklung der öffentlichen Wasserversorgung 1970-1987.- Wasser/Abwasser 130 (1): 33-40 (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

STADTRATH DER STADT FREIBURG (1889): Vortrag des Stadtraths der Stadt Freiburg an den Bürgerausschuß über den Ausbau der Kanalisation und die Anlage von Rieselfeldern zur Reinigung und Verwerthung der sämtlichen städtischen Abwässer.- Freiburg.

STAMMER, H.A. (1953): Der Einfluss von Schwefelwasserstoff und Ammoniak auf tierische Leitformen des Saprobiensystems.- Jahrbuch Vom Wasser 20: 34-71, Weinheim.

STAMMER, KARL (1885): Die Reinigung der städtischen Abwässer und die Reinhaltung der öffentlichen Wasserläufe.- Nessel & Schweitzer, Breslau.

STEIDLE, L. (1961): Vom Zwang zur biologischen Abwasserreinigung.- Kommunalwirtschaft 9(1961).

STEINMANN, P. & G. SURBECK (1918): Die Wirkung organischer Verunreinigungen auf die Fauna schweizerischer fließender Gewässer. Preisschrift der Schweizerischen Zoologischen Gesellschaft: 452 S. (Schweiz. Dept. D. Innern) Bern.

STEINMANN, P. & SURBECK, G. (1922): Zum Problem der biologischen Abwasseranalyse.- Archiv für Hydrobiologie 13:404-12.

STEINMANN, P. (1923)#: Die Bedingungen der Fischerei im Hochrhein. Mit besonderer Berücksichtigung der durch die Kraftwerke geschaffenen Veränderungen.- H. R. Sauerländer & Co, Aarau: 109 S.

STEINMANN, P. (1925)#: Die Lachsfischerei im Hochrhein.- Schweizer Fischerei-Zeitung 33: 26-27, 59-64, 81-87.

STEINMANN, P. (1935): Über den Fischaufstieg im Rhein und in der Aare aufgrund von Fischpaßkontrollen.- Schweizer Fischerei-Zeitung 43.

STEINMANN, P. (1943): Über die Dringlichkeit des Gewässerschutzes.- Schweiz. Natursch. 9: 83ff.

STEINMANN, P. (1948): Schweizerische Fischkunde, umgearbeitete und erweiterte Fassung des Buches "Die Fische der Schweiz".- 218 S., Aarau (H. R. Sauerländer & Co.).

STEINMANN, P. (1949): Gewässerverunreinigungen und Gesundheitszustand der Fische.- Schweizer Fischerei-Zeitung 57: 41ff.

STEUDE, M (1896): Die Literatur des Gas- und Wasserfaches: ein Verzeichnis von Büchern und Broschüren über Gasbeleuchtung und verwandte Gebiete.- Oldenbourg, München.

STEUERNAGEL, C. & GROSSE-BOHLE, H. (1907): Untersuchungen über den Einfluss der Niederschläge und der Abwässer auf die Zusammensetzung des Rheinwassers bei Köln.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 8: 58-99.

STEUERNAGEL, C. & GROSSE-BOHLE, H. (1908): Untersuchungen über die mechanische Reinigung des Cölner Kanalwassers im Flachbecken sowie über den Einfluß der Einleitung der Kanalwässer in den Rhein.- Festschrift zur 80. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte. Cöln: 126-131.

STEUERNAGEL, C. (1888)#: Die Entwässerungsanlagen der Stadt Köln.- Festschrift für die Mitglieder und Teilnehmer der 61. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte. Köln: 187- 212 (Köln).

STEUERNAGEL, C. (1893)#: Untersuchungen über die Verunreinigung des Rheins durch die Kölner Kanalwässer, sowie die Selbstreinigung desselben.- Gesundheits-Ingenieur 15: 474-486.

STEUERNAGEL, C. (1904)#: Die Probekläranlage zu Cöln-Nietl und die daselbst angestellten Untersuchungen und erzielten Ergebnisse.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 4: 1-124.

STEUERNAGEL, C. (1905): Nachtrag zur Arbeit des Herrn Stadtbaurats Steuernagel "Die Probe-kläranlage zu Cöln-Niehl und die daselbst angestellten Untersuchungen und erzielten Ergebnisse" in Heft 4.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 5:175 ff.

STEUERNAGEL, CARL (1906): Die Entwässerung der Stadt Cöln und die Unterbringung der Kanalwasser.- in: Weyl (1906): Die Assanierung der Städte 1.

STJERNA-POOTH, I. (1981): Die Rolle der Benthosorganismen bei der Klassifizierung von Fließgewässern. 6 Abb.,1 Lit.- Limnologica 13: 351-362, Berlin.

STOCKMAYER, S. (1894): Das Leben des Baches.- Berichte der Dtsch. Bot. Ges. 1: 133ff.

STODDART, F. WALLIES (1900): Stoddart's improved sewage filter: with a description of the knowle installation.- 2. ed., Hodgetts, London.

STOHMANN, F & KERL, BRUNO (1888): Enzyklopädisches Handbuch der Technischen Chemie.- 4.Aufl., Vieweg, Braunschweig.

STOKVIS, C.S. (1909): Protozoen und Selbstreinigung.- Archiv für Hygiene 71.

STORCK, HANS (1987): Die Eigenbetriebsverordnung. Mit der amtlichen Begründung der Ersten Ausführungsanweisung, Formblättern und ergänzenden Vorschriften.- München/Berlin.

STREETER, H. W. (1925): A study of the pollution and natural purification of the Ohio River III.- Publ. Hlth Bull. Wash. 146.

STRELL, M. & EVERSBUSCH, E. (1932): Untersuchungen über die Wirkung arsenhaltiger Insektenbekämpfungsmittel auf Fische.- Allg. Fischerei-Zeitung 57.

STRELL, MARTIN (1913)#: Die Abwasserfrage in ihrer geschichtlichen Entwicklung von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart.- Leineweber, Leipzig 1913.

STRELL, MARTIN (1915)#: Abwasser-Kläranlagen deutscher Städte. Bericht über eine im Herbst 1915 ausgeführte amtliche Studienreise.- Verlag "Die Städtereinigung", Göttingen.

STRELL, MARTIN (1917)#: Abwässerkläranlagen deutscher Städte.- Die Städtereinigung (Göttingen (1917).

STRELL, MARTIN (1918): Die Beseitigung der Abwässer der Stadt München, hygienische und wirtschaftliche Bedeutung.- Die Städtereinigung (Göttingen (1918).

STRELL, MARTIN (1933): Grundsätzliches über Hausklläranlagen mit besonderer Berücksichtigung des Siedlungswesens.- Zeitschrift für Gesundheitstechnik 25.

STRELL, MARTIN (1939): Über Herkunft, Eigenschaften, Schädlichkeit, Giftigkeit, Nachweis, Bestimmung und Unschädlichmachung der Zyanverbindungen im Wasser und Abwasser.- Gesundheits-Ingenieur 62.

STRELL, MARTIN (1940): Über das Wesen, Zweck und Verfahren der Abwasserchlorung.- Angew. Chemie 54.

STRELL, MARTIN (1947): Chlorung von Trink- u. Brauchwasser,Badewasser und Abwasser.- Gesundheits-Ingenieur 68.

STRELL, MARTIN (1947): Die Reinhaltung der Gewässer im Lande Bayern.- Gesundheits-Ingenieur 68.

STRELL, MARTIN (1947): Wasser, das Lebenselement der Fische.- Allg. Fischerei-Zeitung 72(1947).

STRELL, MARTIN (1948): Problem Abwasserverwertung.- Der Fortschritt in der Landwirtschaft. 1.

STRIEDTER, K. (1988): Holozäne Talgeschichte im Unterelsaß.- Inaugural Dissertation Universität Düsseldorf.

STÜBBEN, (J.?) (1894): Vorbeugungsmassregeln gegen Wasservergeudung.- Deutscher Verein für öffentliche Gesundheitspflege (XVIII. Versammlung zu Würzburg): 26: 94-109.

STÜBBEN, J (1883): Ein neues System der Beseitigung der menschlischen Abfallstoffe aus den Städten (System Berlier).- Strauss, Bonn.

STÜBER, LOTTE (1984): Determinanten und Funktionen des Wasserpreises.- Diss. Darmstadt.

STÜBIN-LOHRI, MARTIN (1954): Von unserer Vorväter Sorgen um das Wasser.- Ciba Blätter 123/124.

STUDIENKREIS FÜR GESCHICHTE DES WASSERBAUS, DER WASSERWIRTSCHAFT UND DER HYDROLOGIE (1993): Die Märkischen Wasserstrassen in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft - Vorträge und Exkursionen der Tagung vom 30. Oktober bis 1. November 1992 in Bogensee/Kreis Bernau - Land Brandenburg 1. Aufl.- Academia-Verl., Sankt Augustin: 110 S.

STUEWER, U. (1959): Synthetische Waschmittel und ihre Auswirkungen auf Kläranlagen und Vorfluter.- Städtehygiene 5: 85ff.

STURZ, O. (1961): Eine Studie über den Chemismus des Mains in den Abflußjahren 1957bis 1960.- Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 5: 135ff.

STUTZER, A. & KNUBLAUCH, 0. (1894a)#: Untersuchungen über den Bakteriengehalt des Rheinwassers oberhalb und unterhalb der Stadt Köln.- Centralblatt für allgemeine Gesundheitspflege 13: 123-133.

STUTZER, A. & KNUBLAUCH, 0. (1894b)#: Untersuchungen über den Bakteriengehalt des Rheinwassers oberhalb und unterhalb der Stadt Köln. (Schluß.).- Centralblatt für allgemeine Gesundheitspflege 13: 165-179.

SUBR, H. J. (1966): Inhaltsstoffe des Wassers als Ursache von Gesundheitsschäden bei Tieren in toxikologischer Sicht; eine Literaturübersicht.- Diss. TH Hannover.

SÜHNEL, KLAUS & FRANK BAUMANN (1994): Die Entwicklung der Entphenolungstechnologie in den Leunawerken - Ein Beitrag zur Umweltgeschichte in Mitteldeutschland.- Jahrestagung der Gesellschaft Deutscher Chemiker, Tagungsbeitrag.

SURBECK, G. (1923): Aktuelle Probleme der Rheinfischerei.- Schweizer Fischerei-Ztg. 31 (6): 139-141.

SUTER, ELISABETH (1981): Wasser und Brunnen im alten Zürich - zur Geschichte d. Wasserversorgung d. Stadt vom Mittelalter bis ins 19. Jh.- Wasserversorgung, Zürich: 188 S.

SVDGW (Schweizerischer Verin des Gas und Wasserfaches) (1988): Bachöffnungskonzept in Zürich.- Gas, Wasser und Abwasser 8:393-429.

SVDGW (Schweizerischer Verin des Gas und Wasserfaches) (1993): Bachöffnungskonzept in Zürich - Eine Standortbestimmung nach 5 Jahren.- Gas, Wasser und Abwasser 7:1-58.

SWAAN DE, ABRAM (1993): Der sorgende Staat; Wohlfahrt, Gesundheit und Bildung in Europa und den USA der Neuzeit.- Campus, Frankfurt/New York: 345 S.

SYDOW, JÜRGEN [HRSG.] (1981): Städtische Versorgung und Entsorgung im Wandel der Geschichte. Stadt in der Geschichte Bd. 8.- Sigmaringen.

TARR, J.A. & MCMICHAEL, F.C. (1977): The evolution of wastewater technology and the development of state regulation - a retrospective analysis.- in: Tarr, J.A. [Hrsg.]: Retrospective Technology Assessment, San Francisco: 165-190.

TARR, J.A. (1979): The separate versus combined sewer problem - a case study in urban technology design choice.- Journal of Urban History 5: 308-339.

TARR, J.A. (1985): The search for the Ultimate Sink - Urban Air, Land and Water Pollution in Historical Perspective.- in: Bailes, K.E. (Hrsg.); Environmental History: 516-552.

TARR, J.A. (1988): Sewerage and the Development of the Networked City in the United States.- in: Tarr, Joel.A. & Dupuy, Gabriel: Technology and the Rise of the Networked City in Europe and America, Philadelphia:159-185.

TARR, J.A., J. MCCURLEY, F. MCMICHAEL & T.F. YOSIE (1984): Water and Wastes: A retropspective Assessment of Wastewater Technology in the United States, 1800-1932.- Technology and Culture 25(2):226-263.

TARR, JOEL.A. & DUPUY, GABRIEL [HRSG.] (1988): Technology and the Rise of the Networked City in Europe and America.- Philadelphia.

TARZWELL, C. M. (1965): Biological Problems in Water Pollution.- Publ. Health Serv. Publ. Nr. 999 - WP - 25. Cincinnati/Ohio.

TEALE, T ?PRIDGIN - M.A. (Leeds) (1888): Lebensgefahr im eigenen Hause - Ein illustrierter Führer zur Erkennung gesundheitlicher Mängel im Wohnhause, für deutsche Verhältnisse bearbeitet von Wandsleben, H.- Lipsius & Fischer, Kiel & Leipzig.

TECHNISCHES BUREAU DER GROSSHERZOGLICHEN OBERDIREKTION DES WASSERUND STRASSENBAUES (1885): Beiträge zur Hydrographie des Großherzogtums Baden. Die Korrektion des Oberrheines von der Schweizer- bis zur G R. Hessischen Grenze.- Atlas

zum 3. Heft, l. Teil, 5 Kartenblätter, 8 Tafeln, Karlsruhe.

TEUTEBERG, H.J. & C. WISCHERMANN [HRSG.] (1985): Wohnalltag in Deutschland 1850-1914 - Bilder, Daten, Dokumente.- Studien zur Geschichte des Alttags 3, Münster.

TEUTEBERG, HANS-JÜRGEN [HRSG.] (1985): Geschichte der Urbanisierung in Deutschland.- Suhrkamp.

TEUTEBERG, HANS-JÜRGEN [HRSG.] (1986): Stadtwachstum, Industrialisierung, sozialer Wandel. Beiträge zur Erforschung der Urbanisierung im 19. und 20. Jahrhundert.- Berlin (=Schriften des Verins für Socialpolitik, NF Bd. 156).

THIBAUT, M A (o.J.): Wörterbuch der französischen und deutschen Sprache Bd. I, Bd. II.- Westermann, Braunschweig.

THIELE, H. & STÖLTZEL, C. K. (1955): Die Beeinflussung von Fischen durch Giftstoffe aus Abwässern.- Vom Wasser 32: 194 ff.

THIEME & PREUSSER (1896): Wörterbuch der englischen und deutschen Sprache. Bd. 1 u. 2.- Haedke & Lehmkuhl, Hamburg.

THIENEMANN, AUGUST (1911a)#: Die biologische Untersuchung der Abwässer.- in: Königs Handbuch: Die Untersuchung landw. u. gewerbl. wichtiger Stoffe. 4. Aufl. Berlin.

THIENEMANN, AUGUST (1911b)#: Hydrobiologische und fischereiliche Untersuchungen an den westfälischen Talsperren.19 Abb., 3 Taf., zahlr. Tab., 65 Lit.- Landwirtschaftliche Jahrbücher 41: 535-716, Berlin.

THIENEMANN, AUGUST (1912a)#: Aristoteles und die Abwasserbiologie.- Festschrift d. Med. Naturwiss. Gesellsch. Münster (1912): 175-181.

THIENEMANN, AUGUST (1912b): Die Verschmutzung der Ruhr im Sommer 1911.- Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften 16: 55-86, Radebeul.

THIENEMANN, AUGUST (1913): Die Verschmutzung der Ruhr.- Wasser u. Gas, Jahrgang 1912/13, Heft 19: 419-422.

THIENEMANN, AUGUST (1914a)#: Zur Geschichte der biologischen Wasseranalyse.- Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde 9: 147-149.

THIENEMANN, AUGUST (1914b)#: Physikalische und chemische Untersuchungen in den Maaren der Eifel Teil II. 15 Abb., 39 Tab., einige Lit.- Verh. Naturhist. Ver. preuss. Rheinlande Westf. 71: 273-389, Bonn.

THIENEMANN, AUGUST (1914b): Wesen, Wert und Grenzen der biologischen Wasseranalyse.- Zeitschrift für Untersuch. d. Nahrungs- u. Genußmittel 27 (1914) 273 ff.

THIENEMANN, AUGUST (1914c): Die Schädigung der Fischerei in der Urfttalsperre durch die Verunreinigung der Urft und des Olefbaches. Ein Gutachten.- Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften, Jahrgang 1914: 282-294.

THIENEMANN, AUGUST (1915)#: Die Verschmutzung der Ruhr im Sommer 1911.- Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften, Jahrgang 1915: 55-86.

THIENEMANN, AUGUST (1918): Biologische Untersuchung des Trink- u. Gebrauchswassers.- J. König: Chem. d. menschl. Nahrungs- u. Genußmittel, 4. Aufl. Berlin.

THIENEMANN, AUGUST (1920): Die Wirkung organischer Verunreinigungen.- Archiv für Hydrobiologie 12: 837 ff.

THIENEMANN, AUGUST (1925): Ein empfindlicher Indikator für Veränderungen im Chemismus der Binnengewässer.- Naturwissenschaften 13: 868ff.

THIENEMANN, AUGUST (1925a)#: Pfisters Mühle, ein Kapitel aus der biologischen Wasseranalyse.- Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande u. Westfalens Bonn 82: 317ff.

THIENEMANN, AUGUST (1925b)#: Wilhelm Raabe und die Abwasserbiologie.- Mitteilungen d. Ges. d. Freunde Wilh. Raabe's,Wolfenbüttel 15: 124ff.

THIENEMANN, AUGUST (1928)#: Der Sauerstoff in eutrophen und oligotrophen Seen.- in: Binnengewässer 4. Stuttgart: Schweizerbart.

THIENEMANN, AUGUST (1935): Die Bedeutung der Limnologie für die Kultur der Gegenwart.- Stuttgart: Schweizerbart.

THIENEMANN, AUGUST (1951): Vom Gebrauch und vom Mißbrauch der Gewässer in einem Kulturlande.- Archiv für Hydrobiologie 45: 557ff.

THIENEMANN, AUGUST (1955): Warum Gewässerschutz - Luxemburger Liga für Gewässerschutz.- Luxemburg.

THISSEN, RUDOLF (1969): Die Entwicklung der Terminologie auf dem Gebiet der Sozialhygiene und Sozialmedizin im deutschen Sprachgebiet bis 1930.- Köln/Opladen.

THOFERN, EDGAR (1981)#: Wasserversorgung und Infektionskrankheiten - dargestellt an Beispielene des 18. und 19. Jahrhunderts.- Schriftenreihe der Frontinus-Gesellschaft 4:87-109.

THOFERN, UNDINE (1994b): Pflanzenkläranlagen, Prinzipien - Verfahrensvarianten - Einsatzmöglichkeiten.- Zentralblatt für Hygiene 196: 197-226.

THOMA, EMIL (1900): Die Rechtsverhältnisse des Freiburger Gewerbekanals auch Mühlebach oder Alter Runz genannt - Geschichtlich dargestellt im Auftrag des Stadtraths.- Freiburg.

THOMANN, J. (1900)#: Untersuchungen über den gegenwärtigen Stand der Frage der Verunreinigung der Limmat durch die Abwässer der Stadt Zürich.- Zeitschrift für Hygiene 33.

THOMAS, C. (1849): Verzeichnis der im Herzogtum Nassau, insbesondere in der Umgebung von Wiesbaden lebenden Weichthiere.- Jahrbuch d. Ver. f. Naturkunde i. Herzogtum Nassau 4.

THOMAS, E.A. (1944): Versuche über die Selbstreinigung fließenden Wassers (Beitrag zur Kenntnis der Saprobien-Stufen).1 Tab.- Mitteilungen Lebensmittelunters. Hygiene 35:199-217.

THOMAS, E.A. (1945): Ueber Abwasserfragen der Lebensmittelindustrie.- Schweizer Chemiker Zeitung 23: 7S.

THOMPSON, MICHAEL (1981): Die Theorie des Abfalls. Über die Schaffung und Vernichtung von Werten.- aus dem Englischen (Oxford 1979) übersetzt von Klaus Schomburg, Stuttgart.

THUMM, K. & A. SCHIELE (1907): Das Ferrochlor-Verfahren Duyk, System Howatson.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 8: 1-19.

THUMM, K. & C. REICHLE (1914): Feststellungen und Erfahrungen bei Emscherbrunnen und verwandten Abwasserbeseitigungsverfahren.- Mitteilungen aus der Königlichen Landesanstalt für Wasserhygiene 18:33-47.

THUMM, K. (1905): Augenblicklicher Stand der Abwässerreinigung nach dem sogenannten biologischen Verfahren.- Mitteilungen d. Dtsch. landwirtsch. Ges. 23: 157ff.

THUMM, K. (1911): Ueber Anstalts- und Hauskläranlagen. Ein Beitrag zur Abwässerbeseitigungsfrage.- Vierteljahrschrift für gerichtliche Medizin und öffentliches Sanitätswesen 11(2).

THUMM, K., R. KOLKWITZ & P. SCHIEMENZ (1917): Bericht der Königl. Landesanstalt für Wasserhygiene über Untersuchungen im Bereiche des Flutkanals der Unstrut in der Zeit vom 3.-8. Juli 1915.- Mitteilungen aus der Königlichen Landesanstalt für Wasserhygiene 22:98 S.

TIEDE, H. (1875): Schwemmcanalisation und Berieselungssystem oder pneumatische Canalisation und Düngerfabriken ?.- Berlin.

TIEMANN, F & GÄRTNER, A (1889)#: Die chemische und mikroskopisch-bakteriologische Untersuchung des Wassers.- 3.Aufl., Vieweg, Braunschweig.

TIEMANN, F & GÄRTNER, A (1895)#: Tiemann-Gärtner's Handbuch der Untersuchung und Beurteilung der Wässer.- 4. Auflage, Vieweg, Braunschweig.

TILLMANS, J. (1909): Ueber den Gehalt des Mainwassers an freiem, gelösten Sauerstoff.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 12:195-121.

TILLY, R. (1966): Financial Institutions and Industrialisation in the Rhineland, 1815-1870.- Madison.

TITTIZER THOMAS & FALK KREBS [HRSG.] (1996)#: Ökosystemforschung: der Rhein und seine Auen.- Springer, Berlin Heidelberg, New York:468 S.

TITTIZER, T. & A. SCHLEUTER (1986)#: Eine neue Technik zur Entnahme quantitativer Makrozoobenthos-Proben aus Sedimenten größerer Flüsse und Ströme.- Dtsch. Gewässerkundliche Mitteilungen 30: 147-149.

TITTIZER, T. & A. SCHLEUTER (1989)#: Über die Auswirkung wasserbaulicher Maßnahmen auf die Verhältnisse in den Bundeswasserstraßen.- Dtsch. Gewässerkundliche Mitteilungen 33: 91-97.

TITTIZER, T. & BANNING, M. (1988)#: Ausbau des Rheins zwischen Neuburgweier/Lauterburg und St. Goar-Nachregelung der Binger-Loch-Strecke.- Bundesanstalt für Gewässerkunde, N2a/355/3300: 18 S., Koblenz.

TITTIZER, T. & F. SCHÖLL (1988)#: Faunistische Erhebungen an der Rheinsohle zur Feststellung und Bewertung der Schädigung der Benthosbiozönose durch den Brand bei der Fa. Sandoz in Basel (Forschungsvorhaben 106_07 073 des Bundesminist.- Koblenz: 43 S.

TITTIZER, T. & HERZ, H.W. (1987)#: Ausbau des Rheins zwischen Neuburgweier/Lauterburg und St. Goar. Nachregelung der Binger-Loch-Strecke. Vegetationskundliche Bestandsaufnahmen.- Gutachten, Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, Koblenz.

TITTIZER, T., F. SCHÖLL, A. SCHLEUTER & M. SCHLEUTER (1988)#: Einsatz von Taucherschacht und Taucherglocke bei benthosbiologischen Untersuchungen.- Dtsch. Gewässerkundliche Mitteilungen 32: 141-144.

TITTIZER, T., SCHÖLL, F. & SCHLEUTER, M. (1987)#: Faunistische Erhebungen an der Rheinsohle zur Feststellung und Bewertung der Schädigung der Benthosbiozönose durch den Brand bei der Fa. Sandoz in Basel:.- Forschungsbericht, Forschungsvorhaben 106 07 073, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz: 54 S.

TITTIZER, T., SCHÖLL, F. & SCHLEUTER, M. (1987)#: Faunistische Erhebungen an der Rheinsohle zur Feststellung und Bewertung der Schädigung der Benthosbiozönose durch den Brand bei der Fa. Sandoz in Basel.- Forschungsbericht zum Forschungsvorhaben 10607073, Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, Koblenz.

TITTIZER, T., SCHOLL, F. & SCHLEUTER, M. (1990)#: Beitrag zur Stuktur und Entwichklungsdynamik der Benthalfauna des Rheins von Basel bis Dusseldorf in den Jahren 1986 und 1987.- in Kinzelbach & Friedrich. Biologie des Rheins. Gustav Fischer, Stuttgart. pp 293-323.(Limnologie aktuell Band 1).

TITTIZER, TH., F. SCHÖLL, M. DOMMERMUTH (1992)#: Die Entwicklung der Lebensgemeinschaften des Rheins im 20. Jahrhundert.- in: Ministerium für Umwelt Rheinland-Pfalz; Die Biozönose des Rheins im Wandel - Lachs 2000 ? Beiträge d. Facht. am 26.3.1992.

TITTIZER, TH., F. SCHÖLL, M. DOMMERMUTH, J. BÄTHE & M. ZIMMER (1991)#: Zur Bestandsentwicklung des Zoobenthos des Rheins im Verlauf der letzten neun Jahrzehnte.- Wasser/Abwasser 35: 125-166.

TOBIAS, W.(1955): Der Rhein - Abwasserkanal oder Fischgewässer?.- Beiträge zur Rheinkunde 7: 43ff.

TÖNDURY, G.A. (1954)#: Wildbachverbauungen und Flußkorrektionen im bündnerischen Einzugsgebiet des Rheins.- Wasser- und Energiewirtschaft, Jg.46, Nr.5/6/7: 131-132.

TRAHMS, O.K. (1954): Der Rhein: Abwasserkanal oder Fischgewässer.- Mitteilungsblatt Rheinischer Verein für Denkmalpflege u. Heimatschutz 54 (3/4): 43-56.

TRAHMS, O.K. (1955): Die Fischerei an Rhein und Ruhr.- Allg. Fischerei-Zeitung 80: 321-323.

TRAHMS, O.K. (1969): Die Lage der Fischerei am Rhein im Lande Nordrhein-Westfalen.- Allg. Fischerei-Zeitung 94 (22): 706-707.

TRAHMS, O.K. (1970): Hat die Fischerei in Nordrhein-Westfalen noch eine Bedeutung ?.- In: Der Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Wasserwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf: 54-58.

TRAHMS, O.K.(?) (1955?): Der Rhein. Abwasserkanal oder Fischgewässer ?.- Beiträge zur Rheinkunde 7: 43-56.

TRALLS, L (1898): Reinigung und Desinfection städtischer und anderer Abwässer und Nutzbarmachung der Fäkalstoffe vom hygienischen und volkswirtsch. Standpunkte aus.- Berlin.

TRAUTNER, J. & DETZEL, P. (1994)#: Die Sandlaufkäfer Beden-Württembergs (Col., Cicindelidae). Verbreitung, Habitatansprüche, Gefährdung und Schutz.- Ökologie und Naturschutz 5: 60 S.

TRAUTNER, JÜRGEN (1996)#: Sandlaufkäfer und Laufkäfer.- in: Reck, H., Walter, R. Osinski, E., Heinl, T. & Kaule, G..- Räumlich differenzierte Schutzprioritäten für den Arten- und Biotopschutz in Baden-Württemberg (Zielartenkonzept), Teil C:C367-C405; Gutacht. i. Auftr. d. L. Bad.-Württ., Inst. f. Landschaftspl. und Ökologie, Uni Stuttgart.

TRAUTNER, JÜRGEN (1998a)#: Siedlungsentwässerung und Abwasserbehandlung - Aspekte des Arten- und Biotopschutzes - ein Überblick.- Naturschutz und Landschaftsplanung 30 (5):147-153.

TRAUTNER, JÜRGEN (1998b)#: Übersicht zur Laufkäferfauna Baden-Württembergs mit besonderer Berücksichtigung des Zielartenkonzepts und der neuen Roten Liste.- in: Trautner, J. & Peissner, T. (Hrsg.): Laufkäfer in Baden-Württemberg; Indikatorfunkt, Gefährd. u. Schutz [Tagung v. 24.-25.10.97 im VIZ Sindelfing].

TRAUTWEILER, A. (1885): Der Salmenfang im Rhein.- Vom Jura zum Schwarzwald, l. Serie, 2. Abt.: 1-16.

TRAUTWEILER, A. (1904)#: Die wirtschaftliche Bedeutung der projektierten Wasserkraftanlage bei Laufenburg.- Vortrag, Elsass-Lothringische Druckerei.

TREADWELL, (o.J.): Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie. 2. Band. Quantitative Analyse.- Deudicke, Leipzig, Wien.

TRIVEDY, R.K., (ed.). (1990): River pollution in India.- Ashish, New Delhi. 304 pp.

TUBEUF, C. (1912): Hochwasserschäden in den Auwaldungen des Rheins nach der Überschwemmung im Sommer 1910.- Naturwissenschaftliche Zeitung für Forst- und Landwirtschaft, 10, 1: 1-21.

TULLA, JOHANN GOTTFRIED (1812)#: Bericht an das Großherzogliche Ministerium der auswärtigen Angelegnheiten über die Grundsätze, nach welchen die Rheinbauarbeiten künftig zu führen sein möchten, vom 1.3.1812.

TULLA, JOHANN GOTTFRIED (1822)[#]: Die Rectifikation des Rheins, Karslruhe.

TULLA, JOHANN GOTTFRIED (1825)[#]: Über die Rectification des Rheins, von seinem Austritt aus der Schweiz bis zum Eintritt in das Großherzogtum Hessen.- 60 S.,C.F. Müller Hofdruckerei, Karlsruhe.

TÜMPLING, W. V. (1962): Statistische Probleme der biologischen Gewässerüberwachung. 4 Abb.,1 Tab., 5 Lit.- Wasserwirtschaft & Wassertechnik 12: 353-357.

TURNER, R.E. & RABELAIS, N. N. (1991): Changes in Mississippi water quality this centrury.- Bioscience 41:140-7.

TUROBOYSKI, L. (1953): Infusoria as indicators of pollution in the Vistula River below Cracow.- Gaz. Woda Tech. Sanit. 27:326.

UBA (Umweltbundesamt) [Hrsg.] (1994a)[#]: Stoffliche Belastung der Gewässer durch die Landwirtschaft und Maßnahmen zu ihrer Verringerung.- Erich Schmidt, Berlin: 208 S.

UBA (Umweltbundesamt) [Hrsg.] (1994b)[#]: Daten zur Umwelt.- E. Schmidt, Berlin: 688 S.

UEBERBACH, J. [BEARB.] (1989): DVWK Studie: 'Verfahren zur Gütebeurteilung von Fließgewässern'.- Deutscher Verband f. Wasserwirtschaft u. Kulturbau e. V., Bonn: 131 S.

UFFELMANN, J. (1891)[#]: Die Selbstreinigung der Flüsse mit besonderer Berücksichtigung auf Städtereinigung.- Inaugural-Dissertation, Schwerin.

UFFELMANN, J. (1892)[#]: Die Selbstreinigung der Flüsse mit besonderer Berücksichtigung auf Städtereinigung.- Berliner klinische Wochenschrift (1892): 423-427(od.223-227).

UHDEN, O. (1952): Notwendigkeiten und Grenzen der Wasserwirtschaft in einem Kulturland.- Wasser und Boden 4: 233 ff. , 257 ff. u. 312 ff.

UHLFELDER & J. TILLMANS (1908)[#]: Die Frankfurter Kläranlage.- Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 10:211 ff.

ULMER, G. (1927): Verzeichnis der deutschen Ephemeropteren und ihrer Fundorte.- Konowia 6 (4): 234-262.

URFF, G.S. (1914): Salmfang am Rhein.- Die Woche 27: 1141-1145.

URK, G.VAN & SMIT, H. (1989)[#]: The Lower Rhine: Geomorphological changes.- In: PETTS,G.E., MÖLLER,H. & ROUX,A.L.: Historical Change of Large Alluvial Rivers: 167-182, Chichester, New York, Brisbane (John Wiley & Sons).

VALENTA, REINHARD (1997)[#]: Eine Landschaft im Wandel - Der Hochrhein zwischen Waldshut und Rheinfelden.- in: Bosch, M. A. Enderle, H. Fricker & R. Valenta (1997): Der Hochrhein.- G.Braun Verlag, Karlsruhe: 6-29.

VALLIN, S. (1958): Einfluss der Abwässer der Holzindustrie auf den Vorfluter.- Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol. 13:463-73.

VAN HASSELT, A.W.M. (1875): De strijd der geneeskundigen tegen het riolen-, latrinen- en moeras-vergift en buiten de residentie.- 's Gravenhage, Gebr. van Cleef, 58 S.

VAN STEVENINCK, D. R., ADMIRAL, E. D., et al. (1992): Plankton in the River Rhine: structural and functional change during downstream transport.- J. Plankton Res. 14:1351-68.

VARONA, ADOLFO DE (1882): Sewer gases: their nature & origin, and how to protect our dwellings.- 2. ed., Van Nostrand, New York.

VARRENTRAPP, FRANZ (1869): Ueber Benutzung des Themsewassers als Trinkwasser.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 1:443-453.

VARRENTRAPP, FRANZ (1871): Das Erd-, Gruben-, Eimer- und modificierte Wasser-Closet in England.- Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 3:552.

VARRENTRAPP, GEORG (1868)[#]: Ueber Entwässerung der Städte, über Werth oder Unwerth der Wasserclosette, über deren angebliche Folgen - Verlust werthvollen Düngers, Verunreinigung der Flüsse, Benachtheiligung der Gesundheit - mit besonderer Berücksichtigung auf Frankfurt a.M.- Hirschwald, Berlin.

VARRENTRAPP, GEORG (1872): Die directen und indirecten hygienischen Aufgaben einer systematischen Städteentwässerung.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 4:521-526.

VARRENTRAPP, GEORG (1876): Die Verunreinigung der Seine bei Paris und die Mittel zu deren Beseitigung.- Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 8:500.

VARRENTRAPP, GEORG (1877): Das Liernur'sche System und seine neueren officiellen Beurtheiler.- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 9:593-623.

VARRENTRAPP, GUSTAV (1880): Münchens Canalisation.- Deutsche Viertejahrschrift für öffentliche Gesundheitspflege 12: 303-311.

VARRON, A.G. (1955): Hygiene im Mittelalter.- ZIBA - Ztschr. (Wehr) 7, Nr. 74(1955) 2439ff.

VATER, W. (1988): 40 Jahre ATV - Erfahrung und Wissen im Dienste der Umwelt.- Wasser/Abwasser 129 (12): 776-772 (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

VERHEY, C.J. (1949): Het vorkommen van den steur (Acipenser sturio) in de mieuwe tuschen 1900 en 1931.- De Levende Natur 52: 152-159.

VETTER, I. (1864)[#]: Die Schiffahrt, Flößerei und Fischerei auf dem Oberrhein (Schaffhausen-Basel) sowie: Geschichte der alten Schiffergesellschaften.- 219 S.,G. Braun'sche Hofbuchdruckerei,, Karlsruhe.

VGL (Schweizerische Vereinigung für Gewässerschutz und Lufthygiene) (1991): Bachöffnungen in Zürich.- Umweltinformationen (VGL) 4:91:40 S.

VIBRANS, O (1899): Die Beseitigung und Reinigung von Abfallwässern unter besonderer Berücksicht. derjenigen von Zuckerfabriken.- Rathke, Magdeburg.

VIEHL, K. (1937): Untersuchungen über das Wesen der Selbstreinigung und der künstlichen biologischen Reinigung des Abwassers.- Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten 119.

VIEHL, K. (1939): Der Einfluß der Temperatur auf die Selbstreinigung des Wassers unter besonderer Berücksichtigung der bakteriellen Verhältnisse.- Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten 122.

VIEHL, K. (1943): Über den Einfluß der Temperatur und der Jahreszeit auf die biologische Abwasserreinigung.- Zentralblatt für Bakt. II,Abt. 91(1943) 14ff.

VIEHL, K. (1950): Über den Einfluß der Temperatur auf die biologischen Umsetzungen im Wasser und Schlamm unter besonderer Berücksichtigung der Wirkung von Warmwassereinleitungen auf Vorfluter.- Gesundheits-Ingenieur 71 (21/22): 349-352.

VIERLING, H.J.G. (1891)[#]: Die Frage der Einleitung der Fäkalien der Stadt Mainz in den Rhein.- Gutachten, vorgetragen in der Sitzung des Ortsgesundheitsrathes vom 22. April 1891. Als Manuskript gedruckt. Druck von Florian Kupferberg, Mainz: 27 S.

VIERTEL, B. (1980)[#]: Die Amphibien des hessischen Naturschutzgebietes Kühkopf-Knoblochsaue.- Natur und Museum, 110: 19-27.

VIESER, H. (1973)[#]: Folgen der Ausbaumaßnahmen am Oberrhein auf den Hochwasserabfluß.- Deutsche Ge-

wässerkundliche Mitteilungen 1973, Sonderheft: 42-50.

VIGARELLO, GEORGES (1992): Wasser und Seife, Puder und Parfüm - Geschichte der Körperhygiene seit dem Mittelalter.- Campus-Verl., Frankfurt/Main; New York: 326 S.

VIRCHOW, RUDOLF (1869)#: Canalisation oder Abfuhr ? Eine hygienische Studie.- Reimer, Berlin, 70 S.

VIRCHOW, RUDOLF (1873): Reinigung und Entwässerung Berlins.- Hirschwald, Berlin.

VIRCHOW, RUDOLF (1873b): Generalbericht (an die Berliner Stadtverordnetenversammlung) über die Arbeiten der städtischen gemischten Deputation für die Untersuchung der auf die Canalisation und Abfuhr bezüglichen Fragen.- Fol., Berlin, 61 S.

VIRCHOW, RUDOLF (1879): Gesammelte Abhandlungen aus dem Gebiete der öffentlichen Medizin und der Seuchenlehre.- Berlin.

VIRÉ, L. (1973): La distribution publique déau à Bruxelles 1830-1870, Pro Civitate.- Collection Histoire, série 8/33.

VISCHER, D. (1986): Schweizerische Flußkorrektionen im 18. und 19. Jahrhundert.- Mitteilungen Versuchsanstalt Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (Zürich):77 S.

VISSER, J.-E (1876): Die Reinlichkeit in den Städten oder die Abortfrage und das Abfuhrwesen.- Scholtze, Leipzig.

VIVIER, P. (1958): Water pollution in France caused by wastes from sugar refineries.- Gen. Fish. Counc. Medit. Stud. Rev. 3:11-23. s.

VOGEL, (H.J.?) (1896): Die Verwandlung der Fäces in Poudrette.- Vortrag in der Verhandlung der Deutschen Gesellschaft für öffentliche Gesundheitspflege in Berlin vom 23.November 1896 (Original in Hyg. Rundschau 1897).

VOGEL, J.H. (1893): Schutz gegen Seuchen, ein Weck- und Mahnruf für Stadt und Land.- 2. Aufl., Neumann, Neudamm.

VOGEL, J.H. (1896): Die Verwertung der städtischen Abfallstoffe.- Parey, Berlin (Im Auftrag der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft).

VOGEL, J.H. (1899): Das Kohlebreiverfahren zur Klärung von Abwässern: von dem Standpunkte auf Grund praktischer Erf.kri.- Naturwiss.Verlagsans, Berlin.

VOGEL, W. (1963): Wasserversorgungsprobleme im mittelalterlichen Prag.- Ther. Mh. (Boehringer) 13(1963) 227ff.

VÖGELE, JÖRG (1991)#: Die Entwicklung der (groß)städtischen Gesundheitsverhältnisse in der Epoche des Demographischen und Epidemiologischen Übergangs.- in: Reulecke, J & A. v. Castell [Hrsg.]: Stadt und Gesundheit, Stuttgart 1991:21-36.

VÖGELE, JÖRG (1993)#: Sanitäre Reformen und der Sterblichkeitsrückgang in deutschen Städten, 1877-1913.- Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte 80(3):345-365.

VÖGELE, JÖRG (1994)#: Urban Infant Mortality in Imperial Germany.- Social History of Medicine 7(3): 401-425.

VOGT, MANFRED & MÜLLER, HORST W. [TECHN. WERKE LUDWIGSHAFEN AM RHEIN AG, ABT. WASSERVERSORGUNG]. (1985): Trinkwasser für Ludwigshafen 1895 - 1985.- Techn. Werke, Ludwigshafen: 23 S.

VOHL, H. (1871): Ueber die Bestandtheile des Rheinwassers bei Cöln und seine Verwendbarkeit zu technischen und Haushaltungs-Zwekken.- Dingler,s polytechnisches Journal 199: 311-323.

VOLK, R. (1906): Hamburgische Elbuntersuchung I-VIII über die Einwirkung der Trockenperiode im Sommer 1904 auf die biologischen Verhältnisse der Elbe bei Hamburg.- Mitteilungen Naturhist. Museum Hamburg 23 (1906).

VOLK, R. (1907): Einiges über die biologische Elbuntersuchung des naturhist. Museums in Hamburg.- Verhandlungen Deutschen Zoologischen Gesellschaft 17 (1907).

VOSS, W. (1963): Der Beitrag des Waschmittel-Phosphors zur Eutrophierung des Bodensees. Eine Analyse, durchgeführt im Flußgebiet der Schussen.- Wasser/Abwasser 104 (14): 397-399 (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

VOTINTSEV, K. K. (1985): The primary production of the phytoplankton of the Selenga River and its role in selfpurification processes.- Vod. Res. 1985:155-8. (R.).

VUILLEUMIER, AUGUST (1925): Die Aufhebung der Basler Teiche 1904-1923 und das Ende der Kleinbasler Teichkorporation, 1906 (nach fast tausendjährigem Bestand), wie sie sich in Wirklichkeit zugetragen hatte.- Wittmer.

WAGNER, A. (1866): Beobachtungen über den schwankenden Gehalt des Wassers an festen Bestandtheilen aus verschiedenen Brunnen in München.- Zeitschrift für Biologie 2: 289 ff.

WAGNER, H. (1955): Die Verwendung von Turbinen zur Belüftung und Sauerstoffanreicherung von Flußwasser.- Voith - Forschung u. Konstruktion Nr. 1.

WAGNER, H. (1956): Die künstliche Belüftung kanalisierter Flüsse.- Mitteilungen Dtsch. Gewässerkundl. Jahrb. 15: 74 ff.

WAGNER, JOHANNES VON (1881): Hydrologische Untersuchungen an der Weser, Elbe, dem Rhein und mehreren kleinen Flüssen.- Goeritz, Braunschweig.

WAGNER, O. (1954)#: Wildbachverbauungen und Flusskorrektionen im Vorarlbergischen Einzugsgebiet des Rheins.- Wasser- und Energiewirtschaft, Jg.46, Nr.5/6/7: 132-135.

WAHL, KARL (1936): Entwicklung der Wasserversorgung seit Einführung der Dampfmaschine.- Technikgeschichte 25:27-65.

WAITZ, S. & LACKEY, J. B. (1959): Morphological and biological studies on the organism Sphaerotilus natans.- Quart. J. Fla. Acad. Sci. 21:335-40.

WALL, HENRIETTE VAN DER; KRAEMER, RUDOLF ANDREAS (1993): Die Wasserwirtschaft in der DDR.- Wirtschafts- und Verl.-Ges. Gas und Wasser, Bonn: 135 S.

WALLACH, O. (1889): Tabellen zur chemischen Analyse.- 2. Aufl., Weber, Bonn.

WALTER, E. (1894): Biologie und biologische Süßwasserstationen.- Forsch. Berichte der Biol. Stat. Plön 2(1894).

WALTERSHAUSEN, A.S. VON (1923): Deutsche Wirtschaftsgeschichte, 1815-1914. (2. Aufl.).- Jena.

WARD, H.B. (1901): The fresh water Biological Stations of the World Stud.- Zool. Labor. Univ. Nebraska Nr. 40(1901).

WARDLE, THOMAS (1893): On sewage treatment and disposal.- Heywood, Manchester.

WARING, G E (1894): Modern methods of sewage disposal.- van Nostrand, London.

WASER, E.; BLÖCHLIGER, G. & THOMAS, E. A. (1943): Untersuchungen am Rhein von Schaffhausen bis Kaiserstuhl 1938-39 und 1940-41.- Zeitschrift für Hydrologie 9: 225-308.

WASSERFUHR, HERMANN (1877): Archiv für öffentliche Gesundheitspflege in Elsass-Lothringen (besprochen von Dr. E. Marcus, Frankfurt a.M.).- Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege 9:837.

WASSERWIRTSCHAFTSVERW. D. LANDES NRW & WASSER- U. SCHIFFAHRTSDIREKTION DUISBURG (hrsg.) (1956): Die Verunreinigung des Rheins im Lande Nordrhein-

Westfalen. Stand: Ende 1956. Maßnahmen zu ihrer Bekämpfung.- Düsseldorf: 43 S. + Anlagen.

WEBER, C.A. (1907)#: Aufbau und Vegetation der Moore Norddeutschlands.- Botanisches Jahrbuch 40, Beil. 90.

WEHRMANN, F. (1959): Rhein-Untersuchungen und Entwicklung von Aufbereitungsverfahren zur Beseitigung von Geruchs- und Geschmacksstörungen.- Wasser/Abwasser 100 (44): 1144-1146 (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

WEIDENHAMMER (1896): Die Abführung der Fäkalien aus der Stadt Worms mittels der Kanäle in den Rhein.- Gesundheits-Ingenieur 19:403.

WEIGELT, C., SAARE, 0. & SCHWAB, L. (1885)#: Die Schädigung von Fischerei und Fischzucht durch Industrie- und Haus-Abwässer. Eine experimentelle Studie.- Archiv für Hygiene 3(1): 39-117 (auch als Sonderdruck bei R. Oldenbourg. München, 81 S.).

WEIGELT, CURT (?): Die Begründung einer Biologischen und Abwasser-Versuchsstation der Deutschen Industrie.- ??.

WEIGELT, CURT (1892)#: Die Schädigung der Fischerei durch Haus- und Fabrikabwässer.- Berlin.

WEIGELT, CURT (1893a): Können Fischerei und Industrie nebeneinander fröhlich gedeihen?.- (Separatum).

WEIGELT, CURT (1893b): Warum nimmt die Verunreinigung unserer Wasserläufe und die Entvölkerung unserer Fischgewässer in so erschreckendem Maße zu?.- .

WEIGELT, CURT (1900a): Die Faktoren fischereilicher Wasserverunreinigung im Osten Deutschlands.- Stuttgart: E. Ulmer.

WEIGELT, CURT (1900b): Unsere natürlichen Fischgewässer,wie sie sein sollten und wie sie geworden sind.- Stuttgart: E. Ulmer.

WEIGELT, CURT (1900c): Vorschriften für die Entnahme und Untersuchung von Abwässern and Fischwässern aufgestellt von einer wissenschaftlichen Kommission des Deutschen Fischerei-Vereins nebst Beiträgen zur Beurteilung unserer natürlichen Fischgewässer.- 72 Abb., einige Lit., Sachverz.- VI, 287 S. (Verl. Dt. Fisch. Ver.) Berlin.

WEIGELT, CURT (1901a): Die Industrie und die preuß. Ministerialverfügung vom 20. Februar 1901. "Fürsorge für Reinhaltung der Gewässer in Preußen".- Berlin.

WEIGELT, CURT (1901b): Fürsorge für Reinhaltung der Gewässer in Preußen.- Allg. Fischerei-Zeitung 26.

WEIGELT, CURT (1903): Beiträge zur chemischen Selbstreinigung der Gewässer.- Berichte der 5. Int. Kongr. f. angew. Chem. Sekt. II,2, Berlin.

WEIGELT, CURT (1904): Das Reich schütze die deutschen Gewässer. Denkschrift verfaßt auf Ersuchen des Bundes der Industriellen.- Berlin.

WEIGELT, CURT (1906): Industrie- sowie Hausabwässer und der Rhein.- Die Chemische Industrie (Berlin) 29 (23): 614-619.

WEIGELT, CURT (1907)#: Beiträge zur chemischen Selbstgesundung der Gewässer.- Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde 2: 325 ff.

WEILING, F. (1972): Über die von Max v. Pettenkofer angeregten Untersuchungen des Zusammenhanges von Cholera und Typhusmassenerkrankungen mit dem Grundwasserstand, im Hinblick auf die langjährigen Grundwasserstandsbeobachtungen.- Kolloquium der dtsch. Reg. d. Internat. Biometr. Ges. Bad Nauheim.

WEIMANN, R. (1951): Zur Gewässerüberwachung.10 Abb., 36 Lit.- Techn. volkswirtsch. Berichte der Wirtsch.- u. Verkehrsmin. Nordrhein-Westfalen 8:-1-221, Düsseldorf.

WEIMANN, R. (1954): Zur Verschmutzung und Verödung unserer Wasserläufe.- Wasser und Boden in der Landschaftspflege. Ratingen: A. Henn.

WEIMANN, R. (1958): Verschmutzte Wasserläufe: Verseuchung, Verschmutzung, Vergiftung und Verödung der Gewässer dargestellt von einem Biologen. 50 Abb.,1 Beil., Glossar.- 126 S., (Franckh) Stuttgart.

WEIN, K. (1929): Die Erforschung der Flora des Rheingebietes von Mainz bis Bingen in vorlinnee'scher Zeit.- Jahrbuch des Nassauischen Vereins für Naturkunde, 80, H.2: 94-104.

WEINHANDL, M. (o. J): Gewässergüte und Gewässergütemodelle für Fließgewässer.- Diplomarbeit, Institut für Siedlungs- und Industriewasserwirtschaft, Flußbau und Landwirtschaftlichen Wasserbau, Technische Universität Graz.

WEISS, B. (1990): Wie finde ich Informationen zur Geschichte der Naturwissenschaften und Technik ? (2. überarb. Auflage).- Spitz, Berlin.

WELDERT, R. (1934)#: Die Planbewirtschaftung der Selbstreinigung der Flüsse.- In: BRIX, J., K. IMHOFF, R. WELDERT (1934)#: Die Stadtentwässerung in Deutschland. 2. Band, Verlag von Gustav Fischer. Jena: 520-530.

WELSCH, FRITZ (1960): Zur Herstellung künstlicher Farbstoffe im 19. Jahrhundert und deren Bedeutung für die Entwicklung der Chemie, in.- Zeitschrift für Naturwissenschaften, Technik und Medizin 2: 81-103.

WENDELS, C. (1981): Als der Lachs noch im Rhein aufstieg. T1. I - II.- Fischwaid 106 (1): 16f, (2): 76f, (3): 136-138.

WENDLAND W.M. & D.WATSON-STEGNER (1983): A technique to reconstruct river discharge history from tree-rings.- Water Resources Bulletin 19,(2):175-183.

WENZ, W. (1920): Zur Fauna der Rheinauenwälder von Strassburg i. E.- Archiv für Molluskenkunde, 52, H.3: 133-137, Frankfurt/Main.

WERNICH, A (1882): Desinfektionslehre.- 2. Aufl., Urban & Schwarzenberg, Wien Leipzig.

WESTERMANN, K. & SAUMER, F. (1974)#: Die Vögel des Landschaftsschutzgebietes Taubergießen.- Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg (Hrsg.) Das Taubergießengebiet, eine Rheinauenlandschaft. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, Bd.7: 591-628, Ludwigsburg.

WESTERMANN, K. & SCHARFF, G. (1987)#: Auen-Renaturierung und Hochwasserrückhaltung am südlichen Oberrhein.- Naturschutzforum, Bd.1/2: 95-158.

WESTERMANN, K. (1984a)#: Die Libellen der Rheinniederung bei Weisweil.- Gutachten, Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Freiburg.

WESTERMANN, K. (1984b)#: Die Vorkommen der Höheren Wasserpflanzen in den Rheinauen bei Weisweil.- Gutachten, Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Freiburg.

WESTERMANN, K. (1985a)#: Übersicht der Siedlungsdichte ausgewählter „Waldvögel“.- Gutachten 1985, Bezirksstelle Naturschutz und Landschaftspflege Freiburg.

WESTERMANN, K. (1985c)#: Die Brutbestände des Mäusebussards (Buteo buteo) und des Habichts (Accipiter gentilis) am südlichen Oberrhein..- Ornithologische Jahreshefte Baden-Württemberg, 1, 4: 57-66.

WESTON,R. F. & HART,W. B. (1941): Water pollution abatement problems of the petroleum industry.- Water Works Severage 88(1941) 208ff.

WETZEL, A. (1929): Der Faulschlamm und seine ziliaten Leitformen.- Zeitschrift für Morph. u. Ökol. d. Tiere 13 (1929) 179-328.

WETZEL, A. (1951): Ein Fluß nach 20 Jahren.- Gesundheits-Ingenieur 72 (13/14): 234-235.

WETZEL, A. (1951): Ein Fluß nach 20 Jahren.- Gesundheits-Ingenieur 72 (15): 261-264.

WETZEL, A. (1964): Der Anteil der Wasserorganismen an der Wassergüte.- Wissenschaftliche Zeitschrift Karl-Marx-Univ. Leipzig, Math. Nat. 13 (1964) 3 ff.

WETZEL, A. (1969): Technische Hydrobiologie. Trink-, Brauch-, Abwasser. 79 Abb., 52 Tab., zahlr. Lit.- 407 S., (Akad. Verl. Ges.) Leipzig.

WEX, G. V. (1873): Über die Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen.- Zeitschrift der Österr. Ingenieur- u. Architektenvereins 25: 23-30, 63-76 101-120.

WEX, G. V. (1879): Über die Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen.- Zeitschrift der Österr. Ingenieur- u. Architektenvereins 31: 93-99,125-145.

WEY, KLAUS GEORG (1982): Umweltpolitik in Deutschland - Kurze Geschichte des Umweltschutzes in Deutschland seit 1900.- Opladen.

WEYL, THEODOR (1893): Die Einwirkung hygienischer Werke auf die Gesundheit der Städte m. bes. Rücksicht auf Berlin (Studie zur Straßenhygiene).- G. Fischer, Jena: 70 S.

WEYL, THEODOR (1894): Die Assanierung Neapels.- warscheinlich DVföG ? um 1893 od. 94!.

WEYL, THEODOR (1897): Flußverunreinigung, Klärung der Abwässer, Selbstreinigung der Flüsse.- Fischer, Jena.

WEYL, THEODOR (1900b): Die Assanierung von Paris.- Engelmann, Leipzig.

WEYL, THEODOR (1912): Überblick über die historische Entwicklung der Städtereinigung bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts.- in: T. Weyl: Handbuch der Hygiene Bd. 2,1. 2. Aufl. Leipzig.

WEYL, THEODOR [HRSG.] (1900a): Die Assanierung der Städte in Einzeldarstellungen.- Leipzig.

WEYRAUCH, ROBERT (1914): Die Wasserversorgung der Städte, 3 Bde.- Leipzig.

WHITTON, B.A., E. ROTT & G. FRIEDRICH (eds.) (1991): Use of algae for monitoring rivers. 49 Abb., 26 Tab., 98 Lit., Namenverz.- E. Rott Institut für Botanik, AG Hydrobotanik, Universität Innsbruck. 193.

WICKE, LUTZ (1986): Die ökologischen Milliarden. Das kostet die zerstörte Umwelt - so können wir sie retten.- München.

WIEGEMANN, H. (1932): Schutz der Wasserläufe gegen die Einwirkung phenolhaltiger Abwässer im Ruhrkohlengebiet.- Wasser/Abwasser 75 (22): 433-436 (GWF, Das Gas- und Wasserfach).

WIENBECK, U. (1976): Über die Geschichte der Abfallbeseitigung.- Wasser und Boden 28 (1976) 97 ff.

WIENER (1900): Das Badische Wassergesetz vom 26. Juni 1899.- Braun, Karlsruhe.

WIENINGER, KARL (1987): Max von Pettenkofer. Das Leben eines Wohltäters, 1818-1901.- München.

WIENKE, PETER (1989): Die promovierte naturwissenschaftlich-technische Intelligenz in der DDR: eine empirische Untersuchung ihrer Karrieremuster im Vergleich mit denen von promovierten Naturwissenschaftlern und Ingenieuren.- Bochum: Studienverl. Brockmeyer, 1989. - VII, 279 S. ; 21 cm. - (Beiträge zur Deutschlandforschung ; Bd. 5) @ Zugl.: Bochum, Univ., Diss.

WIESELSBERGER, FRIEDRICH (1983): Der Münchner Architekten- und Ingenieur-Verein als Widersacher der Schwemmkanalisation in München, eine Episode.- in: Geschichtliche Entwicklung der Wasserwirtschaft und des Wasserbaus in Bayern, München: 153-191, Informmationsbericht 4/83 des Bayerischen Landesamts für Wasserwirtschaft, Teil 2.

WIJCK FREIHERR VAN DER (?): Eingabe gegen die Rektifikation oder so, plädiert für Kanal ???.- zit in Honsell 1885!.

WILHELMI, J. (1912): Die makroskopische Fauna des Golfes von Neapel vom Standpunkt der biologischen Analyse des Wassers betrachtec.- Mitteilungen Kgl. Prüfungsanst. f. Wasservers. u. Abwasserbes. 16: 47 ff.

WILHELMI, J. (1914): Die biologische Selbstreinigung der Flüsse.- in: Weyl's Handbuch d. Hyg. II. 2. Aufl. Leipzig: 519 ff.

WILHELMI, J. (1915): Kompendium der biologischen Beurteilung des Wassers, 148 Abb., 66 Lit., Namen- u. Sachverz.- 66 S. (G. Fischer) Jena.

WILHELMI, J. (1915): Untersuchungen, besonders in biologisch-mikroskopischer Hinsicht über die Abwässerbeseitigung von Küstenorten.- Mitteilungen Kgl. Prüfungsanst. f. Wasservers. u. Abwasserbes. 20.

WILL, GERHARD (1986): Der Wandel in der Abwasser- und Trinkwasserhygiene der Stadt Erlangen von den Anfängen im 19. Jahrhundert bis zur Gegenwart.- Med. Diss. Erlangen-Nürnberg.

WILLEMER, H. (1892): Der Einfluß der Münchner Schwemmkanalisation auf den Reinheitszustand der Isar.- Landshut.

WILLEMER, H. (1895): Untersuchungen des Wassers der Isar und einiger ihrer Nebenflüsse.- Landshut.

WILLFORT, C. (1869): Amtlicher Bericht über die 26. Versammlung deutscher Land- u. Forstwirthe zu Wien,September 1868 (Gegenstand der Beratung: Wasserbau, Entwässerung).- Wien: C. Gerolds'sohn.

WILLI, P. (1985)[#]: Langfristige Bestandstaxierungen im Rheindelta.- Egretta, Jg.28, 1-2: 1-62.

WILSON, R.S. & MC GILL, J.D. (1979): The use of chironomid pupal exuviae for biological surveillance of water quality.- Tech. Memo. 18, Department of the Environment, Water Data Unit, Reading.

WIMMER, E (1906): Die verschiedenen Verfahren zur Schmutzwasser-Reinigung unter besonderer Berücksichtigung des Kosten.- Baensch, Dresden.

WINBLAD, UNO (1996)[#]: Recent Development in Sanitation.- Environmental Research Forum, Vols. 3-4, pp. 329-334, Transtec Publications, Zürich, Switzerland, ISBN 0-87849-736-6.

WINKLE, STEFAN (1974): Die Verseuchung der mittelalterlichen Städte.- Münchner Medzinische Wochenschrift 116: 2081-2088.

WINKLER, C. (1913a)[#]: Über die Beseitigung vegetationsschädlicher Gase und Dämpfe.- in:,Winkler: Vorträge und Abhandlungen über Abgase und Rauchschäden 8:77-90.

WINKLER, C. (1913b)[#]: Über den Wasserdampfgehaltes suarer Gase auf deren Vegetationsschädlichkeit.- in:,Winkler: Vorträge und Abhandlungen über Abgase und Rauchschäden 8:96-76.

WINKLER, J. (1985)[#]: Das Makrozoobenthon des Hochrheins im Jahre 1983.- Diplomarbeit (zusammen mit B. Koster), Technische Hochschule Darmstadt, Fachbereich Biologie.

WINKLER, J. (1990)[#]: Bestandsentwicklung der Köcherfliege Hydropsyche contubernalis nach dem Unfall bei Schweizerhalle im November 1986.- In: KINZELBACH, R. & FRIEDRICH, G. (Hrsg.) Biologie des Rheins. Limnologie aktuell 1: 361-368, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.

WINKLER, L.W. (1888)[#]: Die Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffs und die Löslichkeit des Sauerstoffs im Wasser.- Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft 21:2843.

WINKLER, L.W. (1889)[#]: Die Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffs und die Löslichkeit des Sauerstoffs im Wasser.- Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft 22:1764.

WINKLER, L.W. (1915)#: Über die Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffs in verunreinigten Wässern.- Zeitschrift zur Untersuchung von Nahrungs- und Genußmittelm 29:121.

WINKLER, O. (1954): Utilization of the running water mamcroonism as indicators of the water saprobity degrees (sensu Kolkwitz-Marsson) (slowak. m. eng·. Zsfg.).1 Tab., 6 Lit.- Vodohospodarsky casopis l: 128-138.

WINOGRADSKY, SERGIUS (1887): Über Schwefelbakterien.- Breitkopf & Härtel, Leipzig.

WINTER, LUDWIG (1977): Pneumatische Müllentsorgungsanlage in der Altstadt Karlsruhe.- Forum Städtehygiene 28: 167-169.

WINTERHALTER, L. (1890)#: Schwemmsystemliche Taktik.- in: Archiv für Rationelle Städteentwässerung 6:40-59.

WISSING, FRIEDRICH (1995): Wasserreinigung mit Pflanzen.- Ulmer, Stuttgart: 207 S.

WITTMACK, L. (1875)#: Beiträge zur Fischerei-Statistik des Deutschen Reichs sowie eines Theiles von Österreich-Ungarn und der Schweiz.- 251 S., Moeser W., Berlin.

WITTMANN, H. (1927): Der Einfluß der Korrektion des Rheins zwischen Basel und Mannheim auf die Geschiebebewegungen des Rheins; Ein Beitrag zur Frage der Geschiebebewegung in Flüssen.- Dissertation Technische Hochschule Darmstadt. (Kurzfassung in: Deutsche Wasserwirtschaft 10-12: 1-44.

WITTMANN, O. (1949): Tulla, Honsel, Rehbock - Lebensbilder dreier Wasserbauingenieure am Oberrhein.- Bautechnik 4:10-40 (Berlin: W. Ernst).

WODICZKA, WILHELM (1892): Die Marschfeldbewässerung und Verwerthung der Wiener Abfallwässer.- Frick, Wien.

WOHLGEMATH, R. (1917): Neue Wege für die Verwertbarkeit von Abwasserklärschlamm als Düngemittel.- Die Landw. Versuchsstationen 90.

WOLF, GERHART (1970): Die BASF.Vom Werden eines Weltunternehmen.- Ludwigshafen 1970:18.

WOLF, H. (1985)#: Biotopgestaltung von Wasservogellebensräumen am Beispiel von Stauseen und Hochwasserrückhaltebecken.- Wasserwirtschaft, 75, Nr.2: 57-66.

WOLFFHÜGEL,K. (1882): Wasserversorgung.- in: M. v. Pettenkofer und H. v. Ziemssen: Handb. d. Hyg. u. d. Gewerbekrankht. Leipzig:130ff.

WOOD, R. & PETTS, G. (1988): River regulation in the United Kingdom.- J. Wiley & Sons, London.

WUHRMANN, K. (1969): Selbstreinigung in Fließgewässern.- Berichte der Abwassertechnischen Vereinigung 23: 15ff.

WUHRMANN, K. (1972): Stream purification.- Water Pollution Microbiol. (New York (1972) 119ff.

WUHRMANN, K. ,EICHENBERGER,E. ,KRÄHENBÜHL,H. R. & RUCHTI,J. (1966): Modelluntersuchungen über die Selbstreinigung in Fließgewässern.- Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol. 16: 897ff.

WUHRMANN, K.; EICHENBERGER, E., LEIDNER, H. A. & WEST, D. (1975): Flow velocity as a rate determining factor for selfpurification in rivers.- Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie 37: 253-72.

WUHRMANN, KARL (1964): River bacteriology and the role of bacteria in self-purification of rivers.- in: Heukelekian & Dondero [Hrsg.]: Principles and application in aquatic microbiology, Wiley & Sons: 167-192.

WULSCH, A. (1903): Die landwirtschaftliche Verwertung der städtischen Kanalwässer nach dem Vorbilde von Eduardsfelde bei Posen.- Selbstverlag.

WULSCH, A. (1916): Ueber das Fließen und die Selbstreinigung der Flüsse.- Zeitschrift für Transportwesen 33 (25): 460-464.

WUNDSCH, H.H. (1912): Fischerei und Industrie im Gebiet der Sieg und ihrer wichtigsten Zuflüsse.- Zeìtschrift für Fischerei und deren Hilswissenschaften 16(1912-1915) 151-386.

WUNDSCH, H.H. (1919): Studien über die Entwicklung von Ufer- u. Bodenfauna.- Zeìtschrift für Fischerei 20.

WUNDSCH, H.H. (1926): Die Reinhaltung unserer Fischgewässer.- in: R. Demoll und H. N. Maier: Handbuch d. Binnenfischerei Mitteleuropas 6,Lief. 2. Stuttgart.

WUNDSCH, H.H. (1935): Vergiftete Fische.- Mitteilungen d. Landesanst. f. WBL 11: 113ff.

WUNSCH, ADOLF (1903): Die landwirtschaftliche Verwertung der städtischen Kanalwässer nach dem Vorbilde von Eduardsfelde bei Posen.- Selbstverl., Posen.

WURM, H.J. (1982): Fünfzig Jahre Entphenolung der Kokereiabwässer im Rheinisch-Westfälischen Industriegebiet.- Gewässerschutz, Wasser, Abwasser (Aachen) 60: 429-441.

WURTZ, C. B. (1955): Stream biota and stream pollution.- Sewage Industrial Wastes 27:1270-8.

WURTZ, C. B. (1956): Fresh-water mollusks and stream pollution.- Nautilus 69:96-100. n.

WÜSTHOFF, P. (1956): Kanalisation und Wasserrecht.- Berichte der Abwassertechnischen Vereinigung 7: 1055ff.

WUTTKE, ROBERT [HRSG.] (1904): Die deutschen Städte. Geschildert nach den Ergebnissen der ersten deutschen Städteausstellung zu Dresden, 2 Bd.- Leipzig.

WYSOCKI, JOSEF (1983): Kommunale Investitionen und ihre Finanzierung in Deutschland 1850-1914.- in: Wilhelm Rausch [Hrsg.]: Städte Mitteleuropas im 19. Jahrhundert, Linz: 165-180 (=Sozialdemokratische Gemeindepolitik Heft 9).

ZACHARIAS, OTTO (1888)#: Zur Kenntnis der Mikrofauna fließender Gewässer.- Biologisches Zentralblatt 8.

ZACHARIAS, OTTO (1888): Über die Verbreitung niederer Wassertiere durch Schwimmvögel.- Biologisches Zentralblatt 8.

ZACHARIAS, OTTO (1891): Die Thier- u. Pflanzenwelt des Süßwassers.- Leipzig: J. J. Weber.

ZACHARIAS, OTTO (1892): Die mikroskopische Organismenwelt des Süßwassers in ihrer Beziehung zur Ernährung der Fische.- in: Jahresber. d. Central-Fisch. Ver. Schleswig Holstein (1892/1893).

ZACHARIAS, OTTO (1898): Das Potamoplankton.- Zoologischer Anzeiger 21:41-8.

ZACHARIAS, OTTO (1903): Über das Phytoplankton des Themsestromes.- Biologisches Zentralblatt 23.

ZACHARIAS, OTTO (1905): Die moderne Hydrobiologie und ihr Verhältnis zu Fischzucht und Fischerei.- Biologisches Zentralblatt 25(9).

ZACHARIAS, OTTO (1908): Zur Erforschung der Najadenfauna des Rheingebietes.- Archiv für Hydrobiologie 3: 411-420.

ZACHER, H. & PRENK, B. (1952): Für und Wider den landwirtschaftlichen Wasserbau.- Wasser und Boden 4: 352ff.

ZAESLEIN, CLEWIN (G.?) (1949): Die hygienische Beurteilung des Rheins und seiner Nebenflüsse bei Basel im Zusamnenhang mit den bestehenden und projektierten Hoch- und Tiefbauten von öffentlichem Interesse.- Dissertation, Hygienische Anstalt der Universität Basel. Buchdruckerei Karl Werner AG, Basel: 40 S. + Anlagen.

ZEH, M. (1993)#: Reproduktion und Bewegungen einiger ausgewählter Fischarten in einer Staustufe des Hochrheins.- Diss. (Nr. 10288) ETH, Zürich: 131 S.

ZEISS, H. (1936): Hygiene und Technik.- Technikgeschichte 25: 66-73.

Zeitschrift (1869): Deutsche Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege Bd. 1, 4. Heft 1869 - 1892.- Vieweg.
Zeitschrift (1875): Gesundheit.- Loll, Elberfeld.
Zeitschrift (1878): Biedermann's Central-Blatt für Agrikulturchemie.- 7. Jg., Voigt, Leipzig.
Zeitschrift (1878): Verhandlungen des Internationalen Vereins gegen Verunreinigung der Flüsse, des Bodens und der Luft - 1. Versammlung am 1.u.2.Okt. 1877 in Cölln.- Voigt, Berlin, Leipzig.
Zeitschrift (1879): Reinigung und Entwässerung Berlins. Heft 1-13.- Hirschwald, Berlin.
Zeitschrift (1881): Sanitary engineering.- Spon, London.
Zeitschrift (1882): Cosmos Les Mondes: revue hebdomadaire des sciences par M. L'Abbé-Moigno.- Bureaux des Mondes, Paris.
Zeitschrift (1887): Centralblatt für allgemeine Gesundheitspflege: Organ des Niederhein. Vereins f. öff.Ges. 6.Jg. H.1.- Strauss, Bonn.
Zeitschrift (1890): Beiträge zur Physiologie und Morphologie niederer Organismen.- 5. Heft, Felix, Leipzig.
Zeitschrift (1895): Annales de la construction 1895, Mai. Wasserfiltration und chemische Reinigung.- .
Zeitschrift (1895): Journal of the Sanitary Institute: being Vol. XV of the Transactions of the Institute.- Sanitary Inst., London.
Zeitschrift (1896): Journal of the Sanitary Institute Vol. XVIII Part I April 1896.- Sanitary Inst., London.
Zeitschrift (1896): Nouvelles Annales de la construction.- 5. Serie, .
Zeitschrift (1897): Landwirtschaftliche Jahrbücher: Zeitschrift für wissenschaftl. Landwirtschaft. XXVI. Band heft 1.- Parey, Berlin.
Zeitschrift (1897): Public Health Vol. IX No.11 August 1897.- Allen, London.
Zeitschrift (1898): Revue d'hygiène et de police sanitaire.- 20. Jg., Masson, Paris.
Zeitschrift (1900): Correspondenzblatt für Schweizer Ärzte 1900 No.23.- .
Zeitschrift (1902): Journal of the Sanitary Institute 1902 (Being Vol. XXIII of the Transactions.- Sanitary Inst., London.
Zeitschrift (1904): Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Ber.- Hirschwald, Berlin.
Zeitschrift (1909): Wasser und Abwasser. Band 1 Nr. 1 15. Januar 1909 (water and sewage; L'eau potable et l'eau d'égout).- Bornträger, Leipzig.
Zeitschrift (o.J.): Chemiker-Zeitung.- Verl. d. Chemiker-Ztg., Cöthen.
Zeitschrift (o.J.): Der Hydrotekt: Zeitschrift für Wasserversorgung und Kanalisation 1. Jg. 1902/1903.- Costenoble, Berlin, Jena.
Zeitschrift (o.J.): Landwirtschaftliches Wochenblatt für Schleswig-Holstein Nr. 13 Jg. 51 29.3.1901.- .
Zeitschrift (o.J.): The Journal of State Medicine: the official organ of the Royal Institute of Public Health.- London.
Zeitschrift (o.J.): The surveyor (and municipal and county engineer).- St. Bridge's Pr., London.
ZELINKA, M. & P. MARVAN (1961)#: Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer.- Archiv für Hydrobiologie 57: 389-407.
ZELINKA, M. & V. SLADECEK (1964): hydrobiologie pro vodohospodare.18 Abb., 8 Taf., zahlr. Lit., Sachverz., Autorenverz.- 212 S., Prag.
ZELLNER, HEINRICH (1914): Die Verunreinigung der deutschen Flüsse durch Abwässer der Städte und Industrien.- Berlin.
ZERONI, H. (1868): Über die Choleravorgänge im Jahre 1867 in Mannheim.- Zeitschrift für Biologie 4: 495 ff.
ZHADIN, V.I. (1948): The Benthic Fauna of the Volga near Zhiguli and its possible Changes.- Trudy Zool. Inst. An. Sssr 8,3-4:413-466.
ZHINGRAN, V. G., AHMAD, S. H. & SINGH, A. K. (1989): Application of Shannon-Weaver index as a measure of pollution of River Ganga at Patn, Bihar.- Curr. Sci. 48:717-20.
ZIEBILL, OTTO (1955): Geschichte des deutschen Städtetages. Fünfzig Jahre deutsche Kommunalpolitik.- Stuttgart u.a.
ZIESE, M. (1985)#: Makrozoobenthon eines Querprofils des Rheines bei Wiesbaden.- Mainzer Naturwiss. Archiv, Beih. 5: 85-102.
ZIESE, M. (1987a)#: Das Makrozoobenthos des Rheins im Bereich von Mainz und Wiesbaden.- Mainzer Naturwiss. Archiv, Beih. 7, 132 S.
ZIESE, M. (1987b)#: Trinkwasser aus dem Rhein.- Geographie heute 8 (50).
ZIMMERMANN, JÜRGEN (Red.) (): Abwasserreinigung in der Region Basel.- Pro Rheno - Der Weg zm Ziel, Basel, 211 S.
ZIMMERMANN, P. (1961): Experimentelle Untersuchungen über die ökologische Wirkung der Strömungsgeschwindigkeit auf die I.ebensgemeinschaften des fließenden Wassers. 22 Abb., 9 Tab., 46 Lit.- Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie 23: 1-81.
ZÖLSMANN, H. (1969): Investitionen zur Reinhaltung der Gewässer in der Bundesrepublik Deutschland.- Korrespondenz Abwasser 9: 174 ff.
ZON, HENK VAN (1986)#: Een zeer omfrisse geschiedenis - Studies over niet - industriele vervuiling in Nederland, 1850 - 1920.- Dissertation, Rijksuniversiteit te Groningen: 344 S.
ZOPF (1882): Zur Morphologie der Spaltpflanzen.- Veit, Leipzig.
ZOPF, WILHELM (1885): Die Spaltpilze.- 3. Aufl., Trewendt, Breslau.
ZSCHIESCHE, A. (1910): Nochmals das Fischsterben in der Altmühl.- Allg. Fischerei-Zeitung 35 (1910).
ZSCHOKKE, F. (1916): Die Tierwelt der Umgebung von Basel nach neueren Forschungen.- Verhandlungen naturforschende Gesellschaft Basel 28:28-65.
ZSCHOKKE, F. (1919): Der Rhein als Bahn und Schranke der Tierverbreitung.- Verh. naturforsch. Gesell. Basel.
ZSCHOKKE, F. (1931): Die Tierwelt.- in:Haushofer [Hrsg.]: Der Rhein: Sein Lebensraum, sein Schicksal I, Berlin:352 S.:221-254.
ZUELZER, M. (1908): Zur Kenntnis der biologischen Wasserbeurteilung.- Int. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph. 1: 38 ff.
ZÜLLIG, H. (1956): Sedimente als Ausdruck des Zustandes eines Gewässers.- Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie 18: 5-143.
ZUNKER, F. (1942): Versteppung und Abwasserverwertung.- Archiv für Wasserwirtschaft 61 (1942) 35 ff.
ZWICK, P. (1992): Stream habitat fragmentation - a threat to biodiversity.- Biodiversity ans Conversation 1:80-97.
ZWICK, P. (1995): Reinstatement and revision of genus Besdolus (Plecoptera: Perlodidae).- Entomologica scandinavica 26(1)1-16.
ZWOLLE (1978): Rhine pollution: 127 S.-