

SIEGFRIED LEWARK

Die Holzschwelle im Wettbewerb

Die Holzschwelle im Wettbewerb¹⁾

Von S. Lewark

Die Geschichte der hölzernen Eisenbahnschwellen in Deutschland ist 150 Jahre lang, so lang wie die Geschichte der Eisenbahn selbst. Die Holzschwelle verdient Aufmerksamkeit aber nicht nur wegen des Jubiläums, das die Deutsche Bundesbahn 1985 gefeiert hat, sondern sie stellt wegen ihres weltweiten Einsatzes und des technologischen Entwicklungsstandes eine nach wie vor aktuelle und interessante Holzverwertung dar.

Die Geschichte der Holzschwelle ist eine Geschichte des Wettbewerbs. Es soll nachfolgend aber außer dem Verdrängungsgeschehen selbst in Zahlen auch dessen Hintergrund dargestellt werden.

Funktion der Eisenbahnschwelle, Entwicklung bis heute

Neben der Entwicklung der Lokomotiven ist auch die des Gleisbaus in der neugestalteten Eisenbahnabteilung des Deutschen Museums in München ausführlich dokumentiert. Als Vorläufer der Eisenbahn sind vor allem die „Hunde“ zu nennen. Das sind zunächst von Menschen, dann von Pferden bewegte Förderwagen im deutschen und britischen Bergbau auf ihren hölzernen Bohlen vom 16. Jahrhundert an. Die hölzernen Spurnagelwagen wurden von einem senkrechten Spurnagel in einem Spalt zwischen den Bohlen geführt. Es gab dann ein Phase des gleichzeitigen Einsatzes von Pferdezug und Lokomotiven, seit dem Beginn des letzten Jahrhunderts. Auch die Waldeisenbahnen wurden zum Teil lange Zeit von Pferden gezogen, wie eine Abbildung bei GAYER und FABRICIUS (1921) zeigt.

Der „Adler“ fuhr auf seiner historischen ersten Fahrt von Nürnberg nach Fürth 1835 auf Flachschiene mit rechteckigem Querschnitt, die auf hölzernen Langschwellen lagen. Diese lagen wiederum auf Holz- oder Steinklötzen. Querschwellen waren noch nicht vorhanden, wie man auf zeitgenössischen Darstellungen gut erkennen kann. Sehr bald waren es dann aber hölzerne Querschwellen, die die Aufgabe hatten, die Schienen zu befestigen und feste Gleislage und Spurhaltung zu sichern.

Schienen und Schwellen liegen als „schwimmender Gleisrost“ im Schotterbett. Zusammen leiten sie als Oberbau der Eisenbahn die Betriebslast auf den Unterbau ab. Beim bewährten „Oberbau K“ ist auf die Holzschwelle mit vier Holzschrauben eine stählerne Unterlagsplatte geschraubt. Die Schiene liegt auf der Zwischenlage, die bis vor etwa zehn Jahren aus verdichtetem Pappelholz bestand und seither aus Kunststoff ist. Innen und außen ist die Schiene mit Hilfe einer Hakenschraube, eines Federringes und einer Klemmplatte kraftschlüssig befestigt. Diese material- und arbeitsaufwendige Befestigungsart beim „Oberbau K“ eignet sich für Holz- und Betonschwellen. Bei der heute verwendeten Betonschwelle „B 70“ erfolgt die Befestigung aber ohne Unterlagsplatte direkt mit Spannklemmen. Auch bei der Holzschwelle wurden weniger aufwendige Befestigungen entwickelt, die aber die Festigkeit der K-Befestigung bisher nicht erreichen.

Bundesbahn reduziert Tropenholzeinsatz

Nach Mitteilung des Bundesbahn-Zentralamtes Minden werden von der Deutschen Bundesbahn Tropenhölzer gegenwärtig nur noch für Weichenschwellen verwendet. Die Einkaufsmenge wurde seit Jahren vermindert. Sie betrug 1989 noch 50 000 laufende Meter gegenüber 720 000 im Jahre 1980.

Die Bundesbahn strebt an, den Einsatz tropischer Hölzer auch für die aus technischer Sicht noch verbliebenen Verwendungsbereiche vollständig zu substituieren, obwohl für die Substitutionsmaterialien erheblich höhere Kosten entstehen.

Folgende Substitutionsmöglichkeiten werden untersucht:

- Verwendung von keilzinkenverleimten Buchenschwellen,
- Verblattung von kurzen Eichenschwellen zu Langschwellen,
- erhöhter Anteil des Einbaus von Betonweichenschwellen,
- vermehrte Einbeziehung ausländischer Eichenholzmärkte.

Produktion der Holzschwelle und technologische Eigenschaften

Der Produktionsgang der Holzschwelle ist diskontinuierlich, besteht aus mehreren Schritten und dauert länger als der von Beton- und Stahlschwelle. Er beginnt mit der Ausschreibung durch die Deutsche Bundesbahn, dem Liefervertrag zwischen Bundesbahn, Sägewerk oder Holzhandel und dem Vorvertrag zwischen Sägewerk und Waldbesitzer, oft nur einer mündlichen Absprache. Die Sägewerke sind zwischen zwei starken Marktpartnern in einer schwierigen Position.

Es folgen Einschlag und Aushaltung als Verwendungsorte nach der Handelsklassensortierung (HKS, Anlage zu § 1 HKLVVO) aus Schaft- oder Kronenholz. Das Eichenholz für Weichenschwellen wird allerdings oft als Langholz ausgehalten und erst im Sägewerk assortiert, so daß es in den Holzpreis- und -mengenstatistiken nicht erscheint. Die Bundesbahn ist interessiert an einer frühzeitigen Lieferung und einem Einbau eines möglichst großen Teils der Gleischwellen noch im selben Jahr.

Der Einschnitt erfolgt ein-, zwei- oder mehrstielig, wovon die Ausbeute, aber auch das Formverhalten abhängt. Darauf erfolgt eine Lufttrocknung in Z-Stapeln bis zur Tränkreife, die für die Buche bei einem Holzgewicht von 750 kg/m³ angenommen wird. Die Schwellenenden werden mit S-Haken, Krallenbändern, Stahlbandagen oder Nagelplatten gegen Aufreißen gesichert. Weitgehend automatisch werden die Auflager gehobelt und die Schraublöcher und auf der Unterseite acht weitere Löcher zur Verbesserung der Tränkmittelaufnahme gebohrt (G. SCHULZ, 1970). Schließlich folgen Kesseldruckimprägnierung und Aufplatten. Alle Arbeitsschritte werden von der Deutschen Bundesbahn kontrolliert. Am Schluß erfolgen die Abnahme durch die Bundesbahn und der Transport in Zwischenlager.

Die für Schwellen eingesetzten Holzarten unterscheiden sich stark in ihrer natürlichen Dauerhaftigkeit und deren Verlängerung durch Holzschutzmaßnahmen. Die Buche wird seit 1966 nach dem verbesserten Doppel-Rüping-Spartränkverfahren behandelt, wodurch der biologische Abbau im Gleis von 3 auf etwa 50 Jahre hinausgeschoben wird. Der Schutz durch Imprägnierung hat einen solchen Stand erreicht, daß die Entscheidung zum Ausbau von Schwellen, sofern er überhaupt im Zustand der Schwellen begründet ist, in erster, aber auch in zweiter Lage meist nicht mehr aufgrund des biologischen Abbaus, sondern aufgrund des mechanischen Verschleißes fällt.

Die Gebrauchseignung der Holzschwelle ist durch eine Reihe von technologischen Eigenschaften zu kennzeichnen, die man nach den drei Anforderungen Dauerhaftigkeit, mechanische Beanspruchbarkeit und Formverhalten zusammenfassen kann (SCHWAB und SCHULZ, 1983). Entscheidend für die Liegedauer sind Dauerhaftigkeit und mechanische Beanspruchbarkeit, und diese wird von den elastischen Eigenschaften, den Festigkeitseigenschaften und der Härte bestimmt. Die rollende Betriebslast stellt eine Wechsellast dar. Dabei ist das Biegeverhalten in Faserrichtung und das Druckverhalten quer zur Faser entscheidend. Die Elastizität ist daneben sehr wichtig bei außergewöhnlichen Beanspruchungen wie schlechter Lage des Gleises, bei Entgleisungen, die beim Rangierbetrieb vorkommen, beim Abbremsen mit Hemmschuhen, bei Radflachstellen und bei Schienenstößen, die es allerdings bei der Bundesbahn kaum noch gibt – hier ist die Holzschwelle der Betonschwelle deutlich überlegen.

Die Härte beeinflusst die Lage im Schotterbett, von der der Querverschiebewiderstand des Gleisrostes abhängt: Extrem hartes Holz wie Bongossi verkeilt sich schlechter und langsamer als etwa eine Eichenschwelle. Aber diese Größe wurde bisher im unbelasteten Zustand gemessen und scheint überschätzt worden zu sein (HORN, 1978). Die Betonschwelle zertrümmert den Schotter schneller als die Holzschwelle (KLUGAR, 1980). Die Schwellen liegen im Schotter im Bereich starker Feuchtigkeitsschwankungen. Die Schwindung in Faserlängsrichtung beeinflusst die Spurhaltung, wird aber gemindert durch die Tränkung.

Die Lage des Gleisrostes ist bei höherem Schwellengewicht besser. Das Gewicht der Holzgleisschwelle ist mit etwa 170 kg

¹⁾ Vortrag vor dem Forstwissenschaftlichen Fachbereich der Universität Göttingen am 27. 1. 1986, überarbeitet.

(aufgeplattet) gering. Die Betongleisschwelle wiegt mit 300 kg fast doppelt soviel. Das geringere Gewicht der Holzschwelle erleichtert aber den Transport, was auch für den Export wichtig ist, und jede Manipulation, etwa die Einzelauswechslung. Die elektrische Isolation ist mit und ohne Imprägnierung ausreichend für die Anforderungen von Signaltechnik und Gleisstromkreisen. Bei der Betonschwelle ist zusätzlicher Aufwand zu treiben, bei der Stahlschwelle erst recht. Die Holzschwelle hat zusammen mit dem Schotterbett gute Körper- und Luftschalldämmung, die Weichholzschnellen eine noch bessere als die Hartholzschnellen. Daher wurden beispielsweise beim U-Bahnbau in München Kiefernschwelen eingesetzt. Die Schalldämmung ist vor allem bei der Stahlschwelle ein Problem. Die Bearbeitbarkeit der Holzschwelle ist viel besser als die der Betonschwelle. Das ist besonders wichtig bei Einzelauswechslungen, in Bahnhof- oder Tunnelbereichen und auch bei der Aufbereitung für die Wiederverwendung.

Insgesamt geht es bei der Gebrauchseignung immer um das Zusammenwirken aller Teile des Oberbaus im System Rad/Schiene, wie es die Verkehrsplaner ausdrücken, und nicht um die einzelnen technologischen Kenngrößen von Teilen des Oberbaus. Die Holzschwelle hat eine Reihe von Vorzügen gegenüber der Betonschwelle. Daher ist Aussagen über eine technologische Gleichwertigkeit so generell nicht zuzustimmen. Die Vorzüge der Holzschwelle kommen aber bei hoher Mechanisierung und intensiver Unterhaltung wie bei der Deutschen Bundesbahn nicht mehr in dem Maße zur Geltung wie in vielen anderen Ländern, was auch eine Bedeutung für den Export hat.

Einsatz von Holzschwellen von 1835 bis heute

Die 150 Jahre der Verwendung von Eisenbahnschwellen in Deutschland kann man in drei Perioden unterteilen: In der Zeit bis 1880 wurden nur Holzschwellen eingebaut, danach gab es etwa 65 Jahre lang einen Verdrängungswettbewerb mit der Stahlschwelle, wobei während der beiden Weltkriege keine Stahlschwellen produziert wurden. Die letzten vierzig Jahre schließlich sind geprägt durch die Konkurrenz von Holz- und Spannbetonschwelle.

Abbildung 1 zeigt die Anteile der Holz-, Stahl- und Betonschwellen im Gleisnetz von 1939 bis 1981. Die Schwellen liegen zum Teil in Gleisen untergeordneter Bedeutung noch nach 50 und mehr Jahren. Im Gleisnetz der Deutschen Bundesbahn von 59 000 km lagen 1981 von knapp 100 Mill. Gleisschwellen 45 % Holzschwellen, noch 22 % Stahlschwellen und bereits 33 % Betonschwellen.

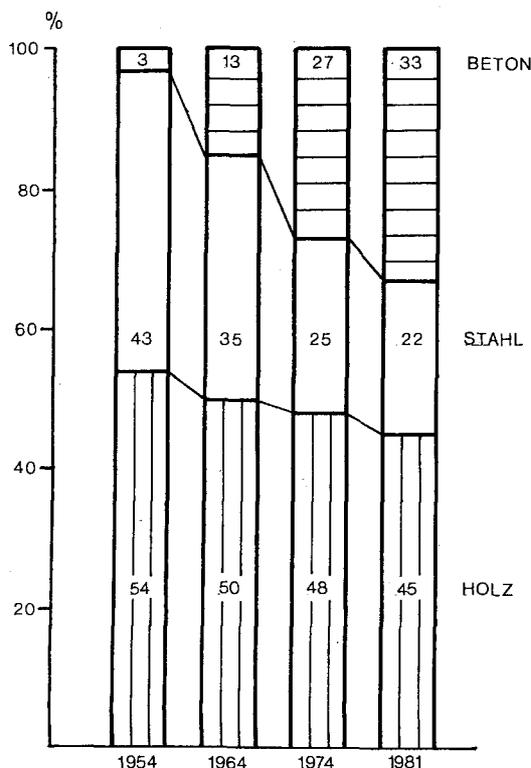


Abb. 1: Wegen der langen Liegedauer ist der Anteil der hölzernen Gleisschwelle im Gleisnetz der Deutschen Bundesbahn und selbst der Anteil der nach 1933 nicht mehr eingebauten Stahlschwelle noch hoch, während der Anteil der heute überwiegend eingebauten Betonschwellen erst langsam steigt.

Bei der Holzschwelle hat es Veränderungen der Holzartenanteile gegeben – heute werden in der Bundesrepublik nur noch Buchengleisschwellen eingebaut. 1880 waren noch über die Hälfte Eichenschwellen und knapp zur Hälfte Kiefernschwelen mit einem kleinen Lärchenanteil (Abb. 2).

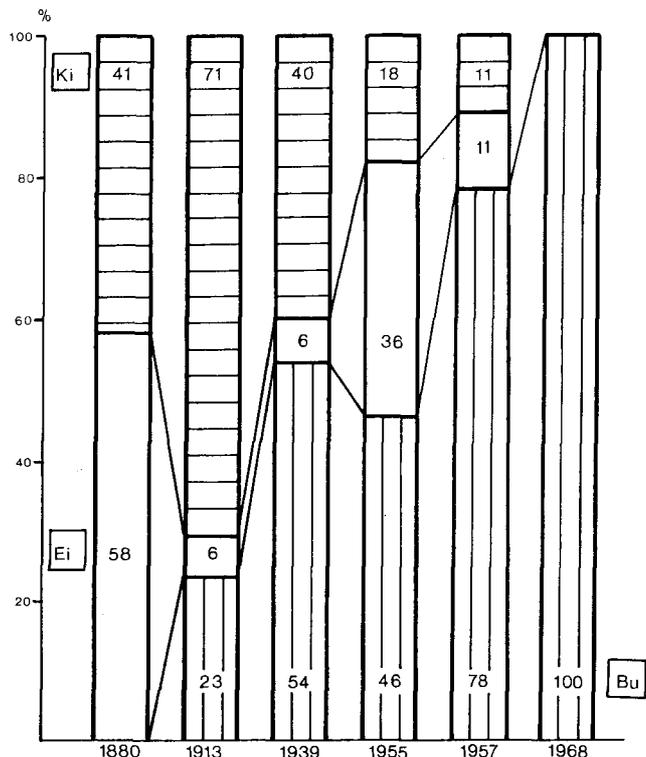


Abb. 2: Die hölzernen Gleisschwellen der Deutschen Bundesbahn sind heute fast ausschließlich aus Buche – ein Ergebnis der Entwicklung von Imprägnier-technik und Holzmarkt.

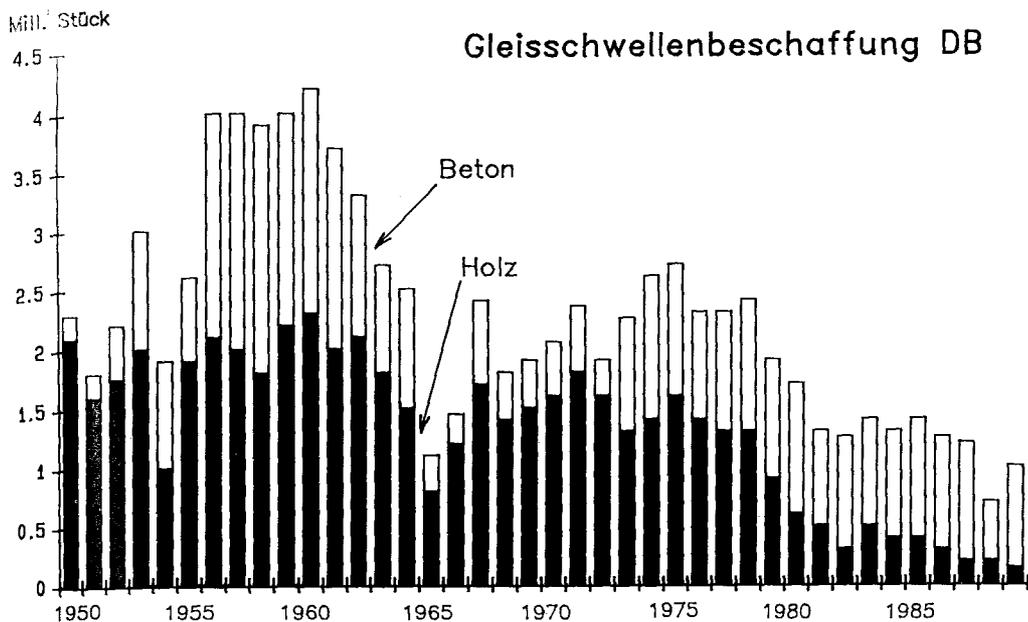
Bei der Gleisschwellenbeschaffung der Deutschen Bundesbahn von 1950 bis 1987 (Abb. 3) ist eine Phase des Nachholens von 1955 bis 1962 zu erkennen, danach ein Absinken des Schwellenaustauschs. Die höheren Anschaffungszahlen in den 70er Jahren gehen größtenteils auf das Verstärkungsprogramm zurück, bei dem auf den Hauptabfuhrgleisen und auf den Nebenferngleisen die leichteren Schienen durch den schwereren Typ UIC 60 ersetzt wurden mit dem Ziel, die Unterhaltungskosten zu senken. Hervorzuheben sind auch die Schwankungen von Jahr zu Jahr, die auf die jeweilige Haushaltslage der Deutschen Bundesbahn zurückzuführen sind. Darauf können sich die Marktpartner nur schwer einstellen.

Der Holzschwellenanteil bei der Beschaffung (Abb. 3) sank bis zum Ende der 50er Jahre grob von 80 auf 50 %, lag bis zum Anfang der 70er Jahre um 70 % und sank dann stark ab. Der bisher geringste Anteil betrug 1982 nur 18 % oder 200 000 Stück. Das absolute Maximum wurde 1960 mit 2,3 Millionen erreicht. Die Bundesbahn hat aber noch 1985 angekündigt, auch weiterhin Holzgleisschwellen zu kaufen, wenn auch in verringertem Umfang (Die Holzschwelle 96/1985, S. 7).

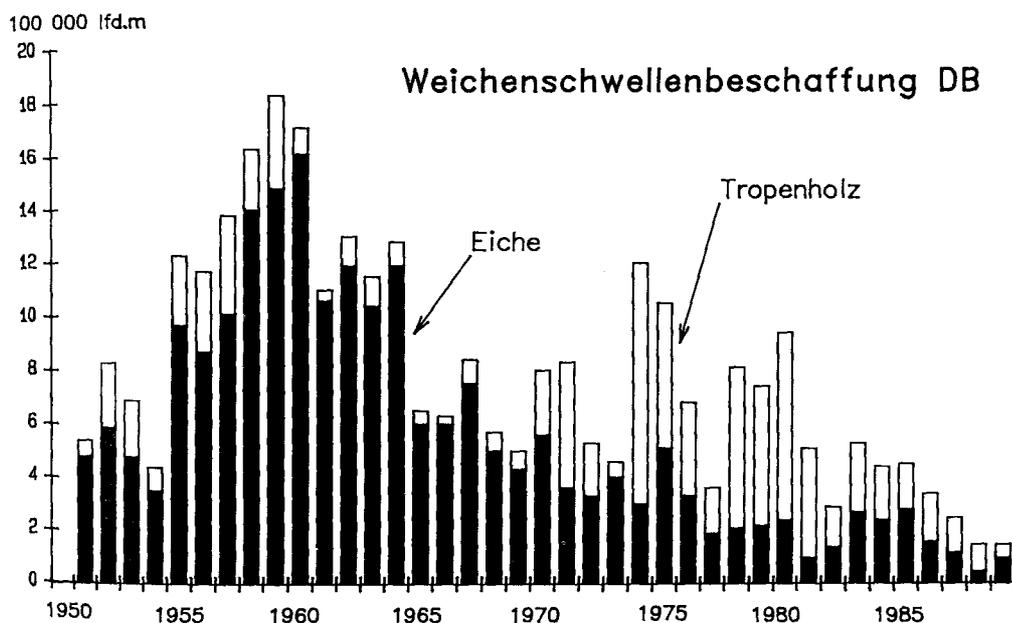
Bei den Weichenschwellen (Abb. 4) verlief die Beschaffung mit Nachhol- und Verstärkungsphase ähnlich wie bei der Gleisschwelle, aber die Schwankungen von Jahr zu Jahr waren noch größer. Hier sind bis in die allerjüngste Zeit fast ausschließlich Holzschwellen eingesetzt worden. 1984 wurden nach ungewohnt kurzer Erprobung erstmalig 10 000 Betonweichenschwellen eingebaut.

Bis 1958 wurden, von Versuchen abgesehen, ausschließlich einheimische Holzarten verwendet, neben Eiche Kiefer und Buche. Dann wurden von den einheimischen Holzarten nur noch Eichen und dazu zehn Jahre lang Tropenhölzer mit einem Anteil von 5 bis 10 % eingesetzt, weil sich die Deutsche Bundesbahn von Holzmarktschwankungen unabhängiger machen wollte. Zu Zeiten erhöhter Eichenholzpreise wurden dann diese Tropenhölzer – bis 1983 vor allem Bongossi, dann auch Keruing, Balau und Chengal – nach zufriedenstellendem Versuchseinsatz in großem Umfang eingekauft, in den letzten Jahren aber wieder weniger (Abb. 4).

Entsprechend den vorgestellten Beschaffungszahlen der Deutschen Bundesbahn ist der Einschlag von Schwellenrundholz in der Bundesrepublik Deutschland ständig zurückgegangen. Er schwankte zwischen 500 000 und 200 000 Fm. Man kann überschläglic mit



b. 3: Die Gleisschwellenbeschaffung der Deutschen Bundesbahn weist wegen der jeweiligen Haushaltsmittel und der Marktsituation sehr große Schwankungen bei der Gesamtmenge und der Aufteilung auf Holz- und Betonschwellen auf. Insgesamt ist die Tendenz stark abnehmend, weil der Ersatzbedarf zurückgeht.



b. 4: Die Eiche, die ursprünglich in starkem Umfang auch für Gleisschwellen eingesetzt wurde, ist die traditionelle Holzart für Weichenschwellen. Wegen des Anstiegs der Eichenpreise ging die Deutsche Bundesbahn seit Beginn der siebziger Jahre verstärkt Einsatz von Tropenhölzern über. Auch beim Umfang der Weichenschwellenbeschaffung der Deutschen Bundesbahn sind ähnliche Schwankungen und abnehmende Tendenz zu erkennen. Seit 1984 werden auch Weichenschwellen aus Spannbeton endet (in der Abbildung nicht enthalten).

5 Gleisschwellen aus 1 Fm Rohholz rechnen, von denen allerdings im Mittel nur noch 3,5 den Qualitätsanforderungen der Bundesbahn genügen. Die Importe spielten bei der Gleisschwelle, anders als bei der Weichenschwelle, eine untergeordnete Rolle.

Ein Ersatz von 2,5 % der Holzschwellen bei der Auswechslung wiederum durch Holzschwellen würde bei einer mittleren Verwendungsdauer von 40 Jahren im Mittel jährlich 1 Million neuer Schwellen oder einen Einkauf von mehr als 250 000 Fm Schwellenrundholz nur für die Bundesbahn bedeuten. Diese Zahlen scheinen aber heute unrealistisch.

Wegen des unausgeglichene Alters der eingebauten Schwellen und auch wegen der Schwankungen im Haushalt der Bundesbahn werden wahrscheinlich Beschaffungszahlen wie 1982 keine Ausnahme bleiben. Für das in vollem Gange befindliche Neu- und Umbauprogramm mit seinen Schnellfahrstrecken sind insgesamt etwa 1,7 Mill. Gleisschwellen zu veranschlagen (HORN, 1978), auf mindestens zehn Jahre verteilt. Die Bundesbahn will nur Betonschwellen einsetzen, und zwar auch für die Weichen in den durch-

gehenden Hauptgleisen (KAES UND SCHULTHEISS, 1984). Auch in der ehemaligen DDR wurde zu jener Zeit die Spannbetonweichenschwelle eingeführt – insgesamt sind hier aber bereits 80 % des Gleisnetzes mit Betonschwellen ausgerüstet (FÜHRER, FRANZ UND BERG, 1985).

Gründe für die Substitution der Holzschwelle

OLLMANN (1972) hat sieben mögliche Gründe für die Substitution der Holzschwelle zusammengestellt, von denen zwar fünf eine Bedeutung hatten oder haben, aber heute offenbar ein einziger, die Beschaffungskosten, entscheidend ist. Die technologischen Eigenschaften von Holz- und Betonschwelle habe ich bereits behandelt. Nachfolgend werden die übrigen vier Punkte OLLMANNs dargestellt:

1. Unzureichende Angebotsmenge – die Nachfrage muß sich Ersatzprodukten zuwenden. Dies hat um 1870 und in den 50er Jahren dieses Jahrhunderts zu Substitutionsbewegungen geführt. Eine Verknappung des Angebotes von Holzschwellen aufgrund der Holzmarktlage gab es bei der Gleisschwelle auch am Anfang der 70er Jahre, als die Deutsche Bundesbahn nicht die gewünschten Mengen einkaufen konnte. Bei der Weichenschwelle wick sie auf die Tropenhölzer aus, wie oben gezeigt.
2. Technologische Veränderungen im Verwendungsbereich, die zu besserer Eignung von Substitutionsgütern führen. Hier ist vor allem die Mechanisierung im Gleisbau zu nennen, der bei der Holzschwelle durch Qualitätsanhebung begegnet wurde. OLLMANN hebt hervor, daß dadurch ein immer geringerer Teil der produzierten Holzschwellen den Qualitätsanforderungen der Bundesbahn genügt, was natürlich Rückwirkungen auf die Kosten haben muß.

3. Neugestaltung der Verwendungsbereiche – das bisherige Produkt und andere vergleichbare Produkte werden nicht mehr gebraucht. Ein schotterloser Oberbau würde die Holzschwelle entbehrlich machen. Die bisherigen Versuche haben zu technisch befriedigenden Lösungen geführt, aber der Aufwand, bei Bau und Unterhaltung, scheint für eine allgemeine Einführung in größerem Maßstab prohibitiv zu sein.

4. Überlegenheit eines Substitutionsproduktes hinsichtlich Einkaufspreis und Gesamtkosten. In Abbildung 5 sind die Kosten für die einbaufertige Buchengleisschwelle der Gruppe 1 (75 % der DB-Beschaffung), der Betonschwelle „B 70 W“, die seit 1970 eingebaut wird, und der rohen Buchengleisschwelle Gruppe 1 aufgetragen. Der Kostenunterschied der einbaufertigen Schwellenarten ist wenig angewachsen. Der Anstieg der Kurve ist bei der Betonschwelle ausgeglichener als bei der Buchenschwelle, deren Preis seit 1982 praktisch gleichblieb.

Die Kosten der rohen Buchenschwelle machten zu Beginn der siebziger Jahre ein Drittel der der einbaufertigen aus, heute nur noch

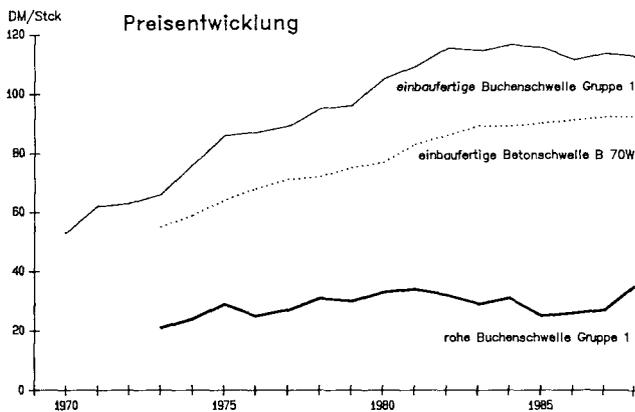


Abb. 5: Die Preise der einbaufertigen Buchengleisschwellen liegen deutlich über den Preisen der seit 1970 eingebauten Betonschwelle B 70 W. Die Betonschwellenpreise sind ständig gestiegen. Die Preise der einbaufertigen Holzschwelle sind bis 1982 ebenfalls gestiegen und seitdem praktisch gleichgeblieben, während der Preis der rohen Buchenschwelle seit fünfzehn Jahren nahezu gleichblieb. Der Anteil des Rohschwellenpreises am Preis der einbaufertigen Holzschwelle ist in dieser Zeit von etwa einem Drittel auf ein Sechstel zurückgegangen.

ein Sechstel. Die übrigen Kosten entstehen überwiegend für Kleisen und Aufplattung, zu einem Drittel für die Imprägnierung. Die Kosten des Rohstoffes Holz ab Wald stellen nur noch grob zwei Drittel der Kosten der rohen Buchenschwelle dar. Der Einbau ins Gleis kostet etwa noch einmal soviel wie die einbaufertige Schwelle und ist bei der Betonschwelle etwas teurer, bei denselben Einbauverfahren.

HORN (1978) hat für Holz- und Betonschwellen aus den Kosten von Beschaffung, Einbau, Unterhaltung, Liegedauer, Verzinsung und Altschwellenwert bzw. Entsorgungskosten die Jahreskosten berechnet. Sie liegen 1975 bei 13,83 DM für die Holzschwelle und 17,92 DM für die Betonschwelle. Wenn man erste und zweite Liegedauer getrennt berechnet, fallen die Unterschiede für die erste etwas geringer, für die zweite sehr viel deutlicher aus.

Diesen Berechnungen wird in der Literatur nicht widersprochen. Auch heute dürften die Jahreskosten der Holzgleisschwelle unter denen der Betonschwelle liegen. Die Deutsche Bundesbahn ist aber offenbar gezwungen, ihre Einkaufspolitik an den Beschaffungskosten auszurichten.

Ausblick

Die Holzschwellenverwendung wurde aus der Sicht der Forstwirtschaft am Ende der 50er Jahre von MAYER-WEGELIN (1955) folgendermaßen gekennzeichnet:

„Es müßte im Interesse der Waldwirtschaft liegen, daß die Verwendung des Buchenholzes im Eisenbahnoberbau auch in Zukunft erhalten bleibt; denn auf dem gesicherten Absatz einmal des sonst schwer verwertbaren mittleren Stammstücks guter Erntestämme und ferner der bei der Durchforstung anfallenden grobstämmigen Vorwüchse fußt die Möglichkeit der nachhaltigen Pflege der Buchenbestände . . .“

„Es mag sein, daß später einmal Verarbeitungsverfahren, die das Holz zerspannen oder chemisch aufschließen, diese Buchenholzsorte ergreifen und sich deren Beschaffung durch entsprechende Kaufpreise sichern werden; vorerst aber dürfte die Verwendung zu Bahnschwellen auch die wirtschaftlichste Verwertung dieses Teils des Buchenholzanfalles darstellen.“

Heute gibt es konkurrierende Verwender dieses Rohstoffes, vor allem die Paletten- und die Spanplattenindustrie; und es gibt mit der Betonschwelle ein technologisch vergleichbares Substitutionsprodukt zu einem geringeren Beschaffungspreis, wenngleich offenbar noch nicht von höherer Wirtschaftlichkeit. Die Betonschwelle schiebt sich offenbar immer mehr in den Vordergrund.

Der Holzpreis stellt weniger als ein Viertel der Kosten der verlegerten Holzschwelle dar. Auch eine drastische Senkung des Holzpreises würde also den Preis der verlegerten Holzschwelle nicht unter den der Betonschwelle sinken lassen, solange man bei der K-Befestigung bleibt. Entscheidend für die Jahreskosten der Schwellenarten ist aber die Liegedauer, die bei der Betonschwelle „B 70 W“ erst noch unter Beweis zu stellen ist.

Die Deutsche Bundesbahn scheint sich vorwiegend am Beschaffungspreis, daneben auch an den Unterhaltungskosten, zu orientieren. Damit könnte der Holzschwelleneinsatz der Deutschen Bundesbahn noch weiter sinken und auf Bahnhofsbereiche, Rangiergleise und Nebenstrecken beschränkt werden. Die Einkaufspolitik der Bundesbahn könnte auch von der Überlegung beeinflusst werden, wie sehr man sich vom Einsatz eines Produktes abhängig machen will. Das müßte zur Festlegung eines Mindestanteils von Holzschwellen führen.

Für die Holzschwellenindustrie ist die Frage zu stellen, wie sehr die Produktion absinken kann, ohne daß man den Anschluß bei der technologischen Entwicklung verliert. Das wird auch davon abhängen, in welchem Maße die übrigen inländischen Märkte, vor allem Holzschwellen für Industrie- und Nahverkehrsbahnen, erhalten bleiben oder ausgeweitet werden. Daneben könnte eine gewisse Kompensation durch eine Ausweitung des Exports erfolgen, der nicht zuletzt vom Dollarkurs abhängt. Die weltweite Situation der Holzschwelle wäre getrennt zu diskutieren. Es gibt beträchtliche Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern.

Für die Forstwirtschaft schließlich hat die Frage des Umfangs der Holzschwellenverwendung nicht mehr die frühere Bedeutung, so sehr man jede Verdrängung des Holzes aus einem Verwendungsbereich auch bedauern mag, noch dazu aus einem so traditionsreichen.

Zitierte Literatur

- FÜHRER, G., J. FRANZ und G. BERG (1985): Anpassung der konstruktiven Ausbildung der Fahrweges an die Erfordernisse eines leistungsfähigen gleisgebundenen Transports. Sign- und Schiene Nr. 6, S. 203-207. - GAYER, K., und L. FABRICIUS (1921): Die Forstbenutzung. 12. Aufl., Berlin. 693 S. - HORN, J. (1978): Die Wettbewerbsposition der Bucher Gleisschwelle. Die Holzschwelle Nr. 86, S. 7-96. - KAES, G. und H. SCHULTHEISS (1984): Der Oberbau auf den Neubaustrecken der Deutschen Bundesbahn. Eisenbahningenieur Nr. 9, S. 421-428. - KLUGAR, K. (1980): Der Einfluß der Schwellenwerkstoffe Holz u. Beton auf das Schotterbett. Die Holzschwelle Nr. 90, S. 11-17. - MAYER-WEGELIN, I. (1955): Die Entwicklung der Produktion und Verwertung des Buchenholzes mit besonderer Berücksichtigung der Verwendung des Buchenholzes im Eisenbahnoberbau. Die Holzschwelle, Nr. 18, S. 1-20. - OLLMANN, H. (1972): Die Zukunft der Holzschwelle. Forstarbeiter Nr. 2, S. 25-29. - SCHULZ, G. (1970): Die technische Entwicklung der Buchen-Gleisschwelle. AFZ Nr. 37, S. 777-778. - SCHULZ, G. (1976): Beschaffung und Behandlung von hölzernen Weichenschwellen bei der Deutschen Bundesbahn. Die Holzschwelle Nr. 85, S. 25-38. - SCHWAB, E., und G. SCHULZ (1983): Physikalisch-mechanische Untersuchungen an Schwellenhölzern. Die Holzschwelle Nr. 94, S. 3-17. - STEINWEDE, A. (1955): Holzschwellen in den Gleisen der Deutschen Bundesrepublik. Die Holzschwelle Nr. 1, S. 1-11. - ZIMMERMANN, G. (1982): Zahlenlexikon Holz. Stuttgart. 684 S.

Die Abbildungen sind zusammengestellt nach Angaben des Bundesbahnamtes Zentralamt Minden und aus HORN, 1978; SCHULZ, 1976; STEINWEGELIN, 1959 und ZIMMERMANN, 1982.

Professor Dr. Siegfried LEWARK lehrt und forscht im Institut für Forstbenutzung und forstliche Arbeitswissenschaft der Universität Freiburg i. Breisgau.

Kompensationskalkulation und Schwermetallzufuhr

Von H. Munk und P. Riess

Schwermetalle sind Elemente, deren spezifisches Gewicht >5 ist. Es gibt ca. 60 Elemente, die diese Bedingung erfüllen. Nur ein Bruchteil von ihnen befindet sich heute in der Umweltdiskussion. Die Beurteilung der ökotoxikologischen Relevanz dieser Elemente ist sehr schwierig, da sie zum größten Teil seit jeher in der Natur vorkommen (Tab. 1). Die Schwankungen der Gehalte im Boden sind hierbei von Standort zu Standort außerordentlich groß und vor allem zurückzuführen auf die geogene Vielfalt, aus der die Böden jeweils entstanden sind sowie z. T. auch auf anthropogene Einflüsse. Niedrige pH-Werte im Boden, z. B. unter Wald, können zu einer Verlagerung mancher

Elemente mit dem Sickerwasser geführt haben.

Einige dieser Elemente sind für Mikroorganismen, Pflanze, Tier oder Mensch lebensnotwendig. Ob sie toxikologische Bedeutung haben oder nicht, ist eine Frage der Menge bzw. Dosierung (Düngung). Für die Beurteilung der Schädlichkeit spielt nicht die Herkunft (natürliche oder industriell-technische) eine ausschlaggebende Rolle, sondern ihre chemische Bindung und damit ihre Reaktionsfähigkeit im Boden. Eine Wertung aufgrund ihres chemisch-physiologischen Verhaltens (Löslichkeit, Mobilität) in biologischen Systemen ist z. B. nur in Einzelfällen möglich.