

**Waldumbau in Nordostdeutschland durch Eichennachzucht
in MORTZFELDTschen Löchern**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften
der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau**

vorgelegt von

Gernod Bilke

**Freiburg im Breisgau
2004**

Dekan: Prof. Dr. E. Hildebrand

Referent: Prof. Dr. J. Huss

Korreferent: Prof. Dr. H. Spiecker

0 VORWORT

In diesem Vorwort wird, wie in vielen anderen auch, das Wort „Dankbarkeit“ sehr häufig verwendet. Man könnte als Außenstehender annehmen, dass es dadurch an Bedeutung verliert und Dank zu einer Phrase wird. Dem ist nicht so. Diese Arbeit ist nur durch eine starke Unterstützung von vielen Seiten möglich geworden, dessen bin ich mir sehr bewusst. Ich möchte hiermit manifestieren, dass diese Arbeit ohne all diese Unterstützung unmöglich hätte entstehen können.

Mein Dank gilt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung, welches durch die Förderung dieses wissenschaftlichen Vorhabens die Forschungsarbeiten in diesem Umfang erst ermöglichte.

Herrn Prof. Dr. Jürgen Huss danke ich nicht nur für die fachliche und persönliche Begleitung der Arbeit und die Übernahme des Referats. Ich danke ihm vor allem für die Räume des Geistes, die er mir gezeigt und erschlossen hat. Jeder der mich kennt, wird bestätigen, dass diese Zusammenarbeit mich sehr verändert hat.

Herrn Prof. Dr. Heinrich Spiecker danke ich für die Übernahme des Korreferats.

Ich danke meiner Frau, die mir ohne zu zögern und im vollen Wissen um die damit für sie verbundenen Belastungen diese wissenschaftliche Arbeit ermöglicht hat. Sie hat in diesen drei Jahren schier Unmögliches geleistet und mir nicht nur den Rücken freigehalten, sondern auch noch den Weg geebnet.

Dank gilt auch Axel Bartsch, Jens Geffert und Regina Wittmer. Weder widerwärtige Microsoftprodukte, stumpfsinnige Dauerklippungen, Fehler in Aufnahmeformularen, endlose Autobahnen, streikende Tensiometer noch „Hochleistungs-Eva“ haben sie auch nur einen Augenblick davon abgehalten, ihr Bestes zu geben.

Mein Freund Thomas Peters hat durch seinen Einsatz und seine Kenntnisse des VBA-Basic unsere Datenbank zu einem kleinen Wunder entwickelt. Ich danke ihm aber auch dafür, dass er jeden, noch so absurden, Versuchsansatz mit stoischer Ruhe mit mir bis zu Ende diskutiert hat.

Dr. Annett Degenhardt und Dr. Ulrich Pofahl sei für die grenzenlose Geduld gedankt, mit der sie meine Fragentiraden zu statistischen Problemen ertragen haben. Ihre Anregungen und Fingerzeige haben mir mehr als nur geholfen.

Dank gilt auch Eckhard Heuer. Er hat Anregungen gegeben, half ohne Rücksicht auf die eigene Person bei allen Problemen und vermittelte das Gefühl, auf dem richtigen Weg zu sein.

Gedankt sei auch Kerstin Hainke für ihre unermüdliche und präzise Arbeit, Ute Fiskal für Stammscheibendauersitzungen, Max Gewecke und Ulrich Strobel für die Hilfe bei Aufnahmen in den Weiten Brandenburgs, Raiko Schröter für die Hilfe bei semihydromorphen Böden, Andrea Schäfer für den guten Kontakt zum Forschungszentrum Jülich, David Butler für schnelle Hilfe in englischen Dingen und Petra Wolfgramm für die tatkräftige Unterstützung in Verwaltungsfragen.

Außerdem danke ich noch den Mitarbeitern der Landesforstverwaltungen von Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt, die bei der ersten Inventarisierung der Lochbestände viel Zeit investiert haben. Den Mitarbeitern der Landesforstanstalt Eberwalde sei ebenfalls gedankt.

0 Vorwort

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|---|-----------|
| Abbildungsverzeichnis | VI |
| Tabellenverzeichnis | X |
| | |
| 1 EINLEITUNG UND PROBLEMDARSTELLUNG | 1 |
| 1.1 EINFÜHRUNG IN DEN PROBLEMKREIS | 1 |
| 1.2 WALDBAUGESCHICHTLICHE ENTWICKLUNG DES MORTZFELDTSCHEN VORVERJÜNGUNGSBETRIEBES | 2 |
| 1.3 BESCHREIBUNG DES MORTZFELDTSCHEN VORVERJÜNGUNGS- BETRIEBES | 6 |
| 1.4 BEWERTUNG DES MORTZFELDTSCHEN VORVERJÜNGUNGSBETRIEBES VON 1890 BIS 1980 | 11 |
| 1.5 WISSENSCHAFTLICHE UNTERSUCHUNGEN ZU LOCHHIEBEN UND ZUM MORTZFELDTSCHEN VORVERJÜNGUNGSBETRIEB NACH 1980 | 13 |
| 1.6 ZIELE DER ARBEIT | 16 |
| 1.6.1 Rahmenbedingungen | 16 |
| 1.6.2 Fragestellungen der Arbeit | 16 |
| 1.6.2.1 Fragenbereich Inventur | 16 |
| 1.6.2.2 Fragenbereich Konkurrenzkraft und Stabilität der Lochbestände | 17 |
| 1.6.2.3 Fragenbereich Wachstumsentwicklung, Wuchsleistung und Qualität der Lochbestände | 17 |
| 1.6.2.4 Fragenbereich Verjüngungspotenzial für umgebende Bestände | 18 |
| 1.6.2.5 Waldbauliche Fragestellungen | 18 |
| | |
| 2 INVENTUR DER LOCHBESTÄNDE | 19 |
| 2.1 EINLEITUNG | 19 |
| 2.1.1 Kenntnisstand | 19 |
| 2.2 METHODIK DER INVENTUR | 19 |
| 2.2.1 Auffinden der Lochbestände und Datenerhebung | 19 |
| 2.2.2 Aufnahme der Verbandsart | 24 |
| 2.2.3 Altersbestimmung der Eichen der Lochbestände | 25 |
| 2.2.4 Pflanzenmaterial, Pflanzverbände und Pflanzdichten | 25 |
| 2.3 ERGEBNISSE DER INVENTUR | 26 |
| 2.3.1 Lage der MORTZFELDTschen Lochbestände | 26 |
| 2.3.2 Lage der Lochbestände zueinander | 28 |
| 2.3.3 Verteilung der Lochbestände auf die Standorte | 31 |

| | |
|--|-----------|
| 2.3.4 Form, Größe und Baumartenzusammensetzung der Lochbestände | 33 |
| 2.3.5 Alter der Lochbestände | 36 |
| 2.3.6 Verjüngungsart, Pflanzenmaterial, Pflanzverbände und Pflanzdichten | 37 |
| 2.4 DISKUSSION DER ERGEBNISSE DER INVENTUR | 38 |
| 3 STABILITÄT UND KONKURRENZVERHALTEN VON EICHEN IN LOCHBESTÄNDEN | 41 |
| 3.1 KONKURRENZVERHALTEN VON BÄUMEN IN LOCHBESTÄNDEN | 41 |
| 3.1.1 Unbeeinflusstes Konkurrenzverhalten von Bäumen | 41 |
| 3.1.2 Die Bedeutung der Durchforstung als Steuerinstrument der Konkurrenz | 42 |
| 3.1.3 Ansatzpunkte für eigene Untersuchungen zur Konkurrenzkraft und Stabilität von Eichen in Lochbeständen | 43 |
| 3.2 VERTEILUNGSMUSTER DER VITALSTEN EICHEN IN LOCHBESTÄNDEN | 44 |
| 3.2.1 Klassifizierung der Lochbestände | 44 |
| 3.2.2 Verteilungsmuster der vitalsten Eichen in älteren Lochbeständen | 45 |
| 3.2.2.1 <i>Definition der vitalsten Eichen eines Bestandes (Endbestandsbäume)</i> | <i>45</i> |
| 3.2.2.2 <i>Lage der Endbestandsbäume in Bezug zum Lochbestandesrand</i> | <i>46</i> |
| 3.2.2.3 <i>Lage der Endbestandsbäume in Bezug zur Himmelsrichtung</i> | <i>49</i> |
| 3.2.3 Verteilungsmuster der vitalsten Eichen in Lochbeständen der Initialphase | 51 |
| 3.2.3.1 <i>Mikroklimatische Bedingungen auf Lochhiebsflächen</i> | <i>51</i> |
| 3.2.3.2 <i>Aufnahme- und Auswertungsverfahren der Lochbestände in der Initialphase</i> | <i>52</i> |
| 3.2.3.3 <i>Ergebnisse der Bodenuntersuchungen der Lochbestandesflächen</i> | <i>54</i> |
| 3.2.3.4 <i>Verteilungsmuster der wuchskräftigsten Bäume hinsichtlich der Himmelsrichtung (Einstrahlungstyp)</i> | <i>55</i> |
| 3.2.3.5 <i>Mäuseschäden in den Lochbeständen Roofen 1 und 2</i> | <i>56</i> |
| 3.2.3.6 <i>Verteilungsmuster der wuchskräftigsten Bäume hinsichtlich ihrer Lage zum Lochbestandesrand (Ausstrahlungstyp)</i> | <i>58</i> |
| 3.2.3.7 <i>Diskussion der Ergebnisse der Untersuchung der Lochbestände in der Initialphase</i> | <i>59</i> |
| 3.3 VERGLEICH DER ERREICHTEN HÖHEN DER EICHEN IN DEN LOCHBESTÄNDEN UND DER BÄUME IN DEN UMGEBENDEN BESTÄNDEN | 60 |
| 3.3.1 Festlegungen zur Aufnahme der Höhendifferenz zwischen den Baumarten | 60 |
| 3.3.2 Höhendifferenzen der Eichen der Lochbestände zu den Bäumen der umgebenden Bestände | 61 |
| 3.3.3 Gründe für die Höhendifferenzen von Eichen aus Lochbeständen zu Kiefern in umgebenden Beständen | 62 |
| 3.3.4 Gründe für die Höhendifferenzen von Eichen aus Lochbeständen zu Buchen in umgebenden Beständen | 67 |
| 3.4 RELATION VON KRONENDURCHMESSERN UND BRUSTHÖHENDURCHMESSERN | 68 |
| 3.4.1 Messung von Kronenschirmflächen und Ermittlung von Kronendurchmessern .. | 68 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4.2 Ergebnisse der Messung der Kronendurchmesser | 69 |
| 3.4.3 Diskussion der Ergebnisse der Relation von Kronendurchmesser und Brusthöhendurchmesser | 71 |
| 3.5 KONKURRENZKRAFT DER BÄUME IN LOCHBESTÄNDEN | 72 |
| 3.5.1 Entwicklung einer Maßeinheit zur Beschreibung der Konkurrenzverhältnisse (Bedrängungsindex) | 72 |
| 3.5.2 Ergebnisse der Messung des Konkurrenzverhaltens mittels Bedrängungsindex .. | 76 |
| 3.5.2.1 <i>Bedrängungsindex in Abhängigkeit von der konkurrierenden Baumart</i> | 76 |
| 3.5.2.2 <i>Weitere Einflussfaktoren auf den Bedrängungsindex</i> | 78 |
| 3.5.2.3 <i>Diskussion der Einflussfaktoren des Bedrängungsindexes</i> | 79 |
| 3.6 UNTERSUCHUNGEN AN LOCHBESTÄNDEN MIT ZURÜCKGEBLIEBENEN EICHEN | 80 |
| 3.6.1 Untersuchte Bestände | 80 |
| 3.6.2 Ergebnisse der Untersuchungen an zurückgebliebenen Lochbeständen | 82 |
| 3.6.2.1 <i>Lochbestand Bunterschütz</i> | 82 |
| 3.6.2.2 <i>Lochbestand Gottow</i> | 84 |
| 3.6.2.3 <i>Lochbestand Kummersdorf</i> | 85 |
| 3.6.2.4 <i>Lochbestände Prebelow</i> | 87 |
| 3.6.3 Diskussion der Ergebnisse der Untersuchungen an zurückgebliebenen Lochbeständen | 88 |
| 3.7 DISKUSSION DER ERGEBNISSE ZUR KONKURRENZKRAFT UND STABILITÄT VON EICHEN IN LOCHBESTÄNDEN | 88 |
| 3.7.1 Konkurrenzkraft und Stabilität von Eichen in Lochbeständen in umgebenden Beständen aus Kiefern | 88 |
| 3.7.2 Konkurrenzkraft und Stabilität von Eichen in Lochbeständen in umgebenden Beständen aus Buchen | 90 |
| 4 WUCHSLEISTUNG UND QUALITÄT VON EICHEN IN LOCHBESTÄNDEN | 93 |
| 4.1 EINLEITUNG | 93 |
| 4.1.1 Stand des Wissens | 93 |
| 4.2 WUCHSLEISTUNG VON EICHEN IN LOCHBESTÄNDEN | 95 |
| 4.2.1 Untersuchte Bestände | 95 |
| 4.2.2 Aufnahmemethoden | 98 |
| 4.2.2.1 <i>Aufnahmemethoden in Lochbeständen</i> | 98 |
| 4.2.2.2 <i>Aufnahmemethoden in umgebenden Beständen</i> | 98 |
| 4.2.3 Auswertung | 99 |
| 4.2.3.1 <i>Ermittlung der Bestandeshöhenkurve</i> | 99 |
| 4.2.3.2 <i>Ermittlung wichtiger Bestandeskennwerte</i> | 99 |
| 4.2.3.3 <i>Ermittlung der Bestandesgrundfläche und des Bestandesderbholzvolumens</i> | 100 |
| 4.2.3.4 <i>Flächenbezug bei Lochbeständen</i> | 101 |
| 4.2.4 Wuchsleistungen der Lochbestände | 101 |

| | |
|---|------------|
| 4.2.4.1 Höhenwachstum der Eichen in Lochbeständen | 101 |
| 4.2.4.2 Durchmesserwachstum der Eichen in Lochbeständen | 104 |
| 4.2.4.3 Verteilung der unterschiedlich starken Stämme innerhalb der mit Kiefern umgebenen Lochbestände | 106 |
| 4.2.4.4 Verteilung der unterschiedlich starken Stämme innerhalb der mit Buchen umgebenen Lochbestände | 108 |
| 4.2.4.5 Wachstumsgang der Eichen in Lochbeständen | 110 |
| 4.2.4.6 Volumenleistung der Lochbestände | 115 |
| 4.2.5 Diskussion der Ergebnisse | 118 |
| 4.3 DIE QUALITÄT DER EICHEN IN LOCHBESTÄNDEN | 120 |
| 4.3.1 Kenntnisstand zur Qualität von Eichen in Lochbeständen | 120 |
| 4.3.2 Untersuchungsansätze zur Qualitätsbewertung | 121 |
| 4.3.3 Bewertung der absoluten Qualität der Eichen in Lochbeständen | 121 |
| 4.3.4 Ergebnisse der Bewertung der absoluten Qualität | 124 |
| 4.3.5 Diskussion der Ergebnisse der absoluten Qualitätsbestimmung | 129 |
| 4.3.6 Bewertung der relativen Qualität der Eichen in Lochbeständen | 131 |
| 4.3.7 Ergebnisse der relativen Qualitätsbestimmung | 133 |
| 4.3.7.1 Ergebnisse in Lochbeständen mit umgebenden Beständen aus Kiefern | 133 |
| 4.3.7.2 Ergebnisse in Lochbeständen mit umgebenden Beständen aus Buchen | 143 |
| 4.3.8 Diskussion der Ergebnisse der relativen Qualitätsbestimmung | 152 |
| 4.4 BESONDERHEITEN DER RANDBÄUME IN LOCHBESTÄNDEN | 156 |
| 5 VERJÜNGUNGSPOTENZIAL DER EICHENLOCHBESTÄNDE | 158 |
| 5.1 UNTERSUCHUNGSANSATZ ZUM VERJÜNGUNGSPOTENZIAL VON EICHENLOCHBESTÄNDEN | 158 |
| 5.2 MATERIAL UND METHODEN | 158 |
| 5.2.1 Untersuchte Bestände | 158 |
| 5.2.2 Aufnahme der Eichenjungwüchse | 160 |
| 5.2.3 Methodik der Datenauswertung | 162 |
| 5.3 ERGEBNISSE | 163 |
| 5.3.1 Verbreitungsschema der Eichenjungwüchse in Abhängigkeit von der Himmels- richtung | 163 |
| 5.3.2 Ergebnisse der Jungwuchsaufnahmen | 164 |
| 5.4 DISKUSSION DER ERGEBNISSE ZUM VERJÜNGUNGSPOTENZIAL VON EICHENLOCHBESTÄNDEN | 168 |
| 6 WALDBAULICHE SCHLUSSFOLGERUNGEN | 170 |
| 6.1 EINLEITUNG | 170 |
| 6.2 EIGNUNG UND ANWENDUNGSBEREICHE DES GRUPPEN- UND HORST- WEISEN EICHENANBAUS FÜR NORDOSTDEUTSCHLAND | 170 |
| 6.3 BEGRÜNDUNG VON LOCHBESTÄNDEN | 171 |
| 6.3.1 Begründung von Lochbeständen in schematischen und gleichaltrigen Verbänden | 171 |
| 6.3.2 Anlage von Lochbeständen in Lücken von Kiefernbeständen | 172 |
| 6.3.3 Pflanzung oder Ausformung von Eichengruppen und -horsten in im Schirmschlag- betrieb verjüngten Kiefernbeständen | 174 |

| | |
|--|------------|
| 6.3.4 Anlage von Lochbeständen in Buchenbeständen | 175 |
| 6.4 BEHANDLUNG VON BESTEHENDEN LOCH- UND UMGEBENDEN BESTÄNDEN | 176 |
| 6.4.1 Lochbestände bis zu einer Oberhöhe von der Hälfte der zu erwartenden Endhöhe | 176 |
| 6.4.2 Lochbestände mit einer Oberhöhe von mehr als der Hälfte der zu erwartenden Endhöhe | 176 |
| 6.4.3 Umgebende Kiefernbestände älter als 100 Jahre | 177 |
| 6.5 DISKUSSION DER WALDBAULICHEN SCHLUSSFOLGERUNGEN | 178 |
| 6.5.1 Diskussion der notwendigen Rahmenbedingungen für den gruppen- und horst- weisen Eichenanbau | 178 |
| 6.5.2 Anregungen für weiterführende bzw. vertiefende Untersuchungen | 180 |
| 7 ZUSAMMENFASSUNG | 182 |
| 8 SUMMARY | 187 |
| 9 LITERATURVERZEICHNIS | 192 |
| 10 ANHANG | 207 |

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

| | |
|---|----|
| Abb. 2.1: MORTZFELDTsche Lochbestände und DANCKELMANNsche Gassen in der Oberförsterei Menz | 21 |
| Abb. 2.2: Lochbestandesformation aus zwei Verbänden | 25 |
| Abb. 2.3: Luftbildaufnahme ehemaliger Sprenglöcher im Amt für Forstwirtschaft Lübben | 26 |
| Abb. 2.4: Aufgefundene Lochbestände in Nordostdeutschland | 27 |
| Abb. 2.5: Darstellung der Häufigkeiten der einzelnen Verbandsgrößen | 29 |
| Abb. 2.6: Anzahl der Lochbestände und Verbände in den vier Grundmustern der Lochbestandesverteilung | 30 |
| Abb. 2.7: Anzahl der Lochbestände mit gleicher bzw. ungleicher Größe innerhalb eines Verbandes in Abhängigkeit von der Anordnung der Lochbestände im Verband | 31 |
| Abb. 2.8: Zahl der Lochbestände nach Innenlochgrößen geordnet | 34 |
| Abb. 2.9: Anzahl der in den einzelnen Zeitabschnitten begründeten Lochbestände | 36 |
| Abb. 2.10: Luftbild von 24 mit Eichen bestockter MORTZFELDTscher Lochbestände im Revier Alt Buchhorst, Oberförsterei Erkner, Amt für Forstwirtschaft Hangelsberg | 39 |
| Abb. 3.1: Lage und Flächenanteil der Drittel in einem Lochbestand | 47 |
| Abb. 3.2: Anteil der Eichen-Endbestandsbäume in den Kreisausschnitten in Abhängigkeit von der Innenlochgröße in mit Kiefern umstandenen Lochbeständen | 48 |
| Abb. 3.3: Lage der Endbestandsbäume in den Lochbeständen mit umgebenden Beständen aus Buchen und Kiefern in Bezug auf die Himmelsrichtung | 49 |
| Abb. 3.4: Lage der Endbestandsbäume in Bezug zur Himmelsrichtung und zum Kreis-ausschnitt in mit Kiefern umstandenen Lochbeständen | 50 |
| Abb. 3.5: Lage der Endbestandsbäume in Bezug zur Himmelsrichtung und zum Kreis-ausschnitt in mit Buchen umstandenen Lochbeständen | 51 |
| Abb. 3.6: Lage der 37 Aufnahmequadrate im Lochbestand | 54 |
| Abb. 3.7: Zusammenfassen der Aufnahmequadrate 1 - 15 zur Nord- und 23 - 37 zur Süd-gruppierung | 55 |
| Abb. 3.8: Zusammenfassung der Aufnahmequadrate nach ihrer Entfernung zum Lochbe-standesrand zu drei Gruppierungen | 58 |
| Abb. 3.9: Höhenunterschiede zwischen Endbestandsbäumen und konkurrierenden Be-stand in Abhängigkeit vom konkurrierenden Bestand | 62 |

| | |
|---|-----|
| Abb. 3.10: Differenz der Höhe (h_g) der Endbestandsbäume minus der Höhe (h_g) der 5 höchsten Bäume des konkurrierenden Bestandes in Abhängigkeit von der Altersdifferenz Alter Lochbestand minus Alter umgebenden Bestand für Eichenlochbestände in Kiefernbeständen | 63 |
| Abb. 3.11: Differenz aus HG 100 Endbestandsbäume minus HG 100 der 5 höchsten Bäume des konkurrierenden Bestandes in Abhängigkeit von der Altersdifferenz Alter Lochbestand minus Alter umgebender Bestandes für Eichenlochbestände in Kiefernbeständen | 64 |
| Abb. 3.12: Absolute Höhenbonität HG 100 der fünf höchsten Bäume konkurrierender Kiefernbestände in Abhängigkeit von ihrem Alter | 65 |
| Abb. 3.13: Absolute Höhenbonität HG 100 konkurrierender Kiefernbestände der Stamm-trophie M 2 ```` in Abhängigkeit von ihrem Alter | 66 |
| Abb. 3.14: Differenz der Höhe (h_g) der Endbestandsbäume minus der Höhe (h_g) der 5 höchsten Bäume des konkurrierenden Bestandes in Abhängigkeit von der Altersdifferenz Alter Lochbestand minus Alter umgebender Bestand für Eichenlochbestände in Buchenbeständen | 67 |
| Abb. 3.15: Kronendurchmesser in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser | 70 |
| Abb. 3.16: Darstellung des Innen- und des Außenlochs an einem Lochbestand | 73 |
| Abb. 3.17: Schematische Darstellung des durchschnittlichen nach außen gerichteten Kronenradius der Randbäume (Kronenrandbreite = KRb) | 74 |
| Abb. 3.18: Anteile der Bedrängungsindices von Eichenlochbeständen mit konkurrierenden Beständen aus Buchen bzw. Kiefern | 76 |
| Abb. 3.19: Höhenentwicklung der 4 Eichen des Lochbestandes Bunterschütz V1L1 im Vergleich zur Entwicklung einer Kiefer aus dem umgebenden Bestand und Ertragstafelwerten nach ERTELD (1962 b) 3. und 4. Ertragsklasse | 83 |
| Abb. 3.20: Höhenentwicklung von 3 Eichen (1-3) des Lochbestandes Gottow V1L4 im Vergleich zur Entwicklung einer Kiefer aus dem umgebenden Bestand, einer Eiche aus dem Lochbestand Gottow V1L1 und Ertragstafelwerten nach ERTELD (1962 b) 3. und 4. Ertragsklasse | 84 |
| Abb. 3.21: Höhenentwicklung von 4 Eichen des Lochbestandes Kummersdorf V2L22 im Vergleich zur Entwicklung einer Kiefer aus dem umgebenden Bestand und Ertragstafelwerten nach ERTELD (1962 b) 4. Ertragsklasse | 86 |
| Abb. 3.22: Darstellung zweier modellhafter Konkurrenzsituationen | 92 |
| Abb. 4.1: Lage der Verbände mit untersuchten Lochbestände in Brandenburg | 96 |
| Abb. 4.2: Höhe über dem Grundflächenmittelstamm (h_g) in Abhängigkeit vom Logarithmus der Trophie | 102 |
| Abb. 4.3: Brusthöhendurchmesser ($d_{1,3}$) in Abhängigkeit vom Kronendurchmesser (b) | 104 |

| | |
|--|-----|
| Abb. 4.4: Brusthöhendurchmesser von Eichen aus Lochbeständen mit umgebenen Kiefernbeständen in Abhängigkeit zur relativen Entfernung von der Lochbestandesmitte auf einem (a) Nord-Süd- und (b) Ost-West-Transekt | 107 |
| Abb. 4.5: Brusthöhendurchmesser von Eichen aus Lochbeständen mit umgebenden Buchenbeständen in Abhängigkeit zur relativen Entfernung von der Lochbestandesmitte auf einem (a) Nord-Süd- und (b) Ost-West-Transekt | 109 |
| Abb. 4.6: Baumhöhenentwicklung von 4 Eichen eines Lochbestandes und einer Kiefer des umgebenden Bestandes im Amt für Forstwirtschaft Belzig, Oberförsterei Ferch, Revier Flottstelle über der Zeit im Vergleich zur I. Ertragsklasse Eiche (ERTELD, 1962 b) | 111 |
| Abb. 4.7: Baumhöhenentwicklung von 5 Eichen eines Lochbestandes und einer Kiefer des umgebenden Bestandes im Amt für Forstwirtschaft Eberswalde, Oberförsterei Finowtal, Revier Melchow über der Zeit im Vergleich zur II. Ertragsklasse Eiche (ERTELD 1962 b) | 111 |
| Abb. 4.8: Jährlicher Brusthöhendurchmesserzuwachs (grüne Linie) und Höhenzuwachs (lila Linie) von 2 Randeichen eines Lochbestandes im Amt für Forstwirtschaft Belzig, Oberförsterei Ferch, Revier Flottstelle in den Jahren 1892 - 2003 | 112 |
| Abb. 4.9: Jährlicher Brusthöhendurchmesserzuwachs (grüne Linie) und Höhenzuwachs (lila Linie) von 3 Randeichen eines Lochbestandes im Amt für Forstwirtschaft Eberswalde, Oberförsterei Finowtal, Revier Melchow in den Jahren 1890 - 2003 | 113 |
| Abb. 4.10: Entwicklung der unechten Schaftholzformzahl ($fs_{1,3}$) mit Beginn der Hauptverjüngung des umgebenden Bestandes bei Randeichen (grüne Linie) und Lochbestandeseichen (orange Linie) eines Lochbestandes im Amt für Forstwirtschaft Belzig, Oberförsterei Ferch, Revier Flottstelle in den Jahren 1933 - 2004 | 114 |
| Abb. 4.11: Entwicklung der unechten Schaftholzformzahl ($fs_{1,3}$) mit Beginn der Hauptverjüngung des umgebenden Bestandes bei Randeichen (grüne Linie) und Lochbestandeseichen (orange Linie) eines Lochbestandes im Amt für Forstwirtschaft Eberswalde, Oberförsterei Finowtal, Revier Melchow in den Jahren 1914 – 2004 | 114 |
| Abb. 4.12: An den Endbestandsbäumen für die absolute Qualitätsbewertung ausgeschiedene Astzonen mit den darin erhobenen Merkmalen | 122 |
| Abb. 4.13: Unterteilung des Stammes in eine Außen- und Innenseite sowie in Teilsegmente, auf denen die Qualitätsmerkmale Rosen, Wasserreiser, Trockenäste und Grünäste erhoben wurden | 132 |
| Abb. 4.14: Lage der Verbände mit Lochbeständen, in denen relative Qualitätsansprachen vorgenommen wurden innerhalb der Klimastufen und Ämter für Forstwirtschaft Brandenburgs | 133 |
| Abb. 5.1: Lage der untersuchten Bestände | 160 |
| Abb. 5.2: Lage der Aufnahmesektionen im Transekt der Jungwuchsaufnahme | 161 |
| Abb. 5.3: Box-Plot der Anzahl der Eichenjungwüchse je Sektion der gezäunten Flächen | 164 |

| | |
|--|-----|
| Abb. 5.4: Anzahl der Eichenjungwüchse in Kiefernbeständen in Abhängigkeit von der Entfernung zum Rand eines Eichenlochbestandes und in Abhängigkeit von der Zäunung | 165 |
| Abb. 6.1: Eichenlochbestände in Verbandsform (Amt für Forstwirtschaft Alt Ruppin) | 172 |

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 2.1: Darstellung des zur Inventur verwendeten Kartenmaterials 20

Tab. 2.2 Anzahl der Lochbestände je Bundesland 28

Tab. 2.3: Anteile der Lochbestände im Vergleich zu den brandenburgischen Waldflächen an den Klimastufen 32

Tab. 2.4: Anteil der auf den einzelnen Standorten stockenden Lochbestände im Vergleich mit dem Flächenanteil der Stammstandortsgruppen Brandenburgs 32

Tab. 2.5: Anteile der Lochbestände, die auf den einzelnen Fünftelnährkraftstufen mittlerer und ziemlich armer Trophie stocken 33

Tab. 2.6: Anteile der in Lochbeständen gefundenen Baumarten 35

Tab. 2.7: Anteile der in den umgebenden Beständen gefundenen Baumarten im Vergleich zu den Anteilen dieser Baumarten an der Waldfläche Brandenburgs 35

Tab. 2.8: Darstellung der aufgefundenen Pflanzdichten und -verbände 37

Tab. 2.9: Anteile der Baumarten an den Ringbepflanzungen 37

Tab. 3.1: Charakterisierung der einzelnen Lochbestandestypen 44

Tab. 3.2: Eichen-Endbestandsbäume in den Kreisausschnitten in Abhängigkeit von der Baumart des umgebenden Bestandes 47

Tab. 3.3: Kenndaten zur Charakterisierung der zwei Untersuchungsflächen 53

Tab. 3.4: Kenndaten zur Charakterisierung der Untersuchungsbestände 53

Tab. 3.5: Statistische Kenndaten der Traubeneichen der Lochbestände Hubertusstock 1 und 2 sowie Roofen 1 und 2 56

Tab. 3.6: Mittelwert und Standardabweichung der Anteile der Pflanzen mit Schadmerkmal „angefressen“ und „tot“ und Signifikanz der Mittelwertunterschiede für die Lochbestandesflächen Roofen 1 und 2 57

Tab. 3.7: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Anteile der Pflanzen mit Schadmerkmal „angefressen“ und „tot“ und Signifikanz (Sig.) der Mittelwertunterschiede zwischen den Nord- und Südgruppierungen der Lochbestandesflächen Roofen 1 und 2 58

Tab. 3.8: Veränderung des Bestimmtheitsmaßes (r^2) bei Verwendung nichtlinearer Modellformeln im Vergleich zur linearen Formel $b = 0,156 * d_{1,3} + 1,862$ 70

Tab. 3.9: Veränderung des multiplen Bestimmtheitsmaßes (R^2) bei der Einbeziehung einer zweiten unabhängigen Variablen im Vergleich zur linearen Formel $b = 0,156 * d_{1,3} + 1,862$ 71

| | |
|--|------------------|
| Tab. 3.10: Konkurrenzsituation im Lochbestand bei unterschiedlichen Bedrängungsindices | 75 |
| Tab. 3.11: Statistischen Kenngrößen des Bedrängungsindex (BI) für Eichenlochbestände mit konkurrierenden Beständen aus Buchen, Eichen und Kiefern | 77 |
| Tab. 3.12: Bestimmtheitsmaß (r^2) für zwei Teilkollektive (konkurrierender Bestand aus Buchen bzw. Kiefern) für die lineare Regression des Bedrängungsindex in Abhängigkeit zu fünf unabhängigen Variablen | 78 |
| Tab. 3.13: Kenndaten zur Charakterisierung der drei Untersuchungsflächen | 81 |
| Tab. 3.14: Kenndaten zur Charakterisierung der Untersuchungsbestände | 81 |
| Tab. 4.1: Anteil der auf den einzelnen Standorten stockenden untersuchten Lochbestände im Vergleich mit dem Flächenanteil der Stammstandortsgruppen Brandenburgs .. | 97 |
| Tab. 4.2: Art und Ziel der Berechnung wichtiger wachstumskundlicher Bestandeskennwerte | 100 |
| Tab. 4.3: Veränderung des multiplen Bestimmtheitsmaßes (R^2) bei der schrittweisen Einbeziehung weiterer unabhängigen Variable im Vergleich zum Bestimmtheitsmaß (r^2) der linearen Formel $h_g = 5,16 \ln T + 14,05$ | 103 |
| Tab. 4.4: Vergleich der Mittelhöhen und der mittleren Bonitäten der untersuchten Lochbestände mit den von im Datenspeicher Wald (DSW 2003) erfassten Reinbeständen | beständen 104 |
| Tab. 4.5: Multiples Bestimmtheitsmaß (R^2) bei der multiplen linearen Regression des abhängigen Brusthöhendurchmessers unter schrittweiser Einbeziehung der unabhängiger Variablen Trophie, Baumart und Alter | 105 |
| Tab. 4.6: Vergleich der mittleren Durchmesser (d_g) und deren Variationskoeffizienten der untersuchten Lochbestände mit den im Datenspeicher Wald erfassten Reinbeständen | 106 |
| Tab. 4.7: Arithmetische Mittelwerte der Durchmesser ($d_{1,3}$) sowie deren Variationskoeffizienten bei Eichen mit umgebenden Kiefernbeständen auf dem Nord-Süd- und Ost-West-Transekten jeweils getrennt nach Lochbestandes- und Randbäumen | 108 |
| Tab. 4.8: Arithmetische Mittelwerte der Brusthöhendurchmesser ($d_{1,3}$) sowie deren Variationskoeffizienten bei Eichen mit umgebenden Bestand aus Buchen auf Nord-Süd- und Ost-West-Transekt, jeweils getrennt nach Lochbestandes- und Randbäumen | 110 |
| Tab. 4.9: Derbholzvorrat der Eichenlochbestände und deren Sollvorrat laut Ertrags- tafel (ERTELD 1962 b) in Abhängigkeit von der Stammhöhe im Vergleich zu den im Datenspeicher Wald (DSW) erfassten Eichenreinbestände | 116 |
| Tab. 4.10: Derbholzvorrat für Bestände aus Kiefern mit einem Lochbestand aus Eichen und der Anteil des Eichenderbholzvolumens am Gesamtvorrat in Abhängigkeit von der Stammhöhe im Vergleich zum Derbholzvorrat reiner Kiefernbestände | 117 |

| | |
|---|-----|
| Tab. 4.11: Derbholzvorrat für Bestände aus Buchen mit einem Lochbestand aus Eichen und der Anteil des Eichenderbholzvolumens am Gesamtvorrat in Abhängigkeit von der Stammtriebe im Vergleich zum Derbholzvorrat reiner Buchenbestände | 117 |
| Tab. 4.12: Stammausformungsklassen bei der Qualitätsbewertung | 123 |
| Tab. 4.13: Anteil des astfreien Bereiches (AFZ) und des Trockenastbereiches (TAZ) an der Baumlänge und am Baumvolumen der untersuchten Endbestandsbäume und deren Variationskoeffizienten (Var.Koeff.) in Abhängigkeit von der Stammtriebe | 125 |
| Tab. 4.14: Statistische Sicherung des Unterschieds der Mittelwerte des Anteils der astfreien Zone zwischen den einzelnen Trophiestufen | 126 |
| Tab. 4.15: Anzahl der Rosen bzw. Wasserreiser je laufenden Meter der astfreien Zone und Anzahl der Trockenäste je laufenden Meter der Trockenastzone und die Variationskoeffizienten der Merkmale in Abhängigkeit von der Stammtriebe | 127 |
| Tab. 4.16: Statistische Sicherung des Unterschieds der Mittelwerte der Anzahl der Rosen je m zwischen den einzelnen Trophiestufen | 127 |
| Tab. 4.17: Statistische Sicherung des Unterschieds der Mittelwerte der Anzahl der Trockenäste zwischen den einzelnen Trophiestufen | 128 |
| Tab. 4.18: Anzahl und Anteil der Endbestandsbäume (E-Bäume) mit einer astfreien Zone und der entsprechenden Krümmung | 128 |
| Tab. 4.19: Durchschnittliche astfreie Schaftlänge der nach außen und nach innen gerichteten Stammhälften der Eichen der äußeren und der zweiten Reihe der mit Kiefern umstandenen Lochbestände | 134 |
| Tab. 4.20: Astmerkmale der einzelnen Sektionen von 2 m Länge auf der nach außen und nach innen weisenden Seite der Eichen der äußeren Reihe der untersuchten mit Kiefern umgebenen Lochbestände | 135 |
| Tab. 4.21: Astmerkmale der einzelnen Sektionen auf der nach außen und nach innen weisenden Seite der Eichen der zweiten Reihe der untersuchten mit Kiefern umgebenen Lochbestände | 137 |
| Tab. 4.22: Summe aus Rosen, Trocken- und Grünästen in Stk. / 2 m der Außen- und Innenseite von Eichen der vom Rand des Lochbestandes aus gesehenen äußeren bzw. zweiten Reihe | 139 |
| Tab. 4.23: Anzahl Wasserreiser in Stk. / 2 m der Außen- und Innenseite von Eichen der vom Rand des Lochbestandes aus gesehenen äußeren bzw. zweiten Reihe | 140 |
| Tab. 4.24: Anteil der Sektionen mit Wasserreisern der Außen- und Innenseite von Eichen der vom Rand des Lochbestandes aus gesehenen äußeren bzw. zweiten Reihe | 141 |

| | |
|--|-----|
| Tab. 4.25: Brusthöhendurchmesser ($d_{1,3}$) in radialer Richtung zum Lochbestand und im Winkel von 90° dazu gemessen an den Eichen der äußeren und der zweiten Reihe der Lochbestände | 143 |
| Tab. 4.26: Astfreie Schaftlänge der äußeren und inneren Stammhälfte der Eichen der äußeren und der zweiten Reihe der mit Buchen umgebenen Lochbestände | 143 |
| Tab. 4.27: Astmerkmale der einzelnen Sektionen auf der nach außen und nach innen weisenden Seite der Eichen der äußeren Reihe der untersuchten mit Buchen umgebenen Lochbestände | 145 |
| Tab. 4.28: Astmerkmale der einzelnen Sektionen auf der nach außen und nach innen weisenden Seite der Eichen der zweiten Reihe der untersuchten mit Buchen umgebenen Lochbestände | 147 |
| Tab. 4.29: Summe aus Rosen, Trocken- und Grünäste in Stk. / 2 m der Außen- und Innenseite von Eichen der vom Rand des Lochbestandes aus gesehenen äußeren bzw. zweiten Reihe | 149 |
| Tab. 4.30: Anzahl Wasserreiser in Stk. / 2 m der Außen- und Innenseite von Eichen der vom Rand des Lochbestandes aus gesehenen äußeren bzw. zweiten Reihe | 150 |
| Tab. 4.31: Anteil der Sektionen mit Wasserreisern der Außen- und Innenseite von Eichen der vom Rand des Lochbestandes aus gesehenen äußeren bzw. zweiten Reihe | 151 |
| Tab. 4.32: Brusthöhendurchmesser ($d_{1,3}$) in radialer Richtung zum Lochbestand und im Winkel von 90° dazu gemessen an den Eichen der äußeren und der zweiten Reihe der Lochbestände | 152 |
| Tab. 5.1: Ergebnisse des H-Tests auf Zugehörigkeit zu einer Grundgesamtheit für die Anzahl der Eichenjungwüchse auf Probetransekten in Nord-, Ost-, Süd- und Westrichtung | 163 |
| Tab. 5.2: Kennwerte der Regression gezäunter und ungezäunter Flächen für die Anzahl von Eichenjungwüchsen in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lochbestandesrand | 166 |
| Tab. 5.3 Vergleich der modellhaften Anzahl der Eichenjungwüchse je Hektar in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lochbestandesrand von gezäunten und ungezäunten Flächen | 167 |

1 EINLEITUNG UND PROBLEMDARSTELLUNG

1.1 EINFÜHRUNG IN DEN PROBLEMKREIS

Aufgrund ihrer Einstellung zu ihrem Beruf und zur Natur haben Förster, mehr als viele andere Berufsgruppen, ein spezielles Wahrnehmungsproblem. Waldbaulich Tätige sind es gewohnt, durch ihre Arbeit die Landschaft nach ihren Vorstellungen zu formen. Dazu setzen sie sich ein waldbauliches Zielbild, an das sie häufig über Jahrzehnte hinweg den ihnen zur Obhut übergebenen Wald anpassen wollen. Dabei wird ihnen aber nicht bewusst, dass sie zur Formung dieses Zielbildes auf das Erscheinungsbild ihrer Umwelt, die sehr stark vom Menschen überprägt wurde, zurückgreifen. Zielbilder, die vom gewohnten Aussehen der Umgebung abweichen, treffen dadurch immer auf erheblichen Widerstand.

Das Bild der Wälder weiter Teile des nordostdeutschen Tieflandes wird derzeit von großflächigen und gering strukturierten Kiefernforsten geprägt. Hierfür gibt es zweifelsfrei historische Ursachen. Sollen aber aufgrund der Diskrepanz zwischen dem derzeitigen Waldbild und der potenziell natürlichen Waldvergesellschaftung der zukünftige Waldbau im nordostdeutschen Tiefland zu Mischbeständen führen, müssen darauf ausgelegte Untersuchungen, neben wissenschaftlich fundierten Erkenntnissen, auch mit Beispielbeständen aufwarten können, die Zielbilder in den Köpfen der Förster entstehen lassen.

Beginnend in den 60er Jahren des 19. Jahrhunderts wurde in Preußen ein Vorverjüngungsbetrieb praktiziert, der später nach seinem stärksten Protagonisten, dem Oberforstmeister Justus Erdmann Samuel Ulrich MORTZFELDT, als „MORTZFELDTscher Vorverjüngungsbetrieb“ und die durch die zur Initiierung geführten Hiebe entstandenen Bestandesstrukturen als „MORTZFELDTsche Löcher“ bezeichnet wurden. Dabei handelt es sich um eine gruppen- bis horstweise Einmischung von hauptsächlich Eichen in Kiefern- und Buchenbeständen. Die Mehrzahl dieser Lochbestände ist heute zwischen 90 und 130 Jahre alt.

Der zentrale Ansatz dieser Arbeit liegt darin, das bestehende waldbauliche System des MORTZFELDTschen Vorverjüngungsbetriebes auf seine Verwendbarkeit für den ökologischen Waldumbau in Nordostdeutschland zu überprüfen. Hierbei steht nicht das historische Verfahren im Vordergrund, vielmehr dienen die aus dem MORTZFELDTschen Vorverjüngungsbetrieb entstandenen Bestände als Weiser für die Eignung einer horst- und gruppenweisen Mischung von Eichen mit Kiefern und Eichen mit Buchen.

Die wissenschaftlichen Erkenntnissen über die gruppen- und horstweise Mischung in Nordostdeutschland sollen dazu dienen, den waldbaulich Handelnden auch Anregungen zur Be-

handlung der bestehenden Bestände zu geben und somit ein Zielbild anhand von bestehenden Beständen unterbreiteten.

1.2 WALDBAUGESCHICHTLICHE ENTWICKLUNG DES MORTZ-FELDTSCHEN VORVERJÜNGUNGSBETRIEBES

In der Mitte des 18. Jahrhunderts herrschte in Deutschland, aufgrund der Exploration der Wälder in den vorangegangenen Jahrhunderten, eine akute Holznot. Diese führte zur Entwicklung einer zielgerichteten Bewirtschaftung der Wälder und zur Aufforstung von Öd- und Kahlfleichen im großen Stil. Da Nadelbäume leichter und in größeren Mengen nachzuziehen sind, sowie besser mit den extremeren Bedingungen von Freiflächen zurecht kommen, wurden fast ausschließlich Nadelbaumreinbestände angelegt.

In der Mitte des 19. Jahrhunderts wurden die Probleme, die mit einer großflächigen Nadelbaumreinbestandswirtschaft zusammenhängen, offensichtlich. Es kam zu Kalamitäten, Sturmschäden und Waldbränden, die zum Absterben von Bestandepartien und Beständen führten. So wurde die Verringerung des Betriebsrisikos durch eine Strukturierung der Nadelbaumbestände und die Entwicklung von Mischbeständen ein Ziel der weiteren Waldbewirtschaftung. Zum Beispiel wies schon GWINNER (1846) in seinem Waldbaulehrbuch neben anderen Mischungsarten auf Eichen-Buchen- und Eichen-Kiefern-mischungen hin.

Unter dem Druck dieser Rahmenbedingungen wurden von Forstleuten, aufgrund ihrer in der Regel auf bestimmte Regionen begrenzten Erfahrungen und durch das Fehlen von waldbaulichen Systemen, die an diese Rahmenbedingungen angepasst waren, unterschiedliche Modelle entwickelt und in Fachpublikationen zur allgemeinen Diskussion gestellt. So entstanden im Zeitraum zwischen 1860 und 1930 viele waldbauliche Systeme, die aber in der Regel über eine regionale Bedeutung nicht hinaus kamen. Hierbei wurden zwei unterschiedliche Ansätze verfolgt.

Bei dem ersten Ansatz sollte durch eine bessere **räumliche Ordnung** und angepasste Strukturierung der Reinbestände den abiotischen und biotischen Gefahren entgegengewirkt werden. Beispielfähig wären hier zu nennen:

- in der Fichte praktizierte Loshiebe gegen die Hauptwindrichtung (Heß, 1862; JUDEICH, 1885),
- Kulissenhieb in der Kiefer (HOLLWEG, 1894),
- die in West- und Ostpreußen praktizierten Schachbrettschläge (FEDDERSEN, 1896),
- der KAUTZsche Streifenschirmschlag (KAUTZ, 1921),

- der Schirmkeil- und Keilschirmschlag (EBERHARD, 1914; PHILLIP, 1926).

Beim zweiten Ansatz sollte die bestehende **Mischungsart** in die folgende Generation weitergetragen werden bzw. Reinbestände in Mischbestände umgebaut werden. Hierzu zählen:

- der auf GAYER (1886) zurückgehende Femelhiebtrieb,
- das von WAGNER (1912) entwickelte Blendersaumhiebverfahren, das in Württemberg Bedeutung erlangte,
- die „WIEBECKSchen Lücken“, die von WIEBECKE (1920) aufgrund der von ihm in der damaligen preußischen Lehroberförsterei Eberswalde gemachten Erfahrung propagiert wurden,
- die von REBEL (1922) in seinem Buch „Waldbauliches aus Bayern“ empfohlene Einbringung von Buchengruppen in Fichte zur Stabilisierung von Waldbeständen in Bayern.

Neben kontroversen Diskussionen über die Mischungsart kam es in den fachlichen Publikationen zu heftigen Auseinandersetzungen über die **Mischungsform**.

DIECKHOFF (1879) propagierte die reihenweise Mischung von Eichen und Kiefern. Hauptsächlich ließ er drei Kiefernreihen eine Eichenreihe folgen.

RECK (1875) vertrat eine reihen- und gassenweise Mischung. Als Hauptargumente führte er eine bessere räumliche Ordnung, eine bessere Bearbeitbarkeit der Bestände und das geringere Risiko, dass einzelne Bestandespartien vom Revierleiter übersehen werden könnten ins Feld. In der horstweisen Einmischung der Eiche sah RECK nur Nachteile.

Dem widersprach DANCKELMANN, der, nach MILNIK (1999), ein enger Freund MORTZFELDTs war, durch Randbemerkungen an RECKs Artikel.

NEUMANN (1885) hielt die Wuchskraft der Eiche gegenüber der Kiefer für zu schwach, um auf Gassen angebaut werden zu können, da sie sonst von den Rändern der Gasse her überwachsen wird.

BORGGREVE (1885) griff die streifen- und gassenförmigen Hiebe als Kulissenschläge an und lehnte sie grundsätzlich ab.

DANCKELMANN (1887), auf den eine umfangreiche Anzahl von Eichenanbauten auf Kahlhiebsgassen in den Oberförstereien Biesenthal und Chorin zurückgingen, wies diese Kritik in seiner Buchbesprechung zu BORGGREVES „Holzzucht“ zurück: *“ Die bis 15jährigen, umfangreichen Eichen-Verjüngungen auf Kahlhiebsgassen besitzen einen vorzüglichen Wuchs und sind in den ältesten Anlagen bereits durchforstet.“*

HEYDER (1889) empfahl aufgrund eigener Erfahrungen in der Oberförsterei Menz Kulissen für langschäftige Bestände in ebenen Lagen und bei homogenen Bodenverhältnissen. Seien diese Voraussetzungen nicht gegeben, befürwortete er Lochhiebe.

REIB (1896) setzte sich intensiv mit Eichenverjüngungen auf Kulissenschlägen in Buchen auseinander und gab in Abwägung der Vor- und Nachteile der gruppen- und horstweisen Einmischung den Vorzug.

KRAFT (1894) plädierte für eine einzelstammweise Mischung. Er sah die starke Anpassung an natürliche Zustände und die auf diese Weise optimale Stammumfütterung der Eichen durch die Buchen als Hauptvorteil dieser Mischung an.

Auch FRICKE (1892) hielt die Wuchskraft der Buchen bis ins schwache Baumholzalter für zu schwach, um die Eichen zu stark bedrängen zu können und hielt Einzelmischungen ausdrücklich für empfehlenswert.

Gerade für Buchen-Eichenmischungen widersprachen mehrere Autoren (HAHN, 1892; STAUBESAND, 1907; HEYER, 1909) dieser Auffassung. Sie erachteten die Wuchskraft der Buche gegenüber der Eiche für so stark, dass bei einer Einzelmischung die Eiche abgedrängt würde.

Den genannten Mischungsformen setzte MORTZFELDT das Konzept eines gruppen- und horstweisen Vorverjüngungsbetriebes entgegen.

Das waldbauliche Modell des Vorverjüngungsbetriebes, wie es 1895 von MORTZFELDT (1896) in einem Vortrag vor dem Märkischen Forstverein dargestellt wurde, stellte das Ergebnis eines lebenslangen forstlichen Schöpfungsprozesses dar. Dabei griff MORTZFELDT auf die Erkenntnisse anderer Forstleute zurück und verband sie mit dem eigenen reichen Erfahrungsschatz:

- Bereits mehrere Jahrhunderte wurde die gruppenweise Vorverjüngung im Spessart angewandt (DANCKELMANN, 1871; STAUBESAND, 1878; VANSELOW, 1926; ENDRES, 1929). Hiermit sollten die unter den Standortbedingungen des Spessarts gegenüber den Buchen konkurrenzschwächeren Eichen in Buchenbeständen gezogen werden.
- Gegen Ende der 50er Jahre des 19. Jahrhunderts empfahl VON HAGEN im Zuge der Forsteinrichtungsverhandlungen den horstweisen Verjüngungsbetrieb für die westlichen Provinzen des ehemaligen Preußens (MORTZFELDT, 1896).
- Diese Anregung griff Oberforstmeister VON WALDOW auf und führte in den 60er Jahren des 19. Jahrhunderts gruppenweise Eichenanbauten in durch Insektenfraß entstandenen Lücken in Fichtenbeständen durch (MORTZFELDT, 1896).
- Oberforstmeister WERNEBURG (1875) in Erfurt setzte sich für horstweise gemischte Bestände ein. So wies er auf die Nachteile des reinen Hochwaldes hin und führte hierzu aus:

„Das Verjüngungsverfahren muß aber in sofern ein von dem im Hochwalde üblichen abweichendes sein, als nicht wie bei letzterem die Herstellung eines möglichst gleichmäßigen Jungwuchses, sondern im Gegenteil eines horstweise ungleichen, zu erstreben ist.“

- VOLMAR (1890) plädierte mit direktem Verweis auf die Tanne und die Eiche für den Lächerhieb.

MORTZFELDT nutzte, wie er selbst 1885 betonte, diese Erfahrungen und entwickelte das Verfahren von 1867 - 1871 in der ihm unterstellten Forstinspektion Allenstein, 1872 - 1874 in der Inspektion Nienburg der Provinz Hannover und von 1874 - 1881 im Regierungsbezirk Posen sowie im Privatrevier Schoenberg bei Dt. Eylau weiter (MORTZFELDT, 1896; HEYDER, 1986).

Von 1882 - 1893 setzte MORTZFELDT das nach ihm benannte Vorverjüngungsverfahren in verstärktem Maße im Regierungsbezirk Königsberg, seiner neuen Wirkungsstätte, ein. Als MORTZFELDT im Jahre 1895 seinen Vortrag vor dem Märkischen Forstverein hielt, konnte er also auf rund 30 Jahre eigene Erfahrung mit dem gruppenweisen Voranbau zurückblicken, die auf der Erfahrung von mindestens 50 Jahren der Anwendung in Deutschland aufbaute.

MORTZFELDT fasste in seinem Vortrag vor dem Märkischen Forstverein im Jahre 1895, der im darauf folgenden Jahr in den Danckelmannblättern veröffentlicht wurde, seine und die Erfahrungen anderer Forstleute zusammen und formte daraus das nach ihm benannte Verfahren. Dieser Vortrag ist die einzige Quelle, aus der sich das Wissen über das Verfahren des MORTZFELDTschen Vorverjüngungsbetriebes speist, wie es von MORTZFELDT erdacht wurde.

Der Ansatz für das Verständnis der MORTZFELDTschen Vorverjüngungsverfahrens liegt in der Begründung für die Ablehnung anderer Mischungsformen. So erkannte MORTZFELDT die durch die Befürworter der reihen- und gassenweisen Mischung ins Feld geführten Vorteile wohl an, sprach aber dem Ergebnis dieser Mischung ein vernichtendes Urteil (MORTZFELDT, 1896) zu: *„..... in den üblen Erfahrungen, welche mit den Versuchen, nach kahlem Abtriebe größerer Schlagflächen die Eiche in reihenweiser Mischung mit Nadelholz oder einem treibenden Weichholz anzubauen, gemacht waren. Nichts desto weniger sind diese Versuche noch recht lange und bis in die neueste Zeit fortgesetzt worden. Das hin und wieder damit auch Erfolge unter besonders günstigen Umständen erzielt sind, wird nicht bestritten, wie es denn überhaupt kaum eine Kulturmethode gibt, die nicht an irgend einer Stelle zu irgend einer Zeit von gutem Erfolge begleitet gewesen wäre. Diesen einzelnen guten Erfolgen stehen aber, wie ich auf recht ausgedehnten Waldgebieten vielfach zu beobachten Gelegenheit hatte, sehr zahlreiche Misserfolge gegenüber. Mir schweben sehr viele Waldbilder vor, welche nur noch in einzelnen am Boden kriechenden verbissenen und verhütteten Eichen-Rollenbüschen, oder*

in langen leeren Gassen innerhalb von Kiefern- und Fichten- Dickungen und Stangenorten die verfehlten Versuche des Eichen-Anbaus erkennen ließen.“

Anders verhält es sich mit seiner Einstellung zur Einzelmischung. So führte MORTZFELDT (1896) in seinem Vortrag aus: *„Mit den von Herrn von SALISCH im Schlesischen Forstverein von 1894 gemachten Ausführungen, daß das Ideal der Mischung in dem Einzelgemisch, wie es auch in manchen Altbeständen aus der Vorzeit auf uns übernommen ist, zu suchen sei, bin ich durchaus einverstanden. Dieses Ideal ist aber im Großbetriebe schwer durchführbar wegen der Verschiedenartigkeit der Wuchsverhältnisse und der Schwierigkeit, die edleren, langsam wachsenden Holzarten vor der Überwucherung durch minderwertige schnellwüchsige Hölzer zu schützen.“*

MORTZFELDT (1896) wies in seinem Vortrag darauf hin, dass eine Einzelmischung aus Gründen der Naturnähe wünschenswert, aber aufgrund der unterschiedlichen Wuchsdynamik der einzelnen Baumarten wirtschaftlich nicht praktikabel ist. Somit blieb für MORTZFELDT nur eine Mischung in Kleinstbeständen möglich. Die Frage der Form der Kleinstbestände beantwortete MORTZFELDT in seinem Vortrag mit praktischen und naturphilosophischen Überlegungen. So führte er aus: *„... durchweg in kreisrunder Form oder wenigstens in abgerundeter Form, unter Vermeidung aller scharfen Ecken gehauen. Diese Form empfiehlt sich wegen der dadurch erreichten gleichmäßigeren Verteilung der Beschattung im Laufe des Tages, ferner mit Rücksicht auf die Verringerung der Kosten der Einzelbewehrung und auf die Minderung der Windbruchgefahr (es werden keine größeren Bestandswände dem senkrechten Wirken des Sturms ausgesetzt, sondern nur einzelne Bäume), sowie endlich, weil die runde Form der Horste am meisten der Natur entspricht, welche keine eckigen Formen liebt.“* Außerdem verwies er auf die Frostgefahr, die der Eiche auf Freiflächen droht und betonte, dass er mehrfach erleben durfte, dass die Randwirkung der umgebenden Bestände die Eichenhorste vor eben dieser schützte.

1.3 BESCHREIBUNG DES MORTZFELDTSCHEM VORVERJÜNGUNGSBETRIEBES

Bis zu seinem Vortrag im Jahre 1895 wurden von MORTZFELDT und anderen Forstleuten Lochbestände angelegt, die mehr oder weniger stark von dem nach 1895 propagierten Verfahren abwichen (MORTZFELDT, 1896). Das im Folgenden dargestellte Grundverfahren stellt die Synopse der Erfahrungen, das heißt den Endpunkt einer Entwicklung des MORTZFELDTschen Vorverjüngungsbetriebs dar, so wie es von MORTZFELDT (1896) propagiert wurde.

Für die Begründung von Lochbeständen wurden von MORTZFELDT (1896) in erster Linie Eichen-, Kiefern-, Birken-, Fichten- und Buchenreinbestände sowie Mischbestände aus Kiefer und Eiche bzw. Weichlaubhölzern mit eingemischter Hainbuche auf allen Standorten zwischen reinem Sand bis hin zu ausgesprochenen Lehmböden favorisiert. Tiefer gelegene, zur Vernässung neigende Lehmböden und organische Nassstandorte wurden von ihm für den Vorverjüngungsbetrieb abgelehnt.

Der eigentliche MORTZFELDTsche Vorverjüngungsbetrieb lässt sich in vier Phasen unterteilen.

1. Phase: Anlage der Lochhiebe

In dem zu verjüngenden Bestand wurden im ersten Schritt Lochhiebe geführt. Als Hauptkriterien für die Größe und den Abstand der Lochhiebe galt:

- Vom verbleibenden Bestand sollte auf die Lochhiebsfläche eine geringe Schattenwirkung ausgehen.
- Der verbleibende Bestand sollte einen ausreichenden Seitenschutz sichern.
- Durch einen ausreichenden Abstand zwischen den Lochhieben sollte die Hauptverjüngung ohne Schlagschäden an den angebauten Horsten durchgeführt werden können.

Die Durchmesser der geschlagenen Löcher und ihre Entfernung voneinander sollten in etwa der Höhe des Ausgangsbestandes entsprechen. Eine Lochhiebsgröße von 20 m Durchmesser sollte nicht unterschritten und ein Durchmesser von 40 m nicht überschritten werden. Da Bestandesränder in der Regel stärker beastete Bäume aufweisen, konnte die Entfernung zu ihnen auch auf unter 20 m reduziert werden. Die jeweilige Lochgröße sollte aber nicht für ganze Bestände uniform gewählt, sondern jeweils an die für jeden einzelnen Lochhieb gegebenen Verhältnisse angepasst werden.

Die zukünftigen Lochbestände sollten möglichst eine kreisrunde Form haben. Lediglich an Hängen sollte den Hieben eine längliche Form gegeben werden, bei der die Längachse in Hangrichtung liegt.

Bei einer schematischen Anordnung der Lochhiebe, die MORTZFELDT nur bei homogenen Standortsverhältnissen für angebracht hielt, favorisierte er den Dreiecksverband, da auf diese Weise die zukünftigen Lochbestände etwa ein Viertel bis ein Drittel der Gesamtfläche einnehmen würden.

In allen anderen Fällen sollte bei der Anordnung der Lochhiebe dem Standort und dem Terrain Rechnung getragen werden, wobei von MORTZFELDT der Schlüssel zum Erfolg des Ver-

fahrens in der richtigen Auswahl und Anordnung der Löcher, in Anpassung an die Gegebenheiten, gesehen wurde.

Die Löcher wurden vom Spätsommer bis Herbst im Jahr vor der geplanten Bepflanzung ausgehauen, um so für die Kulturvorarbeiten genügend Zeit zu haben und um über den Winter eine Verbesserung der Bodenstruktur herbeizuführen. Durch Fällung in die Löcher hinein und die Entnahme von stark bekronten Bäumen im verbleibenden Bestand wurde ein geringer Beschädigungsgrad der verbleibenden Bäume und der zukünftigen Hauptverjüngung sichergestellt. Um eine problemlose Bodenbearbeitung zu ermöglichen, wurde auf den Lochhiebsflächen eine Stockrodung und Reisigberäumung durchgeführt.

2. Phase: Bodenbearbeitung und Bepflanzung

MORTZFELDT war sich der hohen Kosten, die vor allem durch den notwendigen Schutz vor Verbiss mit dem Anbau von Eichen verbunden waren, bewusst. Aus diesem Grund versuchte er einen Teil der Löcher als temporäre Kampanlagen zu nutzen. Neben der Einsparung von Transport- und Pflanzenkosten wurden auf diese Weise auch die Transportentfernungen verkürzt und eine ständige Verfügbarkeit von Pflanzen sichergestellt.

Die Bodenbearbeitung und Verjüngung in diesen als Kämpfe genutzten Löchern unterschied sich grundsätzlich von denen der gewöhnlichen Bestandesverjüngungen. Grundsätzlich wurden hierbei Saat- und Pflanzkämpfe unterschieden. Sie sollen im Folgenden kurz charakterisiert werden.

Kampanlagen

a) Eichensaatkämpfe

Die Kampanlagen wurden im Herbst (Herbstaaten) bzw. Frühjahr (Frühjahrssaaten) flächig bis zu einer Tiefe von 40 cm umgegraben. Bei der Eiche bevorzugte MORTZFELDT die Herbstsaat. Hierbei wurden etwa 25 hl / ha Saatgut in den Boden eingebracht. Die eingesäten Eicheln wurden im ersten Winter mittels Reisigabdeckung vor Häher, Dachs und durch das Ausstreuen von Giftweizen vor Mäusefraß geschützt.

Die so angezogenen Pflanzen wurden als 2-jährige Pflanzen, die Saatkämpfe gaben in der Regel einen Ertrag von 130.000 - 200.000 Pflanzen / ha, ausgehoben und auf die anderen Flächen verpflanzt. Anschließend wurde der Boden abermals durchlockert und die Lochfläche mit 2-jährigen Eichen analog der normalen Bestandesverjüngung bepflanzt.

b) Eichenpflanzenkämpe

Diese Kämpe dienten zur Erziehung von Starklohdn bis Halbheistern. Hierzu wurden zweijährige Eichenjungwüchse aus den Saatkämpe nach Kürzung der Pfahlwurzel gepflanzt. Gepflanzt wurde im 0,40 m x 0,40 m Quadratverband. Nach 2 - 4 Jahren im Verschulbeet hatten die Eichen die notwendige Höhe von 1,5 m - 2,5 m erreicht und wurden verpflanzt. Die Pflanzung von Eichen, die älter als 6 Jahre waren, lehnte MORTZFELDT ab.

Lochbestandesbegründung

Bei der gewöhnlichen Lochbestandesbegründung wurde nicht die gesamte Lochhiebsfläche bepflanzt, vielmehr sparte man den Traufbereich der Randbäume bei der Bepflanzung aus. Dabei sollte der Abstand zu den Randbäumen an der Nordseite auf Grund der stärkeren Besonnung mit rund 2 m etwa doppelt so groß sein wie an der Südseite. Auf diese Weise reduzierte sich die Kulturfläche auf etwa 80 % der Lochhiebsfläche.

Gepflanzt wurden zweijährige und verschulte bis 6-jährige Pflanzen.

Die 2-jährigen Eichen wurden häufig auf Wällen bzw. Rajolstreifen in einem Pflanzverband von 1,50 m bzw. 2,00 m x 0,80 m gepflanzt. Die verschulten Lohden und Halbheister wurden im 1,50 m bzw. 2,00 m Quadratverband gepflanzt. Das Zupflanzen einer treibenden Beiholzbaumart sollte unterbleiben. Neben der Begründung mit Eichen wurden auch Lochbestände mit Buche, Weißtanne, Roteiche, Spitzahorn, Douglasie, Scheinzypresse und Nussarten angelegt.

Da in allen Gebieten mit einem starken Wildverbiss zu rechnen war, mussten die Flächen gezäunt werden. Hierbei wurde der einzelnen Zäunung der Horste der Vollgatterung ganzer Bestände der Vorrang eingeräumt. Alle so angelegten Lochbestände sollten nummeriert und katalogisiert werden, um auch beim Wechsel von Revierbetreuern die Pflege und Nutzung sicherzustellen.

3. Phase: Aufwachsen der Horste bis zur Verjüngung des Hauptbestandes

In dieser Phase stand die Pflege, namentlich die Kultur- und Dickungspflege, im Vordergrund. Ein Umpflanzen der Horste mit drei bzw. vier konzentrischen Ringen aus Schattbaumarten zum späteren Schutz der Eichen, wie anfänglich praktiziert, wurde in dieser Entwicklungsphase nach vielen negativen Erfahrungen strikt abgelehnt.

Die umgebenden Bestände sollten weiter planmäßig durchforstet werden, wobei es eine zu starke Beschattung der Südseite der Lochbestände durch stärkere Entnahmen von Randbäumen zu verhindern galt.

4. Phase: Verjüngung des Hauptbestandes

Hatten die Eichenhorste eine Höhe von etwa 6 m erreicht und waren sie vollständig geschlossen, was frühestens 10 Jahre nach Begründung der Fall war, bestand damit der vor den Jungwüchsen des Hauptbestandes für notwendig erachtete Höhenvorsprung. Die Verjüngung des Hauptbestandes wurde eingeleitet.

MORTZFELDT ging in seinen Ausführungen fast ausschließlich von einer natürlichen Verjüngung der Hauptbestände aus. Lediglich in Fehlstellen von Jungwüchsen oder auf stark vergrasten Böden hielt er eine kleinflächige Kunstverjüngung für notwendig. Für die natürliche Verjüngung des Hauptbestandes setzte er einen Zeitraum von etwa 20 Jahren an, wobei sich die Entnahmemengen im Oberstand nach den Bedürfnissen der Verjüngung richten sollten.

Als besonderen Vorteil des Verfahrens stellte MORTZFELDT heraus, dass durch die Lochhiebe schon an deren Rändern für das Ankommen von Jungwüchsen gute Voraussetzungen gegeben sind.

Mit der Einleitung der Hauptverjüngung konnten auch bis zu vier konzentrische Ringe von Fichten, Buchen oder Hainbuchen um die Eichenhorste gepflanzt werden. Hierdurch sollten die Horste vor Verhagerung geschützt, die Randbäume der Horste an der Ausbildung von Starkästen im unteren Stammbereich gehindert und eine Steilrandbildung der Horste vermieden werden.

Weitere Behandlung der Eichen

Die ältesten von MORTZFELDT angelegten Lochbestände waren zum Zeitpunkt seines Vortrages etwa 30 Jahre alt. Für Aussagen zur weiteren Behandlung der Lochbestände fehlten ihm damit die entsprechenden Erfahrungen.

HEYER (1886) wagte hierzu für Eichenlochbestände in Buchen eine Prognose. Bei einer Umtriebszeit der Eichen in den Lochbeständen von 180 Jahren ging er davon aus, dass die Buchen des umgebenden Bestandes zweimal verjüngt würden.

Mit der ersten Verjüngung der Buchenbestände erfolgte die Einbringung der Lochbestände. Haben die Buchen dieser Generation ihr Umtriebsalter erreicht, sollten in den Bereichen zwischen den Lochbeständen mit Hilfe der Jungwüchse der Eichenhorste ein homogener Eichenbestand mit Buchenunterstand herausgearbeitet werden.

Als MORTZFELDT im Februar 1903 starb, verlor die Idee des horstweisen Vorverjüngungsbetriebes seinen entscheidenden Protagonisten, so dass die weitere Behandlung der entstandenen Bestände aus den Augen verloren wurde.

1.4 BEWERTUNG DES MORTZFELDTSCHEM VORVERJÜNGUNGS- BETRIEBES VON 1890 BIS 1980

Etwa ab 1890 tauchten zum horstweisen Vorverjüngungsbetrieb von Eichen in Buchenbeständen vermehrt **kritische Stimmen** auf:

- So wies BORGGREVE (1885) darauf hin, dass sich Eichen, wenn sie in kleinen Lochbeständen in der Buche angebaut wurden, nicht lange halten. Er plädierte für eine Vergrößerung der Horste auf über einen Hektar.
- FRICKE (1892) lehnte den Anbau von Eichenhorsten in Buchenbeständen konsequent ab.
- ARNDT (1899), STAUBESAND (1907), JÜRGENS (1910) und NACHTIGALL (1931) teilten die Einschätzung von BORGGREVE hinsichtlich der Gefahr des Untergangs der kleinen Eichenhorste, verwiesen aber auf die ihrer Meinung nach starke Verhagerung des Bodens bei einer Vergrößerung der Lochbestände.
- Diese Wahrnehmung teilte offensichtlich neben der Forstwissenschaft auch die forstliche Praxis. So fand sich im Einleitungsbericht (ANONYMUS, 1905 a) der Forsteinrichtung des Klosterforstamtes Göttingen zur Verjüngung der Eiche in den Buchenbeständen eine negative Wertung. Der Autor verwies auf starke Tendenzen der Verhagerung, die ein Ankommen von Buchenjüngwüchsen verhindern.

Die Anwendung des Vorverjüngungsverfahrens mit Eiche, ohne Berücksichtigung der Standorte, bemängelten mehrere Autoren:

- So sprach HAHN (1892) von einer Eichenplatzmanie.
- KRAFT (1894) prägte den Begriff „Gruppensport“, um die seiner Meinung nach übertriebene Anwendung zu brandmarken.
- WEISE (1903) stellte fest, dass aufgrund des Fehlens von Einschränkungen auf allen Standorten der Versuch von Eichenmischungen gemacht wurden, was unnütz viel Geld kostete.

Auf der Sitzung des Pommerschen Forstvereins 1904 (ANONYMUS, 1905 b) lautete das vierte Thema: *„Bis zu welcher Grenze ist die Nachzucht reiner Eichenbestände im Vereinsgebiet gerecht fertigt?“* Zwei der Vortragenden (FRÖMDLING, URFF) betonten, dass der Anbau der Eiche auf bessere Bodenklassen beschränkt werden sollte.

Die mit dem Wildschutz verbundenen hohen Kosten und die mehrfach misslungenen Eichenpflanzungen, bei denen die Zäunung unterlassen wurde (MORTZFELDT, 1896) sowie das Fehlen eines charismatischen Fürsprechers nach MORTZFELDTs Tod im Februar 1903, führten in Preußen am 4. Februar 1904 (III1479) zu einem Ministerialerlass, der die Anlage von MORTZ-

FELDTschen Lochbeständen stark einschränkte (KRAUSE, 1917; NACHTIGALL, 1931). Durch diesen Erlass wurde neben dem generellen Verbot der Eichenheisterpflanzung und der Ergänzung lückiger Buchenverjüngungen mit Eiche auf schwachen Standorten, auch der MORTZFELDTsche Vorverjüngungsbetrieb stark reglementiert. So war die Anlage von gezäunten Lochhiebsbeständen nur noch gestattet, wenn sie in den ersten Jahren nach Anlage der Lochhiebe als Pflanzkämpfe genutzt wurden.

Nach diesem preußischen Erlass versiegte die Zahl der Veröffentlichungen zum Thema MORTZFELDTscher Vorverjüngungsbetrieb. So wurde 1916 in einem von SCHWAPPACH zum Thema Buchen- und Eichenmischbestände veröffentlichten Artikel neben klarer Kritik auch ein zeitlicher Abschluss der Anwendung des Verfahrens deutlich. SCHWAPPACH führte aus: *“Verwerflich erscheint der zeitweise üblich gewesene horstweise Voranbau der Eiche (Mortzfeldtsche Löcher), weil sie in späteren Alter trotz gewaltiger Kulturkosten zu wenig Eichen liefern, niemals eine naturgemäße Verbindung der Eichenhorste mit dem Grundbestand, zahlreiche astige Randstämme erzeugen und durch Verlichtung und Aushagerung ungünstig auf den Boden des umliegenden Bestandes wirken und dadurch auch dessen natürliche Entwicklung erschweren.“*

Die 1922 in der 7. Auflage des Neudammer Försterlehrbuch gegebene Erläuterung zum MORTZFELDTschen Vorverjüngungsbetrieb: *„... wie dieses namentlich bei den längere Zeit üblichen, aus verschiedenen Gründen durchaus verwerflichen Mortzfeldtschen Löchern der Fall war“* dürfte auch auf SCHWAPPACH, der hier als Mitautor fungierte, zurückzuführen sein. Während in der forstlichen Presse das MORTZFELDTsche Vorverjüngungsverfahren nach 1925 nicht mehr genannt wurde, fand es in den Waldbau-Lehrbüchern dieser Zeit noch Erwähnung. So beschrieb beispielsweise DITTMAR (1929) in seinem Lehrbuch das Verfahren und bewertete es mit den Worten: *„... meißt wieder aufgegeben, obgleich es vielfach recht gute Erfolge gezeitigt hat“*.

DENGLER schrieb (1935): *„Die Mißerfolge durch Steilrandbildung, Entwicklung ästiger Randstämme, die sich bei Schnee leicht nach außen überbiegen, Bilder, wie man sie vielfach noch heute in unseren Beständen sehen kann, sind weniger dem Verfahren selbst, als wirtschaftlichen Fehlern, wie zu spätem Anschluß an die Hauptverjüngung, fehlender Umgürtelung der Horste u. a. m. zuzuschreiben. Unbestreitbar bleibt trotzdem der Erfolg der Methode und das Verdienst Mortzfeldts, der Eiche im norddeutschen Wald große Flächen wiedergewonnen zu haben, was bei dieser wertvollen Holzart nicht so leicht zu teuer erkaufte sein kann!“*

Ein dem MORTZFELDTschen Vorverjüngungsbetrieb ähnliches Verfahren wurde 1929 und 1940 von RADULESCU für die walachische Ebene Rumäniens empfohlen. In diesem Gebiet haben die Hainbuche und die Linde eine sehr starke Konkurrenzskraft, so dass sie in durch Schirmschlag zu verjüngenden Beständen die Eichenjungwüchse überwachsen. Aus diesem Grund wurden, beginnend mit dem Jahre 1921, Löcher mit einem Durchmesser von 15 - 30 m in die Bestände gehauen. Auf diesen Lochflächen wurden anschließend Eicheln gesät.

In der Fachliteratur, die nach dem zweiten Weltkrieg erschien, wurde der MORTZFELDTsche Ansatz überhaupt nicht mehr erwähnt. Es wurden nur noch sporadisch einzelne Teilfragen des Verjüngungsbetriebes anhand von bestehenden Lochbeständen untersucht oder festgeschriebene Wertungen ohne eigene Untersuchungen wiederholt:

- So erwähnte KRAHL-URBAN in seiner 1959 erschienenen Eichen-Monographie das Verfahren und übernahm hier fast wörtlich das positive Urteil DENGLERs (1944).
- In vielen forstlichen Waldbau-Lehrbüchern, die nach 1945 aufgelegt wurden, findet sich, wie im nachbearbeiteten „Waldbau auf ökologischer Grundlage“ (DENGLER, RÖHRIG, GUSSONE 1990; DENGLER, RÖHRIG, BARTSCH, 1992) und „Waldbau“ (MAYER, 1977) kein Hinweis auf den MORTZFELDTschen Vorverjüngungsbetrieb mehr.
- In den Waldbau-Lehrbüchern von TSCHERMAK (1950), KÖSTLER (1950) sowie BURSCHEL, HUSS (1987) wird das Verfahren lediglich ohne besondere Erläuterung genannt.

1.5 WISSENSCHAFTLICHE UNTERSUCHUNGEN ZU LOCHHIEBEN UND ZUM MORTZFELDTSCHEN VORVERJÜNGUNGSBETRIEB NACH 1980

Im Zuge einer stärkeren Annäherung an einen naturnahen Waldbau und der damit verbundenen Abkehr von großflächig gleichförmigen und ungemischten Waldstrukturen fanden der MORTZFELDTsche Vorverjüngungsbetrieb und Lochhiebe als Verjüngungsverfahren gegen Ende der 70er Jahre des 20. Jahrhunderts wieder das Interesse der forstlichen Wissenschaft:

- So untersuchte VON LÜPKE (1982) den Voranbau von Eiche und Lärche auf Femellücken als Mittel, diese Baumarten in Buchenaltbeständen zu etablieren.
- In gleicher Weise folgte MOSANDL (1984) MORTZFELDTs und auch REBELs Ansatz als er die Möglichkeit untersuchte, Lochhiebe mit Kunstverjüngung zu nutzen, um im bayrischen Bergwald wieder gemischte Bestände aufzubauen.
- BALLIN (1982) untersuchte rund 80-jährige MORTZFELDTsche Eichenlochbestände in Buchenbeständen im Bramwald hinsichtlich ihrer Qualitäts- und Wuchsleistung und gab als

Ergebnis seiner Untersuchung diesbezüglich eine positive Wertung ab. Er stellte aber die aufgrund der kleinen Flächengröße schwierige Bewirtschaftung als Hauptproblem dieses Verfahrens heraus.

- Fußend auf den Ergebnissen BALLINs wies KRÄMER (1984) darauf hin, dass viele der den MORTZFELDTschen Lochbeständen angelasteten Mängel nicht dem System des Vorverjüngungsbetriebes, sondern der mangelnden Betreuung durch den örtlichen Wirtschaftler zuzurechnen sind. KRÄMER schrieb: „*Bis auf wenige Ausnahmen ist der Zustand der Horste mindestens befriedigend, oft ist er gut, in einigen Fällen - bei gutem Buchenzwischenstand - hervorragend. Psychologisch ist es interessant und betriebswirtschaftlich wichtig, daß auf das, was Vorgänger vermeintlich falsch gemacht hatten (angelegte Eichenhorste, Anmerk. Verfass.) keine Mühe mehr verwandt wurde.*“ Damit unterstrich er nochmals das von BALLIN benannte Problem der Bewirtschaftung dieser kleinflächig strukturierten Wälder.
- FREIST (1998) versuchte in einem Artikel das Verfahren in das forstliche Bewusstsein zurückzurufen und gab hierbei Hinweise auf die Ergebnisse von BALLIN (1982).
- SCHÜTZ (1992) lotete die Grenzen einer Einleitung von Verjüngung durch Einzelbaumentnahme für das Gebiet der Schweiz aus und befasste sich dabei auch intensiv mit gruppen- und horstweisen Hieben. Er votierte bei der Verjüngung von Eichen in geschlossenen Beständen von mindestens Horstgröße. Als Haupthindernis für ein Unterschreiten dieser Größe sieht er in dem durch die schattigen Bedingungen kleinerer Lochhiebe hohen Anteil schlanker Eichen, die dadurch verstärkt vom Nassschneedruck gefährdet sind. Außerdem konnte er einen deutlichen Zusammenhang zwischen zunehmender Lochgröße und Erhöhung des Anteils lotrechter Stämme nachweisen.
- SPELLMANN (1995) stellte das Konzept für den Waldbau der Niedersächsischen Landesforstverwaltung stark auf eine gruppen- und horstweise Mischung um. Bei der Frage der Lochbestandesgröße zog er die Untersuchungen von SCHÜTZ heran.
- BAUHUS (1994) wendete sich der Frage der Stoffumsätze auf Lochhiebsflächen zu. Dabei konnte er nachweisen, dass nach Lochhieben auf diesen Flächen deutlich erhöhte Stoffausträge von Lachgas, Nitrat und Schwermetallen zu verzeichnen sind.
- Im Forstamt Hummelshain in Thüringen untersuchte KUNZE (2000) den Einfluss von Buchenhorsten in Fichte, sogenannte „Grünen Augen“, auf bodenkundliche Parameter. KUNZE wies nach, dass im Vergleich zu reinen Fichtenbeständen in den Buchenhorsten die Bodenversauerung gestoppt sowie die biologische Aktivität im Boden und die Bodenfruchtbarkeit erhöht werden.

- WOLLBRANDT (2001) und BRÄSICKE (2001) stellten heraus, dass sich durch die Einbringung von MORTZFELDTschen Lochbeständen in großflächige Kiefernreinbestände die Artenzahl und die Dichte der Antagonisten von potentiellen Kieferschadorganismen erhöht und so das Risiko von Kalamitäten gemindert wird. Beide Autoren befürworteten aufgrund ihrer Ergebnisse eine stärkere Anwendung des Verfahrens zur Stabilisierung der Kiefernreinbestände in Nordostdeutschland.
- MÜLLER, OLDENBURG (2004) untersuchte anhand von 11 Lochhieben in Südbrandenburg die kleinklimatischen Auswirkungen von Lochhieben und den Einfluss von neuangelegten Lochhieben auf die Arthropodenfauna. Sie belegten mit den Untersuchungen, dass sich schon im zweiten Jahr nach einem Lochhieb die Anzahl der vorkommenden Laufkäferarten mindestens verdoppelte. Außerdem gelang ihnen der Nachweis von drastischen Lufttemperatur- und Luftfeuchteunterschieden innerhalb der Löcher in Abhängigkeit von der Lochhiebsgröße.

Trotz des generellen Fehlens von Untersuchungen des MORTZFELDTschen Vorverjüngungsbetriebes in Nordostdeutschland hinsichtlich seiner ökologischen und wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit, wird diese Form des Verjüngungsbetriebes in der Regel von Forstleuten nur positive Auswirkungen auf die Stabilität von Kiefernbeständen bewertet. Eine befriedigende Wuchs- und Wertleistung der Lochbestände wird dagegen in Abrede gestellt.

Exemplarisch hierfür ist der von BRÄSICKE, RATSCHKER (2003) zu MORTZFELDTschen Lochhieben veröffentlichte Artikel. Die Autoren sprachen, ohne eigene oder fremde Untersuchungen ins Feld zu führen, den Eichen von MORTZFELDTschen Lochbeständen in Nordostdeutschland eine ungenügende Qualität zu. Hierzu führten sie aus: „...erscheint die Lochhiebsgröße von 1000 m² nach Mortzfeldt als zu klein, um eine vergleichsweise gute Kronenbildung, Geradschaftigkeit sowie Vollholzigkeit der Eichen zu erzielen.“

Gleichzeitig wurde aber der ökologische Aspekt der Lochbestände sehr stark betont. BRÄSICKE, RATSCHKER führten hierzu aus: „... lässt sich in Mortzfeldtschen Lochhieben ein positiver Einfluss auf die Stabilität angrenzender Kiefernbestände vermuten.“

In der Gesamtschau der angesprochenen Aspekte treten deutliche Diskrepanzen zu Tage. In den Waldbaurichtlinien aller Landesforstverwaltungen Nordostdeutschlands wird der kleinflächig gemischte Wald als Zielbild des Waldbaus propagiert, der die großflächigen Reinbestände aus Kiefer in einem langfristigen Prozess ersetzen soll. Gleichzeitig ist aber über die Verfahren, die zu diesem Ziel führen und die daraus resultierenden Wuchs- und Qualitätsleistungen der Bestände nur sehr wenig bekannt.

1.6 ZIELE DER ARBEIT

1.6.1 RAHMENBEDINGUNGEN

Zwei grundsätzliche Rahmenbedingungen beeinflussten die Zielsetzungen dieser Arbeit:

- Zum Einen entstand diese Arbeit im Rahmen des Teilprojektes "Die Bedeutung von gruppenweisen Vorverjüngungen nach Mortzfeldt für den ökologischen Waldbau in Nordostdeutschland" in dem vom BMBF finanzierten Projektverbund „Nordostdeutsches Tiefland“ im Teilbereich „Waldwirtschaft“ des Programms der Bundesregierung „Forschung für die Umwelt“. Dadurch wurde die Anforderung an das Projekt stark an den Anforderungen der forstlichen Praxis orientiert und ein ganzheitlicher Überblick gefordert. Die Ergebnisse des Projektes sollten in konkreten waldbaulichen Handlungsanweisungen gebündelt werden.
- Zum Zweiten gab es für das Gebiet des nordostdeutschen Tieflandes zum Zeitpunkt des Projektbeginns keine wissenschaftlichen Arbeiten zum angestrebten Forschungsgegenstand. Außerhalb des Betrachtungsgebietes ist nur eine geringe Zahl von Untersuchungen zu einzelnen Teilfragen von Lochbeständen durchgeführt worden. Der Schwerpunkt dieser Untersuchungen lag im Bereich des Bergmischwaldes bzw. im Nordwesten Deutschlands.

Zielrichtung der vorgelegten Arbeit ist es, grundlegende und praxisrelevante Fragestellungen zu bearbeiten, die durch spätere speziellere Untersuchungen vertieft werden können.

1.6.2 FRAGESTELLUNGEN DER ARBEIT

In der vorliegenden Arbeit sollen anhand von MORTZFELDTschen Lochbeständen die Eignung von gruppen- und horstweisen Mischungen von Eichen in Kiefernbeständen sowie Eichen in Buchenbeständen für den naturnahen Waldbau Nordostdeutschlands überprüft werden.

Dieses Hauptziel der Arbeit gliedert sich in vier Teilbereiche auf, die in den abschließenden waldbaulichen Fragestellungen zusammengeführt werden.

1.6.2.1 Fragenbereich Inventur

Um eine Bearbeitung des Untersuchungsgegenstandes zu ermöglichen, müssen in einem ersten Teilschritt alle noch vorhandenen MORTZFELDTschen Lochbestände aufgefunden, inventarisiert und auf folgende Informationen hin klassifiziert werden:

- Wann wurden in Nordostdeutschland Lochbestände angelegt?

- In welcher räumlichen Verteilung und auf welchem Standortsspektrum wurden sie begründet?
- Welche Pflanzdichten und Pflanzverbände der Lochbestände gibt es?
- Wie groß sind die Lochbestände?
- Wie viele der begründeten Lochbestände sind in der Vergangenheit untergegangen und wie viele werden in einem überschaubaren Zeitraum ebenfalls ausfallen?
- Wie korrespondiert die Struktur, Verteilung und Zusammensetzung der aufgefundenen Lochbestände mit den Vorstellungen MORTZFELDTs?

1.6.2.2 Fragenbereich Konkurrenzkraft und Stabilität der Lochbestände

Ein waldbauliches System kann sich nur dann auf Dauer erfolgreich durchsetzen, wenn es sich als solches, auch ohne ständig unterhaltende Maßnahmen des Bewirtschafters, erhält. Gerade den Lochbeständen aus Eiche wurde diese Fähigkeit in der Vergangenheit abgesprochen, ohne dass dazu Untersuchungsergebnisse vorlagen.

Es ergaben sich folgende Fragestellungen für diese Arbeit:

- Welche Konkurrenzkraft und Stabilität weisen Eichen in Lochbeständen in Nordostdeutschland auf?
- Welche standörtlichen und bestandesstrukturellen Faktoren beeinflussen die Konkurrenzkraft der Eichen in Lochbeständen?
- Welche Gründe führen zum Verlust von Lochbeständen als Mischungselement und wie vollzieht sich das Absterben der Eichen?
- Welche waldbaulichen Maßnahmen können die Konkurrenzkraft der Eichen der Lochbestände unterstützen?

1.6.2.3 Fragenbereich Wachstumsentwicklung, Wuchsleistung und Qualität der Lochbestände

Im Gegensatz zu den Wachstumsgängen von Reinbeständen ist über die Wachstumsgänge, die Volumen- und die Wertleistung von Eichenlochbeständen nur sehr wenig bekannt. Hierzu wurde folgenden Fragestellungen in dieser Arbeit nachgegangen:

- Wie ist der Wachstumsverlauf von Eichenlochbeständen?
- Welche Volumenentwicklung haben gruppen- und horstweise gemischte Eichen-Kiefern bzw. Eichen-Buchenmischbestände im Vergleich zu Reinbeständen aus Kiefern bzw. Buchen?
- Welche Qualität haben Eichenlochbestände in Kiefern bzw. Buchen?

- Welche Mindestgrößen müssen bei der Anlage von Lochhieben eingehalten werden, um eine ausreichende Qualität der Eichen zu sichern?

1.6.2.4 Fragenbereich Verjüngungspotenzial für umgebende Bestände

Ein naturnaher Waldbau sollte nicht auf Kunstverjüngungen zurückgreifen müssen, um Mischbestände zu erziehen. Dies ist in den ausgedehnten Nadelbaureinbeständen, wie sie das Bild Nordostdeutschlands prägen, aufgrund der geringen Anzahl von Mischbaumarten kaum möglich. Durch die Anlage von MORTZFELDTschen Lochbeständen sollten Kondensationskerne für die Begründung zukünftiger Mischbestände geschaffen werden. Aufgrund dieses Ansatzes stellen sich für diese Arbeit folgende Fragen:

- Welches Verjüngungspotenzial geht von Eichenlochbeständen für die umgebenden Kiefernreinbestände aus?
- Welche Faktoren beeinflussen die Höhe des Verjüngungspotenzials?
- Wie weit von den Lochbeständen entfernt sind noch Jungwüchse, die von diesen stammen, nachweisbar?

1.6.2.5 Waldbauliche Fragestellungen

Die Zielstellung dieser Arbeit ist, wie schon in Kap. 1.6.1 ausgeführt, auf eine spätere praktische Anwendung ausgerichtet. Daraus ergeben sich die folgenden Fragestellungen:

- Unter welchen Voraussetzungen eignet sich eine gruppen- und horstweise Mischung von Eiche?
- Wie sind diese Lochbestände anzulegen?
- Wie sollten die vorhandenen Lochbestände weiter bewirtschaftet werden?

2 INVENTUR DER LOCHBESTÄNDE

2.1 EINLEITUNG

2.1.1 KENNTNISSTAND

Bis zum Jahr 1997 war die Anzahl der MORTZFELDTschen Lochbestände in Nordostdeutschland unbekannt. Zirka 40 Lochbestände wurden im Datenspeicher Wald des Landes Brandenburg explizit erwähnt. Der Datenspeicher Wald ist ein flächendeckend vorhandenes, auf Einrichtungsdaten basierendes und elektronisch fortgeschriebenes Flächenregister.

Lediglich einige größere Verbände von MORTZFELDTschen Lochbeständen in den Ämtern für Forstwirtschaft Fürstenberg, Borgsdorf, Belzig und Luckenwalde waren über die Revierebene hinaus bekannt. In der Regel kannten die örtlichen Revierförster die Bestände, ohne vom geschichtlichen Hintergrund etwas zu wissen.

Angeregt durch den Oberförster KROOP führte HEUER (1997) mittels Luftbildaufnahmen eine erste Vorerkundung von möglichen Lochbeständen für die Region Berlin und Brandenburg durch. HEUER schied im Land Brandenburg 110 Verbände mit 1.429 Lochbeständen und im Land Berlin 3 Verbände mit 31 Lochbeständen aus.

Innerhalb gleicher Abteilungen wurden einzelne Lochbestände zu Verbänden zusammengefasst. Eine terrestrische Überprüfung der ausgeschiedenen Bestände unterblieb.

Im Jahr 2000 wurde ein MORTZFELDTscher Lochbestand von WOLLBRANDT (2001) im Amt für Forstwirtschaft Luckenwalde und ein Lochbestand im Amt für Forstwirtschaft Hangelberg von BRÄSICKE (2001) im Zuge der Erstellung ihrer Diplomarbeiten erfasst.

Weitere Erfassungen oder wissenschaftliche Arbeiten an MORTZFELDTschen Lochbeständen gab es in Nordostdeutschland nicht.

2.2 METHODIK DER INVENTUR

2.2.1 AUFFINDEN DER LOCHBESTÄNDE UND DATENERHEBUNG

Als Ergebnis seiner Aufnahmen wurde von HEUER (1997) für jede Oberförsterei im Land Brandenburg bzw. jedes Forstamt im Land Berlin ausschließlich eine Anzahl von möglichen Lochbeständen genannt. Diese Angaben erwiesen sich für das terrestrische Auffinden der Lochbestände als zu grob.

Aus diesem Grund wurde in einem ersten Schritt eine **flächendeckende Inventur** mittels Luftbildern bzw. Luftbildkarten durchgeführt.

In Tab. 2.1 ist das hierzu verwendete Kartenmaterial aufgeführt.

Tab. 2.1: Darstellung des zur Inventur verwendeten Kartenmaterials

| BUNDESLAND | ART | JAHR | MAßSTAB | DECKUNG | VERWENDUNG |
|------------------------|------------------|-------------|----------|----------------|-------------|
| Berlin | Luftbildkarten | 1936 - 1945 | 1:25.000 | flächendeckend | Auffinden |
| | D-Sat Software | 1996 - 2000 | variabel | flächendeckend | Überprüfung |
| Brandenburg | Luftbildkarten | 1936 - 1945 | 1:25.000 | Teile BB | Auffinden |
| | Kriegsluftbilder | 1944/45 | - | Teile BB | Überprüfung |
| | Luftbilder | 1953 | 1:22.000 | flächendeckend | Überprüfung |
| | IR-Luftbild | 1986 | 1:10.000 | Teile BB | Überprüfung |
| | Luftbildkarten | 1992 | 1:10.000 | flächendeckend | Auffinden |
| | Luftbilder | 1996/97 | 1:10.000 | flächendeckend | Auffinden |
| | Luftbildkarten | 1996 - 2000 | variabel | Teile BB | Überprüfung |
| Mecklenburg-Vorpommern | D-Sat Software | 1996 - 2000 | variabel | flächendeckend | Überprüfung |
| | Luftbilder | 1953 | 1:22.000 | flächendeckend | Auffinden |
| Sachsen-Anhalt | D-Sat Software | 1996 - 2000 | variabel | flächendeckend | Überprüfung |

Wie schon HEUER (1997) betonte, zeichnen sich die Lochbestände auf den Luftbildkarten der Befliegung von 1936 - 1945 besonders gut ab. Der Grund hierfür ist der hohe Kontrast zwischen den Lochbeständen und den umgebenden Beständen, da diese Aufnahmen im Frühjahr vor Laubaustrieb, aber ohne Schnee, gemacht wurden. Außerdem ist der Maßstab 1:25.000 für die Erstauffindung von Lochbeständen besonders geeignet.

Da durch den Fortgang der Kriegshandlungen diese Befliegung nicht flächendeckend vollendet wurde, musste für die restlichen Teilbereiche von Brandenburg, für Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt auf anderes Material zurückgegriffen werden. In Mecklenburg-Vorpommern wurden ausschließlich die Luftbilder verwendet, die 1953 von den Russischen Luftstreitkräften im Maßstab 1:22.000 gemacht wurden.

Diese Bilder im Bildformat 30 cm x 30 cm liegen für Mecklenburg-Vorpommern flächendeckend vor, haben aber in der Regel eine sehr schlechte Bildqualität, was zu häufigen Fehlinterpretationen führte. Für die nicht durch die Befliegung von 1936 - 1945 abgedeckten Bereiche Brandenburgs wurde zur Auffindung der Lochbestände auf die Luftbildkarten von 1992 und auf die Luftbilder von 1996/97 zurückgegriffen. Da für Sachsen-Anhalt nur eine Abschätzung der Anzahl von MORTZFELDTschen Lochbeständen geplant war, kam zur Auffindung der Lochbestände ausschließlich das Programm D-Sat der Firma BUHL in den Versionen 4.0, 5.0 und 6.0 zum Einsatz. Hierbei handelt es sich um eine Sammlung von farbigen, georeferenzierten Satellitenbildern, die in der letzten Version eine Auflösung von einem Pixel je 2 m außerhalb von Städten und von einem Pixel je 0,45 cm innerhalb bestimmter Städte hatten. Sehr hilfreich beim Auffinden von MORTZFELDTschen Lochbeständen war, dass sogenannte DANCKELMANNsche Gassen, das heißt in der Regel 300 - 500 m lange drei- bzw. fünfreihig gepflanzte Eichengassen nur in Gebieten gefunden wurden, in denen es auch MORTZFELDT-

sche Lochbestände (z.B. Oberförstereien Menz, Frankendorf, Finowfuhr, Gühlen Glienicke, Ferch u.a.) gab (s. Abb. 2.1).

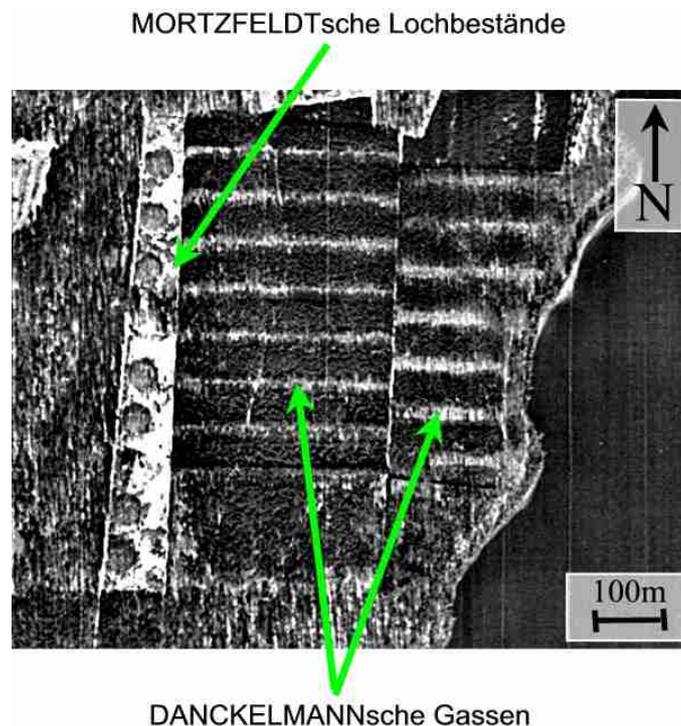


Abb. 2.1: MORTZFELDTsche Lochbestände und DANCKELMANNsche Gassen in der Oberförsterei Menz

Aufgrund ihrer größeren räumlichen Ausdehnung sind diese Gassen auf Luftbildern deutlich zu erkennen und waren so ein Indiz für das gleichzeitige Vorhandensein von MORTZFELDTschen Lochbeständen.

Jeder aufgefundene Bestand wurde anhand einer zweiten Luftbildaufnahme aus einer anderen Befliegung überprüft.

Danach wurde die Forstadresse bis auf die Ebene der Abteilung unter Zuhilfenahme von Forstübersichtskarten, georeferenzierten Luftbildkarten und dem Programm D-Sat festgestellt. Von jeder Verdachtsfläche wurde ein Luftbildausschnitt digitalisiert und unter der Forstadresse abgespeichert.

Auf diesem Weg wurden in Brandenburg rund 2.800, in Mecklenburg-Vorpommern rund 450 und in Sachsen-Anhalt rund 200 Bestände mit dem Verdacht auf Lochbestände ausgeschieden.

Die große Anzahl der Verdachtsflächen und die große räumliche Ausdehnung des Versuchsgebietes schloss eine terrestrische Überprüfung durch eine einzelne Person aus. Außerdem wurde durch Spontanmeldungen von Revierförstern deutlich, dass einzelne, mit Laubholz umstandene, Lochbestände übersehen wurden.

Zur **terrestrischen Überprüfung der ausgewiesenen Lochbestände** wurde deshalb die regionale Präsenz und das konkrete Wissen der in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern tätigen Revierförster genutzt. Hierbei wurden 4 Ziele verfolgt:

- Eine Beschreibung des Aufbaus und der Struktur von MORTZFELDTschen Lochbeständen sollte es den Revierförstern ermöglichen, MORTZFELDTsche Lochbestände in ihren Bewirtschaftungseinheiten zu erkennen.
- Eine terrestrische Überprüfung der mit Hilfe der Luftbilder ausgeschiedenen Verdachtsbestände sollte vorgenommen werden.
- Über vorhandene Lochbestände sollten Stammdaten erhoben werden, die eine genaue örtliche Beschreibung und eine Klassifizierung nach Daten des umgebenden Bestandes sowie Standorts- und Bestandesdaten ermöglichen.
- Durch Information über die Ziele und Aufgaben des Projektes und die geschichtliche Dimension dieser Arbeit sollten die Revierförster zu einer Mitarbeit motiviert werden.

Zu diesem Zweck wurde ein Erläuterungsschreiben entworfen, das neben den Zielen des Projektes, Angaben über die Struktur und Aufbau und den geschichtlichen Kontext der MORTZFELDTsche Lochbestände enthielt. Außerdem wurden dem Schreiben Beispielluftbilder von Musterlochbeständen, Auszüge aus dem Vortrag von MORTZFELDT (1896) vor dem Märkischen Forstverein und die Luftbildauszüge der Verdachtsflächen bzw. Kartenskizzen der jeweiligen Oberförsterei beigelegt. Der zweite Teil des Schreibens enthielt ein standardisiertes Aufnahmeformular. Hierin sollten für jeden Lochbestand folgenden Angaben gemacht werden:

- Ordnungsdaten: Amt für Forstwirtschaft, Oberförsterei, Revier, Abteilung, Unterabteilung, Teilfläche, Nummer des Verbandes, Nummer des Lochhiebes
- Standortdaten: Wuchsgebiet, Wuchsbezirk, Klimastufe, Exposition, Inklination, Ausformung, Standortsformengruppe
- Lochbestand: Durchmesser Lochhieb, Baumart, Alter, Höhe, BHD, Bestockungsgrad, letzter Eingriff
- Ringbepflanzung: Baumart, Alter, Höhe, BHD, Bestockungsgrad, letzter Eingriff
- umgebender Bestand: Baumart, Alter, Höhe, BHD, Bestockungsgrad, letzter Eingriff

Mit Ausnahme der Verbands- und Lochhiebsnummer sowie des Durchmessers wurden alle Daten dem Datenspeicher Wald 2003 entnommen. Um eine einfache **elektronische Verarbeitung der erhobenen Daten** zu ermöglichen, wurden die Schlüsselnummern des Daten-

speichers Wald, hierbei handelt es sich um 1 - 6 stellige Codenummern für jedes Merkmal, übernommen.

Jedem Verband sollte ein Auszug der Forstgrundkarte beigelegt werden, in dem die einzelnen Lochbestände vermerkt waren.

Die Daten der eingegangenen Formulare wurden in eine Matrix des Tabellenkalkulationsprogramms Excel, Version 2000 der Firma Microsoft, eingegeben. Hier erhielt jeder Lochbestand ein eigenes Tabellenblatt, dessen Signatur aus der zweistelligen Verbands- und der zweistelligen Lochbestandesnummer bestand.

Die Datenblätter eines Reviers wurden in einer Datei zusammengefasst, deren Name sich aus der jeweils zweistelligen Schlüsselnummer des Amtes für Forstwirtschaft (Ziffer 1 und 2), der Oberförsterei (Ziffer 3 und 4) und des Reviers (Ziffer 5 und 6) zusammensetzt. Die Dateien der Reviere jedes Amtes für Forstwirtschaft erhielten einen eigenen Ordner mit der Schlüsselnummer des Amtes für Forstwirtschaft.

Im Januar des Jahres 2002 wurde die Anzahl der Ämter für Forstwirtschaft von ehemals 18 auf 10 und die Anzahl der Oberförstereien von 96 auf 57 reduziert. Da alle Lochbestände auch weiterhin eindeutig zuordenbar sind, wurde diese Strukturreform der Landesforstverwaltung Brandenburg nicht auf die Struktur der Datenorganisation übertragen.

Die auf diese Weise geordneten Daten stellen ein direktes elektronisches Abbild der Aufnahmeformulare dar. Sie sind für die Betrachtung eines Lochbestandes sehr übersichtlich, lassen aber einen Überblick über mehrere Lochbestände und damit eine Datenstrukturierung auf höherer Ebene sehr schwer zu.

Aus diesem Grund wurde mit Hilfe von VBA-Basic ein Programm geschrieben, das die Daten der Einzelblätter in eine einzige Datenbank, genannt „MOFE“, transformiert. Bei der Transformation wurde jedem Datensatz eine eindeutige unveränderbare Signatur zugeordnet. Dadurch wurde die Fehlzuordnung von Daten ausgeschlossen.

In der Gesamtdatenbank „MOFE“ sind die Organisationseinheiten zeilenweise strukturiert. Jeder Lochbestand hat eine Datenzeile. In den Spalten befinden sich die Abfrageparameter wie zum Beispiel Alter des Lochbestandes, Baumart des Lochbestandes und Baumart des umgebenden Bestandes.

So können Abfragen und Gruppierungen nach Spaltenparametern vorgenommen werden. Für komplexe Abfragen, bei denen mehr als drei Parameter eingeschränkt werden und sich keine weiteren Rechenschritte anschließen sollten, wurde die Datenbank in das Datenbanksystem ACCESS Version 2000 der Firma Microsoft überführt.

Um die notwendigen Arbeitswege zu minimieren wurde festgelegt, dass die endgültige Überprüfung aller Daten der in die Datenbank „MOFE“ aufgenommenen Lochbestände sukzessive in Verbindung mit den Intensivaufnahmen an ausgewählten Lochbeständen geschehen sollte. Hierzu wurden in einem nächsten Schritt die Lochbestände nach Standortseinheiten, Alter, Loch- sowie Umgebungsbaumarten gruppiert.

Hierdurch sollte überprüft werden, ob alle waldbaulich relevanten Standortseinheiten mit potentiellen Probebeständen belegt sind. Es wurden die Bestände für Intensivaufnahmen ausgewählt und im Anschluss daran ein räumliches Abarbeitungsschema zur Verkürzung der Wege erstellt.

Durch die in Verbindung mit den Intensivaufnahmen durchgeführten Überprüfungen der Ersterhebungsdaten wurden die Daten in der Datenbank „MOFE“ sukzessiv durch bestätigte Daten ersetzt.

2.2.2 AUFNAHME DER VERBANDSART

Zur Inventur gehörte ebenfalls die Aufnahme der Lochbestandesanordnung zueinander anhand von Luftbildaufnahmen. Hierbei wurde zwischen einzelnen Lochbeständen, Lochbeständen im Dreiecks-, Rechteck- und Reihenverband unterschieden. Als Verband wurden Lochbestände angesehen, die innerhalb einer Abteilung in enger räumlicher Nähe zueinander angeordnet sind. Dabei durfte der Abstand zwischen den Rändern der Lochbestände 90 m nicht überschreiten. Außerdem wurden innerhalb eines Verbandes die Lochbestandesgrößen zueinander verglichen. Als gleich groß galten Lochbestände deren Außenlochdurchmesser nicht mehr als 10 % von der durchschnittlichen Größe der Lochbestände des Verbandes abwich. Wichen innerhalb einer Formation von Lochbeständen Lochbestandesgröße, Baumartenzusammensetzung oder Anordnung der Lochbestände eines Teils der Lochbestände ab und standen diese räumlich zueinander im Verhältnis, so wurde diese Formation in zwei Verbände unterteilt.

In Abb. 2.2 wird die Unterteilung einer Formation in einen Verband 1, in dem 12 Lochbestände im Dreiecksverband und einen Verband 2, in dem sieben Lochbestände im Reihenverband angeordnet sind, verdeutlicht.

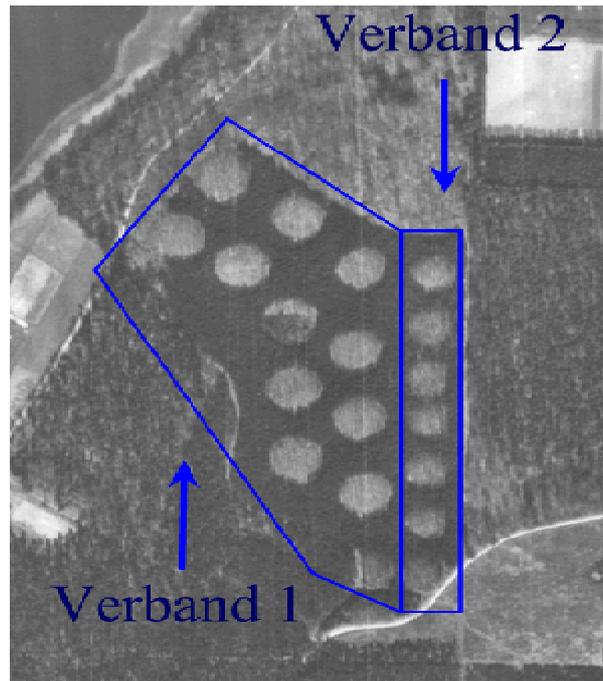


Abb. 2.2: Lochbestandesformation aus zwei Verbänden

Innerhalb von Verband 1 und 2 werden die Lochbestände als gleich groß eingestuft.

2.2.3 ALTERSBESTIMMUNG DER EICHEN DER LOCHBESTÄNDE

Zur Bestimmung des Alters der Eichen der Lochbestände und der Baumarten der umgebenden Bestände wurden die Altersangaben aus dem Datenspeicher Wald übernommen. Im Anschluss daran wurde pro Verband ein Probebaum gefällt und ebenerdig eine Stammscheibe entnommen. Diese wurde mittels Elektrohobel vorgeschliffen und danach unter Zuhilfenahme eines Stechbeitels vier glatte Zählradien auf der Stammscheibe hergestellt.

Anschließend wurden die Jahrringe von der Markröhre bis zum Bast ausgezählt. Wicht das so ermittelte Alter um mehr als 5 Jahre vom Alter des Datenspeichers Wald ab, so wurde bei einem zweiten Baum des Bestandes die Prozedur wiederholt. Bestätigte sich beim zweiten Baum das ermittelte Alter wurde es statt des Alters aus dem Datenspeicher Wald übernommen. Dies war aber nur in etwa 20 % der Fälle notwendig.

Die größte gefundene Altersdifferenz zwischen den Angaben des Datenspeichers Wald und dem realen Alter waren 26 Jahre.

2.2.4 PFLANZENMATERIAL, PFLANZVERBÄNDE UND PFLANZDICHTEN

Das verwendete Pflanzenmaterial sollte durch Quellenstudium der Einrichtungswerke, Revierchroniken und Wirtschaftsbücher ermittelt werden. Diese Quellen waren sehr mangelhaft

und wenig ergiebig, so dass die Auswertung der Unterlagen nach der Sichtung des Materials von drei Oberförstereien abgebrochen wurde.

Aufgrund der in der Vergangenheit getätigten Wirtschaftsmaßnahmen, waren in einer begrenzten Anzahl von Fällen der ehemalige Pflanzverband und damit die Pflanzdichte genau zu rekonstruieren. Aus diesem Grund wurden nur die eindeutig erkennbaren Verbände vermerkt. Auf die Angabe von Anteilen wurde verzichtet.

Die Umpflanzung der Lochbestände mit konzentrischen Ringen aus Schattbaumarten nahm im Vortrag MORTZFELDTs (1896) einen breiten Raum ein. Aus diesem Grund wurden alle erkennbaren Ringbepflanzungen vermerkt.

2.3 ERGEBNISSE DER INVENTUR

2.3.1 LAGE DER MORTZFELDTSCHEN LOCHBESTÄNDE

Von den, auf Basis der Luftbilder bzw. Luftbildkarten ausgeschiedenen, möglichen 3.650 Lochbeständen konnten 280 Verdachtsflächen in Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt nicht aufgesucht und damit nicht verifiziert werden. Rund 600 Verdachtsflächen hielten einer terrestrischen Überprüfung nicht stand. Am häufigsten wurden Sprengplätze der Armee und des Bergbaus, Bombentrichter, Sterbenester in Kiefer und Fehler auf den Luftbildaufnahmen fehlinterpretiert (s. Abb. 2.3).

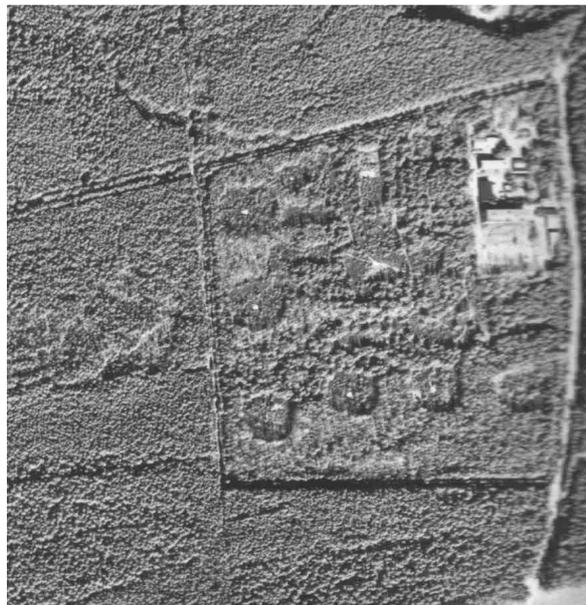


Abb. 2.3: Luftbildaufnahme ehemaliger Sprengglöcher im Amt für Forstwirtschaft Lübben

In Abb. 2.3 sind ehemalige Sprengglöcher zu sehen, die bei der Interpretation der Luftbildaufnahmen für MORTZFELDTsche Lochbestände gehalten wurden.

In Abb. 2.4 ist die Lage der in Nordostdeutschland aufgefundenen MORTZFELDTschen Lochbestände dargestellt. Es werden neben den Ländergrenzen innerhalb Nordostdeutschlands auch die Grenzen der Ämter für Forstwirtschaft Brandenburgs dargestellt.

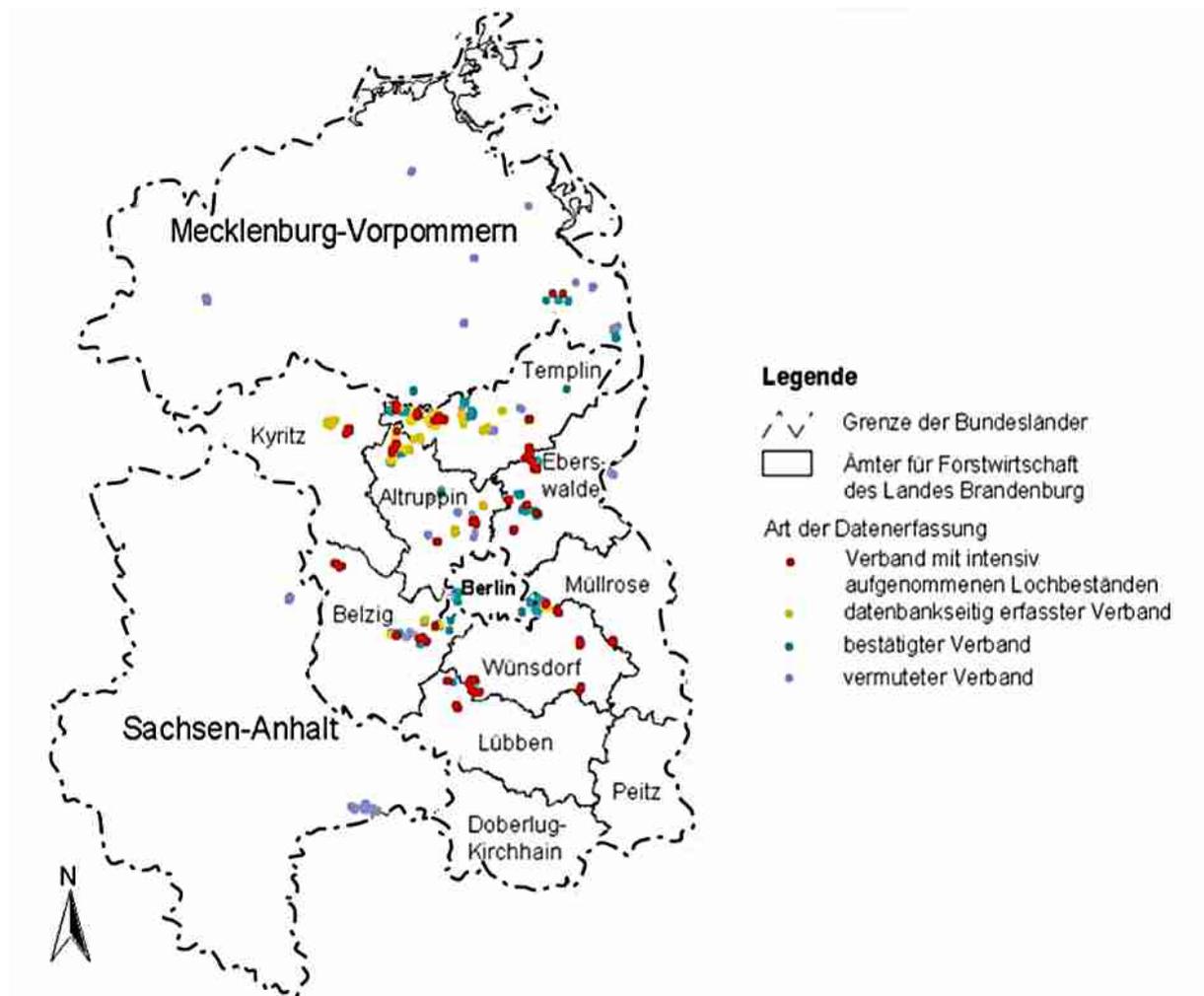


Abb. 2.4: Aufgefundene Lochbestände in Nordostdeutschland

Aus Abb. 2.4 geht hervor, dass die aufgefundenen 2.761 Lochbestände im zentralen Teil Nordostdeutschlands zu finden sind.

In Tab. 2.2 sind die in den einzelnen Bundesländern aufgefundenen Lochbestände aufgelistet. Aufgrund der hohen Anzahl von Lochbeständen in Brandenburg wurden für dieses Bundesland die Anzahl der Lochbestände auf die Ebene der Ämter für Forstwirtschaft aufgeschlüsselt.

Tab. 2.2 Anzahl der Lochbestände je Bundesland
 (*terrestrisch nicht überprüfte Verdachtsflächen)

| BUNDESLAND | AMT FÜR FORSTWIRTSCHAFT | ANZAHL DER LOCHBESTÄNDE |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Berlin | | 139 |
| Brandenburg | Kyritz | 91 |
| | Alt Ruppin | 499 |
| | Templin | 773 |
| | Eberswalde | 376 |
| | Belzig | 234 |
| | Wünsdorf | 389 |
| | Müllrose | 48 |
| | Lübben | 176 |
| Mecklenburg-Vorpommern | | 36 ca.130* |
| Sachsen-Anhalt | | ca. 150* |

Der Verbreitungsschwerpunkt der Lochbestände lag im mittleren und nördlichen Brandenburg. Dagegen waren die nordwestlichen Teile Mecklenburg-Vorpommerns und die westlichen Teile Sachsen-Anhalts ausgespart.

Von den 2.761 bestätigten Lochbeständen wurden 2.268 Lochbestände datenbankseitig erfasst. 93 % der erfassten Lochbestände liegen in heutigen Landeswaldflächen, das heißt, auf ehemaligen Preußischen Staatswaldflächen. Zuzüglich der aus ehemaligem Preußischen Staatswald im Zuge der politischen Entwicklung nach 1945 in Ostdeutschland in andere Eigentumsarten überführten Flächen (Bodenfond, Bundesforst, Brandenburgische Bodengesellschaft, Treuhandgesellschaft) sind es rund 99 %. Dies verdeutlicht, dass MORTZFELDTsche Lochbestände überwiegend im Staatswald des damaligen Preußen angelegt wurden.

Das ehemalige Mecklenburg sowie das historische Anhalt und die im heutigen Sachsen-Anhalt liegenden Teile Braunschweigs waren im Deutschen Reich keine Regierungsbezirke Preußens. Darin dürften neben der standörtlichen Ausstattung einzelner Gebiete die Hauptgründe für das Fehlen von Lochbeständen in diesen Teilen Nordostdeutschlands liegen.

Von den auf historischen Luftbildern der 30er Jahre zu erkennenden Lochbeständen sind bis zum Zeitpunkt der terrestrischen Aufnahme keine Lochbestände durch natürliche Mortalität verloren gegangen. Lediglich in der Oberförsterei Potsdam wurden durch den Ausbau eines Wohngebietes Lochbestände gerodet.

2.3.2 LAGE DER LOCHBESTÄNDE ZUEINANDER

Nur 13 der 2.761 aufgefundenen Lochbestände hatten keinen räumlichen Bezug zu anderen Lochbeständen und wurden deshalb als Einzelbestände klassifiziert. Da einzelne Lochbestände auf den Luftbildern leicht übersehen werden können, wurde in Regionen mit einer sehr

hohen Anzahl von Lochbeständen (Oberförstereien Menz, Neuglienicke, Frankendorf, Trebin) eine weitere intensiviertere Suche durchgeführt. Hierbei wurde kein Einzellochbestand gefunden. Es ist also davon auszugehen, dass die Anzahl der Einzellochbestände im Verhältnis zu den Lochbeständen in Gruppen tatsächlich sehr gering ist.

2.712 Lochbestände sind in 209 Verbänden zu finden. Durchschnittlich wird ein Verband aus 13 Lochbeständen gebildet. Dabei haben rund 67 % der Verbände weniger als 15 Lochbestände und rund 82 % weniger als 20 Lochbestände.

In Abb. 2.5 ist die Anzahl der Verbände geordnet nach Klassen wiedergegeben.

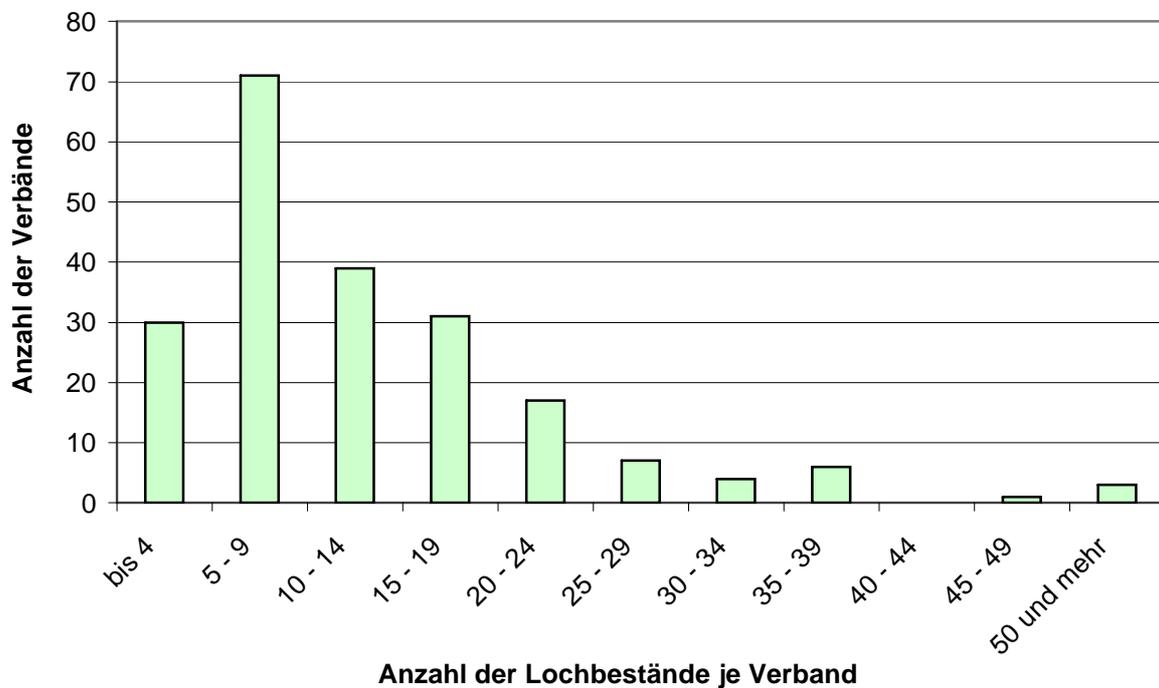


Abb. 2.5: Darstellung der Häufigkeiten der einzelnen Verbandsgrößen

In der Oberförsterei Menz wurde mit 79 Lochbeständen der größte Gruppenverband gefunden. Dabei handelt es sich um relativ kleine Lochbestände mit jeweils rund 20 m Außendurchmesser, die in einem engen Quadratverband begründet wurden.

Bei der Anordnung der Lochbestände innerhalb eines Verbandes wurde nach folgenden vier Grundmustern unterschieden:

- unregelmäßige Anordnung: die Lochbestände haben keinen gleichmäßigen geometrischen Bezug zueinander,

- Dreiecksverband: mindestens zwei Reihen von Lochbeständen, Reihenabstand ist gleich dem Lochbestandesabstand, Lochbestand der einen Reihe in Höhe der Mitte zwischen den Lochbeständen der Nachbarreihen,
- Rechteckverband: mindestens zwei Reihen von Lochbeständen, Lochbestände der Nachbarreihen stehen auf gleicher Höhe, der Sonderfall Quadratverband wurde dem Rechteckverband zugeschlagen,
- Reihenverband: Lochbestände stehen in einer Reihe.

In der Abb. 2.6 sind die Anzahl der Lochbestände, die innerhalb von Verbänden in diesen vier Grundmustern angeordnet waren und die Anzahl der Verbände, deren Lochbestände diese Grundmuster aufwiesen, dargestellt.

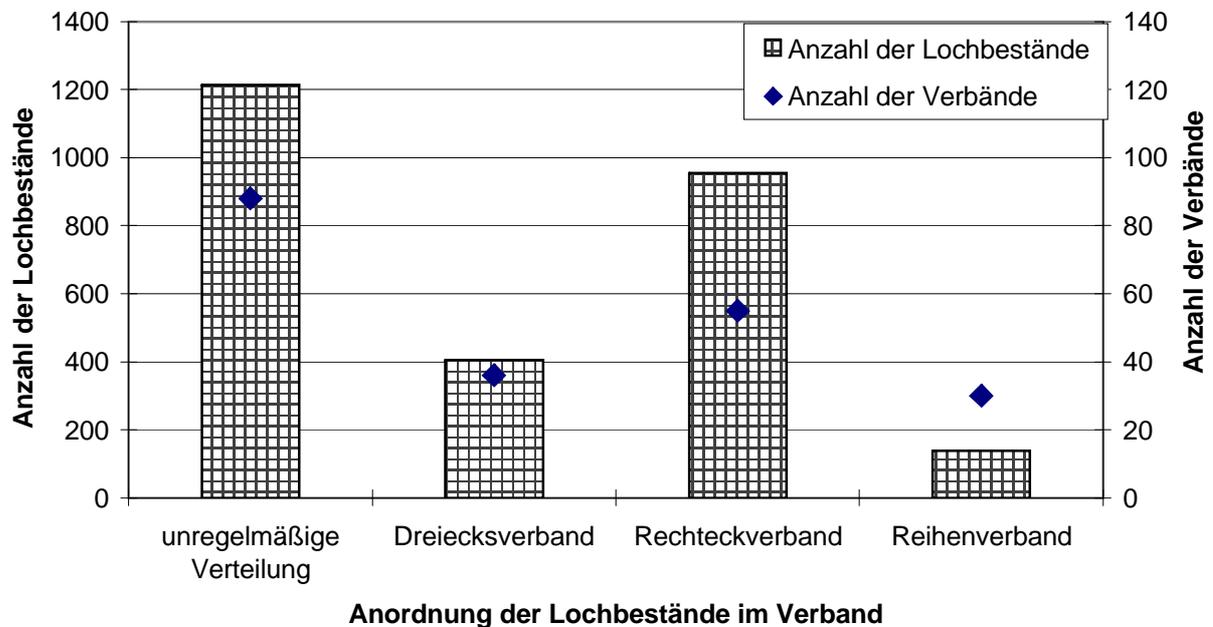


Abb. 2.6: Anzahl der Lochbestände und Verbände in den vier Grundmustern der Lochbestandesverteilung

Aus der Abb. 2.6 geht hervor, dass in 88 Verbänden, also 43 % aller Verbände, die Lochbestände unregelmäßig angeordnet sind. Nur 138 Lochbestände sind in 30 Verbänden im Reihenverband zueinander angelegt worden. Damit unterschreiten die Verbände mit Lochbeständen im Reihenverband mit einer durchschnittlichen Anzahl von 5 Lochbeständen je Verband die durchschnittliche Anzahl von 13 Lochbeständen je Verband erheblich.

Die von MORTZFELDT (1896) propagierte Anordnung der Lochbestände im Dreiecksverband wurde nur bei etwa 19 % der Verbände angewandt.

Bei rund 62 % (1.683 Lochbestände) der Lochbestände wich der Außenlochdurchmesser nicht mehr als 10 % vom durchschnittlichen Außenlochdurchmesser des Verbandes ab.

In Abb. 2.7 ist die Anzahl der Lochbestände mit gleicher Größe im Verhältnis zur Anzahl der Lochbestände mit unterschiedlicher Größe je Anordnungsmuster dargestellt.

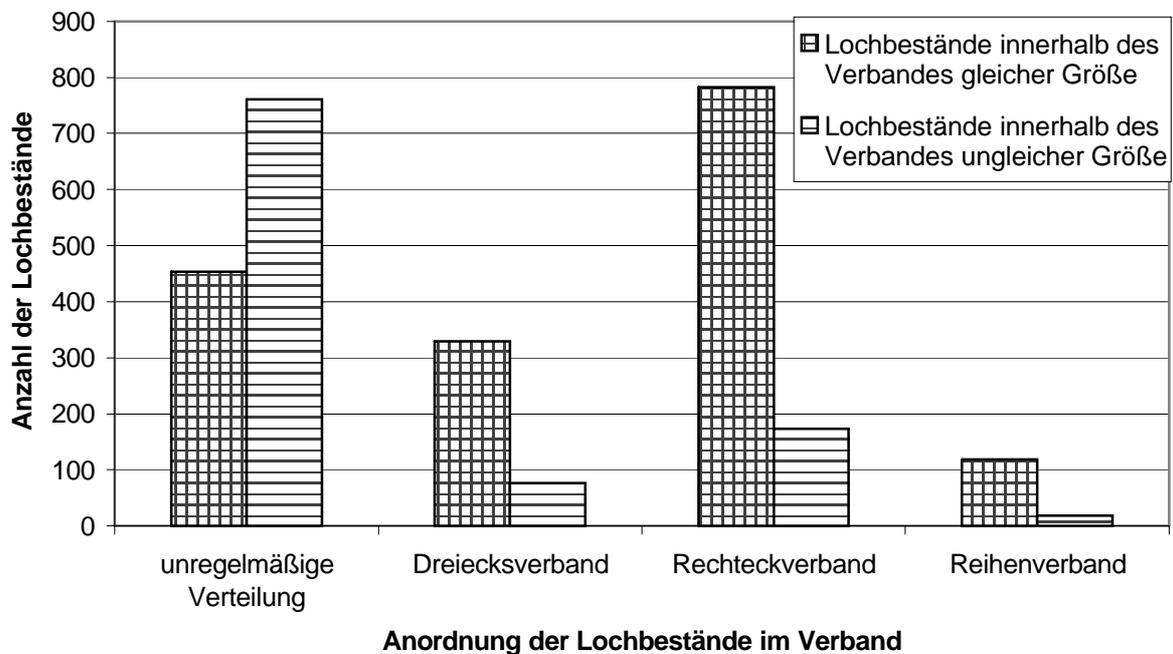


Abb. 2.7: Anzahl der Lochbestände mit gleicher bzw. ungleicher Größe innerhalb eines Verbandes in Abhängigkeit von der Anordnung der Lochbestände im Verband

In Abb. 2.7 wird verdeutlicht, dass Lochbestände, die in geometrischer Form zueinander angeordnet sind, in der Regel auch in der gleichen Größe angelegt wurden. 74 % (761 Lochbestände) der Lochbestände mit zueinander abweichender Größe finden sich in Verbänden mit einer unregelmäßigen Verteilung der Lochbestände.

In der Regel wurde innerhalb der Verbände ein Abstand der Lochbestände von etwa einem Lochdurchmesser gewählt. Lediglich in Ausnahmefällen wurde, wie im Verband im Revier Märtensmühle, dieser Abstand unterschritten. Auf historischen Luftbildern sind diese, noch als deutlich voneinander getrennte Lochbestände zu erkennen. Heute bilden diese durch Kronenkontakt einen streifenartigen Bestand.

2.3.3 VERTEILUNG DER LOCHBESTÄNDE AUF DIE STANDORTE

Für 2.099 Lochbestände wurden die Standortdaten, unterteilt in Makroklimaform, Feuchtigkeitstufe der Klimastufe Tieflandsklima (T) und Lokalbodenform, erhoben. Aus der Lokalbodenform ließ sich für die terrestrischen Standorte die Stammnährkraft bis in die Fünftelnähr-

kraftstufen und für die mineralischen Nassstandorte bis zur jeweiligen Nährkraftstufe unterteilen. In Tab. 2.3 ist der Anteil der standörtlich erfassten Lochbestände im Vergleich zu den Waldflächen Brandenburgs in den einzelnen Feuchtestufen der Klimastufe T (Tiefeland) dargestellt.

Tab. 2.3: Anteile der Lochbestände im Vergleich zu den brandenburgischen Waldflächen an den Klimastufen
(Waldflächen nach Datenspeicher Wald 2003, Klimastufe Tf = feuchtes Tieflandsklima, Tm = mäßiges Tieflandsklima, Tt = trockenes Tieflandsklima)

| | | KLIMASTUFE | | | BEZUGSEINHEIT |
|------------------------|---|------------|----|----|----------------|
| | | Tf | Tm | Tt | |
| Lochbestände | % | 18 | 44 | 38 | 2.143 Bestände |
| Waldfläche Brandenburg | % | 5 | 42 | 53 | 895.000 ha |

In Tab. 2.3 ist illustriert, dass der Anteil der Lochbestände die im Bereich der Klimastufe Tm stocken in etwa dem Anteil der Waldflächen die sich im Bereich dieser Klimastufe befinden entspricht. Dagegen befinden sich überproportional mehr Lochbestände in den klimatisch feuchteren und deutlich weniger in den trockneren Gebieten Brandenburgs.

Neben den klimatischen wurden auch die edaphischen Kennwerte der Lochbestände aufgenommen. In Tab. 2.4 sind die je Stammstandortsgruppe aufgefundenen Lochbestände den Flächenanteilen der Stammstandortsgruppen der Waldflächen Brandenburgs gegenübergestellt.

Tab. 2.4: Anteil der auf den einzelnen Standorten stockenden Lochbestände im Vergleich mit dem Flächenanteil der Stammstandortsgruppen Brandenburgs
(* Daten des Datenspeichers Wald 2003)

| STAMMSTANDORTSGRUPPE | | | LOCHBESTÄNDE JE STANDORTSGRUPPE | | ANTEIL IN BRANDENBURG* |
|--------------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------------|-----|------------------------|
| Bodenfeuchtegruppe | Nährkraftstufe | Feuchtezziffer | Anzahl | % | % |
| Terrestrische Standorte (T) | kräftig (K) | durchschnittlich (2) | 325 | 15 | 8 |
| | mittel (M) | überdurchschn. (1) | 34 | 2 | 3 |
| | mittel (M) | durchschnittlich (2) | 1.053 | 50 | 31 |
| | mittel (M) ⁺ | durchschnittlich (2) | 5 | <1 | 2 |
| | zieml. arm (Z) | überdurchschn. (1) | 58 | 3 | 4 |
| | zieml. arm (Z) | durchschnittlich (2) | 498 | 24 | 33 |
| | zieml. arm (Z) ⁺ | durchschnittlich (2) | 6 | <1 | <1 |
| | arm (A) | durchschnittlich (2) | 18 | <1 | 8 |
| Mineralische Nassstandorte (N) | mittel (M) | 2 | 32 | 1 | 1 |
| | zieml. arm (Z) | 1 | 9 | <1 | <1 |
| | zieml. arm (Z) | 2 | 55 | 3 | 1 |
| | arm (A) | 2 | 6 | <1 | <1 |
| Summe | | | 2.099 | 100 | 93 |

Im Vergleich mit den in Brandenburg relevanten Standorten wird deutlich, dass lediglich auf organischen Nassstandorten, wechselfeuchten Standorten, Überflutungsstandorten und Böden mit der Nährkraftstufe reich (R) keine MORTZFELDTschen Lochbestände aufgefunden wurden. Diese Sonderstandorte sind lediglich auf rund 7 % der Waldfläche Brandenburgs zu finden.

Rund 75 % der Lochbestände stocken auf durchschnittlich mit Wasser versorgten terrestrischen Standorten mittlerer bis ziemlich armer Trophie.

Über die Fünftelnährkraftstufen ist eine weitere Untergliederung der Trophiebereiche möglich. Dabei werden anhand der ausgeschiedenen Feinbodenform die Nährkraftstufen in fünf gleich große Teile untergliedert. Das innerhalb der Nährkraftstufe reichste Fünftel erhält ein Apostroph, das ärmste fünf Apostrophe.

In Tab. 2.5 ist der Anteil der Lochbestände auf den terrestrischen Standorten mittlerer (M2) und ziemlich armer (Z2) Trophie in Fünftelnährkraftstufen unterteilt dargestellt.

Tab. 2.5: Anteile der Lochbestände, die auf den einzelnen Fünftelnährkraftstufen mittlerer und ziemlich armer Trophie stocken
(' innerhalb der Trophiestufe am reichsten, '''''' innerhalb der Trophiestufe am ärmsten)

| STAMMTROPHIE / FEUCHTESTUFE | | FÜNFTELNÄHRKRAFTSTUFE | | | | | BEZUGSEINHEIT |
|-----------------------------|---|-----------------------|----|-----|------|--------|--------------------|
| | | ' | '' | ''' | '''' | '''''' | |
| M (mittel) / 2 | % | 19 | 11 | 11 | 45 | 14 | 1.053 Lochbestände |
| Z (ziemlich arm) / 2 | % | 5 | 59 | 24 | 7 | 5 | 498 Lochbestände |

Aus Tab. 2.5 geht hervor, dass innerhalb der Trophiebereiche mittel und ziemlich arm das Gros der Lochbestände auf den schlechteren M - und besseren Z - Standorten angelegt wurde.

2.3.4 FORM, GRÖÖE UND BAUMARTENZUSAMMENSETZUNG DER LOCHBESTÄNDE

Form der Lochbestände

Der überwiegende Teil der Lochbestände (2.696 Bestände) waren mehr oder minder rund. Ein Verband im Amt für Forstwirtschaft Eberwalde wurde aus 15 quadratischen Eichenlochbeständen gebildet. Bei den anderen, nicht runden Lochbeständen handelte es sich ausschließlich um an Wegen begründete oder nachträglich durch Wege oder Gassen zerschnittene Lochbestände. Stark elliptische oder sichelförmige Bestände konnten nicht gefunden werden.

Größe der Lochbestände

Die Lochhiebsfläche wurde normalerweise nicht vollständig ausgepflanzt. Vielmehr wurde ein Randstreifen zum umgebenden Bestand freigelassen. Die mit Eichen bepflanzte Fläche ist mithin gewollt kleiner. Diese Fläche lässt sich anhand der äußeren Baumreihe bzw. Reihe von

Stubben ermitteln. Hierzu wurden stichprobenartig aus 134 Verbänden 718 Lochbestände ausgewählt und deren Innenlochdurchmesser ermittelt. In Abb. 2.8 wird die Häufigkeiten der einzelnen Innenlochgrößen in Klassen unterteilt dargestellt.

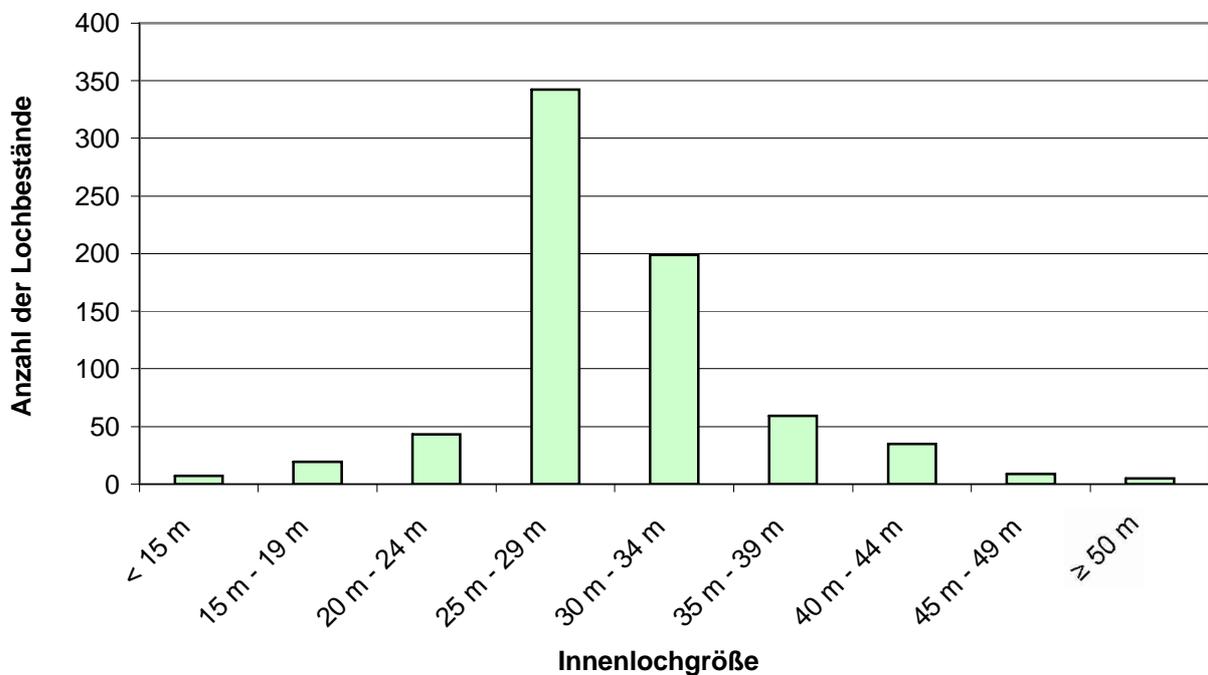


Abb. 2.8: Zahl der Lochbestände nach Innenlochgrößen geordnet (718 Lochbestände)

Der überwiegende Anteil (90 %) der vermessenen Lochbestände hatte einen Durchmesser der Bepflanzungsfläche von 20 m - 40 m. Der kleinste vermessene Lochbestand hatte einen Innenlochdurchmesser von 6 m, der größte von 53 m.

Heute überragen die von den Eichen der Lochbestände überschirmten Flächen die ehemaligen Bepflanzungsflächen teilweise erheblich. Die Größe der gefundenen Außenlochdurchmesser übersteigen dadurch die Innenlochdurchmesser.

Baumartenzusammensetzung der Lochbestände

Bei der Baumartenzusammensetzung der Lochbestände konnten drei Varianten unterschieden werden:

- Begründung nur mit einer Baumart, keine Ringbepflanzung,
- Begründung mit 2 Baumarten, hierzu wurden auch Lochbestände gezählt, die sich aus Trauben- und Stieleiche zusammensetzten,
- Begründung mit einer Baumart, ringförmige Bepflanzung mit einer Schatt- oder Halbschattbaumart (Ringbepflanzung).

Die Einbringung von zwei Baumarten in einen Lochbestand war selten zu finden. Zu nennen wären hier die reihen- oder halbblockweise Mischung von Stiel- bzw. Traubeneichen mit Roteichen und die reihenweise Einmischung von Hainbuchen und Buchen in Eichenlochbestände. Vereinzelt wurden Exemplare von Buche, Douglasie, Kiefer, Sandbirke und Fichte in Lochbeständen gefunden.

Die Mischung von Trauben- und Stieleichen in einem Lochbestand, die sehr häufig anzutreffen ist, dürfte nicht willentlich als Baumartenmischung vorgenommen worden sein.

In Tab. 2.6 werden die Anteile der in Lochbeständen gefundenen Baumarten gezeigt.

Tab. 2.6: Anteile der in Lochbeständen gefundenen Baumarten (2.099 Lochbestände)

| BAUMART | ANTEIL % |
|-------------------------|----------|
| Stieleiche | 39 |
| Traubeneiche | 36 |
| Trauben- und Stieleiche | 21 |
| Roteiche | 1 |
| Buche | 2 |
| sonst. Baumarten | 1 |

In Tab. 2.6 ist verdeutlicht, dass 96 % der Lochbestände mit Trauben- oder Stiel- bzw. Trauben- und Stieleichen begründet wurden.

Unter dem Begriff sonstige Baumarten sind Douglasie, Scheinzypresse, Lebensbaum, Fichte, Robinie und Rosskastanie zusammengefasst.

Baumartenzusammensetzung der umgebenden Bestände

Neben der Baumartenbetrachtung der Lochbestände wurden auch die Baumarten der umgebenden Bestände erfasst. Die Ergebnisse sind in der Tab. 2.7 im Vergleich zu den Flächenanteilen dieser Baumarten an der Waldfläche des Landes Brandenburg dargestellt.

Tab. 2.7: Anteile der in den umgebenden Beständen gefundenen Baumarten im Vergleich zu den Anteilen dieser Baumarten an der Waldfläche Brandenburgs (* Daten des Datenspeichers Wald 2003)

| BAUMART | UMGEBENDE BESTÄNDE | | ANTEIL DER WALDFLÄCHE BRANDENBURGS* |
|--------------------|--------------------|-----|-------------------------------------|
| | Anzahl | % | % |
| Kiefer | 1.544 | 74 | 73 |
| Buche | 342 | 16 | 5 |
| Fichte | 124 | 6 | 2 |
| sonstige Baumarten | 89 | 4 | 14 |
| Summe | 2.099 | 100 | 94 |

Sonstige Baumarten sind Robinie, Europäische Lärche, Douglasie, Roteiche, Sandbirke, Schwarzkiefer, Trauben- und Stieleiche.

2.3.5 ALTER DER LOCHBESTÄNDE

Wie im Kap. 1.3 erläutert, erwähnte MORTZFELDT (1896) verschiedene Begründungsverfahren der Lochbestände. Sie wurden in der Praxis noch erweitert. Außerdem kamen unterschiedlichste Pflanzensortimente zum Einsatz.

Da für den einzelnen Lochbestand nur vereinzelt festgestellt werden konnte, welches Sortiment Verwendung fand, wurde das Alter der Eichen dem Begründungsalter gleichgesetzt. Ein pauschaler Abzug von beispielsweise zwei Jahren hätte, da es auch eine Reihe von Saatbeständen gibt, Fehler in beide Zeitrichtungen verursacht.

In Abb. 2.9 ist für 2.099 Lochbestände das Alter der Lochbestandsbaumart anhand ihres Begründungszeitraumes dargestellt.

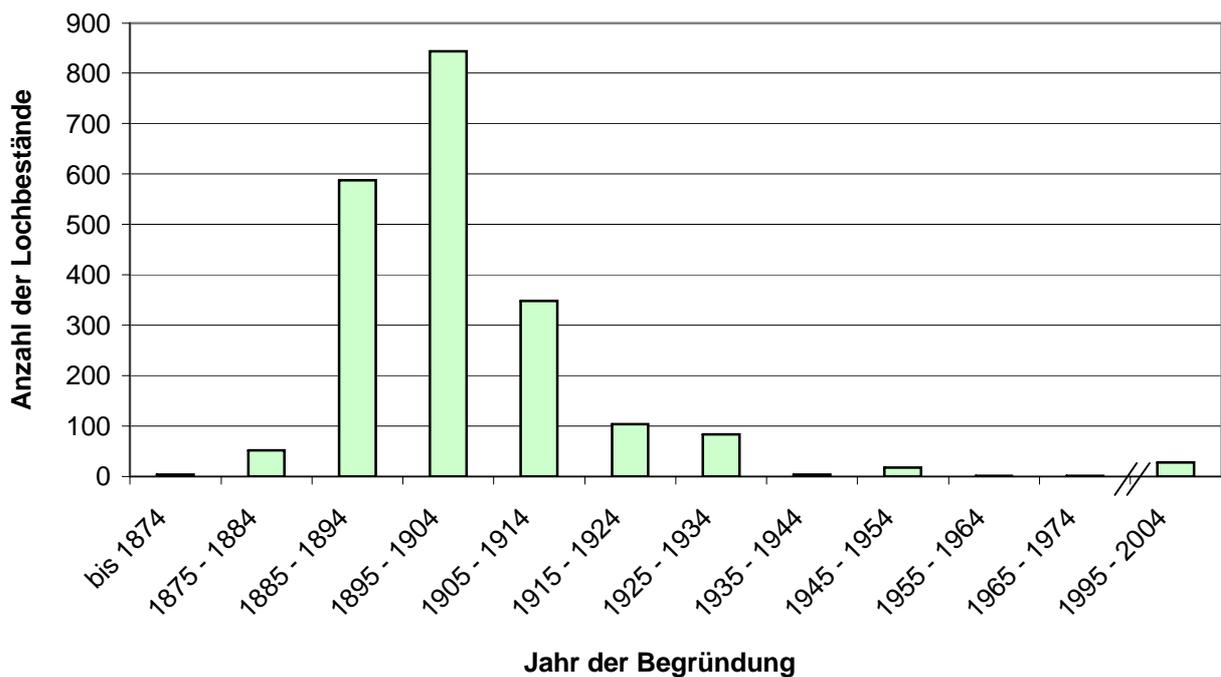


Abb. 2.9: Anzahl der in den einzelnen Zeitabschnitten begründeten Lochbestände (2.099 Lochbestände)

Aus Abb. 2.9 geht hervor, dass zwischen 1885 und 1914 der überwiegende Teil der Lochbestände begründet wurde. Von 1915 - 1934 wurden noch rund 200 Lochbestände angelegt.

Nach 1934 wurden praktisch keine Lochbestände mehr begründet.

2.3.6 VERJÜNGUNGSART, PFLANZENMATERIAL, PFLANZVERBÄNDE UND PFLANZDICHTEN

Über die **Verjüngungsart und das verwendete Pflanzenmaterial** konnte in alten Aufzeichnungen nur sehr wenig gefunden werden. Gesichert ist, dass im Revier Woblitze 76 Lochbestände aus Saat hervorgegangen sind (ANONYMUS, 1931).

Für die anderen Lochbestände kann anhand der gefundenen Pflanzverbände die verwendeten Pflanzensortimente nur abgeschätzt werden.

In keiner der terrestrisch aufgesuchten Lochbestandesflächen wurden die Eichen in konzentrischen Ringen ausgepflanzt.

In Tab. 2.8 sind die gefundenen **Pflanzdichten und -verbände** dargestellt.

Tab. 2.8: Darstellung der aufgefundenen Pflanzdichten und -verbände

| VERBANDSART | PFLANZDICHTEN (PFL. / HA) UND (PFLANZVERBÄNDE) | | |
|-----------------|--|--|--|
| Reihenverband | 13.333 (0,5 x 1,5 m); 10.000 (0,5 x 2,0 m); 5.556 (1 x 1,8 m); | 11.111 (0,6 x 1,5 m); 6.667 (1,0 x 1,5 m); 5.000 (1,0 x 2,0 m) | 11.111 (0,5 x 1,8 m); 6.667 (0,75 x 2,0 m); |
| Dreiecksverband | 2.887 (2,0 x 2,0 m); | 1.283 (3,0 x 3,0 m); | 722 (4,0 x 4,0 m) |
| Quadratverband | 4.444 (1,5 x 1,5 m); 1.111 (3,0 x 3,0 m); | 2.500 (2,0 x 2,0 m); 625 (4,0 x 4,0 m) | 1.600 (2,5 x 2,5 m); |

Die Anzahl der verwendeten Pflanzverbände war mit Sicherheit höher. Gerade enge Pflanzabstände innerhalb von Reihen sind heute nicht mehr nachvollziehbar.

Zum Schutz und zur Schaftpflege der heranwachsenden Eichen wurden konzentrische Ringe mit Halbschatten- und Schattenbaumarten gepflanzt. Insgesamt konnten noch 149 Ringbepflanzungen vorgefunden werden.

Durch die nachfolgende Tab. 2.9 werden die Anteile der mit den einzelnen Baumarten durchgeführten **Ringbepflanzungen** verdeutlicht.

Tab. 2.9: Anteile der Baumarten an den Ringbepflanzungen (149 Lochbestände)

| BAUMART | RINGBEPFLANZUNG | |
|------------------|-----------------|----------|
| | Anzahl | Anteil % |
| Buche | 122 | 82 |
| Fichte | 16 | 11 |
| sonst. Baumarten | 11 | 7 |

Der überwiegende Teil der heute noch existierenden Ringbepflanzungen wurde mit Buchen vorgenommen. Unter den sonstigen Baumarten sind Roteiche, Robinie, Douglasie, Weymouthskiefer und Hainbuche zusammengefasst.

Die Bäume der Ringbepflanzung wiesen einen sehr unterschiedlichen Vitalitätszustand und Schlussgrad zueinander auf.

Die Ringbepflanzungen, die mit Buchen ausgeführt wurden, hatten auf allen Standorten, auf denen sie angelegt wurden, die Lochbaumart überwachsen, stark zurückgedrängt und waren in der Regel dicht geschlossen. Es war auffällig, dass im Klimagebiet „trockenes Tieflandsklima“ (Oberförstereien Trebbin, Spreenhagen und Erkner) die Buchen zu einem hohen Anteil von Weißfäule befallen waren. Die Buchen der Ringbepflanzungen im Revier Lüdersdorf der Oberförsterei Trebbin wiesen alle Spechthöhlen oder Fruchtkörper des Gemeinen Zunderschwamms (*Fomes fomentarius*) auf. Bei einigen Buchen waren Kronenteile oder ganze Kronen aufgrund der Holzerstörung durch den Pilz herausgebrochen.

Auf grundwasserfernen Standorten im Klimagebiet Tt (trocken) in den Oberförstereien Briesen und Trebbin kümmernten sämtliche Fichten von Ringbepflanzungen. Dagegen hatten sie in den Klimagebieten Tm (mittel) und Tf (feucht) in den Oberförsterei Menz und Zechliner Hütte auf frischeren Standorten die Eichen überwachsen, ohne sie zu stark zu bedrängen.

2.4 DISKUSSION DER ERGEBNISSE DER INVENTUR

Durch die Ergebnisse der Inventur wird deutlich, dass die Anlage von Vorverjüngungsbeständen mit Eiche nicht ausschließlich durch den Artikel MORTZFELDTs angeregt worden sein kann, denn 37 % der Lochbestände wurden vor dem Jahr 1895 begründet.

Die Anlage von Lochbeständen wurde durch den Vortrag erheblich gefördert, denn 36 % der aufgefundenen Lochbestände wurden in der Zeit zwischen 1895 - 1905 und weitere 16 % innerhalb der darauf folgenden 10 Jahre angelegt.

Gerade für die vor 1895 angelegten Bestände ist kaum zu trennen, welche aufgrund des Einflusses von MORTZFELDT in der Preußischen Forstverwaltung angelegt wurden und welche in ihrer Art und Form der Anlage MORTZFELDT bei seinem Vortrag inspirierte.

Wichtige Indizien für den Einfluss MORTZFELDTs bei der Anlage von Lochbeständen vor 1895 sind seine hohe Stellung in der Preußischen Staatsforstverwaltung, seine enge Freundschaft zu DANCKELMANN und die starke Beschränkung der aufgefundenen Lochbestände auf ehemaligen Preußischen Staatswaldflächen.

Im Rahmen seines Vortrages hat MORTZFELDT der räumlichen Anordnung der Lochbestände Raum gegeben. Diese Anregungen wurden intensiv verfolgt. Hierbei wurde teilweise mit beeindruckender Präzision vorgegangen. So differieren die Innenlochdurchmesser der 24 Lochbestände des Verbandes 6 im Revier Alt Buchhorst der Oberförsterei Erkner lediglich um maximal 1,5 m und der Abstand der Lochbestandesmitten zueinander um lediglich 0,5 m (s. Abb. 2.10).



Abb. 2.10: Luftbild von 24 mit Eichen bestockter MORTZFELDTscher Lochbestände im Revier Alt Buchhorst, Oberförsterei Erkner, Amt für Forstwirtschaft Hangelberg

Aber neben dem Einfluss MORTZFELDTs dürfte auch der Artikel von HEYER (1893) als Anregung gedient haben. In diesem Artikel werden die mathematischen Grundstrukturen von räumlich angeordneten Lochhieben erläutert.

MORTZFELDT hatte seinerzeit gefordert, die räumliche Struktur und Hiebsform an die standörtlichen Gegebenheiten anzupassen. Dem wurde aber in der Praxis offenbar nicht entsprochen. Es konnten keine ovalen Lochbestände, wie MORTZFELDT sie an Hängen empfahl, und nur sehr wenige einzelne Lochbestände vorgefunden werden.

Deutlich wurde vielmehr, dass gerade bei Standorten mit geringerer edaphischer Ausstattung alte Eichen als Weiser genutzt wurden und die Lochbestände in unmittelbarer Nähe zu den einzigen Alteichen gepflanzt wurden (Reviere Bunterschütz, Lüdersdorf, Sperenberg, Woltersdorf).

WEISE (1903) hatte kritisiert, dass die MORTZFELDTschen Lochbestände zu oft auf für Eichen nicht ausreichenden Standorten angelegt wurden. Diesem Vorwurf kann nicht gefolgt werden, denn nur 1 % der aufgefundenen Lochbestände stocken auf Böden armer Stamm-

nährkrafttrophie. Allerdings ist zu bedenken, dass der überwiegende Teil der Böden in Nordostdeutschland vor 100 Jahren durch Streunutzung, Bodenfeuer und Steckensammeln deutlich nährstoffärmer war. Außerdem stammen die frühesten Luftbildaufnahmen aus den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts. Zu diesem Zeitpunkt hatte das Gros der Lochbestände die Kulturphase schon überwunden. Lochbestände, die in dieser Phase aufgegeben wurden, hätten also nicht in die Untersuchungen einfließen können. Hierfür wurden aber auch keine Hinweise gefunden.

3 STABILITÄT UND KONKURRENZVERHALTEN VON EICHEN IN LOCHBESTÄNDEN

3.1 KONKURRENZVERHALTEN VON BÄUMEN IN LOCHBESTÄNDEN

3.1.1 UNBEEINFLUSSTES KONKURRENZVERHALTEN VON BÄUMEN

Wird innerhalb eines Waldes eine freie Fläche geschaffen, setzt unmittelbar danach eine Sukzession ein. Es treten unterschiedliche Abfolgen der Besiedlung und Strukturierung auf, die sich mit dem Andauern der Entwicklung einem Fließgleichgewicht, dem so genannten Klimax, annähern. Bepflanzungsmaßnahmen ersetzen die zufällige Strukturierung hinsichtlich der Artenzusammensetzung und Individuenverteilung durch angepasste Strukturgabe. Damit sollen die Wuchsabläufe in eine für den Produktionsprozess günstige Richtung gelenkt werden.

Die maßgebende Steuergröße ist hierbei die Konkurrenz. Konkurrenz ist der Wettbewerb zwischen Bäumen um Ressourcen. Für Konkurrenz gibt es zwei Voraussetzungen:

- Die Organismen beanspruchen mindestens eine gleiche Ressource (Licht, Wasser, Nährstoffe, Standraum) und
- sie beanspruchen diese Komponente im gleichen Lebensraum (Koinzidenz).

Für den Baum ist im Falle von Konkurrenz unerheblich, ob es sich bei dem Konkurrenten um einen Angehörigen seiner oder einer anderen Art handelt. Individuen einer Baumart zeigen, wenn sie genetisch relativ einheitlich sind, unter gleichen Umweltbedingungen ein ähnliches Konkurrenzverhalten. Bei Individuen verschiedener Baumarten ist das Konkurrenzverhalten in seinem zeitlichen Ablauf unterschiedlich. Für die Steuerung von Wuchsabläufen in Waldökosystemen ist deshalb die Unterscheidung von intraspezifischer (zwischen Individuen einer Art) und interspezifischer Konkurrenz (zwischen Individuen unterschiedlicher Arten) wichtig.

Bäume ringen auf zwei Ebenen um Ressourcen:

- Im Wurzelraum findet die Konkurrenz in erster Linie um Wasser, Nährstoffe und Erschließungsraum statt. Dabei bilden die Kiefern und die Eichen auf durchlässigen Substraten ein Pfahl- und die Buchen ein Herzwurzelsystem aus. Die Wurzelsysteme dieser Baumarten erschließen den Boden also auch vertikal. Für eine Schwächung der Fitness durch das horizontale Einwachsen von Konkurrenten in den Wurzelraum sind sie damit

nicht so anfällig wie ausgeprägte Flachwurzler. Da eine Bestimmung des durchwurzelteten Raumes und die Zuordnung von Wurzeln zu Individuen sehr aufwendig sind, wurde diese Ebene der Konkurrenz nicht in die Untersuchungen mit einbezogen.

- Die zweite Ebene, in der eine Konkurrenz um eine Ressource stattfindet, ist der Kronenraum. Hier wird um die photosynthetisch nutzbare Strahlung gewetteifert. Um in direkte Konkurrenz treten zu können, bedarf es aber einer Koinzidenz, das heißt um das Angebot an Strahlung muss im Raum gerungen werden. Bäume können unter direkter Konkurrenz nur Kronenraum erobern, wenn sie ihre Äste über die Äste der anderen Bäume in diesen Bereich einwachsen lassen können. Hierzu bedarf es zweier Fähigkeiten, nämlich eines Wuchsvorsprunges in der Höhe und eines horizontalen Wachstumspotenzials.

Auf die Konkurrenzabläufe zwischen zwei Bäumen haben in erster Linie folgende Faktoren Einfluss:

- Das Baumartenverhalten,
- die Alters- und die damit verbundene Höhendifferenz zwischen den Bäumen,
- der Standort,
- die Vitalität der Individuen.

Um die interspezifische Konkurrenzsituation zwischen Eiche und Kiefer bzw. zwischen Eiche und Buche darstellen zu können, wurde angestrebt, Kennwerte zu entwickeln, die eine Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Baumartenkombinationen ermöglichen.

3.1.2 DIE BEDEUTUNG DER DURCHFORSTUNG ALS STEUERINSTRUMENT DER KONKURRENZ

Die gruppen- und horstweise Mischung nimmt zwischen größeren Reinbeständen und der einzelstammweisen Mischung eine Zwischenstellung ein. Die Größe eines Lochbestandes steuert den Flächenanteil, in dem die jeweilige Konkurrenzform dominiert. So überwiegt bei kleinen Lochbeständen durch den hohen Anteil der Außenfläche die Konkurrenz, die durch den umgebenden Bestand ausgeübt wird. Je größer der Durchmesser des Lochbestandes bei der Anlage gewählt wird, desto größer ist der Anteil der Bestandesmitglieder für die die innerartliche Konkurrenz bestimmend ist. Die Konkurrenzverhältnisse sind dann mit denen von Reinbeständen vergleichbar.

Die Größe eines Lochbestandes und der Abstand der Lochbestände zueinander entscheidet also darüber, auf welchen Anteil der Mitglieder eines Lochbestandes die umgebende Baumart

Konkurrenzdruck ausüben kann. Ist eine der Baumarten der anderen im Konkurrenzverhalten stark überlegen und hat gleichzeitig die Möglichkeit auf einen hohen Anteil der Mitglieder der zweiten Baumart Konkurrenzdruck auszuüben, wird die zweite Baumart zurückgedrängt.

Diesen Abläufen kann durch die Entnahme von bedrängenden Bäumen entgegengewirkt werden. Der Wirtschaftler kann also nicht mehr frei entscheiden, wann er welche Bäume nutzt. Es besteht das Risiko, dass bei unterlassener Protektion die potentiell unterlegene Baumart zurückgedrängt wird.

Diese Überlegungen führten zur Forderung mehrerer Autoren, die Lochhiebsflächen bei der Anlage von Lochbeständen in Buchenbeständen zu vergrößern (ARNDT, 1899; STAUBESAND, 1907; JÜRGENS, 1910; NACHTIGALL, 1931). Sie betonten aber, dass durch diese Annäherung an die Verhältnisse des Reinbestandes auch dessen Nachteile, wie die Verhagerung des Bodens und die fehlende Schaftpflge durch die Buche, stärker hervortreten.

Die notwendige Optimierung der Größe der Lochbestände ist erst möglich, wenn die Konkurrenzdynamik zwischen den Baumarten bekannt ist.

3.1.3 ANSATZPUNKTE FÜR EIGENE UNTERSUCHUNGEN ZUR KONKURRENZKRAFT UND STABILITÄT VON EICHEN IN LOCHBESTÄNDEN

Wie in den vorhergehenden Kapiteln dargelegt bedarf es zur Optimierung der Lochbestandesgröße der genauen Kenntnis der Konkurrenzsituation. Hierzu wurden mehrere voneinander unabhängige Ansätze gewählt:

- Die Verteilung der vitalsten Bäume im Lochbestand kann Ausdruck des Verhältnisses von inter- zur intraspezifischer Konkurrenz sein.
- Um dies abzusichern müssen klimatische Faktoren während der Initialphase der Lochbestände als Ursache ausgeschlossen werden.
- Die Größe der Krone der Bäume am Rand eines Lochbestandes im Vergleich zu den übrigen Kronengrößen des Lochbestandes ist ein Weiser für den Konkurrenzdruck, dem die Randbäume ausgesetzt waren.
- Der Vergleich der erreichten Höhen der Bäume des Lochbestandes zum umgebenden Bestand gibt Auskunft über die Möglichkeiten der einen Baumart die andere zu überwachsen.
- Durch die Untersuchung von Bäumen mit geringem Höhenwachstum sollten die Ursachen für deren Wuchsstockungen ergründet werden.

Diese Ansätze werden im Folgenden in einzelnen Kapiteln verfolgt und in der Diskussion aller Ergebnisse zu einem Bild der Stabilität der Lochbestände zusammengeführt.

3.2 VERTEILUNGSMUSTER DER VITALSTEN EICHEN IN LOCHBESTÄNDEN

3.2.1 KLASSIFIZIERUNG DER LOCHBESTÄNDE

Um ein an die Gegebenheiten angepasstes Aufnahmedesign zu gestalten, wurden die Lochbestände in drei Lochbestandestypen kategorisiert (s. Tab. 3.1).

Tab. 3.1: Charakterisierung der einzelnen Lochbestandestypen

| LOCHBESTANDSTYP | CHARAKTERISIERUNG | |
|-----------------|--|---|
| | Lochbestand | umgebender Bestand |
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> - eine Baumart, gleichaltrige Individuen - keine Störereignisse mit Einfluss auf den Bestandesaufbau (Sturm, Eichenwelke) | <ul style="list-style-type: none"> - eine Baumart, gleichaltrige Individuen - an Lochbestand grenzen keine breiten Schneisen oder Freiflächen |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> - eine Baumart, gleichaltrige Individuen - keine Störereignisse mit Einfluss auf den Bestandesaufbau (Sturm, Eichenwelke) | <ul style="list-style-type: none"> - umgebende Flächen müssen bestockt sein - keine Anforderungen an die Struktur |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> - verschiedene Baumarten, gleichaltrige Individuen oder - durch Störeinflüsse veränderter Bestandesaufbau (Sturm, Eichenwelke) | <ul style="list-style-type: none"> - umgebende Flächen müssen bestockt sein - keine Anforderungen an die Struktur |

Bei der Typisierung wurden die aus Stiel- und Traubeneiche bestehenden Lochbestände als mit einer Baumart bestockt bewertet. Individuen anderer Baumarten, die nicht in den Kronenraum der Eiche eingewachsen waren, wurden bei der Einteilung der Lochbestandestypen nicht berücksichtigt.

In Lochbeständen des Typs 1 wurden durchgeführt:

- Aufnahmen zur Beschreibung der Lochbestandesindividuen,
- Aufnahmen zur Beschreibung der Konkurrenzsituation,

und in Lochbeständen des Typs 2:

- Aufnahmen zur Beschreibung der Lochbestandesindividuen.

Lochbestände des Typs 3 wurden nur im Rahmen der Inventur der Lochbestände erfasst.

3.2.2 VERTEILUNGSMUSTER DER VITALSTEN EICHEN IN ÄLTEREN LOCHBESTÄNDEN

3.2.2.1 Definition der vitalsten Eichen eines Bestandes (Endbestandsbäume)

Die MORTZFELDT'schen Lochbestände unterlagen keiner einheitlichen oder standardisierten Behandlung, wie sie bei Versuchsflächen üblich ist. Aufgrund fehlender Aufzeichnungen zu Entnahmemengen und zur jeweils erfolgten Durchforstungsart ist es unmöglich, die durchgeführten Durchforstungsmaßnahmen und sei es auch nur für einzelne Lochbestände zu rekonstruieren.

Die beschriebenen Mittelwerte eines Bestandes (Grundflächenmittelhöhe, Durchmesser des Grundflächenmittelstammes) sind von der Art und der Intensität der Durchforstung abhängig (KRAMER, 1988). Damit haben neben dem Standort auch die Art und der Grad der Durchforstung einen wesentlichen Einfluss auf die Wuchs- und Wertleistung eines Bestandes. Aus diesem Grund wurden Weiserbäume ausgewählt.

Die Eiche ist eine Lichtbaumart. Ihre Individuen setzen niemals nach oben um. Bäume, die heute vorherrschend sind, haben diese soziale Stellung schon seit dem frühen Bestandesalter. Der Einfluss der intraspezifischen Konkurrenz ist aus diesem Grund nicht so stark wie bei nicht vorherrschenden Bäumen. Aus ihnen bildet sich der zukünftige Endbestand. Deshalb wird auf diese Individuen durch deren ständige Kronenpflege der Wertzuwachs konzentriert. Somit sind sie die Wertträger und Wachstumsweiser des Bestandes.

Üblicherweise werden diese Bäume Zukunftsbäume genannt. Ihre Auswahl erfolgt spätestens in der Läuterungsphase. Danach werden sie permanent begünstigt. Da es sich bei den zu untersuchenden Lochbeständen überwiegend um Bestände handelte, deren Bäume älter als 80 Jahre waren und, wie im Folgenden dargestellt, an diese Bäume genau definierte Anforderungen gestellt wurden, erhielten diese Bäume die Bezeichnung „Endbestandsbäume“.

Die Endbestandsbäume mussten folgende Anforderungen erfüllen:

- Vorherrschende Stellung (Kraft'sche Klasse 1) mit außerordentlich kräftig entwickelten Kronen,
- Stamm ohne Schäden (Fäule, Frostleisten, Ausrisse, Wassertöpfe), der einen weiteren Wertzuwachs zulässt,
- gute Vitalität (kein Schleimfluss im Stammbereich) und eine auf gute Vitalität deutende Verzweigungsstruktur in der Krone.

Die Anzahl der je Lochbestand ausgewiesenen Endbestandsbäume wurde auf maximal 5 begrenzt. Diese Begrenzung der Anzahl der Endbestandsbäume sollte in Beständen von sehr

hoher Stammqualität das Auswählen von Stämmen der Kraft'schen Klasse 2 verhindern. An die Schaftform und die Astigkeit wurden keine Anforderungen gestellt.

An diesen Bäumen wurden neben Qualitätsparametern, die im Kap. 4.3 aufgeführt sind, folgende deskriptive Werte ermittelt:

- Baumart,
- Baumhöhe,
- Brusthöhendurchmesser,
- Kronenindex in Anlehnung an den Schlüssel der bundesweiten Waldschadenserhebung,
- Lage im Lochbestand (in Bezug zum Rand und zur Himmelsrichtung).

3.2.2.2 Lage der Endbestandsbäume in Bezug zum Lochbestandesrand

Das Verteilungsmuster der vorherrschenden Eichen in Beziehung zum Lochbestandesrand könnte durch zwei Faktorengruppen beeinflusst sein:

- Verhältnis von inter- zu intraspezifischer Konkurrenz
Je nach der Stärke der interspezifischen Konkurrenz sollten sich die Endbestandsbäume im Lochbestand gleichmäßig (intraspezifische = interspezifische Konkurrenz) verteilen, verstärkt am Rand (intraspezifische > interspezifische Konkurrenz) oder im zentralen Bereich (intraspezifische < interspezifische Konkurrenz) vorkommen.
- Kleinklimatische Verhältnisse in der Kultur- und Dickungsphase des Lochbestandes
Sollten in der Initialphase des Lochbestandes Mitglieder des Lochbestandes durch Frost geschädigt werden und in ihrer Entwicklung zurückbleiben, müsste sich dieser Effekt mit zunehmender Lochhiebsgröße verstärken und die Anzahl der Endbestandsbäume im zentralen Teil abnehmen.

Bereits bei den ersten Probeaufnahmen von Endbestandsbäumen zur Abschätzung des Arbeitsumfanges wurde deutlich, dass in mit Kiefern umstandenen Eichenlochbeständen ein überproportional hoher Anteil der vitalsten Bäume im Randbereich des Lochbestandes zu finden war. Um diese Vermutung zu überprüfen, wurde jeder Lochbestand in drei konzentrische Kreise mit gleichem Radius gedrittelt. Das innere Drittel erhielt die Nummer 1, das mittlere die Nummer 2 und das Randdrittel die Nummer 3 (s. Abb. 3.1).

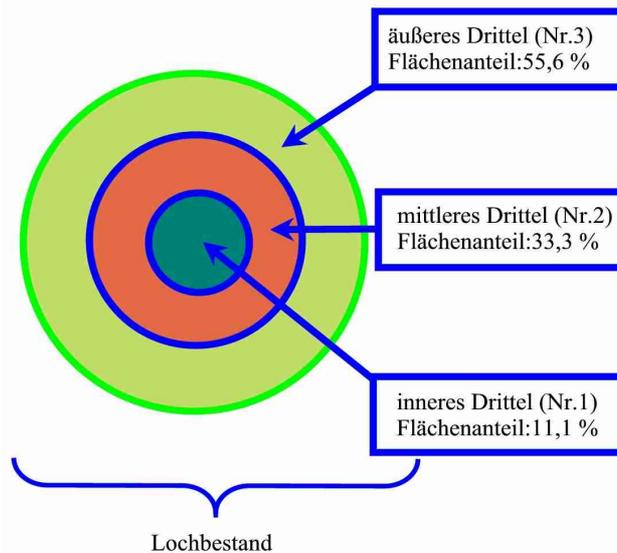


Abb. 3.1: Lage und Flächenanteil der Drittel in einem Lochbestand

Die Flächeninhalte sind unterschiedlich, stehen aber immer im Verhältnis von 11 zu 33 zu 56.

In Tab. 3.2 wird die Anzahl der in den einzelnen Dritteln der 719 untersuchten Lochbestände aufgefundenen Endbestandsbäume in Abhängigkeit von der umgebenden Baumart im Verhältnis zum Flächenanteil dieses Drittels am Lochbestand dargestellt.

Tab. 3.2: Eichen-Endbestandsbäume in den Kreisausschnitten in Abhängigkeit von der Baumart des umgebenden Bestandes (187 Lochbestände in Buchen, 532 Lochbestände in Kiefern)

| LAGE | DEN LOCHBESTAND UMGEBENDE BAUMART | | | | FLÄCHEN- ANTEIL |
|-------------------|------------------------------------|----------|-------------------------------------|----------|-----------------|
| | Buche | | Kiefer | | |
| | Anzahl der End- bestandsbäume Stk. | Anteil % | Anzahl der End- bestandesbäume Stk. | Anteil % | % |
| inneres Drittel | 70 | 13 | 61 | 4 | 11 |
| mittleres Drittel | 141 | 26 | 255 | 15 | 33 |
| äußeres Drittel | 342 | 61 | 1.313 | 81 | 56 |
| Summe | 553 | 100 | 1.629 | 100 | 100 |

Aus der Tab. 3.2 geht hervor, dass bei mit Buchen umgebenen Lochbeständen die vorherrschenden Eichen in Bezug zum Lochbestandesrand gleichmäßig über die Fläche verteilt sind. Die Anteile der in den einzelnen Dritteln gefundenen Endbestandsbäume entsprachen deren Flächenanteilen.

Bei Umgebungsbeständen aus Kiefern fanden sich mehr Endbestandsbäume im äußeren Drittel als aufgrund des Flächenanteils dieses Drittels am Lochbestand bei gleichmäßiger Verteilung der Endbestandsbäume vorhanden sein dürften.

Um zu überprüfen, ob dieser Unterschied signifikant ist, wurde die Hypothese aufgestellt, dass bei gleichmäßiger Verteilung der Endbestandsbäume im Lochbestand der Anteil der Endbestandsbäume in den einzelnen Dritteln ihren Flächenanteilen entspricht. Zur Überprüfung dieser Hypothese wurde im ersten Schritt mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test überprüft ob die Werte der Merkmale Anteil im 1., 2. und 3. Drittel hinreichend normalverteilt waren. Da die Werte in allen drei Dritteln hinreichend normalverteilt waren, konnte zur Überprüfung der Nullhypothese der T-Test verwendet werden. Für alle Drittel musste die Nullhypothese, dass der tatsächliche Anteil dem erwarteten entspricht, verworfen werden.

Verglichen mit den Flächenanteilen der Drittel, waren höchst signifikant mehr Endbestandsbäume bei mit Kiefern umstandenen Lochbeständen im äußeren Drittel und höchst signifikant weniger Endbestandsbäume im 2. und im inneren Drittel.

Es wäre denkbar, dass die umgebende Baumart Kiefer den Eichen in den Lochbeständen weniger Frostschutz bieten kann als die umgebende Baumart Buche. Dadurch könnten die Eichen in ihrer Jugend im Zentrum der Löcher häufiger vom Frost geschädigt werden. Dies könnte die erhöhte Anzahl von Endbestandsbäumen an den Lochbestandesrändern der mit Kiefern umstandenen Lochbestände zur Folge haben. Wenn dem so ist, müsste der Anteil der Endbestandsbäume im äußeren Drittel mit zunehmender Lochbestandesgröße steigen.

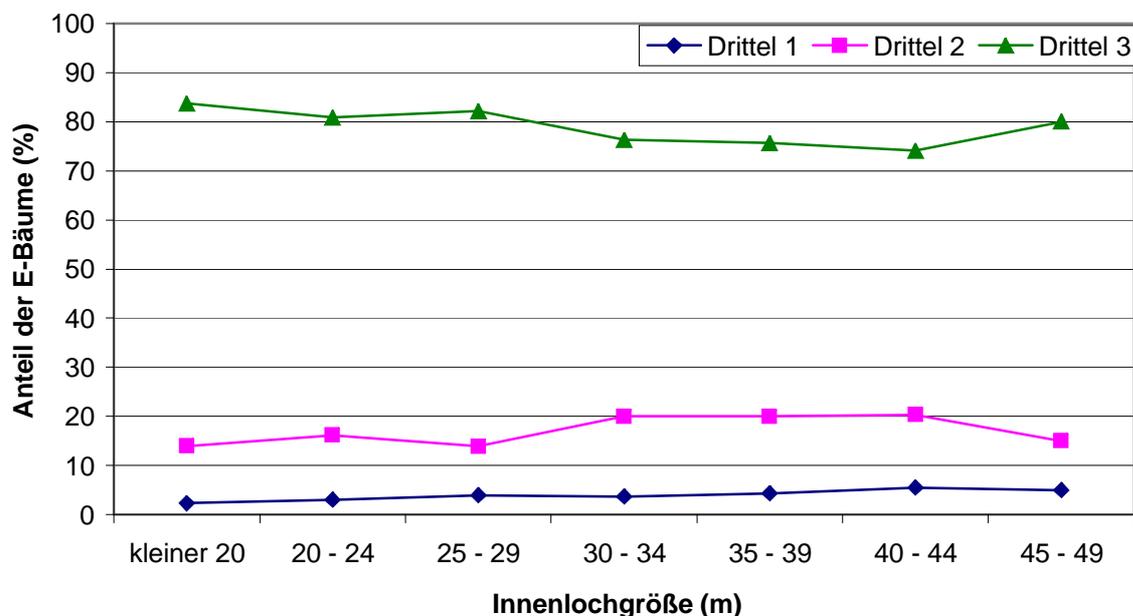


Abb. 3.2: Anteil der Eichen-Endbestandsbäume in den Kreisausschnitten in Abhängigkeit von der Innenlochgröße in mit Kiefern umstandenen Lochbeständen (1.629 Endbestandsbäume, Drittel 1 = inneres Drittel, Drittel 2 = mittleres Drittel, Drittel 3 = äußeres Drittel)

Die in Abb. 3.2 dargestellten Anteile der Endbestandsbäume in den einzelnen Kreisausschnitten variieren über den Innenlochdurchmesser nicht. Die ungleichmäßige Verteilung der Endbestandsbäume in mit Kiefern umgebenen Lochbeständen ist damit offensichtlich nicht vom Innenlochdurchmesser abhängig. Hierdurch scheidet für einen Innenlochdurchmesser < 50 m Frost als wirksamer Einflussfaktor auf die Endbestandsbaumverteilung im Lochbestand aus.

3.2.2.3 Lage der Endbestandsbäume in Bezug zur Himmelsrichtung

Beim zweiten denkbaren Grundmuster der Verteilung der vitalsten Bäume im Lochbestand könnte es Unterschiede hinsichtlich der Häufigkeit von Endbestandsbäumen in Abhängigkeit von der Himmelsrichtung geben. Sollten sich die unterschiedlichen Strahlungsverhältnisse in der Initialphase eines Lochbestandes auf die Verteilung der Endbestandsbäume auswirken, so müssten die Unterschiede in der Häufigkeit der Endbestandsbäume in Abhängigkeit von der Himmelsrichtung größer sein, als Unterschiede in Abhängigkeit von der Entfernung zum Rand. Aus diesem Grund wurde die Lage jedes Endbestandsbaumes in Bezug zur Haupt- und Nebenhimmelsrichtung festgehalten.

In Abb. 3.3 wird dargestellt, wie sich die 2.061 untersuchten Endbestandsbäume in Bezug auf die Himmelsrichtung im Lochbestand gruppieren.

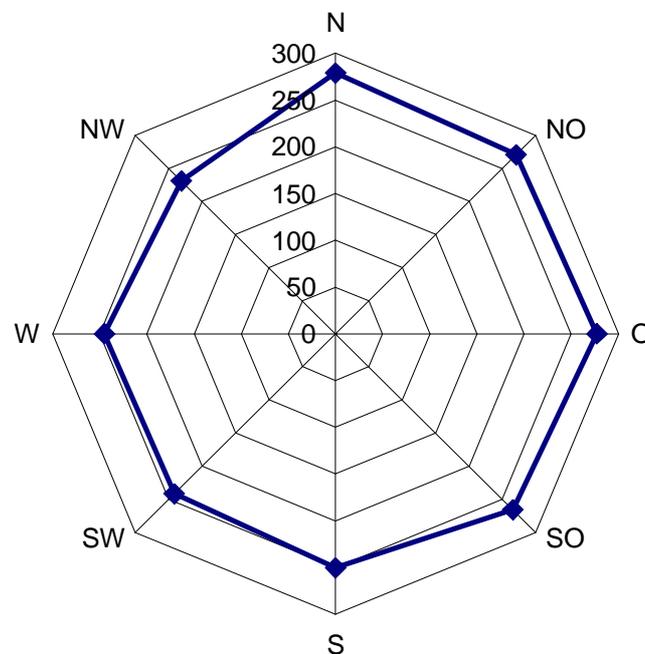


Abb. 3.3: Lage der Endbestandsbäume in den Lochbeständen mit umgebenden Beständen aus Buchen und Kiefern in Bezug auf die Himmelsrichtung (2.061 Endbestandsbäume)

Aus der Abb. 3.3 geht hervor, dass sich die vorherrschenden Eichen in Bezug auf die Himmelsrichtung gleichmäßig im Lochbestand verteilen. Bei dieser Darstellung wurde nicht nach der Baumart des umgebenden Bestandes getrennt.

In Abb. 3.4 wird dargestellt, wie sich die 1.454 untersuchten Endbestandsbäume in Bezug auf die Himmelsrichtung und den Kreisabschnitt in mit Kiefern umstandenen Lochbeständen gruppieren.

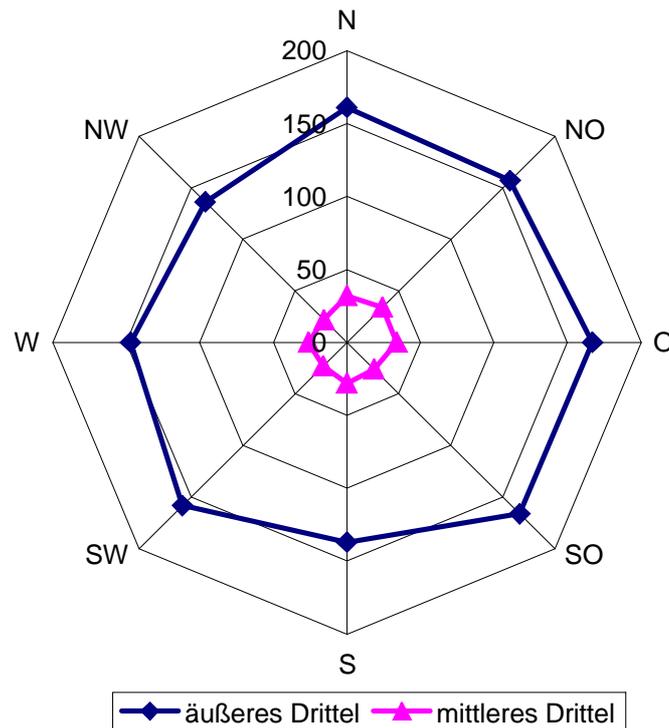


Abb. 3.4: Lage der Endbestandsbäume in Bezug zur Himmelsrichtung und zum Kreisabschnitt in mit Kiefern umstandenen Lochbeständen (1.454 Endbestandsbäume)

In Abb. 3.4 sind die Endbestandsbäume in beiden Kreisabschnitten gleichmäßig im Lochbestand verteilt. In mit Kiefern umgebenen Lochbeständen ist somit kein Einfluss der unterschiedlichen Besonnung auf die Verteilung der Endbestandsbäume nachweisbar.

In Abb. 3.5 wird dargestellt, wie sich die 488 untersuchten Endbestandsbäume in Bezug auf die Himmelsrichtung und den Kreisabschnitt in mit Buchen umstandenen Lochbeständen gruppieren.

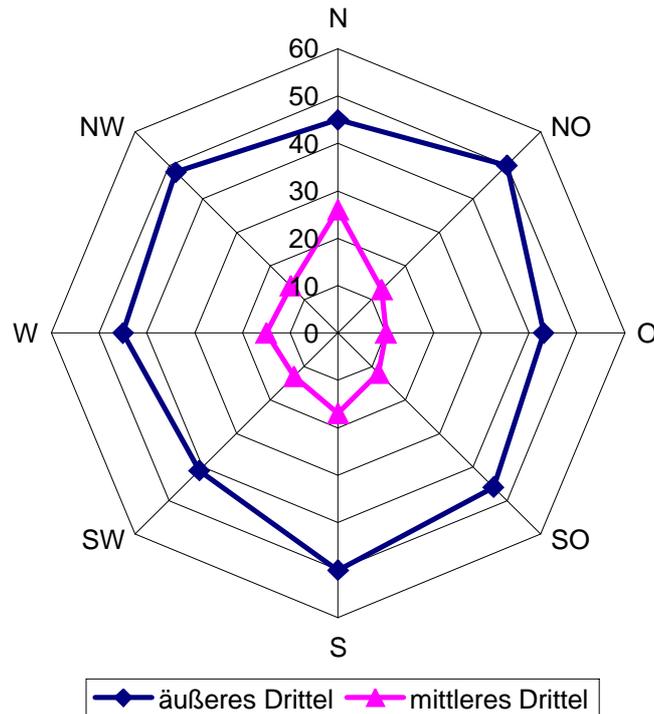


Abb. 3.5: Lage der Endbestandsbäume in Bezug zur Himmelsrichtung und zum Kreisabschnitt in mit Buchen umstandenen Lochbeständen (488 Endbestandsbäume)

Im äußeren Drittel der mit Buchen umstandenen Lochbestände waren die Endbestandsbäume gleichmäßig verteilt. Die leichte Erhöhung der Anzahl der Endbestandsbäume im Norden des mittleren Drittels bei mit Buchen umstandenen Lochbeständen ist aufgrund des geringen Stichprobenumfangs (N = 120 Endbestandsbäume) statistisch nicht gesichert.

3.2.3 VERTEILUNGSMUSTER DER VITALSTEN EICHEN IN LOCHBESTÄNDEN DER INITIALPHASE

3.2.3.1 Mikroklimatische Bedingungen auf Lochhiebsflächen

Die Konzentration der Endbestandsbäume im Randbereich kann mehrere Ursachen haben. Als mögliche Ursache kommen mikroklimatische Unterschiede in der Begründungs- und ersten Aufwuchsphase innerhalb der Lochbestände (WIEDEMANN, 1950 b; VON LÜPKE, 1982; MOSANDL, 1984; SCHMITT, 1993; MÜLLER, OLDENBURG 2004) in Frage. Hierbei kommen zwei Auswirkungen des Randes des umgebenden Bestandes zum Tragen, die sich in ihrer räumlichen Auswirkung auf der Lochhiebsfläche deutlich unterscheiden.

Einstrahlungstyp

Die Höhe der Energiemenge, die durch direkte Sonneneinstrahlung an einem Tag auf einen Teilbereich einer Lochhiebsfläche abgegeben wird, hängt von der Dauer und der Tageszeit des Sonneneinfalls ab. So wird bei geschlossenem Kronendach des umgebenden Bestandes ein sichelförmiges Band am Südrand des Lochbestandes nicht direkt von der Sonne beschienen. Die Größe dieses Bandes ist von der Höhe des umgebenden Bestandes und dem jeweiligen Sonnestand abhängig. Mit zunehmendem Abstand zum Südrand steigt der Strahlungsgenuss bis zum Maximalwert. Damit ändern sich die Boden- und bodennahe Lufttemperatur sowie die Verdunstung und Bodenfeuchte.

Die mikroklimatischen Bedingungen unterscheiden sich in diesem Fall stärker zwischen dem Nord- und dem Südrand als zwischen dem Rand und der Mitte der Lochhiebsfläche.

Ausstrahlungstyp

Durch das Kronendach des umgebenden Bestandes wird in der Strahlungsbilanz die Höhe der Gegenstrahlung erhöht. Dadurch sinken, vor allem in Nächten, die Temperaturen nicht so stark wie auf Freiflächen ab. Die durch das Kronendach des umgebenden Bestandes bedingte Gegenstrahlung ist im Randbereich der Löcher am höchsten und nimmt zur Mitte hin ab. Die Höhe der Gegenstrahlung wird in erster Linie vom Kronenschlussgrad, der Baumart und dem Belaubungszustand des umgebenden Bestandes bestimmt. Für die Tiefe der Wirkung in die Lochhiebsfläche hinein ist vor allem die Höhe des umgebenden Bestandes entscheidend.

Durch die Aufnahme der Endbestandsbäume in ihrer Entfernung zum Lochrand ist dieser Effekt nachzuweisen.

3.2.3.2 Aufnahme- und Auswertungsverfahren der Lochbestände in der Initialphase

Über den Vergleich der räumlichen Verteilung der Endbestandsbäume in den jetzt rund 100 jährigen Lochbeständen mit der räumlichen Verteilung der vitalsten und kräftigsten Eichen in der Aufwuchsphase ist die Quantifizierung der kleinklimatischen Einflüsse auf die spätere Verteilung der vitalsten Stämme möglich.

Diese Zusammenhänge wurden an je 2 Lochbeständen in den Oberförstereien Menz und Grimnitz hinsichtlich der Höhen- und Sprossbasisdurchmesser- und -verteilung der gepflanzten Eichen untersucht. In Tab. 3.3 sind die Kennwerte der Untersuchungsflächen aufgelistet.

Tab. 3.3: Kenndaten zur Charakterisierung der zwei Untersuchungsflächen

| KENNDATEN | ROOFEN | HUBERTUSSTOCK |
|-------------------------|-----------------|----------------|
| Amt für Forstwirtschaft | Fürstenberg | Gr. Schönebeck |
| Oberförsterei | Menz | Grimnitz |
| Revier | Roofen | Hubertusstock |
| Abt./Unterabt./Teilfl. | 4269/a/2 | 32/a/1 |
| Klimastufe | Tm | Tm |
| Stammnährkraftstufe | mittel (M2````) | mittel (M2``) |

Aus Tab. 3.3 geht hervor, dass sich beide Untersuchungsflächen im Klimagebiet mittleres Tieflandsklima befinden. Mit einer Stammnährkraftstufe von M2`` ist der Boden der Fläche Hubertusstock leicht besser als in Roofen.

In Tab. 3.4 sind die Kenndaten der vier Untersuchungsbestände aufgelistet.

Tab. 3.4: Kenndaten zur Charakterisierung der Untersuchungsbestände
(Hubertusstock: H.1 + H.2, Roofen: R.1 + R.2)

| BESTAND | MERKMAL | VERSUCHSORT | | | |
|--------------------|--------------------------|--------------|------|--------------|------|
| | | H. 1 | H. 2 | R. 1 | R. 2 |
| umgebender Bestand | Baumart | Kiefer | | | |
| | Alter J. | 53 | | 124 | |
| | Höhe ($h_{\bar{g}}$) m | 22,8 | | 25,1 | |
| | Höhenbonität (HG 100) | M 32 | | M 23 | |
| | Durchmesser (d_g) cm | 27 | | 31 | |
| Lochbestand | Lochdurchmesser m | 30,1 | 30,5 | 47,7 | 46,3 |
| | Jahr der Begründung | 1998 | | 2001 | |
| | Baumart | Traubeneiche | | | |
| | Pfl.Sortiment | 2+0 | | 2+1 | |
| | Pflanzverband m | 1,6 x 0,6 | | 1,5 x 0,4 | |
| | Bodenbearbeitung | Pflug | | - | |
| | Pflanzgerät | Spaten | | Hartmannhaue | |

Aus Tab. 3.4 geht hervor, dass sich die umgebenden Bestände deutlich unterscheiden. So sind die Kiefern des Roofener Bestandes rund 70 Jahre älter und haben eine deutlich schlechtere Bonität als die Kiefern des Hubertusstocker Bestandes. Die Eichen der Roofener Lochbestände sind 3 Jahre jünger als die Eichen des Hubertusstocker Bestandes.

Zur Aufnahme wurde das in Abb. 3.6 skizzierte Aufnahmegitter mit 37 Aufnahmequadraten eingemessen und im Gelände markiert.

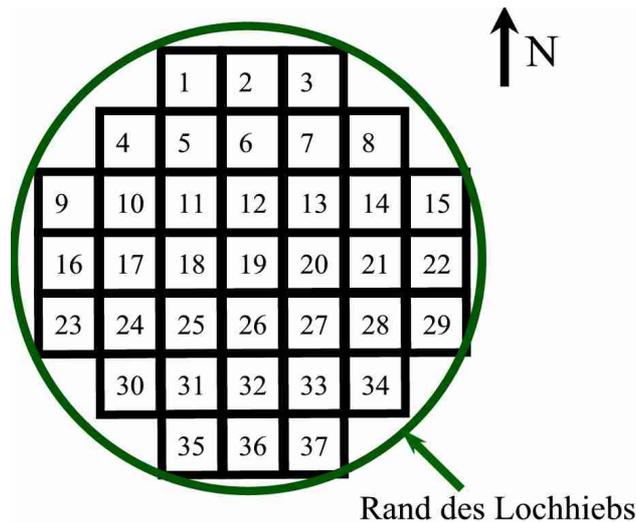


Abb. 3.6: Lage der 37 Aufnahmequadrate im Lochbestand

Die Kantenlänge der Aufnahmequadrate ist von der Größe des ehemaligen Lochhiebes abhängig.

Nach der Vermarkung der Aufnahmequadrate wurde in der Mitte eines jeden Quadrates mit Hilfe eines Bohrstockes eine Bodenprobe des obersten Meters des Mineralbodens gezogen. Anhand dieser Probe wurde die Horizontfolge, die Bodenart und der Substrattyp je Horizont aufgenommen. Auf diese Weise sollte sichergestellt werden, dass mögliche Differenzen im Höhen- und Dickenwachstum der Eichen nicht auf kleinstandörtliche Unterschiede zurückzuführen sind.

Anschließend wurde in jedem Aufnahmequadrat:

- Die Höhe von 30 Eichen mittels Messlatte und
- 30 Sprossbasisdurchmesser mittels Schiebelehre ermittelt.

Außerdem wurden Fraßschäden von Mäusen registriert. Eichen, die aufgrund des Mäusefraßes alle Wurzel eingebüßt hatten, wurden als tote Exemplare gezählt.

3.2.3.3 Ergebnisse der Bodenuntersuchungen der Lochbestandesflächen

Wie im Kap. 3.2.3.2 dargestellt, wurden in einem ersten Schritt in der Mitte aller Aufnahmequadrate mittels Erdbohrstock Bodenproben von den obersten 100 cm Mineralboden entnommen. Anhand dieser Probe wurden jeweils die Horizontfolge, die Bodenart und der Substrattyp angesprochen und mit den Ergebnissen der Vorerkundung verglichen.

Innerhalb der 4 Lochbestände unterschieden sich die entnommenen Proben nicht und entsprechen dem Ergebnis der Vorerkundung.

Damit konnten edaphische Unterschiede als Ursache für mögliche Verteilungsmuster der wuchskräftigsten Bäume ausgeschlossen werden.

3.2.3.4 Verteilungsmuster der wuchskräftigsten Bäume hinsichtlich der Himmelsrichtung (Einstrahlungstyp)

In einem ersten Schritt wurde je Lochbestand eine hierarchische Clusteranalyse nach den Variablen Höhe und Sprossbasisdurchmesser durchgeführt, bei der zu Beginn der Analyse jedes Aufnahmequadrat einen eigenen Cluster bildete. Als Distanzmaß wurde der quadrierte euklidische Abstand gewählt.

Für die Lochbestände Hubertusstock 1 und 2 ergaben sich hierbei jeweils zwei Gruppencluster, die den Lochbestand deutlich in einen Nord- und Südteil trennten. Im Fall von Hubertusstock 1 wurden zum Cluster 1 (Nord) die Aufnahmequadrate 1 - 14, 16 - 20 und 23 zugeordnet. Auf der Fläche Hubertusstock 2 gehörten zum Cluster 1 (Nord) die Aufnahmequadrate 1 - 10 und 12 - 16.

Die Clusteranalyse der Fläche Roofen 2 erbrachte drei abgrenzbare Gruppencluster, die sich in ihrer räumlichen Anordnung als Nord, Mitte und Süd bezeichnen lassen. Die Zuordnung ist aber deutlich unschärfer als in den Lochbeständen Hubertusstock. Das heißt, jedem der drei Gruppencluster wurden auch Aufnahmequadrate einer anderen räumlichen Lage zugeordnet. Auf der Fläche Roofen 1 ergab die Clusteranalyse keine Gruppierung mit räumlichem Bezug. Aufgrund der Ergebnisse der Clusteranalyse wurden die Aufnahmequadrate 1 - 15 zur Nord- und die Aufnahmequadrate 23 - 37 zur Südgruppierung (s. Abb. 3.7) zusammengefasst.

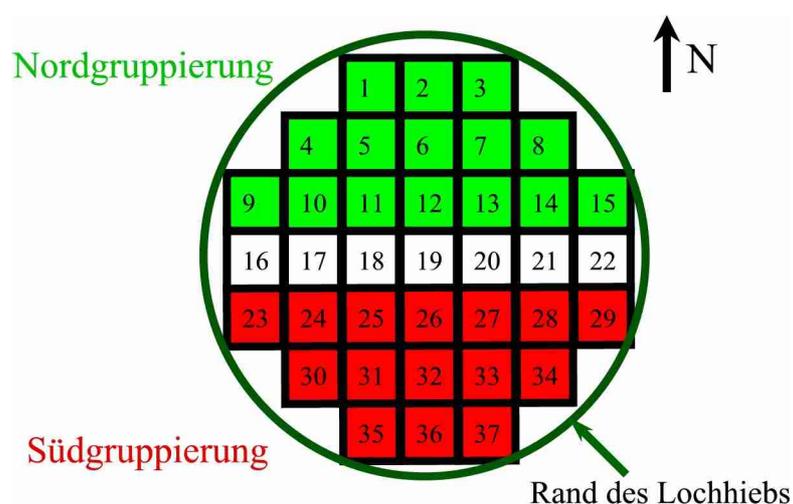


Abb. 3.7: Zusammenfassen der Aufnahmequadrate 1 - 15 zur Nord- und 23 - 37 zur Südgruppierung

Mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests wurde die Verteilung für die Variablen Sprossbasisdurchmesser und Höhe für die Nord- und Südgruppierung aller vier Lochbestände auf Normalverteilung getestet. Die Variablen der Südgruppierungen aller vier Lochbestände und der Nordgruppierung der Lochbestände Hubertusstock 1 und 2 sind normalverteilt. Die Verteilung Höhen- und Sprossbasisdurchmesser der Nordgruppierung Roofen 1 und 2 sind nicht normalverteilt.

Für die Nord- und Südgruppierung wurden die arithmetischen Mittelwerte der Höhen und Sprossbasisdurchmesser sowie die Standardabweichung berechnet. Für die Prüfung auf Signifikanz der Unterschiede wurde im Fall der Lochbestände Roofen 1 und 2 der U-Test nach MANN-WHITNEY (SACHS, 1999) und bei den Lochbeständen Hubertusstock 1 und 2 der T-Test gewählt. In Tab. 3.5 sind die hieraus folgenden Ergebnisse dargestellt.

Tab. 3.5: Statistische Kenndaten der Traubeneichen der Lochbestände Hubertusstock 1 und 2 sowie Roofen 1 und 2
(Signifikanz (Sig.): +++ = $p < 0,1\%$, += $p < 5\%$, - = nicht gesichert, gesichert größere Werte im Fettdruck)

| MERKMAL | HUBERTUSSTOCK | | | | | | ROOFEN | | | | | |
|------------------------|---------------|------------|------|----------|------------|------|----------|-----|------|----------|-----------|------|
| | Fläche 1 | | | Fläche 2 | | | Fläche 1 | | | Fläche 2 | | |
| | Nord | Süd | Sig. | Nord | Süd | Sig. | Nord | Süd | Sig. | Nord | Süd | Sig. |
| Ø Höhe cm | 178 | 226 | + | 138 | 181 | +++ | 81 | 76 | - | 64 | 80 | + |
| Var.Koeff. % | 25 | 12 | | 16 | 14 | | 10 | 14 | | 19 | 15 | |
| Ø Sprossbasisdurch. cm | 2,6 | 3,1 | + | 2,1 | 2,4 | + | 1,4 | 1,4 | - | 1,4 | 1,5 | - |
| Var.Koeff. % | 23 | 13 | | 19 | 13 | | 14 | 14 | | 21 | 13 | |

Aus der Tab. 3.5 geht hervor, dass, mit Ausnahme vom Lochbestand Roofen 1, die Eichen auf den Südgruppierungen signifikant höher waren als auf den Nordgruppierungen. Auch die Sprossbasisdurchmesser der Eichen der Südgruppierungen der Hubertusstocker Bestände waren signifikant größer. Die Sprossbasisdurchmesser der Traubeneichen der Südgruppierung Roofen 2 waren größer. Der Unterschied der Mittelwerte ist nicht signifikant. Die Variationskoeffizienten waren auf den Nordgruppierungen größer, wenn die Werte der Südgruppierung signifikant größer waren.

3.2.3.5 Mäuseschäden in den Lochbeständen Roofen 1 und 2

Im Zuge der Markierung der Aufnahmequadrate der Lochbestände Roofen 1 und 2 wurde deutlich, dass die Traubeneichen in erheblichem Umfang durch die Fraßtätigkeit von Mäusen geschädigt waren. Da der Verlust von Wurzelmasse bzw. Leitungsgewebe durch Mäusefraß die Vitalität von Pflanzen sehr stark mindern kann und eine gleichmäßige Verteilung dieser Schäden nicht gesichert war, wurden die Schäden gleichzeitig mit der Erhebung der Pflanzenmerkmale durchgeführt. Hierbei wurden 2 Merkmalsstufen erhoben:

- Angefressen: die Sprossbasis der Eiche zeigt deutliche Nagespuren, der Holzkörper wurde teilweise freigelegt, die Pflanze hat aber zum Zeitpunkt der Aufnahme einen durchgängigen Streifen Leitungsbahnen und
- Tot: bei der Pflanze wurden alle Wurzeln abgefressen oder der Pflanzenkörper an der Sprossbasis durchgetrennt.

Nach der Erhebung wurde die Verteilung der Anteile der Pflanzen mit den Schadmerkmalen „angefressen“ und „tot“ für beide Lochbestände mittels Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung getestet. Keines der Merkmale war hinreichend normalverteilt. Zum Test auf die Signifikanz der Unterschiede der Mittelwerte der Anteile der Pflanzen mit den Schadmerkmalen „angefressen“ und „tot“ zwischen den Lochbeständen wurde deshalb der U-Test nach MANN-WHITNEY verwendet. In Tab. 3.6 sind die statistischen Kenndaten der Lochbestandesfläche Roofen 1 denen der Lochbestandesfläche Roofen 2 gegenübergestellt.

Tab. 3.6: Mittelwert und Standardabweichung der Anteile der Pflanzen mit Schadmerkmal „angefressen“ und „tot“ und Signifikanz der Mittelwertunterschiede für die Lochbestandesflächen Roofen 1 und 2

(Signifikanz: +++ = $p < 0,1\%$, + = $p < 5\%$, - = nicht gesichert, gesichert größere Werte im Fettdruck)

| SCHADMERKMAL | LOCHBESTAND | MITTELWERT % | SIGNIFIKANZ | VAR.KOEFFIZIENT % |
|--------------|-------------|-----------------|-------------|----------------------|
| angefressen | Roofen 1 | 24 | +++ | 57 |
| | Roofen 2 | 4 | | 35 |
| tot | Roofen 1 | 21 | +++ | 67 |
| | Roofen 2 | 6 | | 136 |

In Tab. 3.6 ist verdeutlicht, dass höchst signifikant mehr Eichen auf der Fläche Roofen 1 angefressen oder durch Fraß ausgefallen waren als auf der Fläche Roofen 2. Die Variationskoeffizienten zeigen mit bis zu 136 % eine große Streuung um den Mittelwert an.

Neben der Unterscheidung zwischen den Flächen war, vor allem in Hinblick auf das Verteilungsmuster der höchsten Bäume auf der Fläche Roofen 1, auch die räumliche Verteilung der Mäuseschäden innerhalb der Lochbestände von Bedeutung. Deshalb wurden auch die Aufnahmequadrate 1 - 15 zur Nordgruppierung und 23 - 37 zur Südgruppierung zusammengefasst. Die Verteilung der Anteile der geschädigten Pflanzen war für keines der Merkmale auf keine der Flächen normalverteilt. Die Signifikanz der Unterschiede der Mittelwerte zwischen den Gruppierungen wurde deshalb mit dem U-Test nach MANN-WHITNEY überprüft. In Tab. 3.7 sind die Ergebnisse der statistischen Auswertung dargestellt.

Tab. 3.7: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Anteile der Pflanzen mit Schadmerkmal „angefressen“ und „tot“ und Signifikanz (Sig.) der Mittelwertunterschiede zwischen den Nord- und Südgruppierungen der Lochbestandesflächen Roofen 1 und 2 (Signifikanz (Sig.): +++ = $p < 0,1\%$, + = $p < 5\%$, - = nicht gesichert, gesichert größere Werte im Fettdruck)

| SCHADMERKMAL | | ROOFEN | | | | | |
|---------------|---|----------|-----------|------|----------|-----|------|
| | | Fläche 1 | | | Fläche 2 | | |
| | | Nord | Süd | Sig. | Nord | Süd | Sig. |
| Ø angefressen | % | 9 | 35 | +++ | 3 | 3 | - |
| Var.Koeff. | % | 7 | 2 | | 1 | 1 | |
| Ø tot | % | 12 | 28 | +++ | 4 | 7 | - |
| Var.Koeff. | % | 9 | 16 | | 3 | 9 | |

Die Anteile der ausgefallenen bzw. geschädigten Pflanzen sind in der Südhälfte der Fläche Roofen 1 höchst signifikant höher als in der Nordgruppierung (vergl. Tab. 3.7). Dagegen ist der Anteil der geschädigten Pflanzen auf der Lochbestandesfläche Roofen 2 nicht nach Nord- und Südgruppierung trennbar. Die Varianz der Merkmale war sehr gering.

3.2.3.6 Verteilungsmuster der wuchskräftigsten Bäume hinsichtlich ihrer Lage zum Lochbestandesrand (Ausstrahlungstyp)

Um die Wirkung der Entfernung der Traubeneichen vom Lochbestandesrand auf die Höhe und den Sprossbasisdurchmesser der Eichen untersuchen zu können, wurden die Aufnahmequadrante in drei Gruppierungen zusammengefasst. In Abb. 3.8 ist die Zugehörigkeit der einzelnen Aufnahmequadrante zu den einzelnen Gruppierungen dargestellt.

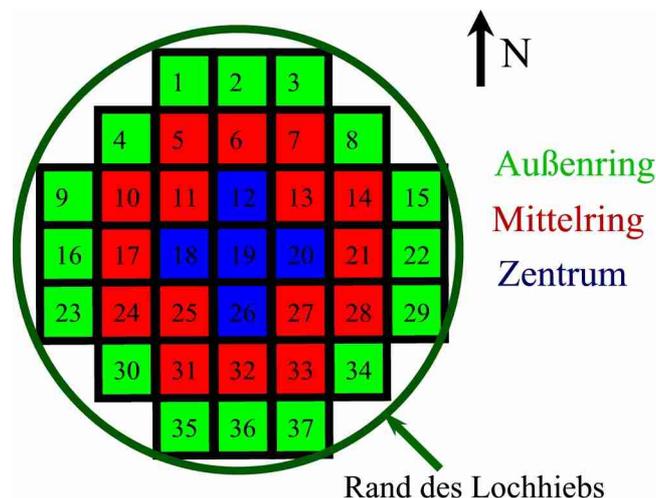


Abb. 3.8: Zusammenfassung der Aufnahmequadrante nach ihrer Entfernung zum Lochbestandesrand zu drei Gruppierungen

Jede dieser drei Gruppierungen unterschied sich von den anderen in ihrer Entfernung zum Lochbestandesrand. Mittels einfaktorieller Varianzanalyse (BÜHL, ZÖFEL, 2000) wurde nun

überprüft, ob sich die Pflanzenhöhe bzw. der Sprossbasisdurchmesser in den drei Gruppierungen signifikant voneinander unterscheiden. Auf keinem der Lochbestände konnte ein Effekt der Entfernung zum Rand auf den Sprossbasisdurchmesser oder die Pflanzenhöhe signifikant nachgewiesen werden.

In einem zweiten Ansatz wurde die mittlere Entfernung eines jeden Aufnahmequadrates zum Lochbestandesrand ermittelt. Mittels linearer Regressionsanalyse wurde die Abhängigkeit des Sprossbasisdurchmessers und der Pflanzenhöhe von der Entfernung zum Lochbestandesrand untersucht. Auch bei diesem Ansatz konnte keine Abhängigkeit der Pflanzenkennwerte von der Entfernung zum Lochrand festgestellt werden.

3.2.3.7 Diskussion der Ergebnisse der Untersuchung der Lochbestände in der Initialphase

Die Arbeiten von OLBERG (1940), DÜNGBIER (1995), STÄHR, PETERS (2000), KÄTZEL, LÖFFLER, WINTER, KALLWEIT (2003, 2004) und HEUER (1997, 2004) belegen für die Region Berlin-Brandenburg die gute Wüchsigkeit junger Eichen unter lichtem Schirm.

WAGNER (1994) weist für zweijährig gepflanzte Stieleichen auf armen Sanden im Nordosten Niedersachsens nach drei Vegetationsperioden ein etwa um 25 % besseres Höhenwachstum auf der Freifläche gegenüber einer mit Kiefern überschirmten Fläche nach.

KOSS (1995) konnte in einem Bereich von 30 - 70 % relativem Lichtgenuss keine Veränderungen des Höhenwachstums von Eichen feststellen.

HAUSKELLER-BULLERJAHN (1997) stellte bis zu einem Schwellenwert von 30 % Freilandhelligkeit ein gesteigertes Höhenwachstum der Eichen fest. Bei einer weiteren Steigerung bis zu einem relativen Lichtgenuss von 60 % des Freilandlichtes veränderte sich das Höhenwachstum nicht weiter.

Auch KÄTZEL, LÖFFLER, WINTER, KALLWEIT (2003) konnten bei Voranbauten von Traubeneichen unter einem verschieden dichten Kieferschirm im Süden Brandenburgs ein Absinken des Höhen- und Dickenwachstums erst bei hohen Überschirmungsgraden der Kiefern nachweisen.

Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass in dem untersuchten Bereich der Lochhiebsgrößen keine Wuchsstockungen der Eichen durch Lichtmangel verursacht werden. Ebenso führt eine Erhöhung des Lichtgenusses nicht zu verstärktem Wachstum. In diesem Fall hätten die deutlich stärker beschatteten Eichen der Südseite ein geringeres Wachstum aufweisen müssen. Die Untersuchungen zum Lichtangebot in Lochhieben (WIEDEMANN, 1927, 1950 b; VAN-

SELOW, 1931, 1949 a, b; VON LÜPKE, 1982; MOSANDL, 1984; SCHMITT, 1993; SCHMIDT, 1997) stützen diese Vermutung.

ZIEGENHAGEN (1989) und ZIEGENHAGEN, KAUSCH (1993) wiesen darauf hin, dass die Reaktionen der Pflanzen nicht auf den Faktor Strahlung zu reduzieren ist.

MÜLLER, OLDENBURG (2004) konnte für Lochhiebe im südlichen Brandenburg deutliche Temperaturunterschiede zwischen den Nord- und Südbereichen nachweisen.

HEUER (2004) wies Wuchsdepressionen von Eichen im Nordteil von Lochhieben in Trockenjahren nach.

Aus dem Vergleich der Ergebnisse der anderen Autoren und den vorgelegten Ergebnissen lässt sich annehmen, dass auf den Lochhiebsflächen kein Lichtmangel herrschte, der zu Wuchsdepressionen führen könnte. Vielmehr sollte der Überlegung von HEUER (2004) gefolgt werden, dass durch die starke Besonnung der Nordseite in Verbindung mit den geringen Niederschlägen und den sorptionsschwachen Böden in Trockenjahren Wuchsstockungen in diesem Teil der Lochhiebsflächen auftreten.

Für die geringeren Wachstumsdifferenzen auf den Flächen Roofen 1 und 2 werden drei Ursachen gesehen:

- Zum Zeitpunkt der Aufnahme im Herbst 2003 hatten die gepflanzten Traubeneichen erst drei Vegetationsperioden Zeit sich innerhalb des Lochbestandes zu differenzieren.
- Die zweite Vegetationsperiode (2002) war ungewöhnlich kühl und niederschlagsreich.
- Bei beiden Roofener Lochbeständen waren die Traubeneichen stark durch den Fraß von Mäusen geschädigt. Dabei zeigte der Schadfraß im Lochbestand Roofen 1 signifikante Unterschiede zwischen dem Nord- und dem Südteil. Diese stark inhomogene Schädigung wirkte der Ausprägung von klimatisch bedingten Wuchsunterschieden entgegen.

3.3 VERGLEICH DER ERREICHTEN HÖHEN DER EICHEN IN DEN LOCHBESTÄNDEN UND DER BÄUME IN DEN UMGEBENDEN BESTÄNDEN

3.3.1 FESTLEGUNGEN ZUR AUFNAHME DER HÖHENDIFFERENZ ZWISCHEN DEN BAUMARTEN

Eine Hauptvoraussetzung für die Entwicklung von Kronenraum gegen die Konkurrenz eines anderen Baumes ist ein Vorsprung im Höhenwuchs. Der Vergleich der erreichten Baumhöhen kann Aufschluss über eine Grundbedingung von erfolgreicher Konkurrenz sein. Da die einzelnen Bestandesmittelhöhen stark von der Art und der Intensität der Durchforstung beein-

flusst werden und die MORTZFELDTschen Lochbestände sowie die sie umgebenden Bestände nicht einheitlich bewirtschaftet wurden, schiedен Mittelhöhen als Weiser aus.

Da nach der Stangenholzphase bei allen in Nordostdeutschland gängigen Durchforstungsmodellen nur in Ausnahmefällen der höchste Baum entnommen wird, sind Bäume mit Spitzenhöhen geeignet das Wuchspotential abzubilden. Aus diesem Grund wurden die Höhen der jeweils fünf höchsten Individuen des umgebenden Bestandes gemessen, deren Kronen direkten Kontakt zum Kronenraum des Lochbestandes hatten. Diese Teilmenge des umgebenden Bestandes wird konkurrierender Bestand genannt. Waren die Lochbestände mit konzentrischen Ringen anderer Baumarten umpflanzt, die den Kronenraum zwischen den Eichen des Lochbestandes und dem umgebenden Bestand vollständig trennten, wurden die Bäume der Ringbepflanzung als konkurrierender Bestand klassifiziert.

Die fünf höchsten Bäume des konkurrierenden Bestandes wurden mit den fünf höchsten Bäumen des Lochbestandes bzw. den Endbestandsbäumen verglichen.

Die Beschränkung auf die Bestandesmitglieder des umgebenden Bestandes, die den Kronenraum berühren, wurde aus zwei Gründen eingeführt:

- Die räumliche Nähe zum Lochbestand vermied Wachstumsunterschiede aufgrund unterschiedlicher Standorte.
- Bei geschlossenen Ringbepflanzungen üben die Bäume der Ringbepflanzung den Konkurrenzdruck auf die Eichen des Lochbestandes aus.

Die stark unterschiedlichen Bestockungsgrade der Eichenlochbestände zogen rechnerische Verschiebungen der Grundflächenmittelhöhe und der Höhe über dem Grundflächenmittellamm des Lochbestandes nach sich. Durch den Vergleich der Höhen der Endbestandsbäume eines Lochbestandes mit den 5 höchsten Bäumen des konkurrierenden Bestandes wurden solche rechnerischen Verschiebungen minimiert.

3.3.2 HÖHENDIFFERENZEN DER EICHEN DER LOCHBESTÄNDE ZU DEN BÄUMEN DER UMGEBENDEN BESTÄNDE

In Abb. 3.9 sind die Anzahl der Lochbestände, deren Endbestandsbäume in Abhängigkeit von der konkurrierenden Baumart größer, gleich groß oder kleiner als der konkurrierende Bestand, dargestellt.

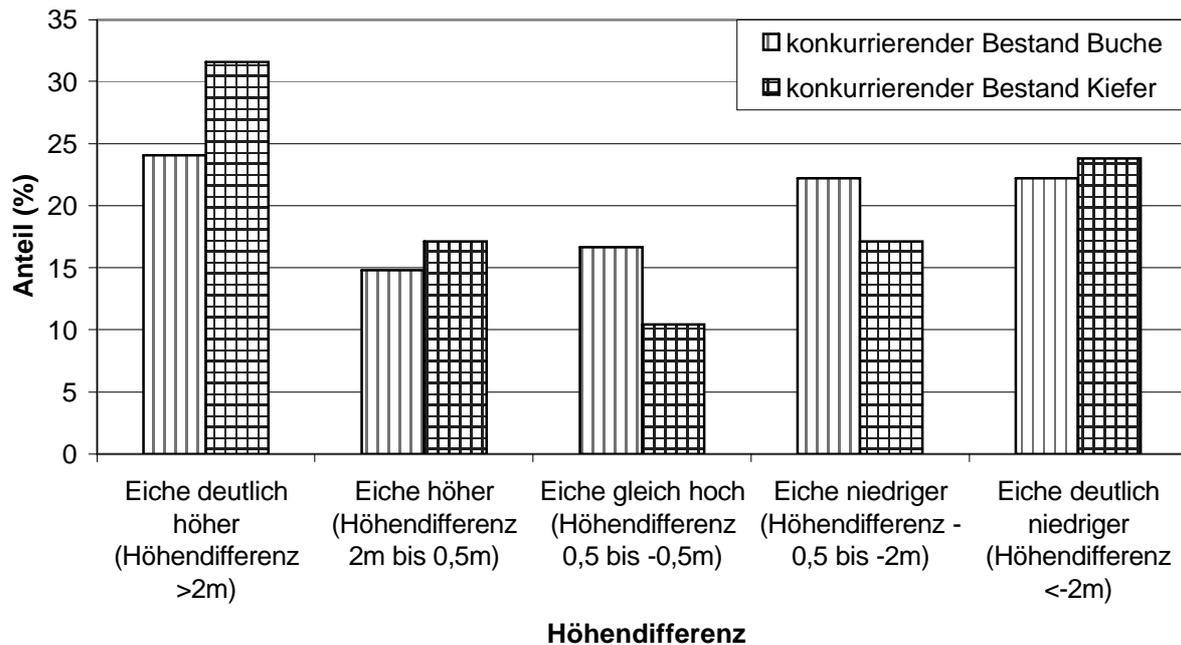


Abb. 3.9: Höhenunterschiede zwischen Endbestandsbäumen und konkurrierendem Bestand in Abhängigkeit vom konkurrierenden Bestand (108 Lochbestände mit konkurrierender Baumart Buche; 298 Lochbestände mit konkurrierender Baumart Kiefer)

In 49 % der Lochbestände waren die Kiefern des konkurrierenden Bestandes höher als deren Endbestandsbäume. Bei Lochbeständen mit konkurrierenden Buchen waren dies 39 %.

Der Anteil der Lochbestände deren Endbestandsbäume niedriger sind als die Bäume des konkurrierenden Bestandes ist in Buchen (44%) und Kiefern (41 %) etwa gleich.

Nur bei 3 % der mit Buchen umstandenen Lochbestände waren die Endbestandsbäume um mehr als 20 % höher und bei 3 % um mehr als 20 % niedriger als die Bäume des konkurrierenden Bestandes.

Bei den mit Kiefern umstandenen Lochbeständen waren bei 6 % der Lochbestände die Endbestandsbäume mehr als 20 % höher und bei 6 % mehr als 20 % niedriger als der konkurrierende Bestand.

3.3.3 GRÜNDE FÜR DIE HÖHENDIFFERENZEN VON EICHEN AUS LOCHBESTÄNDEN ZU KIEFERN IN UMGEBENDEN BESTÄNDEN

Als wichtigster Faktor für die Herausbildung von Höhenunterschieden wurde die Altersdifferenz zwischen dem Lochbestand und dem umgebenden Bestand angenommen. Abb. 3.10 stellt die Differenz aus Höhe über dem Grundflächenmittelstamm ($h_{\bar{g}}$) der Endbestandsbäume eines Eichenlochbestandes minus Höhe über dem Grundflächenmittelstamm ($h_{\bar{g}}$) der 5

höchsten Bäume des konkurrierenden Kiefernbestandes in Abhängigkeit von der Altersdifferenz Eichenlochbestand minus umgebender Kiefernbestand dar.

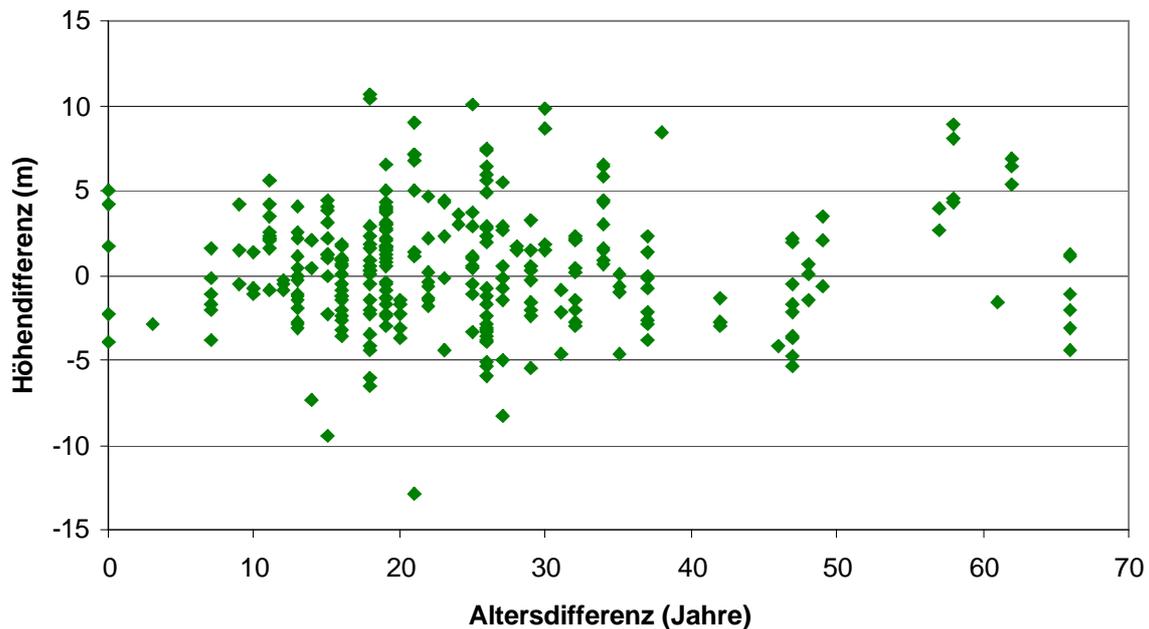


Abb. 3.10: Differenz der Höhe (h_g) der Endbestandsbäume minus der Höhe (h_g) der 5 höchsten Bäume des konkurrierenden Bestandes in Abhängigkeit von der Altersdifferenz Alter Lochbestand minus Alter umgebender Bestand für Eichenlochbestände in Kiefernbeständen (298 Lochbestände, $r^2 = 0,002$)

Die Werte verteilen sich in Abb. 3.10 gleichmäßig ungerichtet. Bei einer linearen Regression der Höhendifferenz in Abhängigkeit von der Altersdifferenz ist das Bestimmtheitsmaß $r^2 = 0,002$. Es gibt keinen Zusammenhang zwischen der Altersdifferenz und der Höhendifferenz zwischen Lochbestand und umgebendem Bestand. In Abb. 3.10 wird verdeutlicht, dass selbst Kiefernbestände, die etwa 60 Jahre jünger als die von ihnen umschlossenen Eichenlochbestände waren, 4,5 m höher sein können. Gleichzeitig werden selbst gleichaltrige Kiefern von den Eichen der Lochbestände um bis zu 5 m überragt.

Die Regression der Höhendifferenz in Abhängigkeit vom Standort ergab mit einem Bestimmtheitsmaß $r^2 = 0,007$ keinen Zusammenhang dieser beiden Größen. Eine multiple Regression, bei der die Höhendifferenz in Abhängigkeit vom Standort und Altersdifferenz untersucht wurde, ergab keinen Zusammenhang ($R^2 = 0,008$).

Über eine absolute Höhenbonitierung der Endbestandsbäume und der 5 höchsten Bäume des konkurrierenden Bestandes kann bei der Betrachtung des Wuchspotentials das reale Alter der Lochbestände als Faktor vernachlässigt werden. Hierzu wurden mit Hilfe des Alters und der Grundflächenmittelhöhe h_1 der Endbestandsbäume und der 5 höchsten Bäume des konkurrie-

renden Bestandes die absolute Höhenbonität (HG 100) für die Endbestandsbäume und die 5 höchsten Bäume des konkurrierenden Bestandes ermittelt. Es gilt dabei zu beachten, dass es sich hierbei nicht um die HG 100 des Loch- bzw. umgebenden Bestandes handelt. Die Differenz aus HG 100 Endbestandsbaum minus HG100 konkurrierender Bestand zeigt, welche Höhenunterschiede die betrachteten Gruppen im Alter 100 Jahre haben. In Abb. 3.11 wird dieser Höhenunterschied in Abhängigkeit von der Altersdifferenz Lochbestand minus konkurrierender Bestand dargestellt.

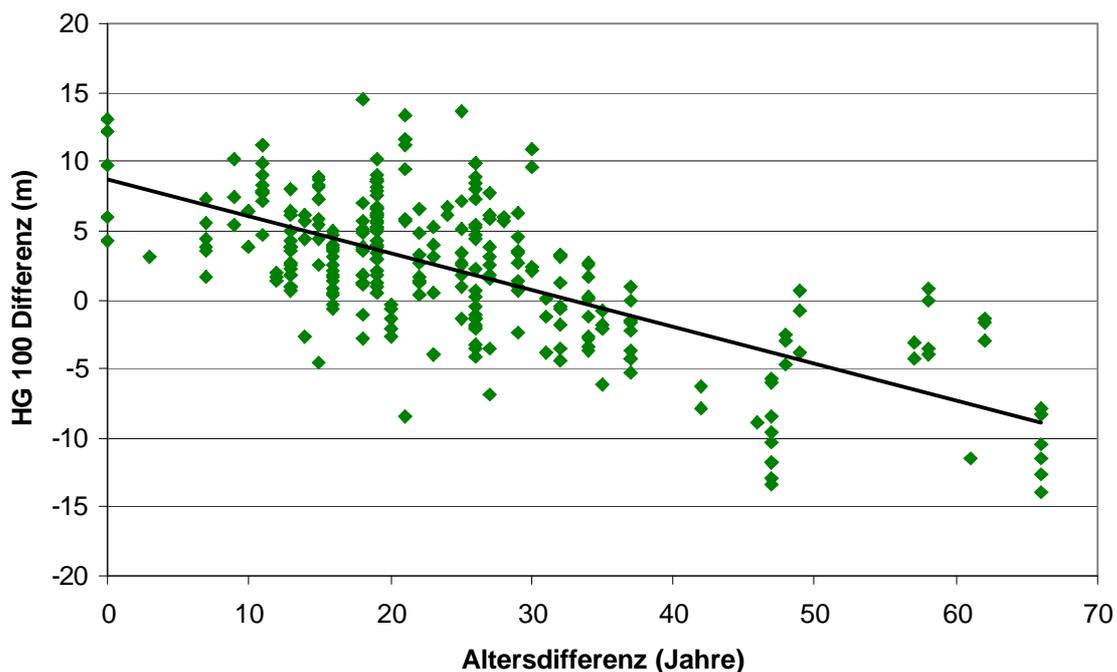


Abb. 3.11: Differenz aus HG 100 Endbestandsbäume minus HG 100 der 5 höchsten Bäume des konkurrierenden Bestandes in Abhängigkeit von der Altersdifferenz Alter Lochbestand minus Alter umgebender Bestand für Eichenlochbestände in Kiefernbeständen (298 Lochbestände; Regressionsgerade: $\text{HG 100 Differenz} = -0,268 \cdot \text{Altersdifferenz} + 8,784$; $r^2 = 0,46$)

Abb. 3.11 veranschaulicht, dass sich die Bonität der 5 höchsten Bäume der konkurrierenden Kiefernbestände im Vergleich zur Bonität der Endbestandsbäume mit zunehmender Altersdifferenz immer weiter verbessert. Das Bestimmtheitsmaß r^2 der Ausgleichgeraden ($y = -0,268x + 8,784$) beträgt 0,46.

In Abb. 3.12 ist die Veränderung der absoluten Höhenbonität der 5 höchsten Bäume konkurrierender Kiefernbestände in Abhängigkeit von deren Alter dargestellt.

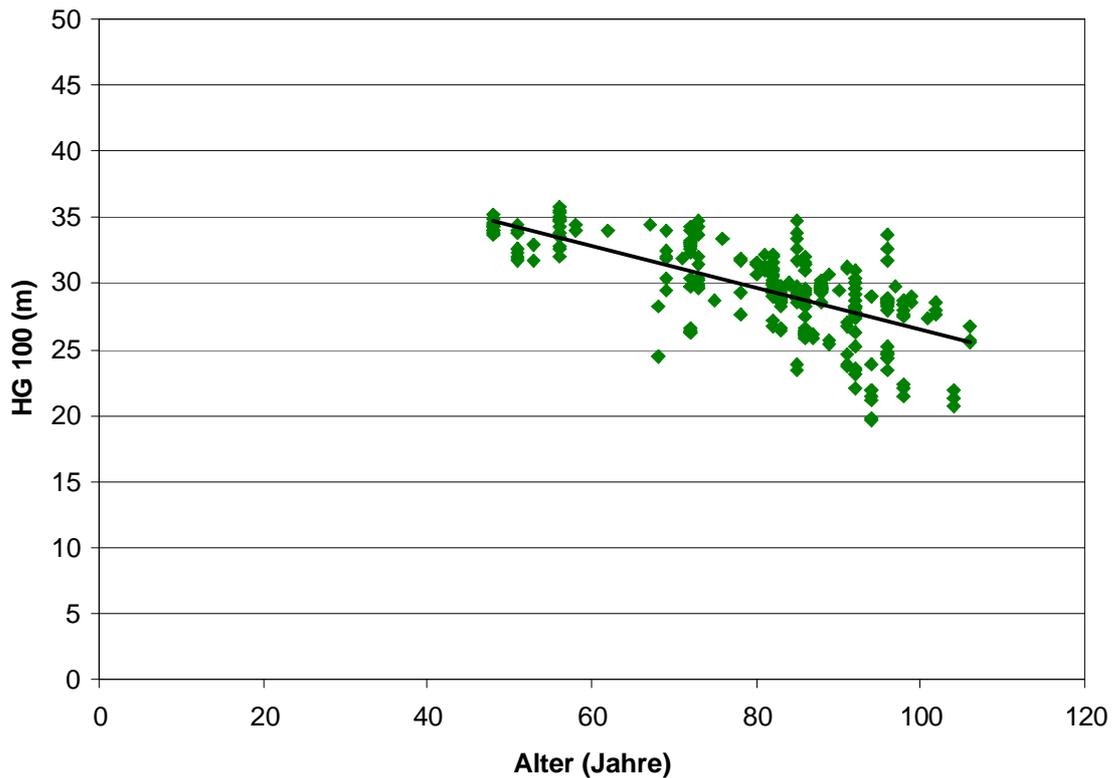


Abb. 3.12: Absolute Höhenbonität HG 100 der 5 höchsten Bäume konkurrierender Kiefernbestände in Abhängigkeit von ihrem Alter (298 Kiefernbestände; Regressionsgerade: $HG\ 100 = -0,1518 \text{ Alter} + 42,99$; $r^2 = 0,46$)

In Abb. 3.12 wird gezeigt, dass je jünger die Kiefern sind, sie bessere Bonitäten haben. So sind die 5 höchsten Bäume eines jetzt 100 jährigen konkurrierenden Bestandes durchschnittlich 26 m hoch. Heute 50 jährige Kiefern werden im Alter von 100 Jahren rund 35 m hoch sein. In Abb. 3.12 wurden die konkurrierenden Bestände auf allen Standorten zusammengefasst. Die Bodentrophie hat Einfluss auf die Wuchseistung der Bäume. Deshalb müsste die Veränderung der Bonität in Abhängigkeit vom Alter für konkurrierende Bestände nur einer Bodengüte eine geringere Streuung aufweisen.

In Abb. 3.13 wird die Veränderung der absoluten Höhenbonität der 5 höchsten Bäume konkurrierender Kiefernbestände in Abhängigkeit von deren Alter für Bestände, die auf Standorten an der unteren Grenze (````) der Stammstandortsgruppe mittlere Trophie (M2) stocken, dargestellt.

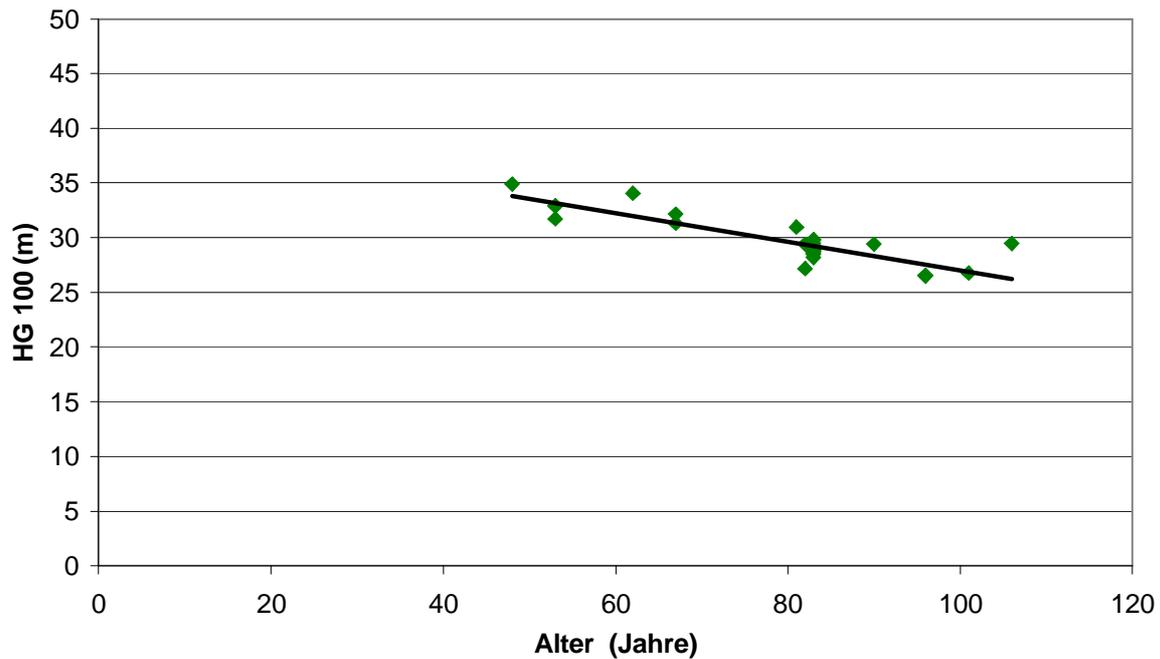


Abb. 3.13: Absolute Höhenbonität HG 100 konkurrierender Kiefernbestände der Stammtrophie M 2 ^{****} in Abhängigkeit von ihrem Alter (29 konkurrierende Kiefernbestände; Regressionsgerade: $HG\ 100 = -0,1303\ Alter + 40,023$; $r^2 = 0,75$)

Aus Abb. 3.13 geht hervor, dass je älter die Kiefern der konkurrierenden Bestände waren, desto geringer deren Bonität war. Dieser Zusammenhang ist mit einem Bestimmtheitsmaß von $r^2 = 0,75$ deutlich straffer als der in Abb. 3.12 dargestellte, bei der die Bestände aller Standorte zusammengefasst wurden.

Die Abb. 3.11, 3.12 und 3.13 erklären den fehlenden Zusammenhang zwischen der Altersdifferenz und Höhendifferenz der Lochbestände und der umgebenden Bestände. Bäume später begründeter konkurrierender Bestände haben ein besseres Höhenwachstum und glichen so den Wuchsvorsprung älterer Bestände aus.

Wurde im Jahr 1900 ein Lochbestand auf einem Boden an der unteren Grenze der mittleren Trophie (M 2 ^{****}) begründet, so haben seine Endbestandsbäume im Jahr 2000 eine Grundflächenmittelhöhe von etwa 24 m. Ein 1910 begründeter konkurrierender Kiefernbestand hätte eine HG 100 von 28 m, ein 1940 begründeter konkurrierender Bestand hätte eine HG 100 von 32 m. Im Jahr 2000 wäre die Grundflächenmittelhöhe des 1910 begründeten Bestandes etwa 3 m höher als die Grundflächenmittelhöhe der Endbestandsbäume des Lochbestandes. Die Grundflächenmittelhöhe des 30 Jahre später begründeten Kiefernbestandes hätte aber schon die Grundflächenmittelhöhe der Endbestandsbäume des Lochbestandes erreicht.

3.3.4 GRÜNDE FÜR DIE HÖHENDIFFERENZEN VON EICHEN AUS LOCHBESTÄNDEN ZU BUCHEN IN UMGEBENDEN BESTÄNDEN

Auch bei den mit Buchen umgebenen Lochbeständen wurde die Altersdifferenz zwischen umgebendem Bestand und Lochbestand als wichtigster Einflussfaktor angenommen.

In Abb. 3.14 wird die Differenz aus Höhe über dem Grundflächenmittelstamm (h_g) der Endbestandsbäume eines Eichenlochbestandes minus Höhe über dem Grundflächenmittelstamm (h_g) der 5 höchsten Bäume des konkurrierenden Buchenbestandes in Abhängigkeit von der Altersdifferenz Eichenlochbestand minus umgebender Kiefernbestand dargestellt.

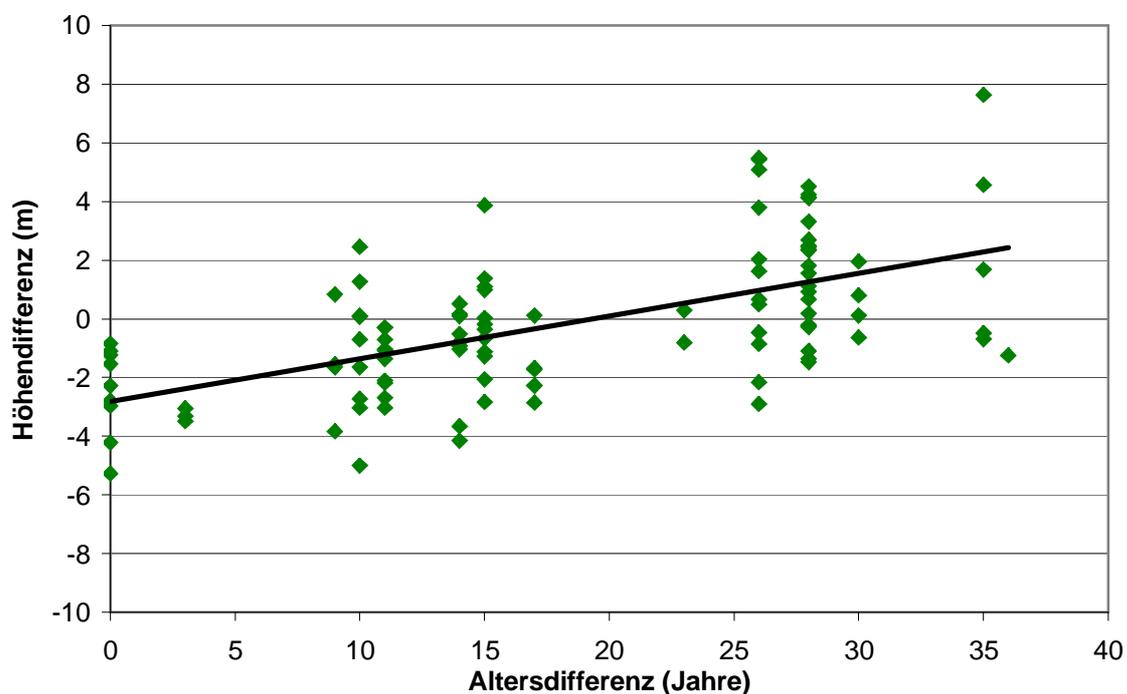


Abb. 3.14: Differenz der Höhe (h_g) der Endbestandsbäume minus der Höhe (h_g) der 5 höchsten Bäume des konkurrierenden Bestandes in Abhängigkeit von der Altersdifferenz Alter Lochbestand minus Alter umgebender Bestand für Eichenlochbestände in Buchenbeständen
(108 Lochbestände; Regressionsgerade: Höhendifferenz = $0,1456 \cdot \text{Altersdifferenz} - 2,8144$; $r^2 = 0,36$)

Abb. 3.14 lässt erkennen, dass je jünger die konkurrierenden Bestände im Vergleich zu den Lochbeständen sind, der Anteil der Lochbestände zunimmt, deren Endbestandsbäume im Vergleich zum konkurrierenden Bestand höher sind.

Bei den mit Buchen umstandenen Lochbeständen konnte keine Abhängigkeit der Höhendifferenz zwischen der Höhe des konkurrierenden Bestandes und Höhe der Endbestandsbäume von der Stammhöhe ($r^2 = 0,014$) nachgewiesen werden.

Für die konkurrierenden Buchenbestände selbst konnte weder über alle Standorte ($r^2 = 0,05$) noch für einzelne Stammstrophienstufen ($r^2_{\min} = 0,03$; $r^2_{\max} = 0,13$) eine Änderung der absoluten Höhenbonität in Abhängigkeit vom Alter nachgewiesen werden.

Dies ist wahrscheinlich auf die geringe Altersspreitung ($\text{Alter}_{\min} = 73$ Jahre; $\text{Alter}_{\max} = 106$ Jahre) der konkurrierenden Buchenbestände zurückzuführen.

3.4 RELATION VON KRONENDURCHMESSERN UND BRUSTHÖHENDURCHMESSERN

3.4.1 MESSUNG VON KRONENSCHIRMFLÄCHEN UND ERMITTLUNG VON KRONENDURCHMESSERN

Die Kronenschirmfläche ist ein Weiser der Konkurrenzsituation, in der sich der Baum in der Vergangenheit befunden hat. Die Bestimmung der Kronenschirmfläche diene zwei grundlegenden Zielen:

- Durch einen Vergleich der Kronenschirmflächen aus der an den Lochbestandesrändern wachsenden Eichen mit denen der im Lochbestand wachsenden Eichen, sollte ein Vergleich der Konkurrenzsituationen ermöglicht werden.
- Da die Größe der Kronenschirmfläche eines Baumes eng mit seinem erreichten Brusthöhendurchmesser verknüpft ist, können über das Verhältnis zwischen angestrebter Kronenschirmfläche und realer Kronenschirmfläche Aussagen über die Entfernung des aktuellen Behandlungsmodells von einem Zielmodell getroffen werden.

Zur Erfassung der Größe der Kronenschirmfläche wurde das von SPIECKER (1991) entwickelte Verfahren übernommen. Bei diesem Verfahren wird in einem ersten Schritt die auf den Boden projizierte Kronenschirmfläche mittels 8 Fluchtstäben gutachterlich abgesteckt. Diese acht Punkte wurden so ausgewählt, dass zwischen zwei Punkten der mittlere Verlauf der Krone wiedergegeben wurde.

SPIECKER zeigte in einer Fehlerabschätzung, dass der personengebundene Fehler dieses Verfahrens auch bei sehr ungleichmäßigen Kronenformen, wie sie gerade in den Randbereichen von Lochbeständen zu erwarten sind, sehr gering ist.

Zur genauen Festlegung der Randlage der Kronenschirmfläche wurde anfangs in Abweichung zum Verfahren SPIECKERs der Kronenspiegel der Firma Grube verwendet. Hierbei handelt es sich um ein kardanisch aufgehängtes Lotrohr mit Spiegel, auf dem sich ein Visierkreuz befin-

det. Mit diesem Gerät war eine Projektion der Kronenschirmfläche auf den Boden sehr genau möglich.

Die indirekte Sichtweise der Krone über dem Spiegel behinderte aber das Auffinden des Kronenrandes und führte zur schnellen Ermüdung der Messperson.

Aus diesem Grund wurden ab Juni 2002 alle Ablotungen mit dem Gefällemesser SUUNTO vorgenommen, mit dem die gleiche Genauigkeit bei geringerer Ermüdung der Messperson erreicht wurde.

SPIECKER forderte für sein Verfahren eine Anwendung im belaubten Zustand der Eichen. Diese Vorgabe wurde bei unterstandsfreien Eichenlochbeständen in Kiefernbeständen eingehalten. Da aber Höhenmessungen und Kronenansprachen in mit Buchen umstandenen Eichenlochbeständen oder Lochbeständen mit einem dichten Unterstand aus Spätblühender Traubenkirsche unmöglich war, wurden diese außerhalb der Vegetationsperiode erfasst.

Nachdem mit Hilfe des Gefällemessers SUUNTO die 8 Fluchtstangen genau unter den Kronenrandpunkten platziert waren, wurden ihre Entfernung und der Winkel zum Stammmittelpunkt ermittelt. Hierzu wurde mittels Entfernungsmessgerät Vertex III die waagerechte Entfernung zur Schaftoberfläche bei 1,3 m Höhe des Baumes und mit dem Präzisionskompass Silva der horizontale Winkel der 8 abgeloteten Probepunkte aufgenommen. Zum Messwert der Entfernung zur Schaftoberfläche wurde die Hälfte des Brusthöhendurchmessers des jeweiligen Baumes addiert. Aus dieser Summe ergibt sich die Entfernung des Kronenrandpunktes zur Schaftmitte.

Die so gewonnenen 8 Wertepaare wurden in eine dafür vorbereitete Eingabemaske des Tabellenkalkulationsprogramms Excel eingegeben. Mit Hilfe des Programms wurden daraus die Flächeninhalte der 8 Teildreiecke errechnet und zu einer Gesamtfläche zusammengefügt. Aus der Gesamtfläche wurde mittels Kreisflächenformel der Kronendurchmesser berechnet.

3.4.2 ERGEBNISSE DER MESSUNG DER KRONENDURCHMESSER

Der Zusammenhang zwischen dem Brusthöhendurchmesser und dem Kronendurchmesser eines Baumes erwies sich für die einzelnen Untersuchungsflächen als sehr straff. So wurden für den Zusammenhang zwischen Brusthöhendurchmesser und Kronendurchmesser Bestimmtheitsmaße (r^2) von 0,73 bis 0,92 für die Eichen gleicher Verbände errechnet.

In Abb. 3.15 wird für 1.056 Bäume der Zusammenhang zwischen Brusthöhendurchmesser und Kronendurchmesser dargestellt.

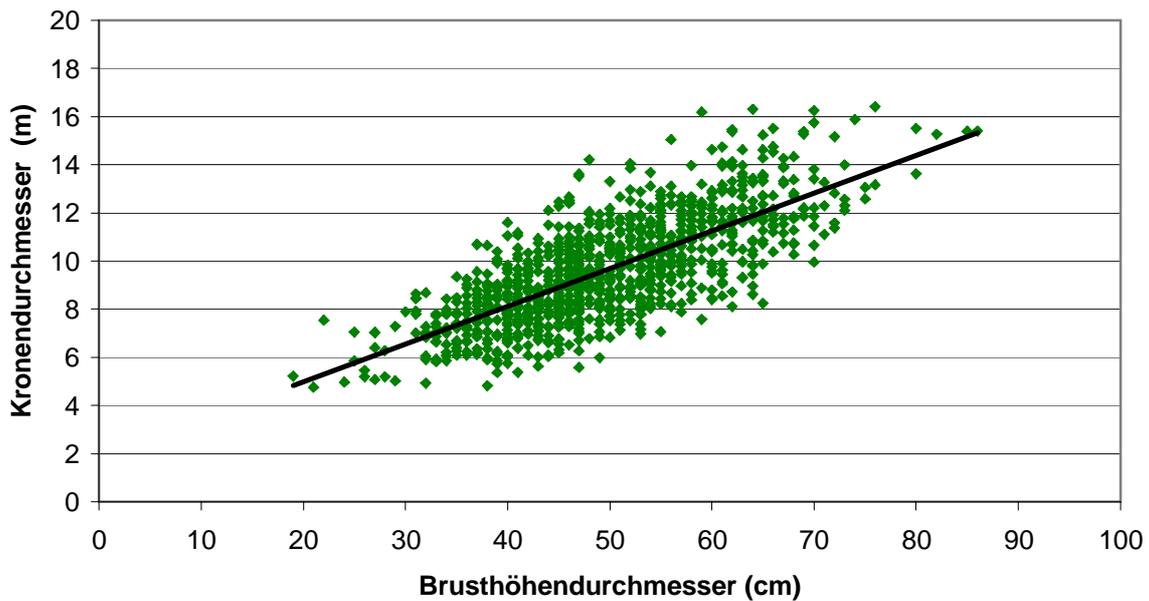


Abb. 3.15: Kronendurchmesser in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser

(1.056 Eichen; Regressionsgerade: $b = 0,156 * d_{1,3} + 1,862$; $r^2 = 0,54$)

Der in Abb. 3.15, mit der nach der Gleichung $b = 0,156 * d_{1,3} + 1,862$ gezeichneten Regressionsgerade, dargestellte lineare Zusammenhang ist mit einem Bestimmtheitsmaß (r^2) von 0,54 signifikant. Es liegt eine Normalverteilung vor. Bei der Verwendung nichtlinearer Anpassungen wurde nur eine unwesentliche Erhöhung des Bestimmtheitsmaßes erreicht.

In der Tab. 3.8 werden die Veränderungen des Bestimmtheitsmaßes bei der Verwendung nichtlinearer Modellformeln im Vergleich zur linearen Regression dargestellt.

Tab. 3.8: Veränderung des Bestimmtheitsmaßes (r^2) bei Verwendung nichtlinearer Modellformeln im Vergleich zur linearen Formel $b = 0,156 * d_{1,3} + 1,862$

| MODELLFORMEL DER REGRESSION | VERÄNDERUNG DES BESTIMMTHEITSMABES |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| $b = a * d_{1,3}^c$ | -0,0067 |
| $b = a * \ln(d_{1,3}) + c$ | -0,0188 |
| $b = d + d_{1,3} * c + d_{1,3}^2 * a$ | +0,0007 |

Bei der Verwendung der Potenzfunktion und der logarithmischen Regressionsformel schwankten die Residuen nicht gleichmäßig um Null. Dagegen waren die Residuen bei der Verwendung der polynomischen und der linearen Regressionsformel gleichmäßig um Null verteilt.

Durch die Einbeziehung der Variablen Alter des Baumes, Kronenlänge und Nährkraft des Bodens bei einer dann multiplen linearen Regression wird das multiple Bestimmtheitsmaß nur unwesentlich erhöht (s. Tab. 3.9).

Tab. 3.9: Veränderung des multiplen Bestimmtheitsmaßes (R^2) bei der Einbeziehung einer zweiten unabhängigen Variablen im Vergleich zur linearen Formel $b = 0,156 * d_{1,3} + 1,862$

| VARIABLE | VERÄNDERUNG DES MULTIPLLEN BESTIMMTHEITSMABES |
|----------------------|---|
| Alter des Baumes | +0,0000215 |
| Kronenlänge | +0,0125095 |
| Nährkraft des Bodens | +0,0013230 |

Der mit der Einbeziehung eines weiteren Parameters erhöhte Aufnahmearbeit steht in keinem Verhältnis zur erreichten Erhöhung des Bestimmtheitsmaßes.

3.4.3 DISKUSSION DER ERGEBNISSE DER RELATION VON KRONENDURCHMESSER UND BRUSTHÖHENDURCHMESSER

Die gefundene Abhängigkeit zwischen dem Durchmesser der Eichenkronen und ihrem Brusthöhendurchmesser wird auch von anderen Autoren bestätigt. EBERT, RIEGER (2000) bestätigten mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,51 den strengen Zusammenhang zwischen Kronenbreite und Brusthöhendurchmesser.

SPIECKER (1991) konnte für Versuchsflächen im Forstbezirk Mühlheim einen linearen Zusammenhang mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,76 und für eine Stieleichenversuchsfläche in Dänemark einen Zusammenhang mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,93 nachweisen.

Ähnlich straffe Zusammenhänge zwischen Kronenbreite und Brusthöhendurchmesser konnten für einzelne homogen bewirtschaftete Verbände bei der vorliegenden Untersuchung ebenfalls gefunden werden. So ist zum Beispiel der lineare Zusammenhang der Kronenbreite in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser der Eichen des Verbandes Kleinwall mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,91 ähnlich straff wie der Zusammenhang von Kronenbreite zu Brusthöhendurchmesser auf der Versuchsfläche von SPIECKER in Dänemark.

PRETZSCH (2001) verwendete zur Schätzung des Kronendurchmessers in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser eine exponentielle Beziehung mit multiplen Variablensatz. Der Verlauf der Regressionskurve glich im untersuchten Bereich des Brusthöhendurchmessers einer Geraden. Ein Vergleich der geschätzten Kronendurchmesser nach dem Ansatz von PRETZSCH ergab mit den Schätzungen nach dem vorgelegten Modell Differenzen im Bereich des Brusthöhendurchmessers von 40 - 80 cm von weniger als 10 %.

3.5 KONKURRENZKRAFT DER BÄUME IN LOCHBESTÄNDEN

3.5.1 ENTWICKLUNG EINER MAßEINHEIT ZUR BESCHREIBUNG DER KONKURRENZVERHÄLTNISSE (BEDRÄNGUNGSINDEX)

Grundbedingung für die Konkurrenz ist die Koinzidenz. Hat ein Baum einen Wuchsvorsprung, kann aber nicht in den Kronenraum seiner Nachbarn eindringen, kommt es zu keiner Konkurrenz.

Die gegen die Konkurrenz ausgebildete Kronenschirmfläche eines Baumes ist ein Weiser für seine Fitness und integriert so die Auswirkungen aller Einflussfaktoren, die zu diesem Zustand geführt haben.

Wachstumsabläufe und Behandlungsmodelle von Bäumen in Reinbeständen sind für alle Regionen in Deutschland sehr gut erforscht.

Für die Baumart Eiche sind hier neben den Ertragstafeln von SCHWAPPACH (1905 a), JÜTTNER (1957), ERTELD (1962 b), ERTELD, HENGST (1966) auch die Behandlungsmodelle von KENK (1979), SPIECKER (1991) und SPELLMANN (2001) zu nennen.

MUCHIN (2003) führte Untersuchungen zu natürlichen Wuchsreihen in der Eiche im Raum des nordostdeutschen Tieflandes durch. Er konnte nachweisen, dass sich Eichenbestände von verschiedenen Stammstandortsgruppen zu Wuchsreihen zusammenfassen lassen.

Für die Wachstumsabläufe der Baumart Kiefer liegt eine große Anzahl von Untersuchungen vor. Stellvertretend für alle Veröffentlichungen seien hier nur die Ertragstafeln von WIEDEMANN (1943), LEMBCKE, KNAPP, DITTMAR (1981), das Behandlungsmodell von THREN (1987) und die Behandlungsempfehlungen von HUSS (1972), BONNEMANN, HUSS (1973), THOMASIUS (1975), HUSS (1983), ERTELD (1986), THOMASIUS, PFALZ (1987), BREMUS (1997) und Lockow (2000) genannt.

Ertragstafeln für die Baumart Buche wurden von SCHWAPPACH (1911), SCHOBER (1967, 1972) und für das Gebiet der ehemaligen DDR von DITTMAR, KNAPP, LEMBCKE (1983) erstellt.

Als wichtige Arbeiten zum Wachstumsgang von Buchen und der Behandlung von Buchenbeständen seien hier die Veröffentlichungen von ALTHERR (1971), KATÓ (1979), VON LÜPKE (1980) und RIPKEN (1984) angeführt.

Es ist also naheliegend, das Konkurrenzverhalten von einem Eichenlochbestand mit dem umgebenden Bestand im Vergleich zum Reinbestand oder anders ausgedrückt, die Stärke der waldbaulich gesteuerten intraspezifischen Konkurrenz im Vergleich mit der interspezifischen Konkurrenz darzustellen.

Die Größe des Teils der Krone der Randbäume eines Lochbestandes der nach außen weist wird durch interspezifische Konkurrenz bestimmt. Die Kronengröße der Bäume im Inneren eines MORTZFELDTschen Lochbestandes ist von der Stärke der interspezifischen Konkurrenz abhängig.

Um die Größe des nach außen weisenden Teils der Krone der Randbäume zu erfassen, wurden zwei verschiedene Lochbestandesflächen ausgeschieden.

Die Innenlochfläche entspricht der ursprünglich bepflanzten Lochfläche und wird heute durch die Mitte der Stämme der äußeren Baumreihe oder deren Stubben begrenzt. Dieser Durchmesser ist der Innenlochdurchmesser. Die Außenlochfläche wird durch die Ausdehnung, die sich die Kronen der Lochbestandesbaumart gegen die Konkurrenz der umgebenden Baumart errungen haben, gekennzeichnet. Der Durchmesser dieser Fläche ist der Außenlochdurchmesser. In einem Lochbestand sind diese zwei Flächen und ihre Durchmesser deutlich unterscheidbar. In Abb. 3.16 sind sie bildlich dargestellt.

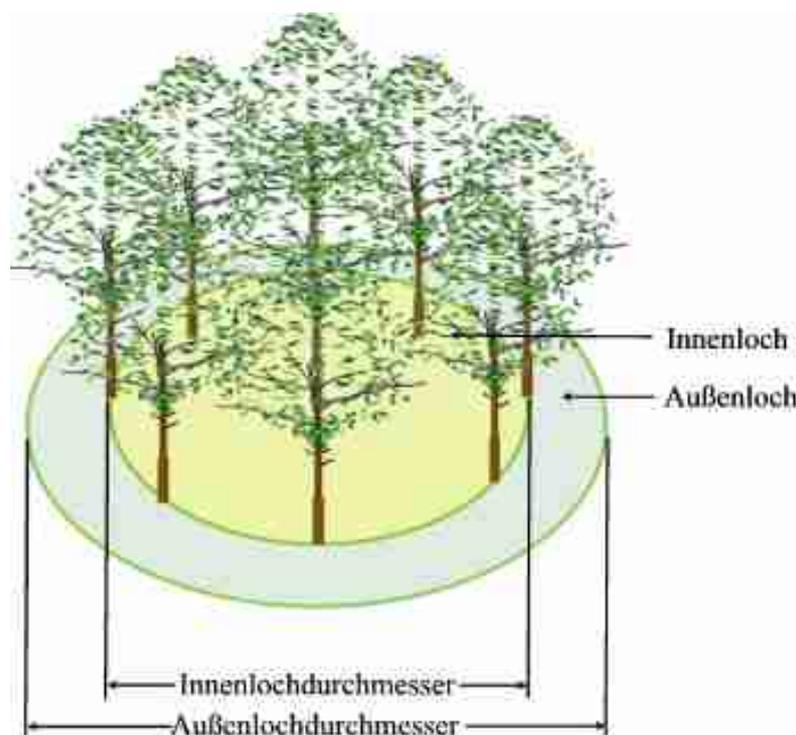


Abb. 3.16: Darstellung des Innen- und des Außenlochs an einem Lochbestand

Die Differenz aus Außenlochdurchmesser und Innenlochdurchmesser hat den doppelten Kronenradius der nach außen gerichteten Seite der Randbäume des Lochbestandes zum Ergebnis. In Abb. 3.17 ist dieser Sachverhalt schematisch dargestellt.

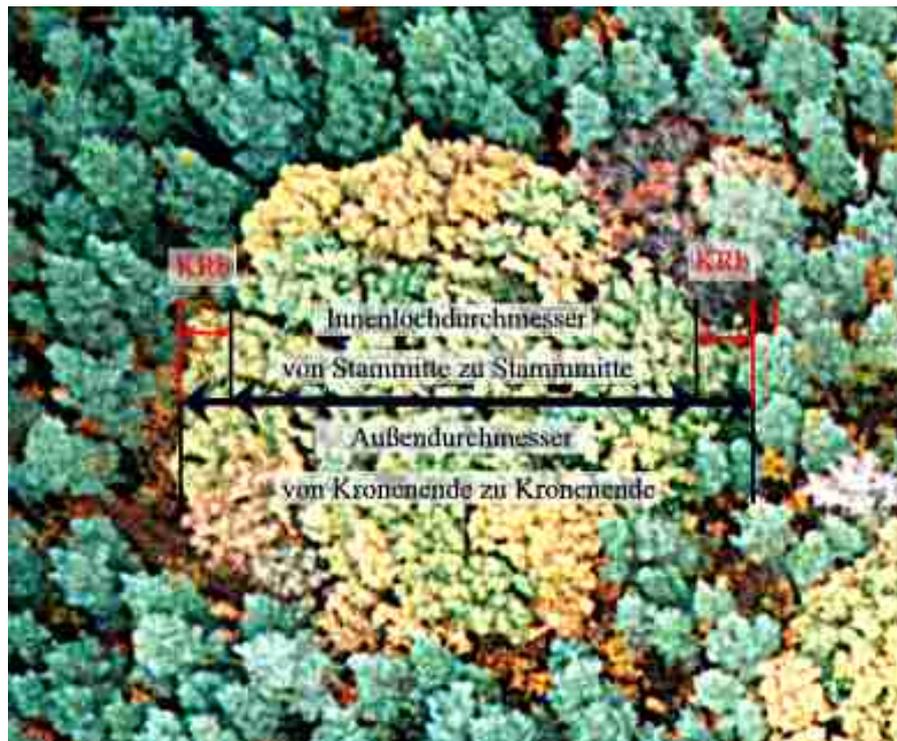


Abb. 3.17: Schematische Darstellung des durchschnittlichen nach außen gerichteten Kronenradius der Randbäume (Kronenrandbreite = KRb)

Die doppelte Kronenrandbreite der Randbäume ist ein Maß für die Konkurrenzverhältnisse zwischen den Randbäumen des Loch- und des umgebenden Bestandes. Die Differenz zwischen Innen- und Außenlochdurchmesser ist nicht unabhängig vom Alter und der Höhe des Loch- bzw. des umgebenden Bestandes.

Um eine Alters- und Höhenunabhängigkeit herzustellen, ist es notwendig, die Differenz in ein Verhältnis zu einer Größe zu bringen, die ein Maß für Konkurrenzverhältnisse zwischen den Bäumen des Lochbestandes ist. Aus diesem Grund wird der Kronendurchmesser der Randbäume durch den durchschnittlichen Kronendurchmesser des Grundflächenmittelstammes des Lochbestandes geteilt, das heißt zur Größe der aus der intraspezifischen Konkurrenz hervorgegangenen Kronengröße, ins Verhältnis gesetzt.

Zur Herleitung dieses Kronendurchmessers wurden, wie in Kap. 3.4.1 dargestellt, von 1.056 Eichen aus den Lochbeständen die Kronenschirmflächen und der dazugehörige Brusthöhendurchmesser ermittelt. Daraus konnte mittels Regressionsanalyse im Softwarepaket SPSS das Verhältnis von Brusthöhendurchmesser zum Kronendurchmesser hergeleitet werden.

Auf den engen Zusammenhang zwischen Brusthöhendurchmesser und Kronenschirmfläche wiesen auch SPIECKER (1991), EBERT, RIEGER (2000) und EBERT, EISELE (2001) hin. Alle vier Autoren hoben die Kronenlänge als wirksamen Faktor hervor. Durch die zusätzliche Berück-

sichtigung der Kronenlänge, bei einer dann multiple Regression, wurde aber das Bestimmtheitsmaß (r^2) lediglich um 0,01 erhöht. Diese geringe Erhöhung steht in keinem Verhältnis zum Messaufwand.

Nach der Vollkluppung eines Lochbestandes und der Errechnung der Bestandesgrundfläche (G) ist es möglich, den Durchmesser des Grundflächenmittelstammes (d_g) nach der Formel:

$$d_g = \sqrt{\frac{4G}{\pi N}}$$

zu berechnen.

Setzt man den Kronendurchmesser des Grundflächenmittelstammes als Maßstab für die interspezifischen Konkurrenzverhältnisse am Lochrand ein, so kann der sich daraus ergebende Bedrängungsindex nach folgender Formel ermittelt werden:

$$\text{Bedrängungsindex} = \frac{\text{Außenlochdurchmesser} - \text{Innenlochdurchmesser}}{\text{Kronendurchmesser des Grundflächenmittelstammes}}$$

In Tab. 3.10 ist dargestellt, welche Aussagen sich aus einzelnen Werten des Bedrängungsindex ableiten lassen.

Tab. 3.10: Konkurrenzsituation im Lochbestand bei unterschiedlichen Bedrängungsindices

| BEDRÄNGUNGSINDEX | VERHÄLTNIS DOPPELTE KRONENRANDBREITE ZU KRONEN DES LOCHBESTANDES | KONKURRENZSITUATION |
|------------------|--|--|
| = 1 | doppelte Kronenrandbreite = Kronendurchmesser der Lochbestandesbäume | intra- = interspezifische Konkurrenz |
| > 1 | doppelte Kronenrandbreite > Kronendurchmesser der Lochbestandesbäume | intra- > interspezifische Konkurrenz |
| < 1 | doppelte Kronenrandbreite < Kronendurchmesser der Lochbestandesbäume | intra- < interspezifische Konkurrenz |
| < 0 | die umgebende Baumart hat die Lochbaumart über die Grenze der ehemaligen Bepflanzungsfläche zurückgedrängt | Konkurrenzkraft der umgebenden Baumart deutlich größer als die Konkurrenzkraft der Lochbaumart |

Bei der Interpretation von Werten des Bedrängungsindexes gilt es zu beachten, dass er sich immer auf die Konkurrenzsituation der Bäume des Lochbestandes bezieht. So führen unterlassene Pflegen im Lochbestand zu einem hohen Konkurrenzdruck zwischen den Eichen des Lochbestandes. Die Kronen, die sie ausbilden können, sind kleiner. Also ist bei gleicher Konkurrenzkraft des umgebenden Bestandes der Bedrängungsindex größer als er es bei einer permanenten Pflege gewesen wäre. Der Bedrängungsindex vergleicht also den Konkurrenz-

druck der umgebenden Baumart mit dem Konkurrenzdruck im Lochbestand beim praktizierten Behandlungsmodell.

Mit dem Vergleich von Bedrängungsindex und Höhenunterschied zwischen den Bäumen des Loch- und des umgebenden Bestandes lässt sich die Fähigkeit der umgebenden Bäume quantifizieren, in den Kronenraum der Eiche einzuwachsen.

Aufgrund der Kronenarchitektur der Kiefer wird erwartet, dass sie trotz des Höhenvorsprungs nicht in der Lage ist, in eine direkte Konkurrenz zur Eiche zu treten. Dagegen sollten die Buchen auch schon bei einem geringen Höhenvorsprung gegenüber den Eichen einen erheblichen Konkurrenzdruck ausüben.

3.5.2 ERGEBNISSE DER MESSUNG DES KONKURRENZVERHALTENS MITTELS BEDRÄNGUNGSINDEX

3.5.2.1 Bedrängungsindex in Abhängigkeit von der konkurrierenden Baumart

In Abb. 3.18 sind die Anteile der Bedrängungsindices der mit Kiefern umstandenen Lochbestände denen mit der konkurrierenden Baumart Buche gegenübergestellt.

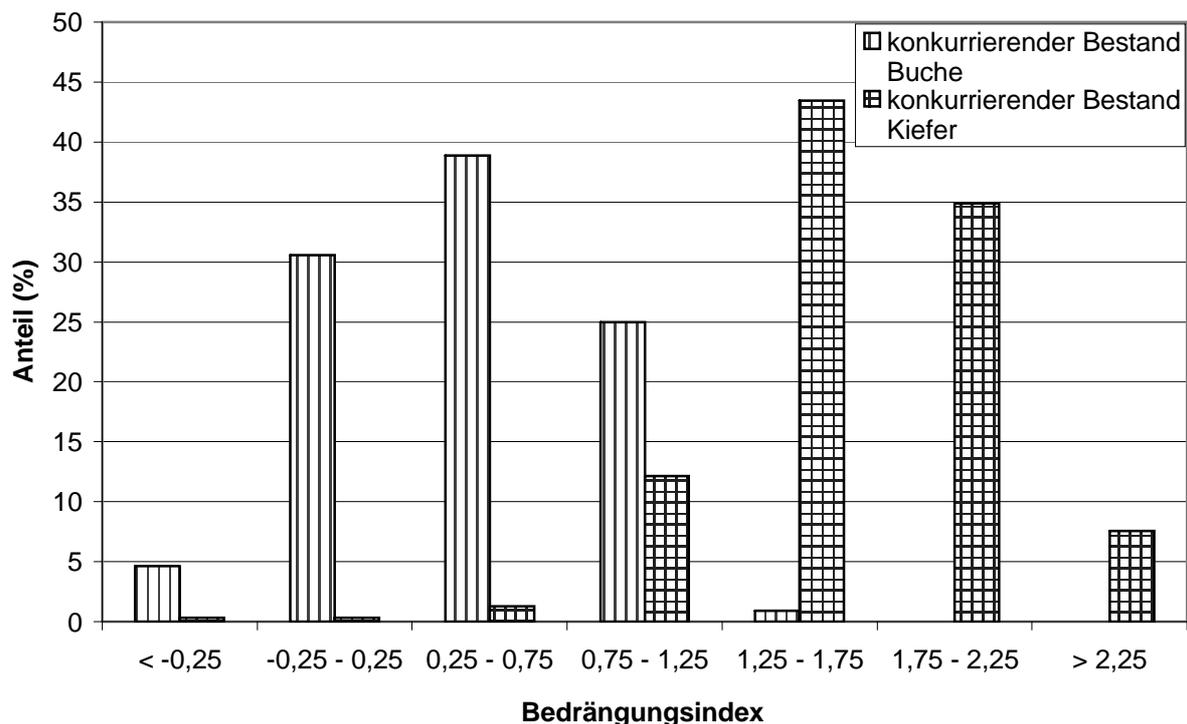


Abb. 3.18: Anteile der Bedrängungsindices von Eichenlochbeständen mit konkurrierenden Beständen aus Buchen bzw. Kiefern (108 Lochbestände mit konkurrierendem Bestand aus Buchen, 304 Lochbestände mit konkurrierendem Bestand aus Kiefern)

Aus Abb. 3.18 geht hervor, dass sich die Anteile der Bedrängungsindices zwischen Lochbeständen mit der umgebenden Baumart Kiefer deutlich von denen mit Buchen unterscheiden. Weniger als 5 % der mit Kiefern umstandenen Lochbestände haben einen Bedrängungsindex von weniger als 0,75. Mit Buchen umstandene Lochbestände haben nur in weniger als 5 % der Fälle einen Bedrängungsindex von mehr als 1,25.

In Tab.3.11 sind die statistischen Kenngrößen des Bedrängungsindex für Eichenlochbestände mit konkurrierenden Beständen aus Buche, Kiefern und Eichen dargestellt.

Tab. 3.11: Statistische Kenngrößen des Bedrängungsindex (BI) für Eichenlochbestände mit konkurrierenden Beständen aus Buchen, Eichen und Kiefern (108 Lochbestände mit konkurrierendem Bestand aus Buchen, 304 Lochbestände mit konkurrierendem Bestand aus Kiefern, Lochbestände mit konkurrierendem Bestand aus Eichen)

| BAUMART KONKUR. BESTAND | BEDRÄNGUNGSINDEX | | | KOLMOGOROV-SMIRNOV-TEST auf Normalverteilung des BI zweiseitige Signifikanz (p) |
|-------------------------------|------------------|------------------------------|--|---|
| | Median | arithmetischer Mittelwert | Var.Koeff. des arithm. Mittelwerts % | |
| Buche | 0,41 | 0,41 | 38 | 0,692 |
| Kiefer | 1,68 | 1,69 | 25 | 0,494 |
| Eiche | 1,11 | 1,08 | 16 | |

Da bei beiden Gruppen beim KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test auf Normalverteilung ein deutlich nicht signifikanter p-Wert vorliegt, sind beide Wertegruppen hinreichend normalverteilt. Mittels T-Test für zwei unabhängige Stichproben wurde belegt, dass sich beide Wertegruppen höchst signifikant ($p < 0,001$) voneinander unterscheiden.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass sich die Konkurrenzkraft der Kiefern gegenüber den Eichen deutlich von der Konkurrenzkraft der Buchen gegenüber den Eichen unterscheidet.

Während der interspezifische Konkurrenzdruck der Buchen auf die Eichen deutlich höher ist als die innerartliche Konkurrenz der Eichen, ist die interspezifische Konkurrenz der Kiefern gegenüber den Eichen eindeutig schwächer als die innerartliche Konkurrenz der Eichen. Bei etwa einem Drittel der mit Buchen umstandenen Bestände hatten die Buchen die Eichen über die ehemalige Bepflanzungsfläche hinweg zurückgedrängt. Gleichzeitig hatten nur in 25 % der mit Buchen umgebenden Lochbestände die Randeichen mit den Eichen des Lochbestandszentrums vergleichbare Kronengrößen.

Dagegen hatten in rund 48 % der mit Kiefern umstandenen Lochbestände die Randeichen doppelt so große Kronen wie die Eichen des gesamten Lochbestandes. Nur 1 % der Lochbestände wurde von den umgebenden Kiefern so stark bedrängt, dass die Eichen über die ehemalige Bepflanzungsfläche zurückgedrängt wurden.

Neben Lochbeständen mit den konkurrierenden Baumarten Buche und Kiefer wurden auch Eichenlochbestände untersucht, deren konkurrierender Bestand ebenfalls aus Eichen bestand. Hierbei handelt es sich um 6 Lochbestände im Amt für Forstwirtschaft Fürstenberg. Der umgebende Bestand dieser Lochbestände aus Traubeneichen wurde 26 Jahre nach der Begründung der Lochbestände ebenfalls mit Traubeneichen in Kultur gebracht.

Der arithmetische Mittelwert des Bedrängungsindex dieser Lochbestände ist mit 1,07 (vgl. Tab.3.11) nahe 1 und bestätigt damit indirekt die Richtigkeit des für den Bedrängungsindex angenommenen Modells. Aufgrund des mit 6 Lochbeständen geringen Stichprobenumfangs lassen sich weiterführende allgemeingültige Aussagen jedoch nicht treffen.

3.5.2.2 Weitere Einflussfaktoren auf den Bedrängungsindex

Es wurde angenommen, dass sich der Bedrängungsindex neben der Baumart des konkurrierenden Bestandes auch zu anderen Einflussfaktoren in Abhängigkeit befindet. Aus diesem Grund wurde mittels linearer Regressionsanalyse die Abhängigkeit des Bedrängungsindex für die Teilkollektive konkurrierender Bestand Buche und konkurrierender Bestand Kiefer von den Faktoren:

- Höhendifferenz = $h_{\bar{g}}$ Endbestandsbaum - $h_{\bar{g}}$ konkurrierender Bestand,
- Altersdifferenz = Alter Lochbestand - Alter konkurrierender Bestand,
- Stammstandortstrophie in Fünftelnährkraftstufen ($A2'''''' = 1, R2' = 25$) bei terrestrischen Standorten,
- Klimastufe und
- Alter des Lochbestandes untersucht.

In Tab. 3.12 sind die Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse dargestellt.

Tab. 3.12: Bestimmtheitsmaß (r^2) für zwei Teilkollektive (konkurrierender Bestand aus Buchen bzw. Kiefern) für die lineare Regression des Bedrängungsindex in Abhängigkeit zu fünf unabhängigen Variablen (108 Lochbestände mit konkurrierendem Bestand aus Buchen, 304 Lochbestände mit konkurrierendem Bestand aus Kiefern)

| KONKURR. BESTAND | BESTIMMTHEITSMASß r^2 FÜR DIE REGRESSION MIT DEN UNABHÄNGIGEN VARIABLEN | | | | |
|------------------|---|------------|----------------|-----------------|-------------------|
| | Trophie | Klimastufe | Höhendifferenz | Altersdifferenz | Alter Lochbestand |
| BUCHE | 0,001 | 0,039 | 0,126 | 0,109 | 0,001 |
| KIEFER | 0,008 | 0,015 | 0,004 | 0,003 | 0,029 |

Mit Ausnahme der Faktoren Höhendifferenz und Altersdifferenz bei Lochbeständen mit der konkurrierenden Baumart Buche zeigte keine der Variablen Einfluss auf den Bedrängungsindex.

dex. Für die fehlende Abhängigkeit von den untersuchten Variablen sind drei Gründe anzunehmen:

- Alle untersuchten Lochbestände befanden sich in derselben Entwicklungsphase.
- Durch die Verbesserung der Bonität der umgebenden Baumart Kiefer in Abhängigkeit von ihrem Alter wurden Altersunterschiede in der erreichten Höhe kompensiert bzw. überkompensiert. Eine Abhängigkeit des Bedrängungsindex von der Altersdifferenz und von der Höhendifferenz konnte so nicht entstehen.
- Die Altersspreitung der umgebenden Buchenbestände ist zu gering, um differenzierend wirken zu können.

Die leichte Abhängigkeit des Bedrängungsindex von den Variablen Höhendifferenz und Altersdifferenz bei Lochbeständen mit der konkurrierenden Baumart Buche korrespondiert mit den Ergebnissen im Kap. 3.3.4.

3.5.2.3 Diskussion der Einflussfaktoren des Bedrängungsindex

Bei der Berechnung des Bedrängungsindex fließen zwei Größen ein. Die Differenz aus Lochbestandesinnen- zu Lochbestandesaußendurchmesser als direkten Weiser des Konkurrenzdrucks. Im vorliegenden Fall konnte dieser Faktor durch die wirtschaftlichen Maßnahmen, zum Beispiel durch das Entfernen von Bäumen des konkurrierenden Bestandes an stark bedrängten Lochbeständen, beeinflusst werden. Dies kommt dem Untersuchungsansatz entgegen, da nach der Konkurrenzkraft und der Stabilität des Systems der Lochbestände unter realen Bewirtschaftungsbedingungen und nicht in unbeeinflussten Naturwäldern gesucht wurde.

Der zweite Faktor, der bei der Berechnung des Bedrängungsindex einfließt, der Kronendurchmesser des Grundflächenmittelstammes des Lochbestandes wurde eingefügt, um den Bedrängungsindex universell zu gestalten. Durch die Einführung dieses Faktors entstehen zwei beachtenswerte Verknüpfungen.

- Erstens wird durch die Einführung des Durchmessers des Grundflächenmittelstammes die Höhe des Bedrängungsindex von der Art und Stärke der Durchforstung des Lochbestandes beeinflusst. Dies führt bei nicht einheitlicher Bewirtschaftung der Lochbestände, wie sie unter Praxisbedingungen angenommen werden kann, zu einer Erhöhung der Varianz. Als Grundbezug soll der Bedrängungsindex auf der innerartlichen Konkurrenzsituation des Lochbestandes fußen. Diese wird entscheidend von der Art und Stärke der Durchforstung beeinflusst. Durch eine Unterteilung in Bewirtschaftungsarten und -intensitäten

oder durch die Festsetzung von durchschnittlichen Zielkronengrößen wird die durch die Abhängigkeit der Größe des Durchmessers des Grundflächenmittelstammes verursachte Varianz vermindert.

- Zweitens fließen bei der Berechnung des Durchmessers des Grundflächenmittelstammes die Randbäume als Teilmenge ein. Der Anteil der Randbäume, somit der Grad der Beeinflussung, hängt von der Größe des Lochbestandes ab. Je größer der Lochbestand ist, desto geringer ist die Beeinflussung durch eine Verschiebung des Durchmessers des Grundflächenmittelstammes. Grundsätzlich wirkt diese Beeinflussung dämpfend auf den Bedrängungsindex. Bilden sich bei den Randbäumen aufgrund geringer Konkurrenz starke Kronen aus, so haben sie zum Betrachtungszeitpunkt auch größere Brusthöhendurchmesser. Diese fließen bei der Berechnung des Kronendurchmessers des Grundflächenmittelstammes mit ein und setzen so einen höheren Sollwert für den Bedrängungsindex. Bei erhöhtem Konkurrenzdruck wird der Sollwert abgesenkt. Zur Quantifizierung der Auswirkung dieses Zusammenhanges wurde bei 10 Lochbeständen mit geringem Innenlochdurchmesser (< 22 m) der Durchmesser des Grundflächenmittelstammes mit und ohne Randbäume berechnet. Aus diesen Werten wurden für jeden Lochbestand jeweils zwei Bedrängungsindices (mit und ohne Randbäume) berechnet. Die größte hierbei aufgetretene Abweichung betrug 4 %. Durchschnittlich war es 1 %. Da diese Beeinflussung mit steigender Lochgröße immer kleiner wird, können diese Werte als Maximalwerte angesehen werden.

3.6 UNTERSUCHUNGEN AN LOCHBESTÄNDEN MIT ZURÜCKGEBLIEBENEN EICHEN

3.6.1 UNTERSUCHTE BESTÄNDE

Bei der Inventur der Lochbestände wurden 8 mit Kiefern umstandene 100 jährige Lochbestände aufgefunden deren Eichen etwa 10 - 18 m hoch waren. Diese Wuchsstockungen waren rätselhaft, denn all diese Lochbestände wuchsen in Verbänden mit Lochbeständen, die normal gewachsen waren.

Von diesen 8 Lochbeständen wurden drei Lochbestände zur Aufklärung der Ursachen der Wachstumsstörungen nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Vorhandensein von Luftbilddaufnahmen aller Befliegungen seit 1936,
- umgebender Bestand wird aus Kiefern eines Alters gebildet,
- ausreichende Anzahl von Lochbestandesbäumen, mindestens 10 Bäume je Lochbestand,
- einheitliche Lokalbodenform in direkter Umgebung des Lochbestandes.

Tab. 3.13 enthält die Kennwerte der Untersuchungsflächen.

Tab. 3.13: Kenndaten zur Charakterisierung der drei Untersuchungsflächen

| KENNDATEN | BUNTERSCHÜTZ | GOTTOW | KUMMERSDORF |
|-------------------------|--------------|-------------|-------------|
| Amt für Forstwirtschaft | Müncheberg | Luckenwalde | Luckenwalde |
| Oberförsterei | Briesen | Sperenberg | Sperenberg |
| Revier | Bunterschütz | Gottow | Kummersdorf |
| Abt./Unterabt./Teifl. | 1213/a/4 | 140/a/2 | 120/c/4 |
| Verband | 1 | 1 | 2 |
| Lochbestand | 1 | 4 | 22 |
| Klimastufe | Tt | Tt | Tt |
| Stammnährkraftstufe | M2'''''' | NZ2 | NZ2 |

Alle untersuchten Flächen liegen im Bereich des trockenen Tieflandsklimas (Tt). Die Flächen Gottow und Kummersdorf weisen mineralische Nasstandorte ziemlich armer Trophie (NZ2) auf. Dagegen handelt es sich bei der Fläche im Revier Bunterschütz um einen terrestrischen Standort mittlerer Trophie (M2'''''').

Tab. 3.14 enthält die Kennwerte der Untersuchungsbestände.

Tab. 3.14: Kenndaten zur Charakterisierung der Untersuchungsbestände

| BESTAND | MERKMAL | VERSUCHSORT | | | |
|--------------------|-------------------------------------|--------------|--------|-------------|------|
| | | Bunterschütz | Gottow | Kummersdorf | |
| umgebender Bestand | Baumart | Kiefer | | | |
| | Alter | J. | 77 | 91 | 50 |
| | Höhe ($h_{\bar{g}}$) | m | 25,3 | 23,5 | 17,4 |
| | Brusthöhendurchm. ($d_{\bar{g}}$) | cm | 28,2 | 26,6 | 17,2 |
| Lochbestand | Innenlochdurchm. | m | 31,0 | 20,0 | 24,6 |
| | Außenlochdurchm. | m | 33,5 | 28,8 | 30,4 |
| | Baumart | Traubeneiche | | | |
| | Höhe ($h_{\bar{g}}$) | m | 17,9 | 13,8 | 15,1 |
| | Brusthöhendurchm. ($d_{\bar{g}}$) | cm | 24,7 | 17,1 | 19,1 |

Um den Ursachen der Wuchsstockungen zu erklären, sollte mit Hilfe der Stammanalyse der Wachstumsgang der Bäume des Lochbestandes nachgezeichnet werden.

Hierzu wurden die Lochbestände aufgesucht und jeweils 4 repräsentative Bäume des Lochbestandes und ein Baum des umgebenden Bestandes ausgesucht.

Diese wurden im Lochbestand eingemessen und am stehenden Stamm mittels Farbspray die Nord- und Südseite und die Höhen 0,3 m, 0,5 m, 0,7 m und 1 m markiert.

Danach wurden die Stämme mit einem Fällschnitt in 15 cm Stockhöhe zu Fall gebracht, um die Stammscheibe der Höhe 0 m unbeschädigt entnehmen zu können. Anschließend wurden

Stammscheiben in folgenden ehemaligen Stammhöhen herausgesägt: 0 m; 0,3 m; 0,5 m; 0,7 m; 1,0 m; 2,0 m und bis zu $\frac{2}{3}$ der Stammhöhe in weiteren 2 m-Schritten. Im höchsten Drittel wurden dann in Stufen von je 1 m Stammscheiben entnommen. Außerdem wurde die ehemalige Höhe bis zur höchsten Terminalknospe gemessen.

Das beschriebene Entnahmemuster wurde nur durchbrochen, wenn am Entnahmepunkt Störungen der Holzstruktur (Äste, Fäule, Splitter) zu erwarten waren. In diesem Fall wurde die Stammscheibe in der Regel 10 cm höher am Stamm herausgesägt. Jede Stammscheibe wurde mit der Verbands-, Lochbestandes-, Baum- und Scheibennummer versehen. Im Aufnahmeformular wurden die tatsächlichen Entnahmehöhen festgehalten.

Die Stammscheiben wurden spätestens 14 Tage nach Entnahme gehobelt, fein geschliffen und mittels Druckluft ausgeblasen. Bei sehr kleinen Scheiben wurden mittels Stechbeitel Messkreuze aufgebracht.

Bei den so vorbereiteten Stammscheiben wurden jeweils vier Radien mit der Göttinger Jahrringmessanlage jahrringweise vermessen. Zur Synchronisierung der Jahrringe einer Stammscheibe und der Stammscheiben eines Baumes zueinander sowie zur Berechnung der jährlichen Durchmesser- und Höhenzuwächse wurden folgende Programme verwendet:

- „SYNCHRO 1“, Version 1.5; Universität Göttingen, Institut für forstliche Biometrie und Informatik,
- „SITOS 2“, Version 1.2; Universität Göttingen, Institut für forstliche Biometrie und Informatik,
- „SYNCHRO 2“, Version 1.1; Universität Göttingen, Institut für forstliche Biometrie und Informatik,
- „Stammanalyse“, DR. A. DEGENHARDT, Landesforstanstalt Eberswalde.

Zusätzlich zu diesen planmäßig ausgewählten Lochbeständen wurden zwei Lochbestände im Revier Prebelow, der Oberförsterei Zechliner Hütte im Amt für Forstwirtschaft Fürstenberg untersucht.

3.6.2 ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN AN ZURÜCKGEBLIEBENEN LOCHBESTÄNDEN

3.6.2.1 Lochbestand Bunterschütz

Der im Amt für Forstwirtschaft Müncheberg, Oberförsterei Briesen, Revier Bunterschütz gelegene Verband 1 setzt sich aus drei Lochbeständen zusammen. Der höchste der drei Lochbestände L2 hat eine Höhe ($h_{\bar{g}}$) von 22,5 m. Damit ist er durchschnittlich 5 m (25 %) höher als der untersuchte Lochbestand L1, der sich ca. 50 m weiter nordwestlich vom Lochbestand L3 befindet.

In diesem Bereich findet kein Wechsel der Lokalbodenform statt. Das Grundwasser steht außerhalb des wurzelverfügbaren Bodenraums an.

In Abb. 3.19 ist die Höhenentwicklung der 4 aus dem Lochbestand 1 entnommenen Eichen im Vergleich zur Entwicklung des umgebenden Kiefernbestandes und zur Höhenentwicklung eines Bestandes laut Ertragstafel ERTELD (1962 b) 3. und 4. Ertragsklasse illustriert.

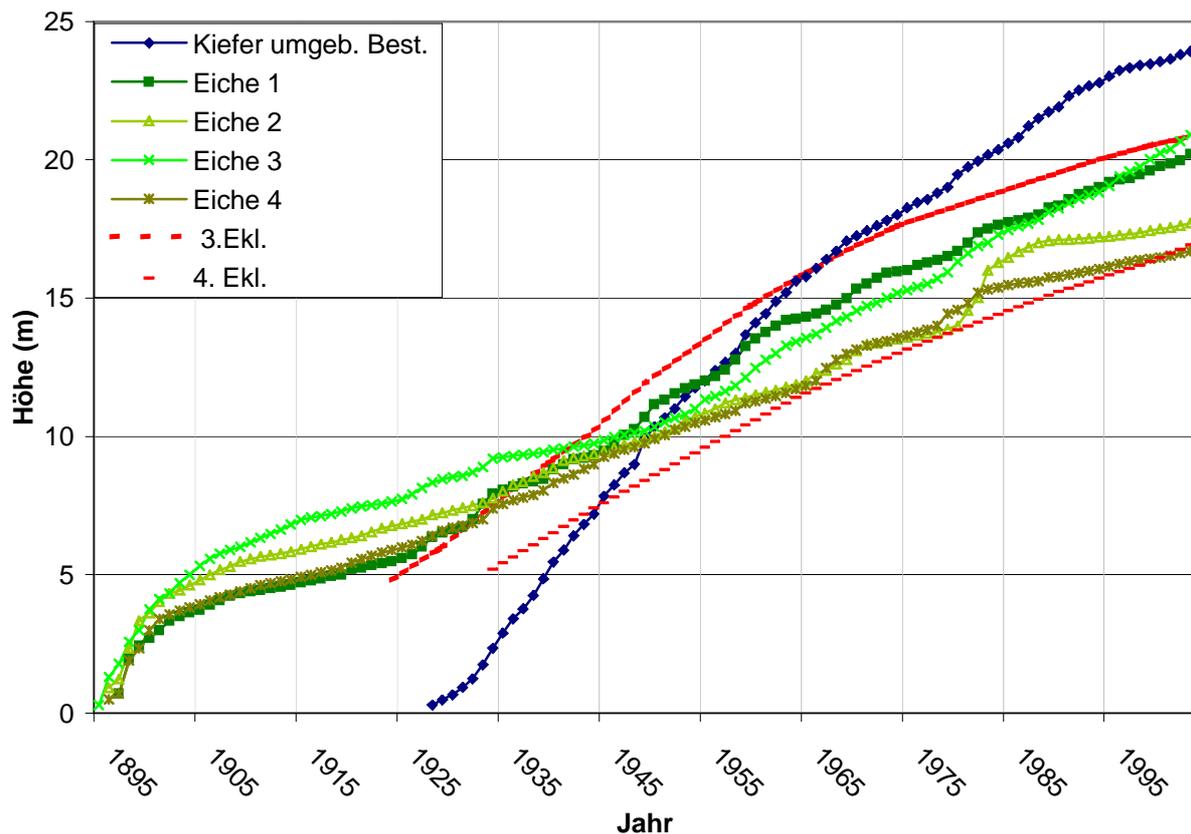


Abb. 3.19: Höhenentwicklung der 4 Eichen des Lochbestandes Bunterschütz V1L1 im Vergleich zur Entwicklung einer Kiefer aus dem umgebenden Bestand und Ertragstafelwerten nach ERTELD (1962 b) 3. und 4. Ertragsklasse

Aus Abb. 3.19 geht hervor, dass das Höhenwachstum aller vier untersuchten Eichen nach 1940 ertragstafelkonform zwischen der 3. und 4. Ertragsklasse verlief. Vor 1940 sind keine Wuchsstockungen zu erkennen. Vielmehr lässt das Höhenwachstum nach hohen Werten in den ersten 5 - 7 Lebensjahren der Eichen nach, um dann auf diesem Zuwachsniveau zu verbleiben. Die 30 Jahre später begründeten Kiefern hatten nach weiteren 30 Jahren den Höhenwuchsvorsprung der Eichen aufgeholt.

Auf allen Luftbildaufnahmen haben die Eichen nach oben freie Kronen und es sind zwischen den Eichen keine Lücken zu erkennen. Es konnte keine Erklärung für den Unterschied in der

Höhenentwicklung zu den Nachbarlochbeständen gefunden werden.

3.6.2.2 Lochbestand Gottow

Der in der Oberförsterei Sperenberg, Revier Gottow, gelegene Lochbestand ist mit insgesamt 9 Bestandesmitgliedern sehr stammzahlarm. Alle Eichen des Lochbestandes sind gänzlich unschnüurig. Teile der Stämme dieser Eichen sind parallel zum Boden gewachsen.

Die in unmittelbarer Nähe gelegenen Lochbestände L3 und L2 sind frohwüchsig ($h_{\bar{g}} L1 = 23,6$ und $h_{\bar{g}} L3 = 25,6$) und von guter bis sehr guter Qualität. Alle 3 Bestände stocken auf derselben Lokalbodenform. Der Grundwasserstand war zum Zeitpunkt der Untersuchung an allen 3 Lochbeständen gleich.

In Abb. 3.20 ist die Höhenentwicklung von 3 Eichen des zurückgebliebenen Lochbestandes im Vergleich zum umgebenden Kiefernbestand, zum Nachbarlochbestand und zur Entwicklung nach der Ertragstafel ERTELD (1962 b) dargestellt.

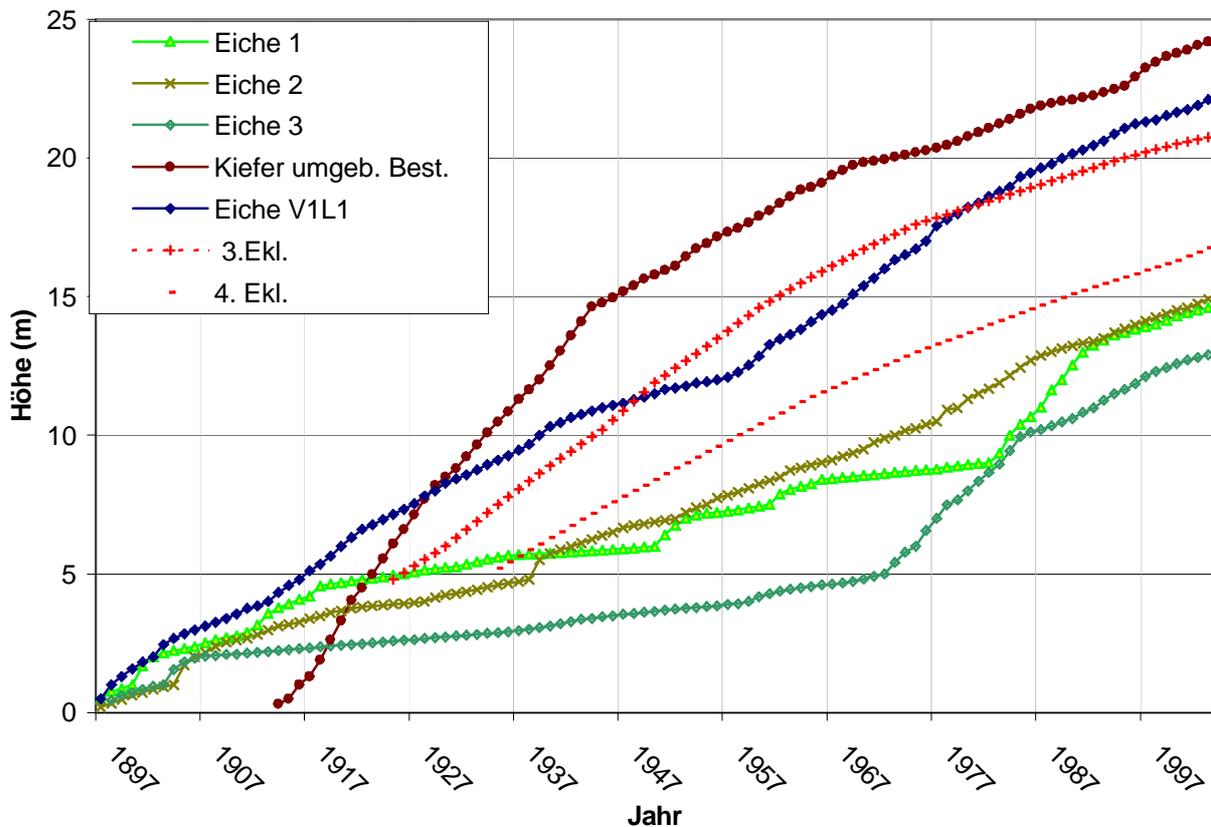


Abb. 3.20: Höhenentwicklung von 3 Eichen (1 - 3) des Lochbestandes Gottow V1L4 im Vergleich zur Entwicklung einer Kiefer aus dem umgebenden Bestand, einer Eiche aus dem Lochbestand Gottow V1L1 und Ertragstafelwerten nach ERTELD (1962 b) 3. und 4. Ertragsklasse

Die Höhenentwicklung der Probeeiche aus dem Lochbestand V1L1 entsprach in etwa dem Höhenwachstumsgang nach der Ertragstafel. Die 10 Jahre später begründeten Kiefern des umgebenden Bestandes konnte nur einen geringen Höhenvorsprung von etwa 2 m gegenüber dieser Eiche erreichen.

Der Wachstumsgang aller Eichen des Lochbestandes V1L4 weicht deutlich von der Ertragstafel ab. So hatte beispielsweise Eiche 3 im Alter von 73 Jahren eine Höhe von 5 m erreicht und wuchs in den folgenden 30 Jahren weitere 8 m in die Höhe.

Auf dem Luftbild von 1936 sind auf der Fläche des Lochbestandes V1L4 vier großkronige Nadelbäume zu erkennen, die etwa 80 % der Lochbestandsfläche überschrmt. Auf den Luftbildaufnahmen von 1953 ist dieser Lochbestand auch von den Rändern her überschrmt. Zum Zeitpunkt der Aufnahme war der Lochbestand durch angekommene Kiefern aus Naturverjüngung und vom Rand her fast vollständig von Kiefern überschrmt.

Alle weiteren Lochbestände des Verbandes hatten auf allen Luftbildaufnahmen nach oben freie Kronen und wurden zu keinem Zeitpunkt überschrmt.

Somit kann der dauernde Schirmdruck auf den Lochbestand Gottow V1L4 für den veränderten Wachstumsverlauf verantwortlich gemacht werden.

3.6.2.3 Lochbestand Kummersdorf

Im Umkreis von 800 m des Lochbestandes V2L22, der in der Oberförsterei Sperenberg, Revier Kummersdorf stockt, befinden sich noch rund 80 weitere Lochbestände, die alle gute bis sehr gute Wuchs- und Qualitätsleistungen zeigten. Alle Eichen dieser Lochbestände wurden zwischen 1897 und 1900 begründet. Die Eichen der Lochbestände zeigten keine Symptome des Eichenschleimfluss und hatten einen guten Vitalitätszustand.

Hiervon wick der im südlichen Bereich des Verbandes 2 gelegene Lochbestand 22 deutlich ab.

Die Eichen des Lochbestandes V2L22 waren unschnürrig und zu einem großen Teil mit Eichen-Feuerschwamm (*Phellinus robustus*) befallen. Alle Eichen zeigten Eichenschleimflusssymptome und hatten degenerierte Kronen.

Bei der Stammscheibentnahme wurden in allen entnommenen Stämmen ausgefaulte Bereiche gefunden.

In Abb. 3.21 sind die Höhenwachstumsgänge von 4 Eichen des Lochbestandes und einer Kiefer des umgebenden Bestandes abgebildet.

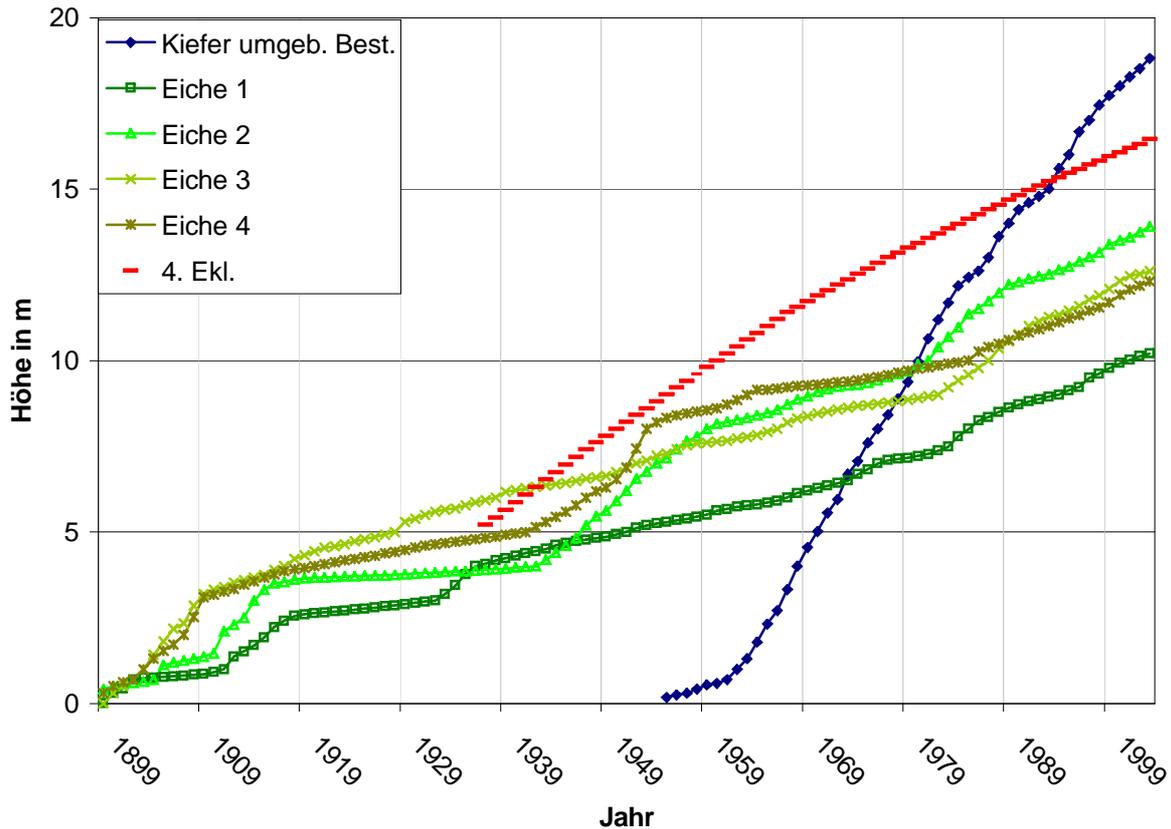


Abb. 3.21: Höhenentwicklung von 4 Eichen des Lochbestandes Kammersdorf V2L22 im Vergleich zur Entwicklung einer Kiefer aus dem umgebenden Bestand und Ertragstafelwerten nach ERTELD (1962 b) 4. Ertragsklasse

Mit Abb. 3.21 wird verdeutlicht, dass die Eichen 3 und 4 bis zum Alter von 10 Jahren einen jährlichen Höhenzuwachs von 40 cm zeigen und damit frohwüchsig waren. Danach fällt der Höhenzuwachs rapide auf 10 cm / Jahr ab.

Die Höhenentwicklung geht nicht mit der der Ertragstafel konform. Bei allen Eichen sind einzelne Höhenwachstumsschübe und Phasen von Stagnation zu erkennen. Beachtenswert ist, dass die Phasen der Höhenwachstumsschübe und der Stagnation häufig zwischen den einzelnen Bäumen synchron verlaufen.

Zu den direkten Nachbarlochbeständen hin wechselt die Lokalbodenform nicht. Anhand der Bodenprofile des untersuchten Bestandes und der Nachbarbestände, konnte ein deutlicher Rückgang des mittleren Grundwasserstandes nachvollzogen werden.

Auf den Luftbildaufnahmen von 1936 ist der Lochbestand deutlich innerhalb eines Nadelbaumreinbestandes zu erkennen. Im Gegensatz zu den anderen Lochbeständen der Umgebung ist die Beschirmung der Lochbestandesfläche durch die Lochbaumart nicht zu erkennen. Die Eichen müssen zu diesem Zeitpunkt also sehr locker zueinander gestanden haben.

Auch auf der Luftbildaufnahme von 1953 ist die Lochbestandesfläche nur gering beschirmt. Neben den Eichen sind einzelne Nadelbäume auf der Fläche zu erkennen.

Da es sich bei den Flächen des Reviers Kummersdorf um einen seit 1870 genutzten Truppenübungsplatz handelt, wurde auch die Schädigung der Eichen durch Feuer mit in die Betrachtung einbezogen. Auf keiner der untersuchten Stammscheiben konnten aber Gewebeschäden gefunden werden.

Es konnten für diesen Bestand keine Ursachen gefunden werden, die die Wuchsstörungen der Eichen erklären könnten.

3.6.2.4 Lochbestände Prebelow

Zwei Lochbestände, deren Eichen deutliche Wuchsstörungen aufweisen, befinden sich im Amt für Forstwirtschaft Fürstenberg, Oberförsterei Zechliner Hütte, Revier Prebelow. Sie sind Teil eines Verbandes aus 13 Lochbeständen. Alle Lochbestände des Verbandes stocken auf der gleichen Lokalbodenform.

Mit einer Höhe über dem Grundflächenmittelstamm von 21 m sind die Eichen dieser beiden Lochbestände (V3L6, V3L10) etwa 6 m niedriger als die Eichen der anderen Lochbestände des Verbandes. Im Gegensatz zu den anderen Lochbeständen wiesen alle Eichen dieser Lochbestände zahlreiche Wasserreiser auf. Während es sich bei den Eichen der frohwüchsigen Lochbestände um Traubeneichen handelt, sind die Eichen mit Wuchsstockungen ausschließlich Stieleichen.

Mitte Oktober 2002 hatten die Blätter der Traubeneichen dieses Verbandes eine deutliche Herbstfärbung. Die Blätter der Stieleichen waren hingegen grün. Beim späteren Laubfall waren die Traubeneichen trockene gelblich braune Blätter ab. Die Blätter der Stieleichen waren grünlich und verblieben teilweise am Baum.

Bei der Untersuchung der Triebe der Stieleichen wurde festgestellt:

- Ausschließlich Kurztriebketten,
- kein Austrieb aus der Terminalknospe, sondern aus Seitenknospen,
- die Triebe waren in der Regel auf die Hälfte zurückgefroren.

Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass es sich bei den Stieleichen der beiden Lochbestände Prebelow um Eichen nicht angepasster Herkunft handelt.

Der fehlende Eintritt in die Winterruhe und die dadurch fehlende Frosttoleranz führten zum Zurückfrieren der Triebe und letztendlich zu Wuchsstockungen.

3.6.3 DISKUSSION DER ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN AN ZURÜCKGEBLIEBENEN LOCHBESTÄNDEN

In den Fällen, in denen die Ursachen für Wuchsstörungen an Eichen in Lochbeständen gefunden werden konnten (Gottow, Prebelow), gingen diese Störungen nicht auf das Verfahren des MORTZFELDTschen Vorverjüngungsbetriebes zurück. Die Verjüngung des Hauptbestandes und die Freistellung der Lochbestände konnte in allen Fällen als Ursache für die Wuchsstockung ausgeschlossen werden.

Die Eichen des Lochbestandes Bunterschütz waren zwar schwachwüchsig, entwickelten sich aber weitgehend nach den Ertragstafelkennwerten (ERTELD, 1962 b).

Die Stammformen der Eichen im Lochbestand Gottow V1L4 sind vergleichbar mit den von ROLOFF (1989) und EISENHAUER (1994 a, b, c) beschriebenen Stammformen in der Phase der „Stagnation“ und „Resignation“ der Eiche.

EISENHAUER (1994 a, b, c) beschrieb diese Stammformen für Hähereichen unter dicht stehenden Kiefern in Brandenburg. Dies ist ein weiteres Indiz für eine durch die Überschirmung verursachte Wuchsstockung.

3.7 DISKUSSION DER ERGEBNISSE ZUR KONKURRENZKRAFT UND STABILITÄT VON EICHEN IN LOCHBESTÄNDEN

3.7.1 KONKURRENZKRAFT UND STABILITÄT VON EICHEN IN LOCHBESTÄNDEN IN UMGEBENDEN BESTÄNDEN AUS KIEFERN

Aufgrund der Ergebnisse wird deutlich, dass von den umgebenden Beständen aus Kiefern auf die Eichen in den Lochbeständen über alle Standorte hinweg nur ein sehr schwacher Konkurrenzdruck ausgeübt wurde. Hierfür spricht:

- In mit Kiefern umstandenen Lochbeständen ist die Anzahl der Endbestandsbäume im äußeren Drittel signifikant höher als im zentralen Teil des Lochbestandes. Dieses Verteilungsmuster stammt nicht aus der Initialphase der Lochbestände.
- Der Anteil von zurückgebliebenen Lochbeständen in Kiefer ist mit weniger als 0,5 % sehr gering und war zum Teil auf andere Faktoren zurückzuführen.
- Keiner der auf den Luftbilddaufnahmen von 1936 - 1945 vorgefundenen 1.193 Lochbestände in Kiefer ist ausgefallen.
- Der Bedrängungsindex liegt mit rund 1,7 für mit Kiefern umstandene Lochbestände deutlich über eins.

- Es gibt keinen Zusammenhang zwischen der Höhendifferenz des Lochbestandes und des umgebenden Bestandes und dem Bedrängungsindex.

Diese Ergebnisse decken sich mit den empirischen Erfahrungen von KRAHL-URBAN. KRAHL-URBAN (1943) setzte, für das damalige Reichsgau Wartheland, das direkt an Brandenburg und Vorpommern angrenzte, die Konkurrenzkraft der Eichen die der Kiefern gleich. Aus diesem Grund empfahl er gleichaltrige Kiefern-Eichen-Mischbestände für diese Region.

GAYER (1898), ERTELD (1962 a), ERTELD, HENGST (1966) und DENGLER, RÖHRIG, BARTSCH (1992) gestanden den Eichen auf schwachen Standorten nur eine geringe Konkurrenzkraft gegenüber der Kiefer zu. Dagegen wiesen HESMER (1933), SCAMONI (1960, 1961), ELLENBERG (1986), HOFMANN (1997 a, b) und HOFMANN, ANDERS, MATTHES (2000) gerade die niederschlagsarmen kontinental geprägten mittleren und schwächeren Standorte des nordöstlichen Flachlandes als natürliche Kiefern-Eichen-Mischwaldzonen aus.

EISENHAUER (1994 a, b) wies für die zentralen und südlichen Bereiche Brandenburgs auf mittleren und schwächeren Standorten die Fähigkeit der Eiche nach, in kleinsten Lücken von Kieferschirmen ein ansprechendes Höhenwachstum zu zeigen.

STÄHR, PETERS (2000) gelang der gleiche Nachweis für mittlere und kräftige Standorte im nordöstlichen Brandenburg.

Bei allen aufgeführten Autoren, die der Eiche auf schwächeren Standorten gegenüber der Kiefer nur eine geringe Konkurrenzkraft zusprachen, fußte diese Aussage auf den Vergleichen der Höhenentwicklungen der Eichen und der Kiefern. Die spezielle Kronenarchitektur der Eiche und Kiefer wird dabei nicht genügend berücksichtigt. Gerade der Bedrängungsindex zeigt, dass es den Kiefern nur bedingt gelingt in Teile des Kronenraumes der Eichen zu wachsen.

SCHÜTZ (1989) wandte sich diesem Problem der Konkurrenz in Mischbeständen zu. Er entwarf eine **Konkurrenzzahl (KZ)**, die sich nach der Formel:

$$KZ = \sum_i (0,5 - \delta d + 0,65 * \delta h) , \text{ wobei:}$$

$$\delta d = (d - D) / D; \quad d = \text{Distanz zwischen den Bäumen (in m);}$$

$$\delta H = \delta H / D; \quad D = \text{mittlere Kronenbreite des Baumes (z) und des Konkurrenten;}$$

$$\delta H = \text{Höhenunterschied zwischen dem Konkurrenten (i) und dem Baum (z)}$$

berechnet.

Bei der Betrachtung von SCHÜTZ gehen neben dem Höhenunterschied auch der Abstand zwischen den Bäumen und die Kronenbreite mit in die Berechnung ein. Durch die ausladenden

Randäste, die die Eichen in der Phase der Hauptverjüngung entwickeln, entsteht ein relativ großer Abstand zu den nachwachsenden Kiefern. Außerdem ist die Kiefer als Lichtbaumart nicht in der Lage, von unten durch die Eichenkronen hindurchzuwachsen. Der Abstand bleibt erhalten. Gleichzeitig kann die Kiefer auch im Alter nur geringe Kronenbreiten ausbilden. Damit ist sie nicht in der Lage, die Eiche zu übershirmen.

Beim ausschließlichen Vergleich der bisherigen Höhenentwicklungen auf den entsprechenden Standorten wird die Regeneration der Oberbodenzustände der letzten 100 Jahren vernachlässigt.

Der zum Teil auch hieraus gespeiste Effekt der Bonitätsverbesserung der Kiefer, wie er im Kap. 3.3.3 nachgewiesen werden konnte, wurde für viele Baumarten bereits beschrieben (SPIECKER, 1987; ABETZ, 1988; GERECKE, 1988; HARI, AROVAARA, 1988; PRETZSCH, 1992; SCHÖPFER, HRADEZKY, KUBLIN, 1994, 1997; UNTHEIM, 2000; PRETSCH, UTSCHIG, 2000).

Der Landeswaldbericht Brandenburg 1998 (MLUR, 2000) gibt für die Baumart Kiefer im Altersbereich 100 - 109 Jahre (rund 42.300 ha) eine durchschnittliche absolute Höhenbonität HG 100 von 20 m an. Für die 70 - 79 jährigen Kiefernbestände (rund 54.800 ha) wird eine durchschnittliche HG 100 von 24 m und für den Altersbereich 40 - 49 Jahre (rund 122.200 ha) eine durchschnittliche HG 100 von 26 m angegeben. Dies entspricht in etwa den Bonitätsverbesserungen, die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung gefunden wurden.

BECK, ANDERS (2000) schieden 3 Grundtypen der Wachstumsabläufe von Kiefernbeständen unter differenzierten Fremdstoffeinträgen aus. Je nach Stärke der Deposition wiesen sie

- Normalwachstum,
- anhaltend akzelerierendes Wachstum und
- depressives Wachstum aus.

Für den Grundtyp des anhaltend akzelerierenden Wachstums benannten sie Bestände, deren Nettoprimärproduktion an Holz mehr als das Doppelte des für die Struktur normalen Wertes betragen.

3.7.2 KONKURRENZKRAFT UND STABILITÄT VON EICHEN IN LOCHBESTÄNDEN IN UMGEBENDEN BESTÄNDEN AUS BUCHEN

Als zweite in sich geschlossene Gruppe, sind die Lochbestände mit einem konkurrierenden Bestand aus Buchen anzusehen. Die Konkurrenzkraft der Buchen ist auf den untersuchten Standorten die der Eichen deutlich überlegen.

Als Indizien hierfür können dienen:

- Die Anzahl der Endbestandsbäume im äußeren Drittel weicht nicht von dem Flächenanteil des inneren Drittels des Lochbestandes ab.
- Der durchschnittliche Bedrängungsindex aller mit Buchen umstandenen Lochbestände liegt mit 0,41 deutlich unter 1.
- Der Kronenraum von rund 35 % der Lochbestände wurde schon auf oder über ihre ehemalige Bepflanzungsfläche hinweg zurückgedrängt.
- Diese Bedrängungsindexwerte wurden erreicht, obwohl die Buchen zu einem großen Teil die Höhe der Eichen noch nicht erreicht hatten. Damit ist aber in Zukunft aufgrund der Wuchsdynamik beider Baumarten und der Altersdifferenz zu rechnen.

Die erhebliche Konkurrenzüberlegenheit der Buchen gegenüber den Eichen über eine breite Standortsamplitude wurde schon vielfach bestätigt (FRICKE, 1892; FREY, 1905 a, b; SCHWAPPACH, 1916; VANSELOW, 1926; FRICKE, 1982; FLEDER, 1988; LANG, 1988; LIEBER, 1990; LÄTT, 1992; VON LÜPKE, 2003).

Letztendlich führte diese Erkenntnis zu der im Kap. 1.4 beschriebenen Vergrößerung der Eichenhorste, um so den Konkurrenzdruck der Buchen auf die Eichen zu mindern.

Der in der vorgelegten Arbeit aufgezeigte Konkurrenzdruck der Buchen stellt nur einen Zwischenstand dar. Gerade die weitere Entwicklung wird eine fortlaufende Absenkung der Bedrängungsindices und eine deutlichere Differenzierung des Konkurrenzdruckes in Abhängigkeit vom Standort aufzeigen.

Gründe hierfür sind:

- Auf den schwächeren Standorten des Klimabereiches „trockenes Tieflandsklima“ waren mehr als zwei Drittel der umgebenden Buchen deutlich von Weißfäule (Konsolen des Zunderschwammes (*Fomes fomentarius*), Spechtlöcher) befallen und hatten schon Äste, Kronenteile und Kronen aufgrund der Holzzersetzung verloren. Auf diesen Standorten hat der Konkurrenzdruck seinen Höhepunkt wahrscheinlich erreicht oder überschritten.
- Da die Buchen der untersuchten Bestände jünger als 100 Jahre sind, wird auf allen anderen Standorten der Konkurrenzdruck noch etwa 60 Jahre anhalten oder auf Grund der höheren Zuwächse der Buche und ihrer großen Kronenplastizität noch zunehmen.
- Durch die jetzt erreichten geringen Höhenunterschiede zwischen Eichen und Buchen befinden sich Buchen und Eichen in einer Konkurrenzsituation, bei der schon geringe Ausdehnungen der Buchenkronen deutliche Verluste an Assimilationsfläche der Eichen nach sich ziehen (s. Abb. 3.22).

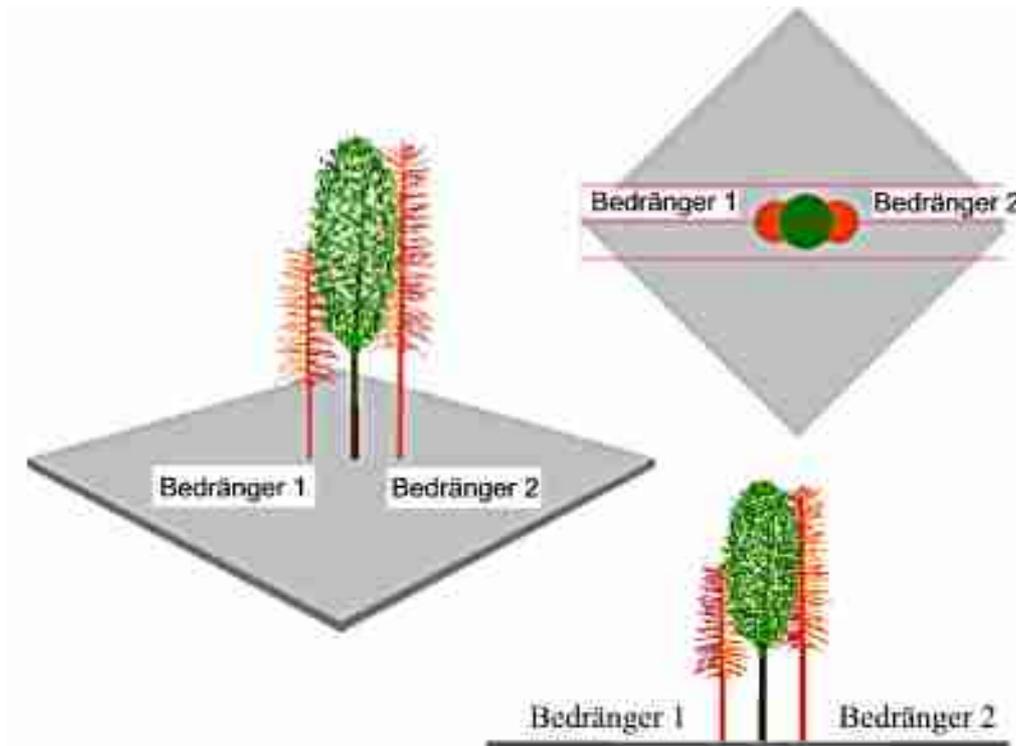


Abb. 3.22: Darstellung zweier modellhafter Konkurrenzsituationen

Bis zur Höhe des Bedrängers 1 kann die konkurrierende Baumart keinen Einfluss auf den Bedrängungsindex nehmen. Hat der Bedränger den breitesten Teil der Eichenkrone überwunden (Phase zwischen Bedränger 1 und 2) und wächst jetzt in den Kronenraum ein, nimmt der Bedrängungsindex rapide ab. Bei etwa gleicher Höhe zwischen Lochbaum und Bedränger ist die Abnahmerate des Bedrängungsindex am höchsten (Phase Bedränger 2).

Da die Kronen bei Eichen in Beständen kurz unterhalb des Terminaltriebes am breitesten sind, befinden sich die untersuchten Lochbestände zum größten Teil in der Phase zwischen dem Bedränger 1 und 2.

4 WUCHSLEISTUNG UND QUALITÄT VON EICHEN IN LOCHBESTÄNDEN

4.1 EINLEITUNG

4.1.1 STAND DES WISSENS

Über die **Wuchsleistungen von Eichenreinbeständen** liegen eine Reihe von Arbeiten vor (WIMMENAUER, 1900, 1913; SCHWAPPACH, 1905 a, b; GERHARDT, 1922; ZIMMERLE, 1930; JÜTTNER, 1957; ERTELD, 1962 a, b; LEMBCKE, LUDWIG, 1971; SCHAPER, 1978; SPIECKER, 1991; NIEFNECKER, 1992; SPELLMANN, 1992; MUCHIN, 2003, LOCKOW, MUCHIN, 2004). Hierbei gab es eine Entwicklung von Ertragstabellen zur modellhaften Beschreibung des Wachstums, über Produktionsprogramme, hin zu zustands- und zielorientierten Entscheidungsmodellen.

Dabei hat die Arbeit von MUCHIN (2003) den stärksten regionalen Bezug zu den hier vorgestellten Untersuchungen. MUCHIN fasste die Ergebnisse der Stammanalysen von Eichen unterschiedlichster Standorte im nordostdeutschen Tiefland zu ökologischen Wuchsrängen zusammen. Dadurch gelang es ihm, Modelle aufzustellen, die die realen Wachstumsverläufe der Eichen exakt beschreiben.

Ob Trauben- und Stieleichen zwei getrennte Arten darstellen wurde kontrovers diskutiert (KLEINSCHMIT, KREMER, ROLOFF, 1995; KLEINSCHMIT, 1995; AAS, MÜLLER, HOLDENRIED, SIEBER, 1997; KLEINSCHMIT, ROLOFF, 1998).

Auf mögliche Unterschiede im Wachstumsgang von Trauben- und Stieleichen wurde schon frühzeitig hingewiesen (SCHWAPPACH, 1920). Über die Art und die Stärke dieser Unterschiede gab es Untersuchungen mit abweichenden Ergebnissen (KRAMER, 1963; DITTMAR, 1965; LUDWIG, 1971; SPIECKER, 1991).

SCHAPER (1978) führte die von ihm gefundene Überlegenheit der Stieleichen auf Standortunterschiede zurück.

Die angenommene Überlegenheit der Stieleichen im Höhenwachstum begründeten HAEHNLE (1902), KRAHL-URBAN (1959) und MARCET (1975) mit der verstärkten Ausbildung proleptischer Triebe bei der Stieleiche. Außerdem wurde für Unterschiede im Höhenwachstum in der Jugend die unterschiedliche Eichelgröße verantwortlich gemacht (CIESLAR, 1923; ERTELD, HENGST, 1966).

Da durch den Anbau von Eichen zusammen mit Schattbaumarten in **Mischbeständen** die Qualität der Eichen erheblich gesteigert werden kann und die Eichen natürlich in Mischbeständen erwachsen, rückte auch das Wachstum der Eichen in Mischbeständen in den Fokus

forstlicher Forschung. Dabei lag der Schwerpunkt der Untersuchungen auf gleichaltrigen und ungleichaltrigen Buchen-Eichen-Mischbeständen (FRICKE, 1892; SCHWAPPACH, 1917; WIEDEMANN, 1933, 1949, 1950 a, b; MITSCHERLICH, 1953; BONNEMANN, 1956; KRAMER, 1963; FRICKE, 1982).

Der im kontinental geprägten Teil Nordostdeutschland natürlich vorkommende gleichaltrige Kiefern-Traubeneichen-Mischbestand wurde von ERTELD (1986) untersucht. ERTELD stellte fest, dass dieser Bestandestyp eine gegenüber dem reinen Kiefernbestand geringere Volumeneleistung aufweist. Dagegen ist die Wertleistung der gleichaltrigen Kiefern-Traubeneichen-Mischbestände denen der Kiefernreinbestände überlegen.

BROWN (1992) kam bei der vergleichenden Untersuchung von Wuchsleistung und Qualität von Kiefern- und Traubeneichenreinbeständen mit Kiefern-Traubeneichen-Mischbeständen zum Ergebnis, dass der Anteil grobstiger Protzen in den Mischbeständen relativ höher ist als in Reinbeständen. Die Kiefern wurden in Mischbeständen in ihrem Wachstum nicht gehemmt. Die Traubeneichen zeigten in Mischbeständen ein signifikant besseres Höhenwachstum als im Reinbestand.

BARTSCH, PETERCORD und VON LÜPKE (1996) fanden ein deutlich gesteigertes Höhen- und Dickenwachstum von Traubeneichen aus Traubeneichen-Kiefern-Mischbeständen gegenüber Traubeneichen aus Reinbeständen auf Versuchsflächen im niedersächsischen Forstamt Sellhorn.

Mit dem Wachstum und der Qualität von Eichen aus **kleinflächig strukturierten Jungwüchsen** in Eichenreinbeständen beschäftigten sich KELLER (1990), PISOKE, SPIECKER (1997) und NUTTO (2000).

KELLER setzte aufgrund seiner Untersuchungen an jüngeren Beständen die Untergrenze für kleinflächige Verjüngungen der Eichen zur Erziehung von Wertholz bei einer Fläche von 1.500 m² an.

In den Untersuchungen von PISOKE, SPIECKER (1997) und NUTTO (2000) wurde gezeigt, dass die Erziehung von Eichenwertholz auch in ungleichaltrigen Eichenbeständen in kleinen Lücken von 200 m² möglich ist. NUTTO betonte dabei, dass die Eichen gegen Schattendruck von Altbeständen deutlich toleranter sind als bis dahin angenommen.

STÄHR, PETERS (2000) untersuchten die Qualität von Hähereichen in Kiefernbeständen im nordöstlichen Brandenburg. Hierbei fanden sie nur eine geringe Anzahl von qualitativ zufriedenstellenden Bäumen. Als Gründe für die geringe Anzahl von qualitativ guten Bäumen führ-

ten sie den relativ weiten Stand der Eichen zueinander und das Fehlen einer dienenden Baumart an.

Da im Gegensatz zu den Nadelbaumarten der Verkaufspreis des Eichenholzes zwischen Massenware und Wertholz große Preisdifferenzen aufweist, wurde ein Schwerpunkt der Untersuchungen an Eichenbeständen auf die Einflussgrößen zur Steuerung ihrer **Qualität** (BURGER, 1925, 1944; KRAHL-URBAN, 1959; MOSANDL, BURSCHEL, SLIWA, 1988; SPIECKER, 1991; AIGNER, 1992; GÜRTH, VELASQUEZ, 1991; SCHMALTZ, FRÖHLICH, GEBHARDT, 1997; FISCHER, 2000; MOSANDL, PAULUS, 2002) gelegt.

Durch den direkten Zusammenhang zwischen Jahrringbreite und Volumenleistung auf der einen sowie Jahrringbreite und Qualität des Eichenholzes auf der anderen Seite entbrannten heftige Kontroversen zu diesem Thema (KRAHL-URBAN, 1939; MAYER-WEGELIN, 1952 a, b; GÖPFERT, 1957; SCHULZ, 1959; SIEBER, 1977; FLEDER, 1981; KENK, 1984; POLGE, 1984; GÖTTLEIN, 1994).

Während in den älteren Veröffentlichungen Jahrringbreiten bis zu 2 mm als Obergrenze der Wertholzproduktion angesehen wurden, zeigten französische Untersuchungen (POLGE, 1984) keinen systematischen Zusammenhang zwischen der Jahrringbreite und der Qualität des Eichenholzes.

Auch KENK (1984) wies auf eine Umorientierung hinsichtlich der Einschätzung der Bedeutung der Jahrringbreite bei Furniereichen hin. So plädierte er dafür, weitere Jahrringe zu Gunsten eines verstärkten Dickenwachstums zu tolerieren.

Gerade die jüngeren Untersuchungen zeigen, dass ein Bremsen des Durchmesserwachstums zu Gunsten sehr enger Jahrringe nicht mehr in entsprechendem Maße von den Holzkäufern preislich honoriert wird.

Aus diesem Grund wurden gerade in den letzten 15 Jahren waldbauliche Behandlungen für die Eichen propagiert, bei denen durch eine frühere und stärkere Erweiterung des Kronenraumes der Eichen das Dickenwachstum angeregt werden soll.

Hierdurch wird in Eichen-Mischbeständen mit konkurrenzstarken Baumarten, wie der Buche ein häufiges Entnehmen der in die Kronen der Eichen einwachsenden Bäume und damit ein höherer betrieblicher Aufwand unumgänglich.

4.2 WUCHSLEISTUNG VON EICHEN IN LOCHBESTÄNDEN

4.2.1 UNTERSUCHTE BESTÄNDE

Hauptkriterien bei der Auswahl der Bestände zur Untersuchung der Wuchsleistung von Eichenlochbeständen in umgebenden Kiefern- bzw. Buchenbeständen waren:

- Waldbauliche Relevanz der Mischung auf dem entsprechenden Standort,
- vollständige Abdeckung der in Nordostdeutschland bedeutenden Standorte,
- für jeden untersuchten Standort ausreichende Anzahl von Untersuchungsbeständen,
- reine Traubeneichen- bzw. Stieleichenlochbestände,
- möglichst homogene aus einer Baumart bestehende umgebende Bestände.

Die Lochbestände sollten mindestens dem Lochtyp 2 (vgl. Kap. 3.2.1) entsprechen. Das heißt, ein Lochbestand musste aus Bäumen einer Art bestehen und in seiner Struktur nicht durch Störungen (Sturmwurf, Brand, Eichensterben) beeinflusst sein.

Die Qualität der Lochbestände war kein Auswahlkriterium.

Anhand dieser Kriterien wurden insgesamt 719 Lochbestände auf Basis der Daten der ersten Inventur ausgewählt (Brandenburg 716 Lochbestände und Mecklenburg-Vorpommern 3 Lochbestände).

In Abb. 4.1 ist die Lage der 716 in Brandenburg aufgenommenen Lochbestände in den entsprechenden Klimastufen Brandenburgs dargestellt.

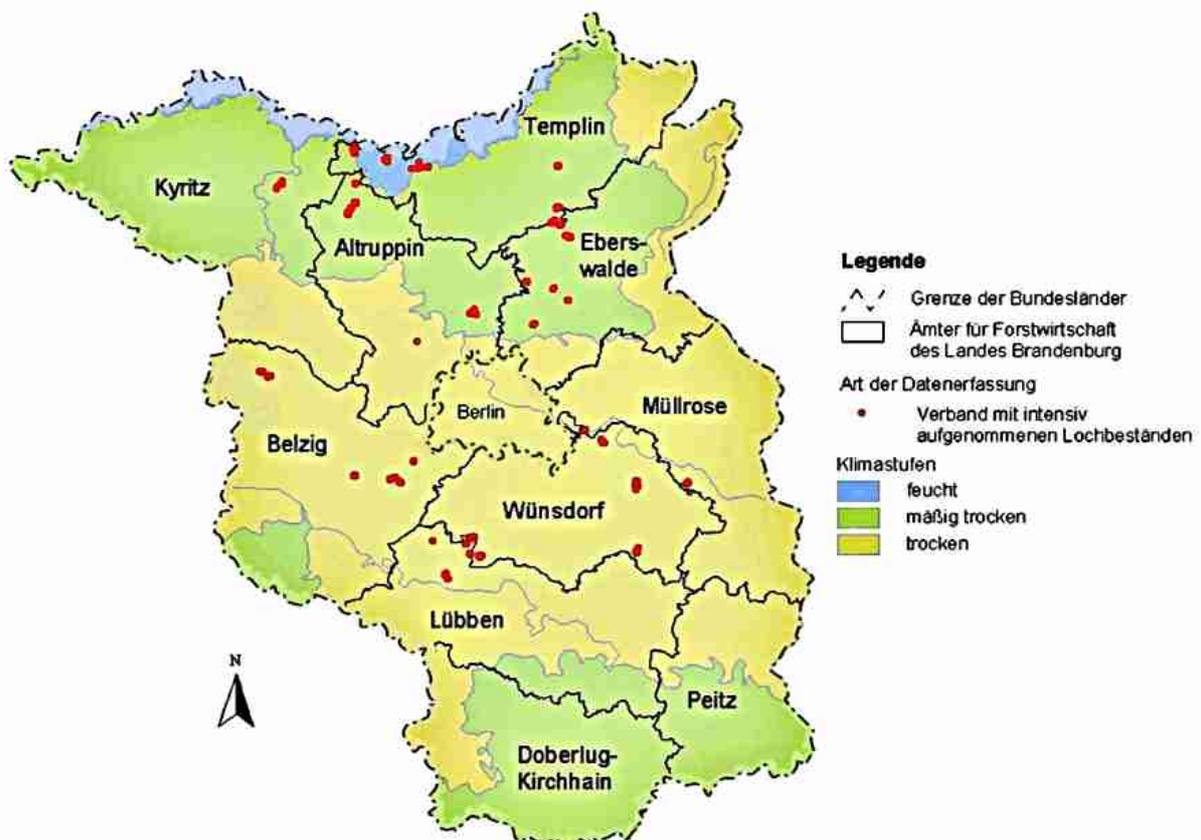


Abb. 4.1: Lage der Verbände mit untersuchten Lochbeständen in Brandenburg (716 Lochbestände)

Aus Abb. 4.1 geht hervor, dass, mit Ausnahme des äußersten Südens, in allen Regionen Brandenburgs Lochbestände intensiv aufgenommen wurden. Im Süden Brandenburgs waren keine Lochbestände vorhanden.

95 der untersuchten Lochbestände (13 %) befanden sich im Bereich der Klimastufe feucht (Tf), 354 Lochbestände (49 %) im Bereich der Klimastufe mäßig trocken (Tm) und 270 Lochbestände (38 %) im Bereich der Klimastufe trocken (Tt). Diese Anteile entsprechen den natürlichen Gegebenheiten Brandenburgs. In Tab. 4.1 sind die Anteile der auf den einzelnen Standorten stockenden untersuchten Lochbestände im Vergleich zum Anteil der einzelnen Standortgruppen an den Waldflächen Brandenburgs dargestellt.

Tab. 4.1: Anteil der auf den einzelnen Standorten stockenden untersuchten Lochbestände im Vergleich mit dem Flächenanteil der Stammstandortgruppen Brandenburgs (* laut Datenspeicher Wald 2003)

| STAMMSTANDORTSGRUPPE | | | LOCHBESTÄNDE JE STANDORTSGRUPPE | | ANTEIL IN BRANDENBURG* |
|--------------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------------|-----|------------------------|
| Bodenfeuchtegruppe | Nährkraftstufe | Feuchteziffer | Anzahl | % | % |
| terrestrische Standorte (T) | kräftig (K) | durchschnittlich (2) | 127 | 18 | 8 |
| | mittel (M) | überdurchschn. (1) | 6 | 1 | 3 |
| | mittel (M) | durchschnittlich (2) | 315 | 43 | 31 |
| | mittel (M) ⁺ | durchschnittlich (2) | 9 | 1 | 2 |
| | zieml. arm (Z) | überdurchschn. (1) | 32 | 4 | 4 |
| | zieml. arm (Z) | durchschnittlich (2) | 123 | 17 | 33 |
| | zieml. arm (Z) ⁺ | durchschnittlich (2) | 8 | 1 | 1 |
| | arm (A) | durchschnittlich (2) | 11 | 2 | 8 |
| mineralische Nassstandorte (N) | mittel (M) | 2 | 26 | 4 | 1 |
| | zieml. arm (Z) | 1 | 9 | 1 | 1 |
| | zieml. arm (Z) | 2 | 47 | 7 | 1 |
| | arm (A) | 2 | 6 | 1 | 1 |
| Summe | | | 719 | 100 | 94 |

Im Bereich der Trophiestufe reich (R2) standen keine Lochbestände zur Verfügung. Da Eichen-Kiefern- bzw. Eichen-Buchen-Mischbestände in diesem Trophiebereich naturfern sind und dieser Trophiebereich mit knapp 1 % nur einen geringen Flächenanteil hat, ist das Fehlen von diesen Beständen nicht von Bedeutung.

Die geringe Anzahl von untersuchten Beständen in den Trophiestufen arm (A2), ziemlich arm mit besserem Untergrund (Z2⁺), mittel mit besserem Untergrund (M2⁺) und mineralischen Nassstandorten ziemlich armer Trophie (NA2) ist ebenfalls auf das Fehlen von geeigneten Flächen zurückzuführen. Hier wäre aufgrund der Nähe der untersuchten Mischungen zur potenziell natürlichen Vegetation und des geringen Kenntnisstandes über das Wuchsverhalten der Eichen auf schwächeren Standorten eine höhere Anzahl untersuchter Bestände wünschenswert gewesen.

556 der untersuchten Bestände (77 %) waren mit Stieleichen, 148 (21 %) mit Traubeneichen und 15 (2 %) mit beiden Baumarten bestockt. 546 der umgebenden Bestände (76 %) waren Kiefernbestände, 156 (22 %) Buchenbestände und 17 (2 %) Bestände wurden aus anderen Baumarten (Eiche, Europäische Lärche, Birke) gebildet.

4.2.2 AUFNAHMEMETHODEN

4.2.2.1 Aufnahmemethoden in Lochbeständen

Bei Lochbeständen einer Baumart ohne Störungen in der Bestandesstruktur des umgebenden Bestandes (Lochtyps 1, vgl. Kap. 3.2.1) und mit Störungen in der Struktur des umgebenden Bestandes (Lochtyps 2, vgl. Kap. 3.2.1) wurden folgende Aufnahmen vorgenommen:

- Klappung der Durchmesser ($d_{1,3}$) in 1,3 m Höhe (über Kreuz, Mittlung des Wertes, forstliche Rundung),
- Messung von 15 Baumhöhen mittels VERTEX III und der dazugehörigen Durchmesser ($d_{1,3}$),
- Bestimmung des Außen- und Innenlochdurchmessers an jeweils acht Messpunkten mittels VERTEX III und Transponder.

In Ausnahmefällen wurden Lochbestände aufgenommen, bei denen mehr als eine Baumart den Lochbestand bildete (Lochtyp 3). Dies war in erster Linie der Fall, wenn in dieser Region keine Lochbestände mit nur einer Baumart zu finden waren.

Bei den Lochbeständen des Lochtyps 3 (29 Bestände) wurde in Abweichung zum Verfahren beim Lochtyp 1 und 2 keine Vollklappung vorgenommen. Vielmehr wurde die Anzahl der Bäume gezählt und die Grundfläche je ha dreifach mittels Spiegelrelaskop bestimmt.

Alle Baumhöhen über 35 m wurden zur Überprüfung der Ergebnisse mit dem Laser-Messegerät „LEDHA-GEO“ nachgemessen. Der größte festgestellte Höhenunterschied zur Messung mit dem VERTEX III betrug 60 cm. Im Durchschnitt waren es weniger als 30 cm.

4.2.2.2 Aufnahmemethoden in umgebenden Beständen

Zur Ermittlung der Vorräte der umgebenden Bestände wurden folgende Aufnahmen durchgeführt:

- Klappung der Durchmesser ($d_{1,3}$) in 1,3 m Höhe (über Kreuz, Mittlung des Wertes, forstliche Rundung) und Messungen der dazugehörigen Höhen mittels VERTEX III an 30 Bäumen entlang an willkürlich gewählten Probetransekten,

- Ermittlung der Grundflächen mittels Spiegelrelaskop an 5 frei gewählten und unbeeinflussten (Wege, Bestandesränder) Aufnahmepunkten.

Die Werte der umgebenden Bestände wurden nur einmal erhoben, das heißt, wenn sich mehrere Lochbestände innerhalb eines umgebenden Bestandes befanden, wurde dieser nur einmal aufgenommen und die ermittelten Werte wurden für den Vergleich mit jedem dieser Lochbestände verwendet.

4.2.3 AUSWERTUNG

4.2.3.1 Ermittlung der Bestandeshöhenkurve

Zur Volumenberechnung und zur Generierung der einzelnen Bestandeskennwerte ist die Entwicklung von Bestandeshöhenkurven für jeden Bestand notwendig. Die Bestandeshöhenkurve stellt die Ausgleichsfunktion der gemessenen Baumhöhen in Abhängigkeit von den gemessenen Brusthöhendurchmessern dar.

Da die optimale Anpassung von Bestand zu Bestand variiert, wurden durch die Verwendung des „Ertragskennwerte-Programms“ der Landesforstanstalt Eberswalde jeweils zehn Funktionen (s. Anhang 1) zur Anpassung der Höhenkurven genutzt.

Zur Auswahl der für jeden Bestand am besten geeignetesten Ausgleichsfunktion wurden 3 Merkmale herangezogen:

- Summe der Abweichungsquadrate,
- Verteilung der Residuen,
- Plausibilität des Verlaufs der Ausgleichsfunktion.

Ausgewählt wurde jeweils die Funktion, deren Summe der Abweichungsquadrate am geringsten und die Residuen am gleichmäßigsten verteilt waren, ohne dass ihr Verlauf grundlegenden biologischen Zusammenhängen widersprach.

4.2.3.2 Ermittlung wichtiger Bestandeskennwerte

Zur Einschätzung und dem Vergleich der Wuchsleistung zwischen Lochbeständen sowie zur Berechnung des Bestandesvolumens wurden für alle aufgenommenen Lochbestände Bestandeskennwerte berechnet.

Hierzu wurden in der Regel Standardverfahren verwendet.

Bei der Berechnung der relativen Bonitäten wurde auf Ausgleichsformeln zurückgegriffen, die von DEGENHARDT (2001) aus folgenden Ertragstafeln abgeleitet wurden:

- LEMBCKE, KNAPP, DITTMAR (1981) für die Baumart Kiefer,
- DITTMAR, KNAPP, LEMBCKE (1986) für die Baumart Rotbuche,
- ERTELD (1962 b) für die Baumarten Trauben- und Stieleiche.

Durch die Verwendung der Ausgleichsformeln wurde eine automatisierte Berechnung der Bonitäten möglich.

In Tab. 4.2 sind die Art und das Ziel der Berechnung der jeweiligen wachstumskundlichen Kennwerte dargestellt.

Tab. 4.2: Art und Ziel der Berechnung wichtiger wachstumskundlicher Bestandeskennwerte

| BESTANDESKENNWERT | FORMEL | ZIEL |
|---|---|--|
| Durchmesser des Grundflächenmittelstammes ($d_{\bar{g}}$) | $d_{\bar{g}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n}}$ | Grundlage zur Berechnung von $h_{\bar{g}}$, Vergleich zwischen Beständen |
| Höhe über dem Grundflächenmittelstamm ($h_{\bar{g}}$) | Einsetzen des $d_{\bar{g}}$ in die Formel der jeweiligen Ausgleichsfunktion | Berechnung des Bestandesvolumens, Vergleich zwischen Beständen |
| Grundflächenmittelhöhe (h_L) | $h_L = \frac{\sum g_i * h_i}{\sum g_i}$ | Bonitierung des Bestandes |
| absolute Höhenbonität Eiche (aBon _{Eiche}) | aBon _{Eiche} = 31,3 - 3,9 * rBon _{Eiche} | altersunabhängiger Vergleich der Wuchsleistungen, Grundlage von Nutzungs- und Wachstumsprognosen |
| Ertragsklasse Eiche (rBon _{Eiche}) | s. Anhang 2 | |
| absolute Höhenbonität Kiefer (aBon _{Kiefer}) | aBon _{Kiefer} = 32 - 4 * rBon _{Kiefer} | |
| Ertragsklasse Kiefer (rBon _{Kiefer}) | s. Anhang 2 | |
| absolute Höhenbonität Buche (aBon _{Buche}) | aBon _{Buche} = 36 - 4 * rBon _{Buche} | |
| Ertragsklasse Buche (rBon _{Buche}) | s. Anhang 2 | |

4.2.3.3 Ermittlung der Bestandesgrundfläche und des Bestandesderbholzvolumens

Die Bestandesgrundfläche (G) wurde auf 2 Wegen ermittelt:

- Nach Verwendung des Spiegelrelaskopes Bildung des arithmetischen Mittels aus den einzelnen Aufnahmen.
- Nach Vollklappung Berechnung der Grundfläche (g) für jeden Baum nach der Formel:

$$g = \frac{\pi}{4} * d_{1,3}^2 \text{ und der Bestandesgrundfläche (G) aus der Summe aller Grundflächen (g)}$$

$$\text{des Bestandes: } G = \sum_{i=1}^N g .$$

Das Derbholzvolumen (V_D) wurde nach der Formel: $V_D = h_{\bar{g}} * G * f_D$ berechnet, wobei $h_{\bar{g}}$ die Höhe über dem Grundflächenmittelstamm, G die Bestandesgrundfläche und f_D die Derbholzformzahl ist.

Zur Volumenberechnung wurde die Derbholzformzahlen (f_D) der Ertragstafeln von ERTELD (1962 b) und JÜTTNER (1957) verwendet. Zur Formfehlerabschätzung wurden die Formzahlen nach DEGENHARDT (2000) und Formzahlen aus eigenen Berechnungen herangezogen.

4.2.3.4 Flächenbezug bei Lochbeständen

Zum Vergleich der Volumenleistung der einzelnen Lochbestände und zur Einschätzung der Bestockungsdichte ist ein einheitlicher Flächenbezug unumgänglich.

Das in der klassischen Forsteinrichtung für Mischbestände verwendete Verfahren der Anteilsfläche hätte aufgrund der unterschiedlich starken Nutzungen in den Lochbeständen und den umgebenden Beständen zu systematischen Fehlern geführt und konnte deshalb nicht angewandt werden. Aufgrund der Kleinflächigkeit der Lochbestände zeigen schon geringe Flächenfehler merkliche Auswirkungen auf die darauf aufbauenden Größen (G / ha , V_D / ha).

Der Festlegung der Bestandesgrenze und damit der Bezugsfläche kommt mithin eine entscheidende Bedeutung zu. So betrug beispielsweise die durchschnittliche Innenlochfläche der in Kiefernbeständen stockenden untersuchten Eichenlochbestände 713 m^2 . Die durchschnittliche Außenlochfläche war aber mit 1.430 m^2 rund doppelt so groß.

In einem ersten Schritt wurde ein 89-jähriger Eichenreinbestand als Beispielbestand ausgewählt. In diesem Bestand wurde mittels Spiegelrelaskop die Bestandesgrundfläche ermittelt. Hiernach wurden in diesem Bestand 4 virtuelle Lochbestände abgesteckt. Diese wurden vollgekluppt und ihre Grundfläche ermittelt. Anschließend wurden der Innen- und der Außenlochdurchmesser dieser Lochbestände ermittelt.

Der Vergleich der mit dem Spiegelrelaskop ermittelten Grundflächenwerte mit den auf der Basis der Außen- bzw. Innenlochflächen errechneten Grundflächenwerten, ergab einen Grundflächenfehler von $< 5 \%$ bei der Verwendung der Außenlochfläche als Bezugsmaß.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde bei der Berechnung eines Flächenbezuges von Lochbeständen einheitlich die Außenlochfläche verwendet.

4.2.4 WUCHSLEISTUNGEN DER LOCHBESTÄNDE

4.2.4.1 Höhenwachstum der Eichen in Lochbeständen

Zur Überprüfung der Abhängigkeit der erreichten Höhe über dem Grundflächenmittelstamm ($h_{\bar{g}}$) eines Lochbestandes von der Standortsgüte wurden die Trophiestufen (T) (KOPP,

SCHWANECKE, 1994) skaliert. Hierbei erhielt die schwächste Trophiestufe A2'''''' den Wert 1. Als Schrittweite wurde 1 gewählt. So deckten die Skalierung 1 - 5 den Bereich Trophiestufe „arm“, 6 - 10 den Trophiebereich „ziemlich arm“, 11 - 15 „mittel“, 16 - 20 „kräftig“ und 21 - 25 „reich“ ab.

Durch die Skalierung des qualitativen Merkmals Trophie wurde eine Regression der Baumhöhe in Abhängigkeit von der Bodentrophie möglich. Bei der einfachen linearen Regression der Baumhöhe in Abhängigkeit von der Bodentrophie waren die Residuen nicht zufällig verteilt. Die anschließend durchgeführte nichtlineare Regression ergab die beste Anpassung an die Aufnahmewerte und eine gleichmäßige Verteilung der Residuen bei der Verwendung der logarithmischen Funktion $h_{\bar{g}} = a + b * \ln T$.

Um die Zusammenhänge zwischen dem Standort und der Baumhöhe für weitere Berechnungen zu Linearisieren, wurden die Werte der Trophie nach der Formel $T_{(\ln)} = \ln T$ transformiert. In Abb. 4.2 ist die Höhe über dem Grundflächenmittelstamm ($h_{\bar{g}}$) in Abhängigkeit vom Logarithmus der Trophie ($T_{(\ln)}$) dargestellt.

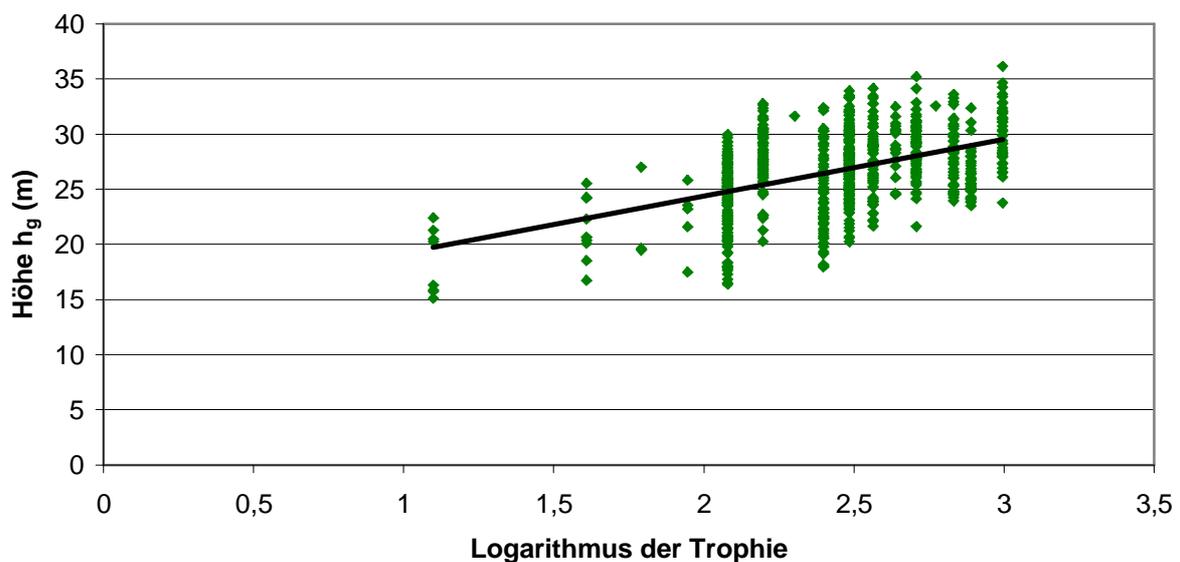


Abb. 4.2: Höhe über dem Grundflächenmittelstamm ($h_{\bar{g}}$) in Abhängigkeit vom Logarithmus der Trophie
(Regressionsgerade $h_{\bar{g}} = 5,16 \ln T + 14,05$; Bestimmtheitsmaß $r^2=0,23$)

Es wird deutlich, dass die Höhen der Eichen mit der Verbesserung der edaphischen Ausstattung steigen.

Mit der gefundenen Regression können nur rund 23 % der Varianz der Höhe ($h_{\bar{g}}$) durch den Regressor $T_{(\ln)}$ erklärt werden. Mit Hilfe einer multiplen linearen Regression, nach dem Ver-

fahren schrittweiser Einschluss, wurde der zusätzliche Einfluss der unabhängigen Variablen Alter, Klimastufe und Baumart zur unabhängigen Variable Logarithmus des Trophie $T_{(ln)}$ untersucht (s. Tab. 4.3).

Tab. 4.3: Veränderung des multiplen Bestimmtheitsmaßes (R^2) bei der schrittweisen Einbeziehung weiterer unabhängiger Variablen im Vergleich zum Bestimmtheitsmaß (r^2) der linearen Formel $h_{\bar{g}} = 5,16 \ln T + 14,05$

| UNABHÄNGIGE VARIABLE | VERÄNDERUNG DES MULTIPLEN BESTIMMTHEITSMABES (R^2) |
|----------------------|--|
| Alter | +0,021 |
| Klimastufe | +0,007 |
| Baumart | >+0,001 |

Trotz der relativ geringen Altersspreitung der untersuchten Bestände, der arithmetische Altersmittelwert beträgt 106 Jahre bei einer Standardabweichung von 8,6 Jahren, zeigt das Hinzunehmen der Variable Alter einen Einfluss auf das Bestimmtheitsmaß (R^2). Durch zusätzliche Aufnahme der Variablen Klimastufe und Baumart kann nur ein geringer bzw. kein weiterer Bereich der Varianz der Höhe erklärt werden. Neben der Abhängigkeit der Höhe ($h_{\bar{g}}$) eines Lochbestandes von der Trophie kann aus der Abb. 4.2 auch die teilweise beachtliche Höhenwuchsleistung der Eichen der Lochbestände abgelesen werden. So hatten 130 Lochbestände (17 %) eine Höhe ($h_{\bar{g}}$) von mehr als 30 m. Ein Lochbestand im Revier Zechlin, Oberförsterei Zechliner Hütte, Amt für Forstwirtschaft Templin hatte eine Höhe ($h_{\bar{g}}$) von 36,1 m. In diesem Lochbestand wurden mit 37,8 m und 37,6 m auch zwei der drei höchsten Einzelbaumhöhen an Eichen gemessen.

Für einen **Vergleich der Höhenwuchsleistung der Eichen in Lochbeständen** mit denen **von Eichen in Reinbeständen** wurde aus dem Datenspeicher Wald des Landes Brandenburg (DSW) des Jahres 2003 eine Abfrage mit folgenden Bedingungen vorgenommen:

- Baumarten: Trauben- und Stieleiche,
- Alter: 85 - 125 Jahre,
- Standorte: ausschließlich terrestrische Standorte der Stammtrophie arm (A2), ziemlich arm (Z2), mittel (M2), kräftig (K2).

Mit diesen Auswahlkriterien entsprachen die ausgewählten Reinbestände den Baumarten, dem Alter und den Standorten den untersuchten Lochbeständen. Zum Vergleich wurden nur Lochbestände ausgewählt, die auf terrestrischen Standorten stocken.

In Tab. 4.4 sind die Höhen und Bonitäten der Reinbestände denen der untersuchten Lochbestände auf den einzelnen Standorten gegenübergestellt.

Tab. 4.4: Vergleich der Mittelhöhen und der mittleren Bonitäten der untersuchten Lochbestände mit den im Datenspeicher Wald (DSW 2003) erfassten Reinbeständen (N_{Lochbestände} = 574, N_{Reinbestände} = 4.316)

| STAMMTROPHIE | LOCHBESTÄNDE | | REINBESTÄNDE | |
|-------------------|---------------------|--------------|---------------------|--------------|
| | Höhe (h_g) m | rel. Bonität | Höhe (h_g) m | rel. Bonität |
| kräftig (K2) | 28,1 | 0,8 | 26,6 | 1,3 |
| mittel (M2) | 27,1 | 1,2 | 24,6 | 1,8 |
| ziemlich arm (Z2) | 24,7 | 1,9 | 23,1 | 2,2 |
| arm (A2) | 21,0 | 3,0 | 21,5 | 2,7 |

In Tab. 4.4 ist verdeutlicht, dass sich die erreichten Höhen der Eichen und Bonitäten der Lochbestände nicht von denen der Reinbestände unterscheiden. Damit wurde die Höhenentwicklung der Eichen nicht wesentlich von den besonderen Verhältnissen in Lochbeständen beeinflusst.

4.2.4.2 Durchmesserwachstum der Eichen in Lochbeständen

Im Gegensatz zum Höhenwachstum ist das Durchmesserwachstum eines Baumes stark durch die Art und Intensität der Durchforstung beeinflussbar.

In Abb. 4.3 sind die Brusthöhendurchmesser von 1.056 Eichen in Abhängigkeit von ihren Kronendurchmessern dargestellt.

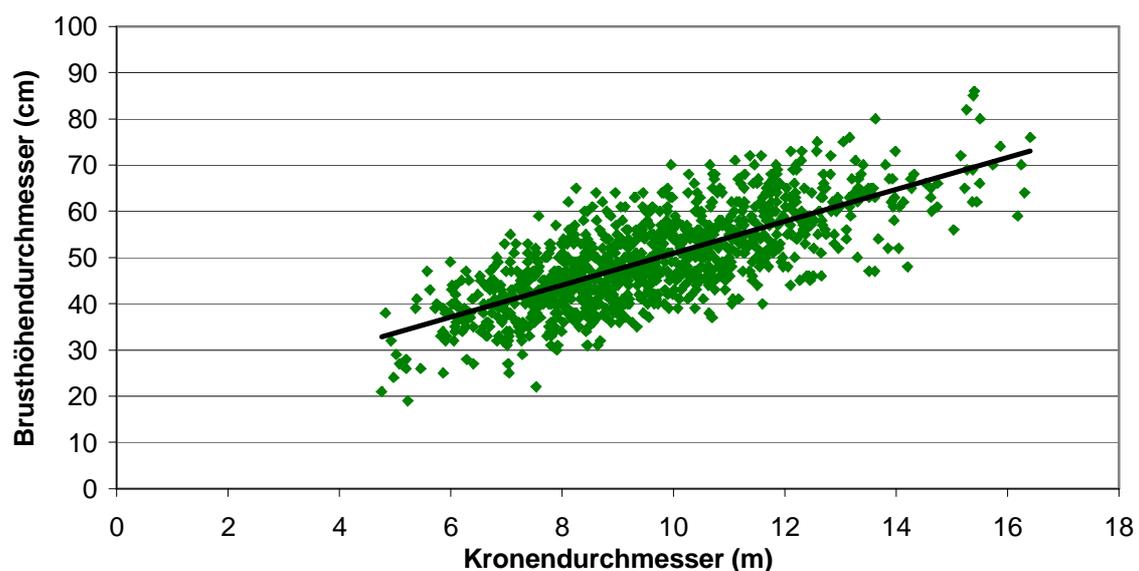


Abb. 4.3: Brusthöhendurchmesser ($d_{1,3}$) in Abhängigkeit vom Kronendurchmesser (b) (1.056 Eichen; Regressionsgerade: $d_{1,3} = 3,45 \cdot b + 16,44$; Bestimmtheitsmaß (r^2) = 0,54)

Aus Abb. 4.3 geht hervor, dass mit zunehmendem Kronendurchmesser der Eichen auch deren Brusthöhendurchmesser zunehmen. Das Bestimmtheitsmaß beträgt 0,54, das heißt, dass 54 % der Varianz des Brusthöhendurchmessers mit der Wirkung des Kronendurchmessers erklärt werden können.

Der Kronendurchmesser eines Baumes wird neben dem Standort und dem Alter von dem auf den Baum ausgeübten Konkurrenzdruck bestimmt. Der Konkurrenzdruck ist durchforstungsabhängig. Unterschiede in den erreichten Durchmessern können also auf Unterschiede in der Durchforstung zurückzuführen sein.

Zur Abklärung des Einflusses weiterer Faktoren auf den erreichten Brusthöhendurchmesser wurden multiple lineare Regressionen nach den Faktoren berechnet (s. Tab.4.5):

- (1) Logarithmus der Trophie $T_{(ln)}$,
- (2) Baumart,
- (3) Alter,
- (4) Klimastufe.

Tab. 4.5: Multiples Bestimmtheitsmaß (R^2) bei der multiplen linearen Regression des abhängigen Brusthöhendurchmessers unter schrittweiser Einbeziehung der unabhängigen Variablen Trophie, Baumart und Alter

| UNABHÄNGIGE VARIABLEN | MULTIPLES BESTIMMTHEITSMAß (R^2) |
|--|--------------------------------------|
| Trophie $T_{(ln)}$ | 0,104 |
| Trophie ($T_{(ln)}$), Baumart | 0,128 |
| Trophie ($T_{(ln)}$), Baumart, Alter | 0,146 |

Aus Tab. 4.5 geht hervor, dass lediglich 15 % der Varianz des Brusthöhendurchmessers mit der Trophie, der Baumart und dem Alter zu erklären sind. Die Variable Klimastufe zeigte keinen Einfluss auf den erreichten Brusthöhendurchmesser. Für die Variable Alter ergibt sich der geringe Einfluss aus der relativ geringen Altersspreitung der untersuchten Eichen.

Zum Vergleich der Brusthöhendurchmesser der Eichen in den Lochbeständen mit denen in Reinbeständen wurden unter den gleichen Bedingungen wie im Kap. 4.2.4.1 eine Auswahl von Beständen aus dem Datenspeicher Wald (DSW) 2003 getroffen, die vom Alter, der Trophie und den Baumarten mit den untersuchten Lochbeständen vergleichbar sind.

In Tab. 4.6 werden die Durchmesser ($d_{\bar{g}}$) und Variationskoeffizienten der Durchmesser ($d_{\bar{g}}$) von Eichenloch- und -reinbeständen verglichen.

Tab. 4.6: Vergleich der mittleren Durchmesser ($d_{\bar{g}}$) und deren Variationskoeffizienten der untersuchten Lochbestände mit den im Datenspeicher Wald erfassten Reinbestände ($N_{\text{Lochbestände}} = 574$, $N_{\text{Reinbestände}} = 4.316$ Bestände)

| TROPHE | LOCHBESTÄNDE | | REINBESTÄNDE | |
|-----------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| | Durchmesser ($d_{\bar{g}}$) cm | Variationskoeff. % | Durchmesser ($d_{\bar{g}}$) cm | Variationskoeff. % |
| kräftig (K2) | 38,7 | 15 | 37,9 | 18 |
| mittel (M2) | 37,6 | 18 | 38,0 | 16 |
| zieml. arm (Z2) | 36,5 | 18 | 38,8 | 21 |
| arm (A2) | 35,0 | 18 | 40,4 | 21 |

Die Durchmesser der Grundflächenmittelstämme der Lochbestände und ihre Variationskoeffizienten unterscheiden sich nur unwesentlich von denen der Reinbestände.

Eine Ausnahme bilden die Bestände auf den armen Standorten. Die höheren Brusthöhendurchmesser der Eichen der Reinbestände auf den ärmeren Standorten können nur auf eine gegenüber den Lochbeständen abweichende Baumzahlhaltung oder unterlassende Pflegen in den Lochbeständen zurückzuführen sein.

4.2.4.3 Verteilung der unterschiedlich starken Stämme innerhalb der mit Kiefern umgebenen Lochbestände

Wie schon im Kap. 3.2.2.2 aufgezeigt, befinden sich in mit Kiefern umgebenen Lochbeständen überproportional mehr Endbestandsbäume im äußeren Drittel als in den anderen Flächenanteilen des Lochbestandes.

Da es sich bei den Endbestandsbäumen um die vitalsten und wuchskräftigsten Individuen der Lochbestände handelt, könnte es sein, dass aufgrund der unterschiedlichen Stärke der inter- und intraspezifischen Konkurrenz sich keine gleichmäßige zufällige Verteilung der Brusthöhendurchmesser innerhalb der Lochbestände ergibt.

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurden in 20 mit Kiefern umgebenen Lochbeständen entlang eines Nord-Süd-Transekts und entlang eines Ost-West-Transekts (s. Abb. 4.4) die auftretenden Brusthöhendurchmesser erfasst und in Abhängigkeit von der relativen Entfernung zur Lochbestandesmitte dargestellt. Dabei war das Lochbestandeszentrum der Nullpunkt und der Lochbestandesrand der 100 -%- Wert.

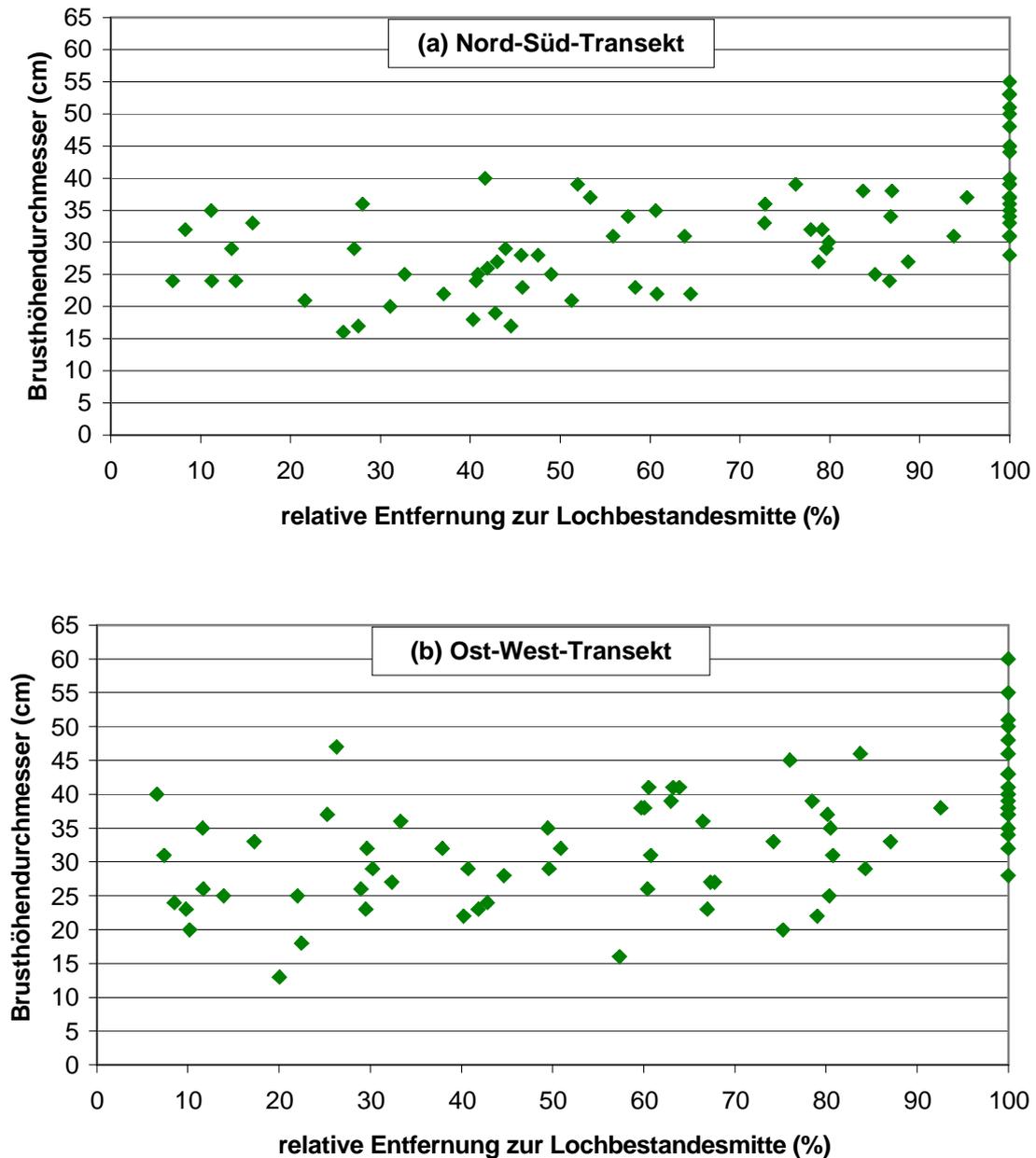


Abb. 4.4: Brusthöhendurchmesser von Eichen aus Lochbeständen mit umgebenen Kiefernbeständen in Abhängigkeit zur relativen Entfernung von der Lochbestandesmitte auf einem (a) Nord-Süd- und (b) Ost-West-Transekt (20 Lochbestände)

In Abb. 4.4 ist erkennbar, dass die Werte der Durchmesser fast über den gesamten Lochbestand gleichmäßig streuen. Lediglich die Bäume am Lochbestandesrand (relative Entfernung zur Mitte 100 %) sind offensichtlich dicker. Bei einer Überprüfung dieser Annahme mittels linearer und nicht-linearer Regressionsanalysen, bei der die Abhängigkeit der Durchmesser von der relativen Entfernung zur Lochmitte getestet wurde, konnte keine Anpassung gefunden werden, bei der sich die Residuen zufällig gleichmäßig verteilen. Da kein Anpassungsprozess gefunden werden konnte, der eine Beschreibung des Durchmessers in Abhängigkeit von der

Entfernung zur Lochbestandesmitte ermöglichte, aber die Durchmesser der Bäume am Rand größer waren (vgl. Abb. 4.4), wurde angenommen, dass es sich um zwei Teilkollektive handelte.

Aus diesem Grund wurden für beide Fälle (Nord-Süd- und Ost-West-Transekt) jeweils zwei Teilkollektive gebildet:

- Teilkollektiv 1: **Bäume innerhalb der Lochbestände:** Bäume, die nicht direkt am Rand standen (relative Entfernung zur Lochbestandesmitte > 100 %),
- Teilkollektiv 2: **Randbäume:** Bäume, die direkt am Rand standen (relative Entfernung zur Lochbestandesmitte = 100 %).

Die Brusthöhendurchmesser der Eichen innerhalb der Teilkollektive beider Transekte waren normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung). Dadurch konnten die Unterschiede der arithmetischen Mittelwerte der Durchmesser ($d_{1,3}$) zwischen den beiden Teilkollektiven jeweils mit dem T-Test auf Signifikanz überprüft werden (s. Tab. 4.7).

Tab. 4.7: Arithmetische Mittelwerte der Durchmesser ($d_{1,3}$) sowie deren Variationskoeffizienten bei Eichen mit umgebenden Kiefernbeständen auf dem Nord-Süd- und Ost-West-Transekten jeweils getrennt nach Lochbestandes- und Randbäumen (20 Lochbestände; Signifikanz (Sig.) +++ $P < 0,1$ %, + $P < 5$ %, - nicht gesichert)

| MERKMAL | N.-S.- TRANSEKT | | | O.-W. - TRANSEKT | | |
|--------------------------|-----------------|-----------|------|------------------|-----------|------|
| | Lochb.Bäume | Randbäume | Sig. | Lochb.Bäume | Randbäume | Sig. |
| Durchm. ($d_{1,3}$) cm | 29 | 41 | +++ | 31 | 42 | +++ |
| Var.Koeffizient % | 23 | 20 | | 25 | 19 | |

In Tab. 4.7 ist verdeutlicht, dass die Randbäume der mit Kiefern umgebenen Lochbestände, höchst signifikant dicker sind als die übrigen Lochbestandesmitglieder. Die Variation des Durchmessers der Randbäume ist etwas kleiner als die Variation des Durchmessers der Lochbestandesbäume.

4.2.4.4 Verteilung der unterschiedlich starken Stämme innerhalb der mit Buchen umgebenen Lochbestände

Im Gegensatz zu den mit Kiefern umgebenen Eichenlochbeständen waren die Endbestandsbäume in den mit Buchen umgebenen Lochbeständen gleichmäßig verteilt. Trotzdem wurden auch bei 29 mit Buchen umgebenen Lochbeständen auf einem Nord-Süd- und einem Ost-West-Transekt die Brusthöhendurchmesser der Eichen in Abhängigkeit von ihrer relativen Entfernung zum Lochbestandesrand ermittelt (s. Abb. 4.5).

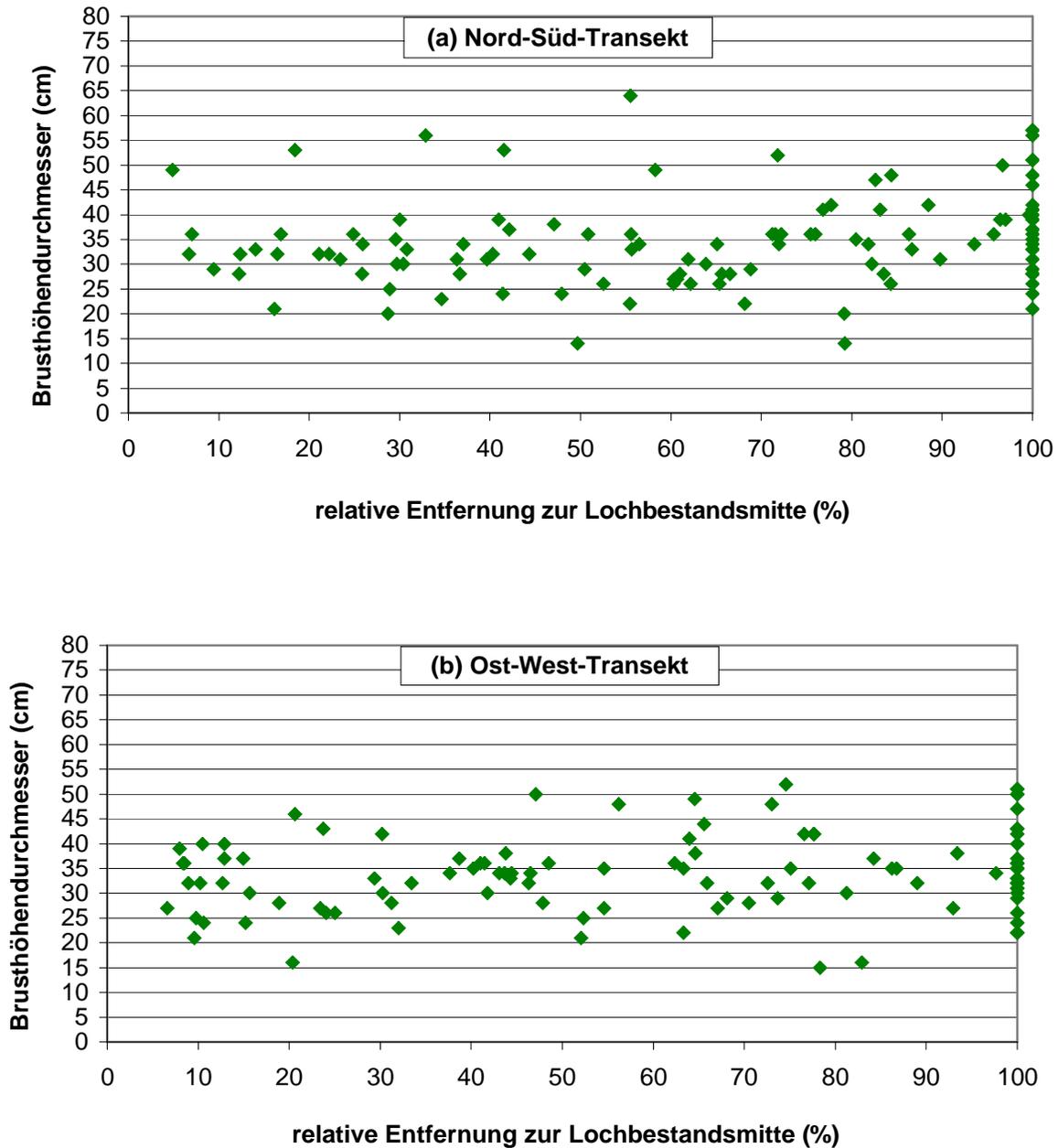


Abb. 4.5: Brusthöhendurchmesser von Eichen aus Lochbeständen mit umgebenden Buchenbeständen in Abhängigkeit zur relativen Entfernung von der Lochbestandesmitte auf einem (a) Nord-Süd- und (b) Ost-West-Transekt (29 Lochbestände)

Mit Hilfe der linearen und nichtlinearen Regressionsanalyse konnte keine Abhängigkeit des Brusthöhendurchmessers von der relativen Entfernung zur Lochbestandesmitte gefunden werden.

Anschließend wurde das Kollektiv der Lochbestandes- und der Randbäume ausgeschieden und die Mittelwerte der Brusthöhendurchmesser verglichen (s. Tab 4.8). Wobei die Randbäume (relative Entfernung zur Lochbestandesmitte = 100 %) direkt am Rand standen und die

Lochbestandesbäume alle übrigen Bäume des Lochbestandes (relative Entfernung zur Lochbestandesmitte > 100 %) umfassten.

Die Brusthöhendurchmesser der Eichen innerhalb der Teilkollektive des Nord-Süd-Transektes waren nicht normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung). Deshalb wurden die Unterschiede der arithmetischen Mittelwerte der Durchmesser ($d_{1,3}$) zwischen den beiden Teilkollektiven mit dem U-Test auf Signifikanz überprüft (s. Tab. 4.8).

Die Brusthöhendurchmesser der Eichen innerhalb der Teilkollektive des Ost-West-Transektes waren normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung). Dadurch konnten die Unterschiede der arithmetischen Mittelwerte der Durchmesser ($d_{1,3}$) zwischen den beiden Teilkollektiven jeweils mit dem T-Test auf Signifikanz überprüft werden (s. Tab. 4.8).

Tab. 4.8: Arithmetische Mittelwerte der Brusthöhendurchmesser ($d_{1,3}$) sowie deren Variationskoeffizienten bei Eichen mit umgebenden Bestand aus Buchen auf Nord-Süd- und Ost-West-Transekt, jeweils getrennt nach Lochbestandes- und Randbäumen (29 Lochbestände; Signifikanz (Sig.) +++ $P < 0,1\%$, + $P < 5\%$, - nicht gesichert)

| MERKMAL | NORD-SÜD-TRANSEKT | | | OST-WEST-TRANSEKT | | |
|--------------------------|-------------------|-----------|-----|-------------------|-----------|-----|
| | Lochb.Bäume | Randbäume | Sig | Lochb.Bäume | Randbäume | Sig |
| Durchm. ($d_{1,3}$) cm | 34 | 38 | + | 33 | 36 | - |
| Var.Koeffizient % | 25 | 26 | | 24 | 24 | |

Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Brusthöhendurchmesser der Randbäume und der übrigen Lochbestandesbäume in mit Buchen umstandenen Lochbeständen (vgl. Tab. 4.8) waren deutlich geringer, als in mit Kiefern umstandenen Lochbeständen (vgl. Tab. 4.7).

Lediglich im Fall des Nord-Süd-Transektes war der Unterschied zwischen dem Durchmesser ($d_{1,3}$) der Rand- und den Lochbestandesbäumen signifikant. Die Variationskoeffizienten der Brusthöhendurchmesser sind bei den Rand- und Lochbestandesbäumen etwa gleich groß.

4.2.4.5 Wachstumsgang der Eichen in Lochbeständen

Aufgrund der in den vorherigen Kapiteln dargestellten Ergebnisse wurde der Wachstumsgang der Eichen am Rand und im Inneren von zwei Lochbeständen untersucht.

In Abb. 4.6 sind die Höhenwachstumsgänge von 4 Eichen aus einem Lochbestand im Revier Flottstelle und einer Kiefer des umgebenden Bestandes und in Abb. 4.7 sind die Höhenwachstumsgänge von 5 Eichen aus einem Lochbestand im Revier Melchow und einer Kiefer des umgebenden Bestandes dargestellt.

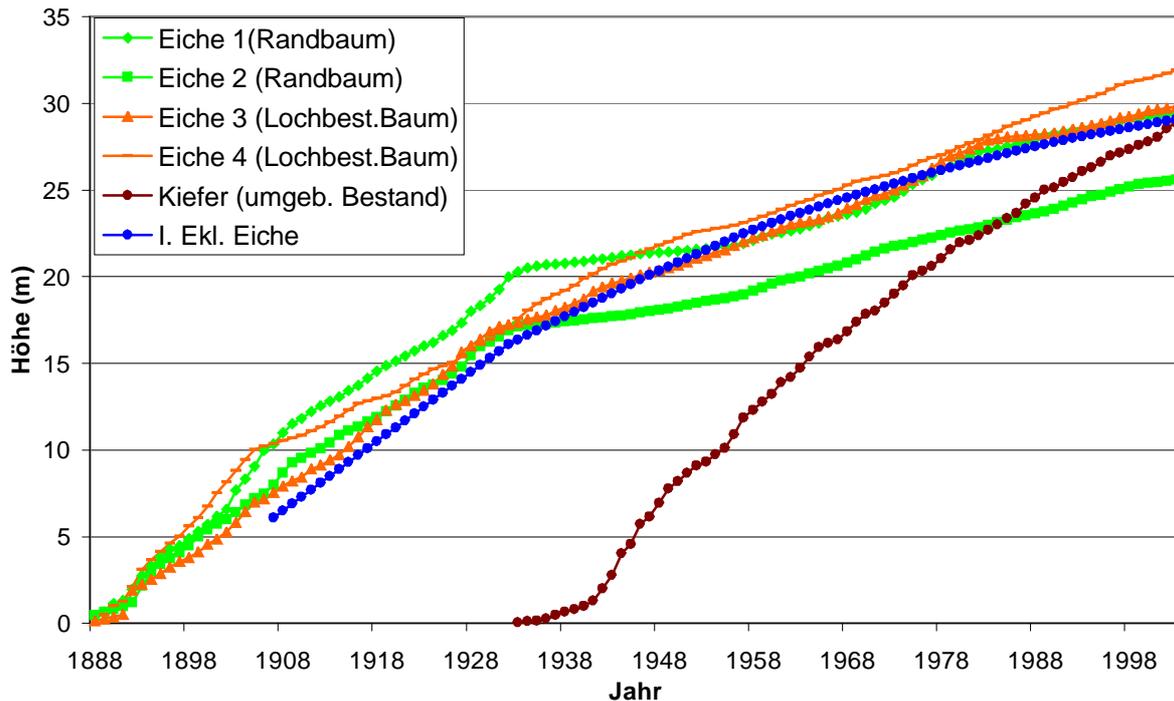


Abb. 4.6: Baumhöhenentwicklung von 4 Eichen eines Lochbestandes und einer Kiefer des umgebenden Bestandes im Amt für Forstwirtschaft Belzig, Oberförsterei Ferch, Revier Flottstelle über der Zeit im Vergleich zur I. Ertragsklasse Eiche (ERTELD, 1962 b)

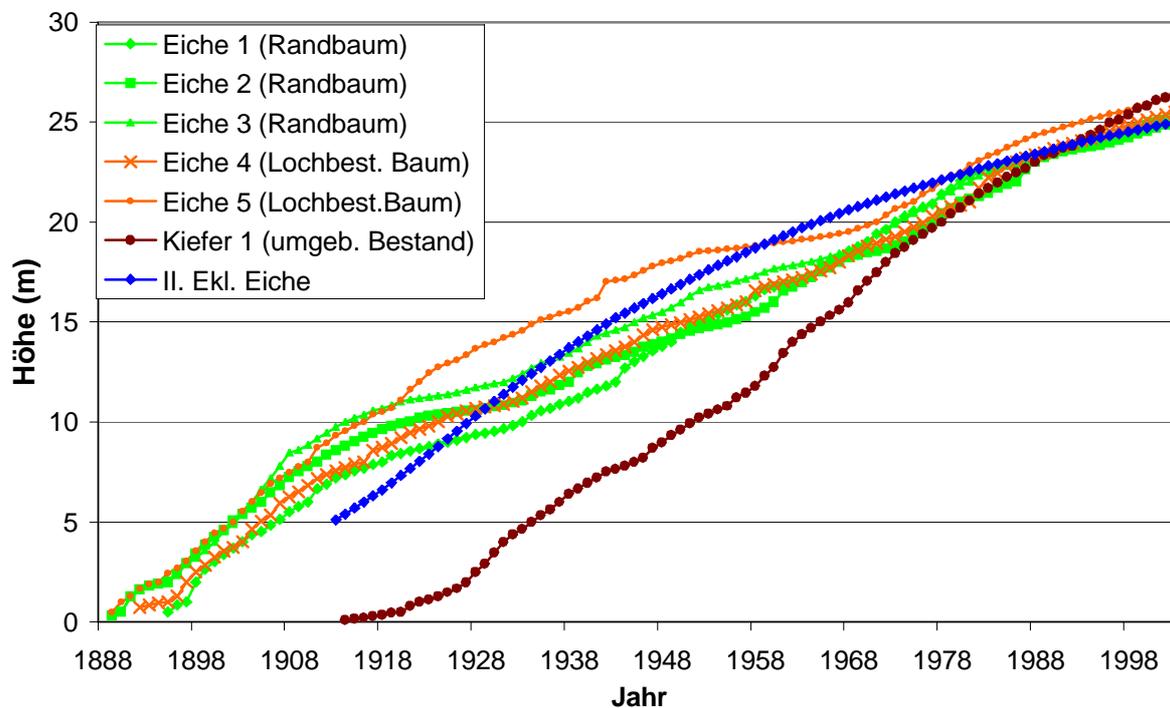


Abb. 4.7: Baumhöhenentwicklung von 5 Eichen eines Lochbestandes und einer Kiefer des umgebenden Bestandes im Amt für Forstwirtschaft Eberswalde, Oberförsterei Finowtal, Revier Melchow über der Zeit im Vergleich zur II. Ertragsklasse Eiche (ERTELD 1962 b)

In Abb. 4.6 und 4.7 wird verdeutlicht:

- Im Inneren der Lochbestände erwachsene Eichen haben eine mit der Ertragstafel von ERTEL (1962 b) vergleichbare Höhenentwicklung,
- Eichen, die direkt am Rand des Lochbestandes gewachsen waren (Randbäume), fielen zum Zeitpunkt der Hauptverjüngung (Pflanzung der Kiefern) im Höhenwachstum zurück,
- die Minderung des Höhenwachstums zum Zeitpunkt der Hauptverjüngung war auf der Fläche Ferch ausgeprägter als in Melchow,
- die Kiefern hatten trotz Altersdifferenz (46 bzw. 25 Jahre) durch ein stärkeres Höhenwachstum zu ihrem Entnahmezeitpunkt die Höhen der Eichen erreicht.

Das geringere Höhenwachstum der Randeichen begann mit der Entnahme der Altkiefern des umgebenden Bestandes und der damit verbundenen Freistellung der Randeichen. Diese Freistellung der Randeichen könnte auch Einfluss auf ihr Dickenwachstum gehabt haben. Aus diesem Grund sind die jährlichen Durchmesser- und Höhenzuwächse von 2 Randeichen des Lochbestandes Flottstelle in Abb. 4.8 und 3 Randeichen des Lochbestandes Melchow in Abb. 4.9 dargestellt.

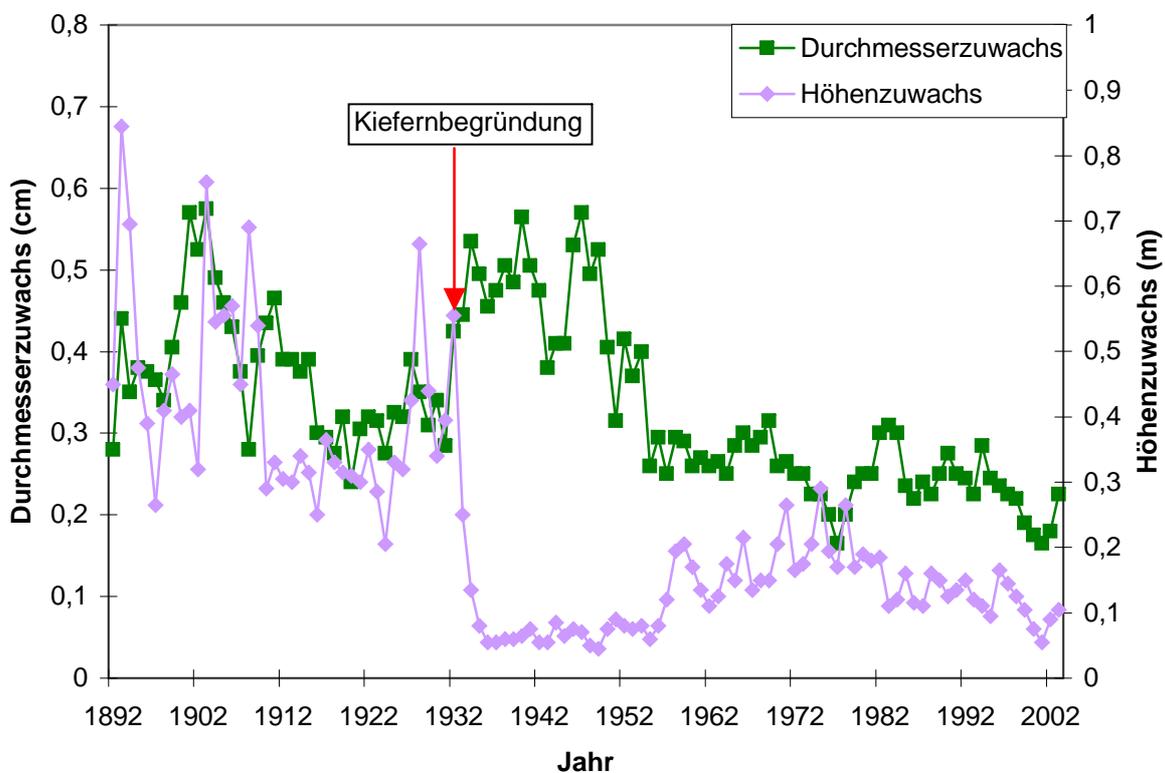


Abb. 4.8: Jährlicher Brusthöhendurchmesserzuwachs (grüne Linie) und Höhenzuwachs (lila Linie) von 2 Randeichen eines Lochbestandes im Amt für Forstwirtschaft Belzig, Oberförsterei Ferch, Revier Flottstelle in den Jahren 1892 - 2003

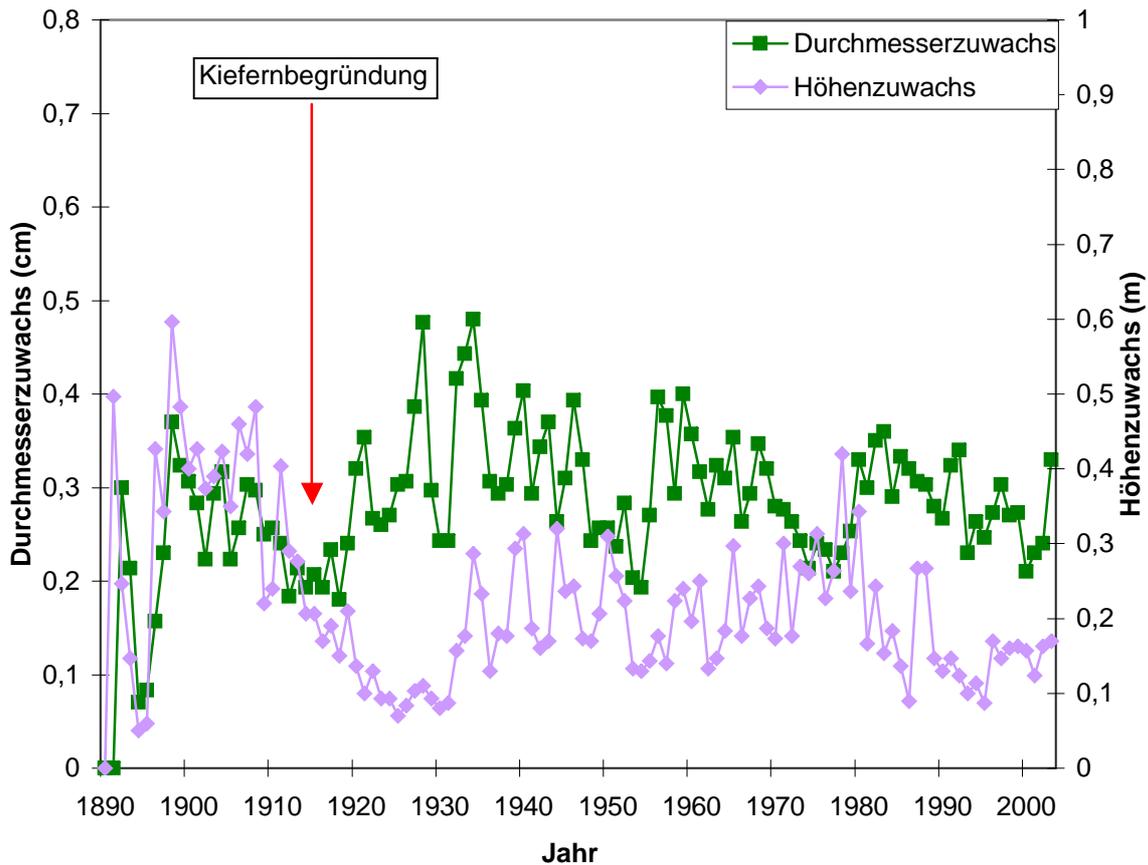


Abb. 4.9: Jährlicher Brusthöhendurchmesserzuwachs (grüne Linie) und Höhenzuwachs (lila Linie) von 3 Randeichen eines Lochbestandes im Amt für Forstwirtschaft Eberswalde, Oberförsterei Finowtal, Revier Melchow in den Jahren 1890 - 2003

In den beiden Lochbeständen war an den untersuchten Randbäumen dasselbe Reaktionsmuster auf die einseitige Freistellung zu finden. Das Höhenwachstum wurde gemindert und gleichzeitig das Durchmesserwachstum verstärkt.

Die Reduktion des Höhenzuwachses bei gleichzeitig verstärktem Dickenwachstum hielt 25 Jahre (Ferch) bzw. 20 Jahre (Melchow) an.

Formigkeit der Randbäume von Lochbeständen

Das unterschiedliche Höhen- und Dickenwachstum hat direkte Auswirkungen auf die Formigkeit der Bäume. Die Randbäume der Lochbestände müssten mithin aufgrund des im Vergleich zu den übrigen Lochbestandesbäumen veränderten Höhen- und Dickenwachstum auch eine andere Formigkeit aufweisen. Da zur Berechnung des Baum- und des Bestandesvolumens eine Formzahl verwendet werden sollte, musste die Formigkeit der Randbäume im Vergleich zu den übrigen Lochbestandesbäumen untersucht werden.

Aufgrund der angewandten Untersuchungsmethodik konnte nur die Entwicklung der unechten Schaftholzformzahl ($fs_{1,3}$) betrachtet werden.

In den Abb. 4.10 und 4.11 sind die Entwicklungen der unechten Schaftholzformzahlen der Rand- bzw. Lochbestandesbäume der Lochbestände Flottstelle bzw. Melchow dargestellt.

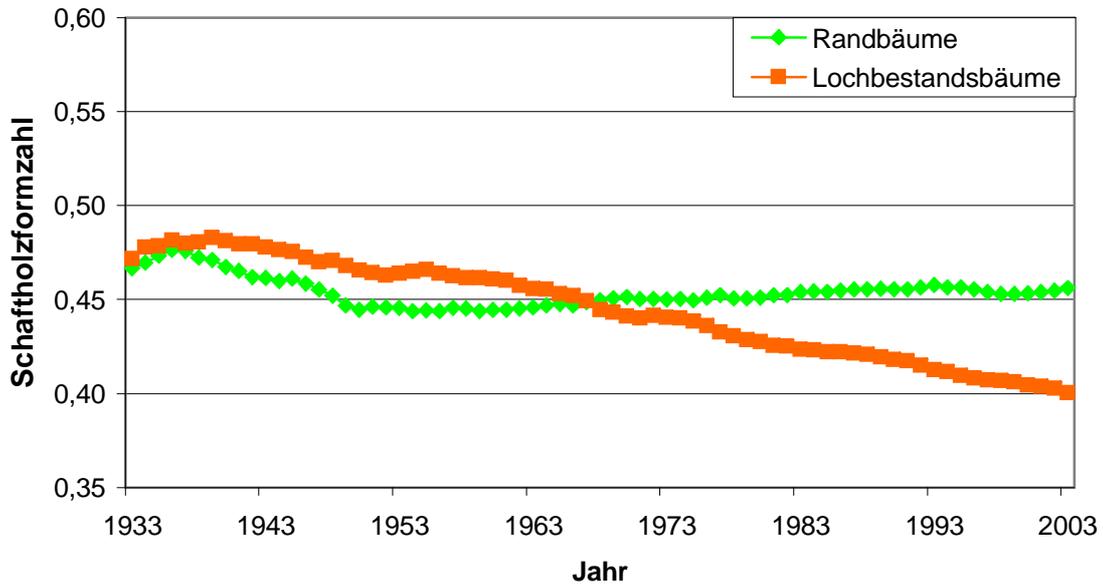


Abb. 4.10: Entwicklung der unechten Schaftholzformzahl ($fs_{1,3}$) mit Beginn der Hauptverjüngung des umgebenden Bestandes bei Randeichen (grüne Linie) und Lochbestandeseichen (orange Linie) eines Lochbestandes im Amt für Forstwirtschaft Belzig, Oberförsterei Ferch, Revier Flottstelle in den Jahren 1933 - 2004

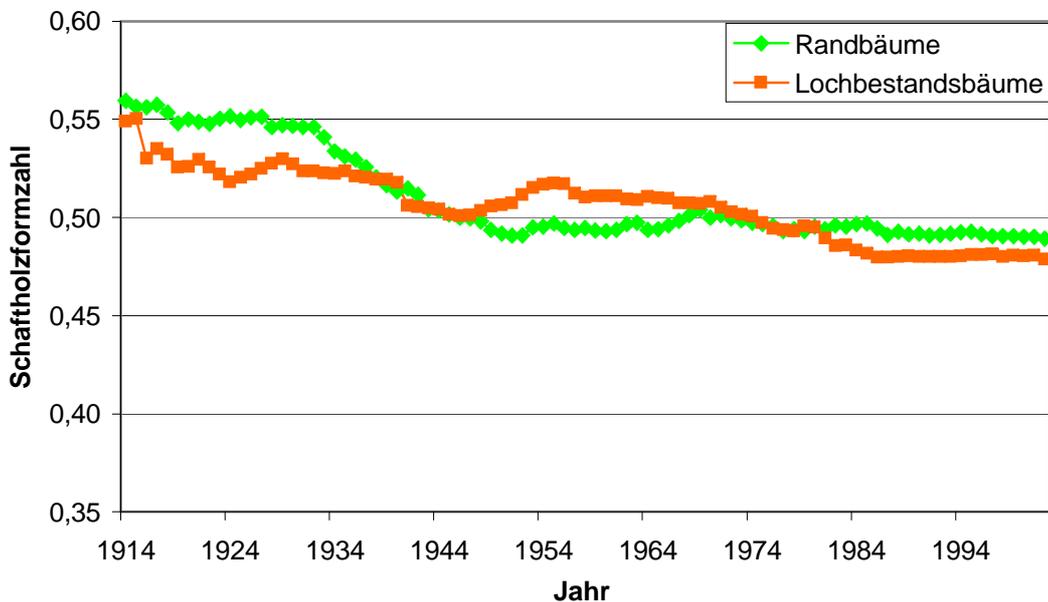


Abb. 4.11: Entwicklung der unechten Schaftholzformzahl ($fs_{1,3}$) mit Beginn der Hauptverjüngung des umgebenden Bestandes bei Randeichen (grüne Linie) und Lochbestandeseichen (orange Linie) eines Lochbestandes im Amt für Forstwirtschaft Eberswalde, Oberförsterei Finowtal, Revier Melchow in den Jahren 1914 - 2004

In den Abb. 4.10 und 4.11 wird verdeutlicht:

- Mit Beginn der Freistellung des Lochbestandes die Formzahl der Bäume direkt am Rand des Lochbestandes erst stagniert und dann schneller sinkt als in deren Mitte,
- nach der Phase des Absinkens der Formzahl sich diese praktisch nicht mehr verändert, während sie bei den Eichen im zentralen Bereich des Lochbestandes weiter sinkt,
- die Schaftholzformzahlen zum Entnahmezeitpunkt zwischen den Randbäumen und Lochbestandesbäumen im Lochbestand Ferch stark und im Lochbestand Melchow nur gering differieren,
- und die Schaftholzformzahlen zwischen den Lochbeständen erheblich abweichen.

Um die Unterschiede zwischen den Formzahlen der Randbäume und der Eichen in den Lochbeständen genauer zu untersuchen, wurden in vier Lochbeständen mit einem umgebenden Bestand aus Kiefern im Revier Lehnin, der Oberförsterei Lehnin, des Amtes für Forstwirtschaft Rathenow anhand sektionsweiser Kubierung das Volumen von 87 Lochbestandeseichen bestimmt. Gleichzeitig wurde der Standort der Eichen innerhalb des Lochbestandes festgehalten.

Die größte Abweichung zwischen den aus der sektionsweiser Kubierung abgeleiteten Formzahlen und den Formzahlen laut Ertragstafel (JÜTTNER, 1957) betrug bei einer Eiche 18 %. Insgesamt betrug der Derbholzvolumenunterschied zwischen der Berechnung mit Ertragstafelformzahlen und der Berechnung nach der für den durch die Probeexemplare ermittelten Formzahl 3 %, wobei das Volumen durch die Verwendung des Ertragstafelformzahl-Verfahrens unterschätzt wurde.

Dieser Volumenfehler dürfte keinen Mittelwert darstellen, da zur Untersuchung Bestände mit einem hohen Bedrängungsindex, das heißt mit einer großen Reinbestandesferne ausgesucht wurden. Vielmehr dürfte der durchschnittliche, durch eine andere Formigkeit der Randbäume auftretende Volumenfehler in mit Buchen umstandenen Lochbeständen deutlich geringer und in mit Kiefern umstandenen Lochbeständen geringer ausfallen.

4.2.4.6 Volumenleistung der Lochbestände

Zum Vergleich der Bestandesvolumen der Eichen in den Lochbeständen mit denen in **Reinbeständen** wurden unter den gleichen Bedingungen wie im Kap. 4.2.4.1 eine Auswahl von Beständen aus dem Datenspeicher Wald (DSW) 2003 getroffen, die vom Alter, der Trophie und den Baumarten mit den untersuchten Lochbeständen vergleichbar sind.

In Tab. 4.9 wird der durchschnittliche Derbholzvorrat der Eichenlochbestände mit ihrem Sollvorrat laut Ertragstafel und dem Vorrat der Eichenreinbestände des Landes Brandenburg in Abhängigkeit von der Trophie des Standorts verglichen.

Tab. 4.9: Derbholzvorrat der Eichenlochbestände und deren Sollvorrat laut Ertragstafel (ERTELD 1962 b) in Abhängigkeit von der Stammstrophie im Vergleich zu den im Datenspeicher Wald (DSW) erfassten Eichenreinbestände

($N_{\text{Lochbestände}} = 713$, $N_{\text{Reinbestände}} = 4.316$)

| STAMMTROPHIE | EICHENLOCHBESTÄNDE | | | | EICHENREINBESTÄNDE | |
|--------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| | Volumen Vfm/ha | Var.Koeff. % | Sollvol. Vfm/ha | Var.Koeff. % | Volumen Vfm/ha | Var.Koeff. % |
| kräftig | 432 | 27 | 388 | 13 | 381 | 26 |
| mittel | 402 | 38 | 371 | 17 | 339 | 29 |
| zieml. arm | 355 | 43 | 340 | 21 | 301 | 30 |
| arm | 268 | 21 | 257 | 17 | 268 | 29 |

Die in Tab. 4.9 dargestellten Ergebnisse lassen folgende Schlüsse zu:

- Mit abnehmender Bodentrophie sinkt auch der Derbholzvorrat,
- die Sollvorräte sind deutlich geringer als die ermittelten Istvorräte, die überwiegende Anzahl der Lochbestände ist mithin im Vergleich zur Ertragstafel (ERTELD 1962 b) überbestockt,
- die Lochbestände haben einen größeren Derbholzvorrat, als die vergleichbaren Reinbestände.

Bei **gemischten Beständen** ist, neben dem Vergleich mit der Volumenleistung der Reinbestände der Lochbaumart, auch ein Vergleich mit der Volumenleistung der meist ursprünglichen Reinbestandesbaumart, das heißt der umgebenden Baumart, wichtig. So würden auf den ärmeren Standorten (bis etwa zur Stammstandortstrophie mittel) statt Kiefernbeständen mit Eichenhorsten Kiefernreinbestände und oberhalb dieser Trophiestufe Buchenreinbestände auf diesen Flächen stocken.

Zum Vergleich wurde für jeden aufgenommenen Lochbestand errechnet, wie viel Derbholzvolumen der Lochbestand mit dem ihn umgebenden Bestand pro Hektar erreicht. Dabei wurde das Derbholzvolumen des umgebenden Bestandes, das nicht auf der Fläche des Lochbestandes stocken konnte, durch das Derbholzvolumen des Lochbestandes substituiert. So wurde der Gesamtvorrat des gemischten Bestandes nach der Formel errechnet:

*Gesamtvorrat = Vorrat des Lochbestandes + (10.000 / Fläche des Lochbestandes) * Vorrat des umgebenden Bestandes.*

Der Anteil des Vorrates des Lochbestandes am Gesamtvorrat des gemischten Bestandes wurde mit der Formel berechnet:

$$\text{Anteil des Vorrats des Lochbestandes} = \text{Vorrat des Lochbestandes} * 100 / \text{Gesamtvorrat}$$

Hierbei gilt es zu beachten:

- Der Anteil des Vorrates der Eichenlochbestände am zusammengesetzten Vorrat hängt von mehreren Faktoren ab (Vorrat der Eichen und Buchen bzw. Kiefern, Lochbestandesgröße, Altersdifferenz zwischen Eichen und Buchen bzw. Kiefern),
- die Kiefernbestände waren durchschnittlich 22 Jahre und die Buchenbestände durchschnittlich 23 Jahre jünger als die Eichenlochbestände.

Der Gesamtvorrat des gemischten Bestandes je Hektar wurde jeweils mit dem Derbholzvolumen des umgebenden Bestandes je Hektar verglichen (s. Tab. 4.10 und 4.11).

Tab. 4.10: Derbholzvorrat für Bestände aus Kiefern mit einem Lochbestand aus Eichen und der Anteil des Eichenderbholzvolumens am Gesamtvorrat in Abhängigkeit von der Stammtriebe im Vergleich zum Derbholzvorrat reiner Kiefernbestände (462 Lochbestände)

| STAMMTROPHIE | KIEFERNBESTÄNDE MIT EINEM EICHENLOCHBESTAND | | | KIEFERNREINBESTÄNDE | |
|--------------|---|-----------------|----------------------------|---------------------|-----------------|
| | Volumen Vfm/ha | Var.Koeff. % | Anteil Eichenholzvol. % | Volumen Vfm/ha | Var.Koeff. % |
| kräftig | 438 | 16 | 18 | 403 | 16 |
| mittel | 429 | 22 | 14 | 368 | 18 |
| zieml. arm | 351 | 35 | 14 | 312 | 24 |
| arm | 326 | 11 | 12 | 277 | 17 |

Tab. 4.11: Derbholzvorrat für Bestände aus Buchen mit einem Lochbestand aus Eichen und der Anteil des Eichenderbholzvolumens am Gesamtvorrat in Abhängigkeit von der Stammtriebe im Vergleich zum Derbholzvorrat reiner Buchenbestände (158 Lochbestände)

| STAMMTROPHIE | BUCHENBESTÄNDE MIT EINEM EICHENLOCHBESTAND | | | BUCHENREINBESTÄNDE | |
|--------------|--|-----------------|----------------------------|--------------------|-----------------|
| | Volumen Vfm/ha | Var.Koeff. % | Anteil Eichenholzvol. % | Volumen Vfm/ha | Var.Koeff. % |
| kräftig | 519 | 16 | 10 | 514 | 15 |
| mittel | 458 | 23 | 8 | 466 | 23 |

In Tab. 4.10 und 4.11 ist dargestellt:

- Der Vorrat, der aus dem Loch- und dem umgebenden Bestand bei Eichenloch- in Kiefernbeständen gebildet wird, liegt etwa 10 % über dem von Kiefernreinbeständen,
- der Anteil des Vorrats der Eichenlochbestände am zusammengesetzten Derbholzvorrat sinkt mit abnehmender Trophie,

- der Gesamtvorrat von Eichenloch- und umgebenden Buchenbeständen entspricht in etwa denen der Buchenreinbestände,
- der Anteil des Vorrats der Eichenlochbestände am zusammengesetzten Derbholzvorrat in Buchenbeständen ist geringer als in Kiefernbeständen,
- die Variation der Gesamtvorräte unterscheiden sich zwischen den von Kiefern und den von Buchen umgebenen Lochbeständen nicht.

4.2.5 DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Ergebnisse

Die Untersuchung der Wuchsleistung der Eichen in Lochbeständen erbrachte als wichtigste Ergebnisse:

- Die **Höhenwuchsleistung** der Eichen in Lochbeständen unterscheidet sich nicht von Eichen aus Reinbeständen.
- Die **Brusthöhendurchmesser** der Eichen der äußeren Reihe waren in mit Kiefer umgebenen Lochbeständen höchst signifikant größer und in mit Buche umstandenen Lochbeständen signifikant größer als die Durchmesser der übrigen Eichen.
- Der **Wachstumsgang** der Randeichen unterschied sich von dem der übrigen Eichen des Lochbestandes.
- Die **Volumenleistung** der Lochbestände entsprach denen vergleichbarer Eichenreinbestände.

Kritische Beurteilung

Die Untersuchung der Wachstumsgänge der Eichen zeigte deutlich, dass die Randeichen nach der Freistellung durch Verjüngung des umgebenen Kiefernbestandes ein gegenüber den anderen Eichen verändertes Höhen- und Durchmesserwachstum zeigten. Die Mittelwerte der Lochbestände unterschieden sich aber nicht von denen der Reinbestände. Gründe hierfür könnten sein:

- Der Anteil der Randbäume am Gesamtbestand war so gering, dass die Wachstumsveränderungen keine nachweisbare Verschiebung der Bestandesmittelwerte erbrachten.
- Die stärkeren Durchmesser der Randbäume wurden durch geringere Durchmesser der anderen Eichen kompensiert.

Mit Hilfe des Wachstumssimulators „SILVA“ (Pretzsch, 2001) könnte anhand der untersuchten Wachstumsabläufe die Entwicklung der gesamten Modelllochbestände nachgezeichnet

werden. Auf diese Weise wären die Gründe für den fehlenden Unterschied zwischen den Werten der Reinbestände und denen der Lochbestände ohne weitere Datenerhebungen zu ermitteln. Außerdem könnten so die Auswirkungen standardisierter Behandlungen der Lochbestände abgebildet werden.

Im Zuge dieser Arbeit konnte das Problem der veränderten Formigkeit der Randeichen nur angerissen werden. Da die verwendete Volumenberechnung auf Formzahlen aufbaut, sind hierdurch Unsicherheiten hinsichtlich der Genauigkeit der Werte begründet. Die Genauigkeit der Werte sollte aber noch erhöht werden. Dies wäre durch sektionsweise Kubierung einer großen Anzahl von Randbäumen und Ermittlung der sich daraus ergebenden Formzahlen möglich.

Vergleich mit anderen Autoren

BALLIN (1982) untersuchte MORTZFELDTsche Lochbestände im staatlichen Forstamt Bramwald. Hierbei verglich er die Wuchsleistung der Eichen in den Lochbeständen mit der von Eichen aus Reinbeständen. BALLIN kam auch zu dem Schluss, dass die Eichen der Lochbestände die gleiche Wüchsigkeit aufweisen, wie die Eichen der Reinbestände.

ERTELD (1986) analysierte den Bestandestyp des Kiefern-Traubeneichen-Mischbestandes. Danach zeigen beide Baumarten in Mischung eine ausreichende Wuchsleistung. Der Mischbestand erreicht nach ERTELD aber nicht ganz die Volumenleistung eines Kiefernreinbestandes. Da in der vorliegenden Untersuchung die Kiefernbestände jünger als die Eichenlochbestände waren, widerspricht dies nicht den vorgelegten Ergebnissen.

BROWN (1992) kam bei der vergleichenden Untersuchung von Wuchsleistung von Kiefern- und Traubeneichenreinbeständen mit Kiefern-Traubeneichen-Mischbeständen zum Ergebnis, dass die Traubeneichen in Mischbeständen ein signifikant besseres Höhenwachstum als im Reinbestand zeigten. Die Kiefer wurde in ihrem Wachstum nicht behindert.

Das Wachstum und die Entwicklung von Trauben- und Stieleichen auf DANCKELMANNschen Gassen wurde von BÖHLER (2001) untersucht. BÖHLER fand Unterschiede zwischen dem Wachstum der Eichen auf den Gassen im Vergleich zur Ertragstafel (ERTELD, 1962 b). BÖHLER führte diese Unterschiede nicht auf Randwirkungen zurück. Vielmehr nahm er an, dass sie durch Ungenauigkeiten in der Ertragstafel verursacht wurden.

MUCHIN (2003) untersuchte für Nordostdeutschland die Abhängigkeit des Wachstums der Trauben- und Stieleiche vom Standort. Nach MUCHIN unterscheiden sich die Wachstumsabläufe der Trauben- und Stieleiche erheblich. MUCHIN betonte dabei auch die Unterschiede zu

der in dieser Arbeit als Vergleichmaßstab herangezogenen Ertragstafel von ERTELD (1962 b), die auf der fehlenden Trennung von Trauben- und Stieleiche beruhen.

Da in einem Teil der Lochbestände sowohl Trauben- und Stieleichen vorkamen, hätte eine ausschließliche Betrachtung von Lochbeständen mit einer Baumart die Anzahl der untersuchten Bestände erheblich begrenzt. Aus diesem Grund wurde die Ertragstafel von ERTELD (1962 b) verwendet.

Anregung für weiterführende Untersuchungen

Die vorliegende Untersuchung ist auf der Ebene der Zustandsbeschreibung verblieben. Um die dynamischen Prozesse der Entwicklung der gemischten Bestände besser abbilden zu können und die Betrachtung der Auswirkung einer modellhaften Bewirtschaftung zu ermöglichen, sollten die erhobenen Daten zur Erstellung von Wachstumsmodellen genutzt werden.

Hierzu würden sich Wachstumssimulatoren (SILVA) anbieten.

Die untersuchten Lochbestände waren ungefähr 100 Jahre alt. Damit endet der betrachtete Zeitraum bei etwa der Hälfte der Umtriebszeit der Eichen. Da im Spessart der gruppen- und horstweise Eichenanbau in Buchenbeständen schon viel länger praktiziert wurde (DANCKELMANN, 1871; STAUBESAND, 1878; VANSELOW, 1926; ENDRES, 1929), sollten hier Eichengruppen und -horste untersucht werden, die deutlich älter sind.

4.3 DIE QUALITÄT DER EICHEN IN LOCHBESTÄNDEN

4.3.1 KENNTNISSTAND ZUR QUALITÄT VON EICHEN IN LOCHBESTÄNDEN

Die Dimension und die Qualität eines Stammes sind ausschlaggebend für die am Markt zu erzielenden Erlöse. Deshalb ist neben den waldwachstumskundlichen Parametern auch die Qualität der in den Eichenlochbeständen wachsenden Eichen von Interesse. An Bedeutung gewinnt die Qualität der Eichen in Lochbeständen noch dadurch, dass bei Befragungen der Revier- und Oberförster der Region, trotz des Fehlens von wissenschaftlichen Untersuchungen, ausschließlich die Meinung geäußert wurde, dass aus MORTZFELDTschen Lochbeständen kein qualitativ hochwertiges Holz zu erwarten sei.

Häufig wurden hierbei die Aussagen SCHWAPPACHS (1916) zu den MORTZFELDTschen Löchern zitiert. SCHWAPPACH beurteilte das Vorverjüngungssystem genau in der Zeitperiode, in der die Lochbestände in der Regel durch Kahlhiebe des umgebenden Bestandes auf Freiflächen standen.

Bei DENGLER (1935) und KRAHL-URBAN (1943) sind Bilder solcher Horste und Gruppen zu sehen. Die Eichen, die zu diesem Zeitpunkt in ihrer sogenannten „Pflegelphase“ waren, bilde-

ten an den Rändern der Lochbestände starke Äste aus. Über die Bestände dieser Entwicklungsphase äußerte sich SCHWAPPACH negativ, ohne Beispiele für ältere Bestände zu kennen. BALLIN (1982), der sich in seinen Untersuchungen mit der Qualität älterer MORTZFELDTscher Lochbestände beschäftigte, und KRÄMER (1984), der auf diesen Ergebnissen aufbaute, bewerteten die Qualität der untersuchten Lochbeständen mit gut.

KRÄMER (1984) wies auf die „*selbst erfüllende Prophezeiung der schlechten Qualität*“ der Lochbestände hin. Damit meinte KRÄMER, weil die Bewirtschafter annahmen, dass die Lochbestände eine geringe Qualität hervorbringen würden, unterließen sie die Pflege. Und weil sie die notwendigen Pflegen unterließen, wurde eine geringere Anzahl von hochwertigen Stämmen erzogen, als möglich gewesen wäre.

Durch die fest gefassten Meinungen bei einem geringen Wissensstand und durch die Bedeutung, die die Qualität des produzierten Holzes für den wirtschaftlichen Erfolg eines waldbaulichen Systems hat, kam der Beurteilung der Qualität der Lochbestände eine zentrale Bedeutung bei der Konzeption dieser Forschungsarbeit zu.

4.3.2 UNTERSUCHUNGSANSÄTZE ZUR QUALITÄTSMBEWERTUNG

Zur Beurteilung der Qualität der Eichen in Lochbeständen wurden zwei voneinander unabhängige methodische Ansätze verwendet.

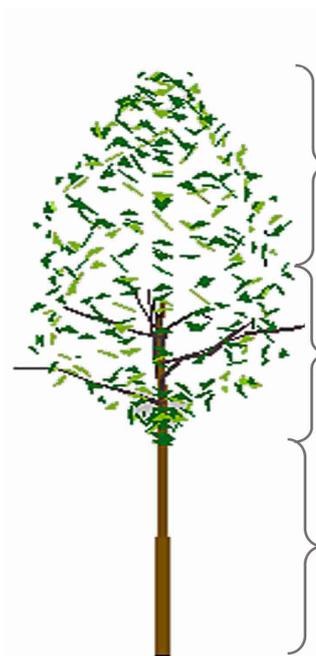
- Im ersten Ansatz, der **Bewertung der absoluten Qualität der Eichen**, wurden die Endbestandsbäume einer qualitativen Bewertung unterzogen. Auf diese Weise wird das Wertpotenzial eines Lochbestandes sichtbar.
- Beim zweiten Ansatz, der **Bewertung der relativen Qualität der Eichen**, wurde bestimmt, zu welchem Anteil die Eichen der Lochbestände Qualitäten der Eichen von Reinbeständen hatten. Damit sollte die Prognose der Wertentwicklung in Anlehnung an die Qualitätsentwicklung von Reinbeständen ermöglicht werden.

4.3.3 BEWERTUNG DER ABSOLUTEN QUALITÄT DER EICHEN IN LOCHBESTÄNDEN

Für die Sortimentsstruktur in einem Bestand ist der Pflege- und Durchforstungszustand des Bestandes entscheidend. Wird ein Bestand durchforstet, so ändert sich unmittelbar der absolute Wert des verbleibenden Bestandes. Außerdem wird die zukünftige Sortimentsstruktur entscheidend beeinflusst. Da der Pflegezustand und die bisherigen Behandlungen in den untersuchten 80 - 130-jährigen Lochbeständen stark voneinander abwichen, schied mithin eine Betrachtung der Sortimentsanteile aller Bestandesmitglieder aus.

Gerade in Eichenbeständen wird der Hauptanteil der Erlöse mit der Endnutzung realisiert (URBAN, 1959). Auf die Kronenpflege der zukünftigen Endbestandsbäume sollten sich in MORTZFELDTschen Lochbeständen alle Pflegemaßnahmen richten. Also können auch im Fall der Qualitätsansprache die Endbestandsbäume als Weiser genutzt werden. Die Auswahlkriterien für die Endbestandsbäume wurden im Kap. 3.2.2.1 erläutert.

Bei der Unterteilung von Eichenstämmen im Alter von 80 - 130 Jahren ergaben sich an jedem Stamm drei deutlich abgrenzbare Zonen (s. Abb. 4.12).



| ASTZONE | MERKMALE | BEGRENZUNG |
|-------------|--|--|
| Grünäste | * Länge | * Terminalknospe bis tiefster Grünast |
| Trockenäste | * Länge | * tiefster Grünast bis tiefster Trockenast |
| astfrei | * Länge * Anzahl der Rosen * Anzahl der Wasserreiser * Krümmung * wenn Folgestück mindest. 2,5 m, dann Anzahl der Trocken- bzw. Grünäste | * tiefster Trockenast bis Stammfuß (wenn oberhalb des tiefsten Trockenasts 2,5 m astfrei, dann zweit-tiefster Trockenast bis Stammfuß) |

Abb. 4.12: An den Endbestandsbäumen für die absolute Qualitätsbewertung ausgeschiedene Astzonen mit den darin erhobenen Merkmalen

Astfreie Zone des Stammes

Die erste Zone ist die astfreie Zone des Stammes. Hier sind die Äste bereits überwallt. Das Holz dieses Stammbereiches hat, wenn man ausschließlich Ast- und Rindenmerkmale heranzieht, die Güte Wertholz (A) oder normales Sägeholz (B) nach der Handelsklassensortierung (HKS). Da bei den untersuchten Stämmen lediglich die Hälfte des zu erwartenden Umtriebsalters erreicht war, wird in diesem Stammbereich noch über einen langen Zeitraum astfreies Holz angelegt. Wird die Wasserreiserbildung bis zum Endnutzungsalter verhindert, ist dieser Teil des Stammes das zukünftige Furnierstück.

Es kann vorkommen, dass in diesem Stammsegment einzelne Trockenäste verblieben sind. Folgte einem einzelnen Trockenast ein astfreies Stück von mindestens 2,5 m, so wurde das Gesamtstück als astfreie Zone aufgenommen. War der Abstand vom untersten bis zum nächsten Trockenast weniger als 2,5 m, so begann die Trockenastzone am untersten Trockenast.

Zur Qualitätsbewertung wurden für den Bereich der trockenastfreien Zone folgende Parameter (vgl. Abb. 4.12) aufgenommen:

- Länge,
- Schaftform,
- Anzahl der Wasserreiser,
- Anzahl der Rosen,
- Anzahl der Trocken- bzw. Grünäste.

Die Länge der astfreien Zone wurde unter Verwendung des VERTEX III Höhenmessers auf Dezimeter genau vermessen.

Da die Auswirkung einer **Krümmung des Stammes** für die spätere Verwendung von der Dimension des Holzes abhängt, wurde die Ansprache der Krümmung für den trockenastfreien Bereich in 4 Klassen vorgenommen (s. Tab. 4.12).

Tab. 4.12: StammAusformungsklassen bei der Qualitätsbewertung

| KLASSE | STAMMAUSFORMUNG |
|--------|---|
| 0 | Stammteil ist zweischnüurig |
| 1 | Stammteil ist nicht zweischnüurig, aber die auftretende Krümmung hat keinen Einfluss auf die Sortierung |
| 2 | Krümmung hat Einfluss, aber die Sortierung erfolgt, aufgrund der Krümmung, als Güteklasse normales Sägeholz (B) |
| 3 | Krümmung hat Einfluss, aber die Sortierung erfolgt, aufgrund der Krümmung, schlechter Güteklasse B, aber noch sägefähig |

Bei der Einteilung wurden die derzeitigen Krümmungen berücksichtigt. Bis zur Nutzung werden die Stämme noch erheblich dicker und die Krümmung erfahrungsgemäß etwas ausgeglichen. Der Erwartungswert der Stämme wird also derzeit systematisch unterschätzt.

Als **Wasserreiser** wurden alle Äste klassifiziert, die anhand ihrer Größe und Stellung am Baum deutlich als Sekundäräste angesprochen werden konnten. Wasserreiser treiben aus Knospen im Stammbereich aus und entwerten nur einen Anteil des radialen Bereiches an dem sie wachsen. Aus diesem Grund sollten sie von primären Ästen unterschieden werden. Im Bereich der trockenastfreien Zone wurde jedes Wasserreis gezählt. Bei der Zählung wurde nicht zwischen Einzelästen und Gruppen von Wasserreisern unterschieden.

Als **Rosen** wurden alle Rindenarben gezählt, die auf das Einwachsen von Ästen zurückzuführen waren. Im Bereich der trockenastfreien Zone konnte nur ein Trockenast auftreten, wenn im Anschluss noch ein astfreies Stück von mindestens 2,5 m Länge folgte.

Trockenastzone

Die Trockenastzone als zweiter Stammbereich wird nach unten vom ersten auftretenden Trockenast und nach oben vom ersten auftretenden Grünast begrenzt. Aufgrund der Dauerhaftigkeit des Eichenholzes und der Stärke der Äste verbleiben die Trockenäste oder deren Stummel längere Zeit am Stamm. Zum Zeitpunkt der Nutzung dieser Stämme wird für einen Großteil dieser Äste die Überwallung abgeschlossen sein. Die sich aus der Überwallung ergebenden Rindennarben (Rosen) sind zu diesem Zeitpunkt aber noch deutlich zu erkennen. Dieser Bereich des Stammes wird folglich im Nutzungsalter hauptsächlich normales Sägeholz sein.

Eine Aufnahme von Qualitätsmerkmalen in diesem Bereich führt hier nur zu einer geringen Differenzierung. Außerdem ist eine Ansprache am stehenden Stamm durch die partielle Sichtbehinderung des Stammes durch Trockenäste schwierig. Deshalb wurde ausschließlich die Länge des Trockenastbereiches (Höhenmesser VERTEX III) aufgenommen und auf eine weitere Differenzierung nach Qualitätsparametern verzichtet.

Sonderfall Verzweiselung

Einen Sonderfall stellt die Verzweiselung der Stammachse im unteren Bereich dar. In diesem Fall sind die sich darüber befindenden Stammteile aufgrund der durch die Verzweiselung auftretenden Krümmung und der geringen Stärkeklasse in der Regel nicht mehr sägefähig. Deshalb endet mit dem Auftreten von Zwieseln der trockenastfreie bzw. der Trockenastbereich. Eine weitere Qualitätsaufnahme der über dem Zwiesel liegenden Stammteile unterblieb.

Grünastzone

Der dritte Stammbereich, die Grünastzone, beginnt mit dem Auftreten des ersten Grünastes und endet mit der Terminalknospe des höchsten Triebes. Aufgrund des geringen Sägeholzanteils dieses Bereiches (geringe Stärkeklasse, häufige Verzweiselung, Krümmung) in Verbindung mit den bei der Aufarbeitung anfallenden hohen Kosten, kann dieser Bereich des Stammes bei einer ökonomischen Betrachtung vernachlässigt werden.

Nach diesen Vorgaben wurden in allen 719 Intensivaufnahmebeständen alle 2.332 Endbestandsbäume aufgenommen.

4.3.4 ERGEBNISSE DER BEWERTUNG DER ABSOLUTEN QUALITÄT

Die absolute Qualität wurde aus den im Kap. 4.3.3 erläuterten Gründen ausschließlich an den Endbestandsbäumen erfasst. Ziel war es 5 Endbestandsbäume je Lochbestand auszuwählen,

durchschnittlich konnten nur 3 Endbestandsbäume ausgewählt werden. Hauptgründe für die Differenz waren:

- Schleimflussschäden,
- auf Schadwirkungen hindeutende Verzweigungsstruktur in der Krone (Kronenindex schlechter 6, (AG DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN, 2002),
- Mangel an vorherrschenden Bäumen (Kraftschen Klasse 1), als Folge unsachgemäßer Durchforstungen,
- Holzerstörungen, wie Blitzrinnen, Frostleisten, Spechthöhlen und Befall durch Eichen-Feuerschwamm (*Phellinus robustus*).

In den Oberförstereien Frankenförde, Neu Glienicke, Menz und Bredereiche waren an den Eichen aller Lochbestände und in den Eichenreinbeständen frische Schleimflussschäden sichtbar. Außerdem wiesen die Kronen der Eichen eine auf eine geringe Vitalität der Bäume hinweisende Struktur auf (Fensterbildung, Kurztriebketten).

An den erfassten Endbestandsbäumen wurden die Länge der astfreien Zone (AFZ) und der Trockenastzone (TAZ) gemessen. In Tab. 4.13 sind die Anteile der astfreien Zone und der Trockenastzone an der Baumlänge und am Baumvolumen in Abhängigkeit von der Stammtriebiebigkeit dargestellt.

Tab. 4.13: Anteil des astfreien Bereiches (AFZ) und des Trockenastbereiches (TAZ) an der Baumlänge und am Baumvolumen der untersuchten Endbestandsbäume und deren Variationskoeffizienten (Var.Koeff.) in Abhängigkeit von der Stammtriebiebigkeit (2.332 Endbestandsbäume)

| STAMM- TROPHE | ANTEIL AN DER BAUMLÄNGE | | | | ANTEIL AM BAUMVOLUMEN | | | |
|------------------|-------------------------|-----------------|----------|-----------------|-----------------------|-----------------|----------|-----------------|
| | AFZ % | Var.Koeff. % | TAZ % | Var.Koeff. % | AFZ % | Var.Koeff. % | TAZ % | Var.Koeff. % |
| kräftig | 29 | 40 | 16 | 62 | 45 | 32 | 17 | 68 |
| mittel | 29 | 40 | 16 | 63 | 45 | 32 | 18 | 69 |
| zieml. arm | 26 | 43 | 14 | 75 | 41 | 34 | 17 | 77 |
| arm | 21 | 51 | 18 | 52 | 35 | 42 | 24 | 53 |
| Durchschn. | 28 | 42 | 15 | 66 | 44 | 33 | 18 | 71 |

In Tab. 4.13 ist verdeutlicht, dass 28 % der Länge bzw. 44 % des Volumens der Endbestandsbäume aus der astfreien Zone und weitere 15 % der Länge bzw. 18 % des Volumens aus der Trockenastzone des Stammes gebildet werden. Die Anteile der astfreien Zone an der Baumlänge sind niedriger als am Baumvolumen. Die Variationskoeffizienten der Werte der Anteile der astfreien Zonen sind deutlich geringer als die der Trockenastzonen.

Der Anteil der astfreien Zone an der Baumlänge bzw. am Baumvolumen nimmt mit sinkender Trophie ab. Der Anteil der Trockenastzone an der Baumlänge bzw. am Baumvolumen nimmt in der Trophiestufe arm zu.

Um die in Tab. 4.13 deutlich sichtbare Steigerung des Anteils der astfreien Schaftlänge von 21 % auf den armen Standorten über 26 % auf den ziemlich armen hin zu 29 % auf den mittleren und kräftigen Standorten hinsichtlich ihrer Signifikanz zu überprüfen, wurde ein Mittelwertvergleich durchgeführt.

Da alle Merkmale auf allen Standorten nicht hinreichend normalverteilt waren (Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung) wurde hierzu der U-Test verwendet.

In Tab. 4.14 sind die Ergebnisse des Tests dargestellt.

Tab. 4.14: Statistische Sicherung des Unterschieds der Mittelwerte des Anteils der astfreien Zone zwischen den einzelnen Trophiestufen
(Signifikanz: +++ $p < 0,1$ %, + $p < 5$ %, - nicht gesichert)

| STAMMTROPHIE | kräftig | mittel | zieml. arm | arm |
|--------------|---------|--------|------------|-----|
| kräftig | | | | |
| mittel | - | | | |
| zieml. arm | +++ | +++ | | |
| arm | +++ | +++ | +++ | |

Es wird deutlich (vgl. Tab. 4.13; Tab. 4.14), dass der Anstieg des Anteils der astfreien Zone von der Trophie arm über ziemlich arm hin zu mittel höchst signifikant ist. Im Trophiebereich mittel und kräftig sind keine Unterschiede im Anteil der astfreien Schaftlänge feststellbar.

Neben der Länge der **astfreien Zone** ist auch ihre Qualität für den Wert eines Baumes wichtig. Für die Qualitätseinstufung bei der Rundholzsartierung der astfreien Zonen an einem Stamm ist hauptsächlich die Anzahl der **Rosen** (überwachsene Äste) und **Wasserreiser** entscheidend.

So sind in der Handelsklassensortierung (HKS) Brandenburg für die höchste Güte A (Wertholz) wenige Rosen und Nägel bis 3 cm (Siegelhöhe) zugelassen (FROMMHOLD, 2001).

In Abstimmung mit dem Fachreferat des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung Brandenburg definierte FROMMHOLD wenige Rosen als maximal 2 Rosen je m. Mit dem Begriff Nägel sind Wasserreiser gemeint. Bei den Nägeln bleibt der Begriff „wenige“ aber unbestimmt.

Das wichtigste Qualitätsmerkmal in der **Trockenastzone** ist die Anzahl der **Trockenäste**. Diese werden, da schon abgestorben, im Nutzungsalter als Rindenmerkmal Rose auftreten.

Durch das Merkmal Rosen kann ein Stammstück nicht schlechter als in die Kategorie Sägeholz normaler Qualität (HKS Güte B) sortiert werden.

In Tab. 4.15 sind die Ergebnisse der Qualitätsaufnahmen im astfreien Bereich und im Trockenastbereich dargestellt.

Tab. 4.15: Anzahl der Rosen bzw. Wasserreiser je laufenden Meter der astfreien Zone und Anzahl der Trockenäste je laufenden Meter der Trockenastzone und die Variationskoeffizienten der Merkmale in Abhängigkeit von der Stammtrophie (2.332 Endbestandsbäume)

| STAMM-TROPHIE | ASTFREIE ZONE | | | | TROCKENASTZONE | |
|---------------|----------------|--------------|--------------------|--------------|----------------------|--------------|
| | Rosen Stk. / m | Var.Koeff. % | Wasserreiser Stk/m | Var.Koeff. % | Trockenäste Stk. / m | Var.Koeff. % |
| kräftig | 0,68 | 98 | 0,39 | 183 | 0,59 | 158 |
| mittel | 0,62 | 90 | 0,31 | 186 | 0,62 | 136 |
| zieml. arm | 0,75 | 82 | 0,33 | 172 | 1,02 | 99 |
| arm | 0,98 | 68 | 0,39 | 205 | 1,49 | 71 |
| Durchschn. | 0,68 | 89 | 0,33 | 183 | 0,75 | 125 |

Aus Tab. 4.15 geht hervor, dass die durchschnittliche Anzahl von Rosen, Wasserreisern und Trockenästen jeweils deutlich unter 2 Stück je m liegt. Die Werte aller drei Merkmale haben eine sehr hohe Varianz. Dabei ist die Varianz der Werte der Wasserreiser mehr als doppelt so groß wie die der Werte des Merkmals Rosen.

Aus Tab. 4.15 geht auch hervor, dass durchschnittlich mehr Rosen und Trockenäste je m auftreten je schlechter der Standort ist. Mit Hilfe eines Mittelwertvergleiches sollte abgeklärt werden, ob diese Unterschiede signifikant sind.

Da alle Merkmale auf allen Standorten nicht hinreichend normalverteilt waren (Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung) wurde hierzu der U-Test verwendet.

Tab. 4.16 und 4.17 stellen die Ergebnisse der Tests dar.

Tab. 4.16: Statistische Sicherung des Unterschieds der Mittelwerte der **Anzahl der Rosen** je m zwischen den einzelnen Trophiestufen (Signifikanz: +++ $p < 0,1\%$, + $p < 5\%$, - nicht gesichert)

| STAMMTROPHIE | kräftig | mittel | zieml. arm | arm |
|--------------|---------|--------|------------|-----|
| kräftig | | | | |
| mittel | - | | | |
| zieml. arm | +++ | +++ | | |
| arm | +++ | +++ | +++ | |

Tab. 4.17: Statistische Sicherung des Unterschieds der Mittelwerte der **Anzahl der Trockenäste** zwischen den einzelnen Trophiestufen
(Signifikanz +++ $p < 0,1 \%$, + $p < 5 \%$, - nicht gesichert)

| STAMMTROPHIE | kräftig | mittel | zieml. arm | arm |
|--------------|---------|--------|------------|-----|
| kräftig | | | | |
| mittel | - | | | |
| zieml. arm | +++ | +++ | | |
| arm | +++ | +++ | +++ | |

- Der Unterschied zwischen den Mittelwerten der Rosen und den Trockenästen auf den Trophiestufen arm und ziemlich arm ist höchst signifikant.
- Zwischen der Trophiestufe ziemlich arm und mittel sind die Unterschiede bei den Trockenästen höchst signifikant und bei dem Merkmal Rosen signifikant.
- Bei beiden Merkmalen sind die Mittelwerte der Trophiestufe mittel und kräftig voneinander nicht unterscheidbar.

Nach den Rindenmerkmalen ist für den astfreien Bereich die **Krümmung** das wichtigste Sortierungsmerkmal.

Stammkrümmungen sind bei schwächeren Bäumen stärker ausgeprägt und schränken die Holzverwertung oft erheblich ein. Später pflegen sie sich zumindest teilweise „auszuwachsen“ und beeinträchtigen deshalb bei dicken Stämmen die Holzqualität meist weniger schwerwiegend. Die untersuchten Eichen haben das Nutzungsalter noch längst nicht erreicht und werden im Nutzungsalter erheblich dicker sein. Damit zeichnen die jetzt erfassten Krümmungen (s. Tab. 4.18) ein deutlich ungünstigeres Bild, als es bei Erreichen des Nutzungsalters in ca. 100 Jahren erwartet werden kann.

Tab. 4.18: Anzahl und Anteil der Endbestandsbäume (E-Bäume) mit einer astfreien Zone und der entsprechenden Krümmung

| STÄRKE DER KRÜMMUNG | ASTFREIER BEREICH DER E-BÄUME | |
|--|-------------------------------|----------|
| | Anzahl Stk. | Anteil % |
| ohne Krümmung | 852 | 37 |
| geringe Krümmung - ohne Einfluss auf die Sortierung | 1121 | 48 |
| Krümmung – Güte nicht schlechter als HKS B | 326 | 14 |
| Krümmung – Güte schlechter als HKS B, noch sägefähig | 33 | 1 |
| Gesamt | 2332 | 100 |

In Tab. 4.18 ist verdeutlicht, dass beim überwiegenden Teil der Endbestandsbäume (85 %) die auftretenden Krümmungen keinen Einfluss auf die Sortierung gehabt hätten. Lediglich bei 14 % der Stämme wäre es zu einer Herabgruppierung aus der Güte Wertholz (HKS Güte A) in die Güte normales Sägeholz (HKS Güte B) gekommen.

33 Stämme wiesen so starke Krümmungen auf, dass sie als schlechtes Sägeholz (HKS Güte C) oder als 40 % noch gewerblich verwendbares Holz (HKS Güte D) hätten ausgehalten werden müssen.

Über alle Standorte wurden in Lochbeständen Elitestämme gefunden, die schon im Alter von rund 100 Jahren Preise von über 650 € / m³ erzielen würden.

In fast allen untersuchten Beständen wurden die aufgezeigten absoluten Qualitäten ohne dienende Baumarten und eine angemessene Kronenpflege erreicht.

4.3.5 DISKUSSION DER ERGEBNISSE DER ABSOLUTEN QUALITÄTSBESTIMMUNG

Ergebnisse

Die Bestimmung der absoluten Qualität der Endbestandsbäume erbrachte als wichtigste Ergebnisse:

- Durchschnittlich 44 % des Baumvolumens der Endbestandsbäume war äußerlich astfrei.
- Der Anteil des astfreien Baumvolumens nahm unterhalb der Trophie mittel mit sinkender Trophie ab.
- Die astfreie Zone wies eine geringe Anzahl von Rosen und Wasserreisern auf.
- Nur rund 1 % der untersuchten Endbestandsbäume wiesen starke Krümmungen auf.

Die Endbestandsbäume der Lochbestände hatten somit eine normale bis sehr gute Qualität.

Kritische Beurteilung

Die Qualitätsansprache erfolgte mit Ausnahme der Krümmung anhand von Merkmalen, die eindeutig messbar waren. Beim Merkmal Krümmung dagegen kam es durch den Aufnehmenden zu einer subjektiven Einschätzung. Aus diesem Grund wurde die Krümmungsansprache nur von zwei Personen durchgeführt, die sich mehrmals gegenseitig überprüften. So sollte ein zu starker subjektiver Einfluss vermieden werden.

Zwei weitere Versuchsansätze hätten zu einer Steigerung der Aussagekraft der Ergebnisse beitragen können:

- Die dargestellten Ergebnisse sind durch die unterschiedliche Behandlung der Lochbestände Mittelwerte eines weiten Behandlungsspektrums. Gerade um das Wertpotenzial der Bestände verdeutlichen zu können, wäre eine Qualitätsuntersuchung an Lochbeständen mit modellhaften Behandlungseingriffen wünschenswert gewesen. Eine Untersuchung

solcher Bestände hätte auch das Ableiten von waldbaulichen Handlungsanweisungen für Lochbestände erleichtert. Die Auswahl von Beständen mit modellhafter Bewirtschaftung war aber aufgrund des Fehlens von lückenlosen Aufzeichnungen zur Behandlung der Lochbestände unmöglich.

- Durch die Untersuchung der inneren Holzqualität hätten bei der Bewertung weitere wichtige Merkmale (Exzentrizität, Fäule, Mondring, Splintbreite, Jahrringaufbau) einbezogen werden können. Aufgrund des zu erwartenden hohen Wertzuwachses der Endbestandsbäume hätte die vorzeitige Entnahme zu Forschungszwecken zu spürbaren wirtschaftlichen Einbußen geführt. Deshalb konnten keine Untersuchungen der inneren Holzqualität vorgenommen werden.

Vergleich mit anderen Autoren

BALLIN (1982) und KRÄMER (1984) schätzten ein, dass die von BALLIN untersuchten vergleichbaren Lochbestände trotz unterlassener Pflege mindestens durchschnittliche Reinbestandesqualitäten aufwiesen. Dieser Befund wird durch die vorliegenden Ergebnisse auch für den nordostdeutschen Raum bestätigt. Die Qualitäten der Lochbestände waren gut bis sehr gut. Mit einem Anteil der astfreien Zone am Baumvolumen von 44 % und der Trockenastzone von 18 %, war mindestens 62 % des Volumens der Endbestandsbäume Sägeholz. Da schon beim Auftreten des ersten noch lebenden Astes der Beginn der Grünastzone ausgeschieden wurde, dürften einige Anteile der Grünastzone auch dem Sägeholz zuzurechnen sein. Nach den Bestandessortentafeln (SCHÖPFER, DAUBER, 1989) haben vergleichbare Reinbestände Sägeholzanteile von 60 - 65 %. Damit entsprechen die gefundenen Sägeholzanteile mindestens dem Durchschnitt der Eichenreinbestände.

PISOKE, SPIECKER (1997) wiesen am Beispiel eines Eichenreinbestandes des Pfälzer Waldes nach, dass auch Eichen in Kleinlochstellung von 200 m² hohe Wertholzanteile haben können.

NUTTO (2000) untersuchte 7 - 18 m hohe Eichenbestände in Lücken eines Eichen-Buchen-Mischbestandes. Er stellte fest, dass in diesen Lücken Eichenwertholz erzogen werden kann.

SCHÜTZ (1991) untersuchte 8 Eichenlochbestände in der Schweiz mit einer Größe zwischen 600 und 800 m². Er kam zu dem Ergebnis, dass in kleinen Lochbeständen wenige Eichen mit einer guten Qualität zu finden waren. Dies führte er auf Schneedruckschäden zurück, die durch Schlankheit der im Halbschatten erwachsenen Eichen ermöglicht wurden. Schneedruck ist in Nordostdeutschland ein seltenes Phänomen und somit von geringer Bedeutung. Deshalb widersprechen diese Ergebnisse von SCHÜTZ nicht den vorgelegten Ergebnissen.

4.3.6 BEWERTUNG DER RELATIVEN QUALITÄT DER EICHEN IN LOCHBESTÄNDEN

Neben der absoluten Qualitätsansprache der Eichen in Lochbeständen ist der Vergleich mit der Qualität der Eichen in Reinbeständen für das Verständnis der Wertentwicklung von horst- und gruppenweisen Eichenanbauten entscheidend. Das Bepflanzungsmuster und die verwendeten Pflanzensortimente unterscheiden sich nicht oder nur unwesentlich zwischen den Lochbeständen und den Reinbeständen. Dagegen ist der Anteil der Randbäume in Lochbeständen deutlich höher als in Reinbeständen. Da die Konkurrenzbedingungen zwischen Eichen und Kiefern bzw. Buchen von denen zwischen Eichen abweichen, könnten als Folge davon auch die Qualitäten der Eichen am Rand von denen im Zentrum von Beständen abweichen. Ein anderer Anteil von Randbäumen könnte also auch einen anderen Anteil von Bäumen anderer Qualität bedeuten. Dabei hängt der Anteil der betroffenen Bäume nicht nur vom Anteil der Randbäume, sondern auch von der Wirtiefe der am Rand gegenüber dem Zentrum veränderten Umweltbedingungen in den Lochbestand ab.

Daraus ergaben sich 2 Fragestellungen:

- Führen die an den Rändern der Eichenbestände auftretenden Umweltbedingungen zu veränderten Qualitäten der Eichen?
- Wie tief in den Lochbestand hinein wirkt dieser Einfluss auf die Qualität der Eichen?

Die Wirkung der gegenüber dem Zentrum veränderten Bedingungen am Rand des Lochbestandes auf die Qualität der Eichen reicht so weit, wie sich die Qualität der zum Rand gerichteten Hälfte eines Baumes von der nach innen gerichteten Hälfte des Baumes unterscheidet. Ist kein Unterschied zwischen den Qualitäten der Stammhälften mehr nachweisbar, so ist gleichzeitig der Nachweis einer Randwirkung nicht mehr möglich, das heißt, der Baum unterscheidet sich hinsichtlich der Außeneinflüsse nicht von einem Baum in einem größeren Reinbestand.

Der Hauptwertträger eines Eichenstammes ist das untere Stammdrittel. Eine Veränderung der Ast- oder Rosenanzahl im darüber liegenden Stammbereich hat fast keinen Einfluss auf den Wert dieses Stammes, da es sich in der Regel nur um Sägeholz schlechter Qualität der Güte C oder schlechter nach der Handelsklassensortierung (HKS) handelt.

Für die Zuordnung zur Güte C der Handelsklassensortierung hat die Anzahl der gesunden Äste, Fauläste bis 4 cm, Rosen und Wasserreiser keinen Einfluss, da jede Anzahl zulässig ist. Lediglich für die Fauläste > 4 cm Durchmesser gibt es eine Begrenzung von einem Faulast je laufenden Meter. Außerdem ist nur ein Faulast von über 8 cm Durchmesser je 4 laufenden Metern zulässig.

Diese Werte werden in der praktischen Sortierung sehr selten überschritten.

In den untersuchten Lochbeständen wurden die Stämme der äußeren und der jeweils folgenden Reihen eingemessen. Außerdem wurde der Brusthöhendurchmesser radial zum Lochbestand und im rechten Winkel dazu erhoben.

Danach wurde das jeweils untere Drittel eines jeden Stammes virtuell in ein nach außen und ein nach innen weisendes Stammteil getrennt. Diese Stammhälften wurden in Segmente von 2 m Länge unterteilt. Die Unterteilung in Segmente von 2 m Länge wurde aus zwei Gründen gewählt:

- Erstens, fordern die Furnier- und Sägewerke eine Mindestlänge der Stammabschnitte von 2 m.
- Zweitens, werden die Stammteile durch die Eigenbeschattung unterschiedlich stark von der Sonne beschienen. Das heißt, dass an niedrigen Stammteilen die Randwirkung weiter in die Tiefe des Lochbestandes nachweisbar sein könnte, als an der Krone näheren Stammteilen. Durch die Unterteilung in Segmente sollten die Qualitätsunterschiede in Abhängigkeit von der Höhe am Stamm nachgewiesen werden können.

In den Segmenten wurde die Anzahl der Rosen, Wasserreiser, Grün- und Trockenäste gezählt (s. Abb. 4.13).

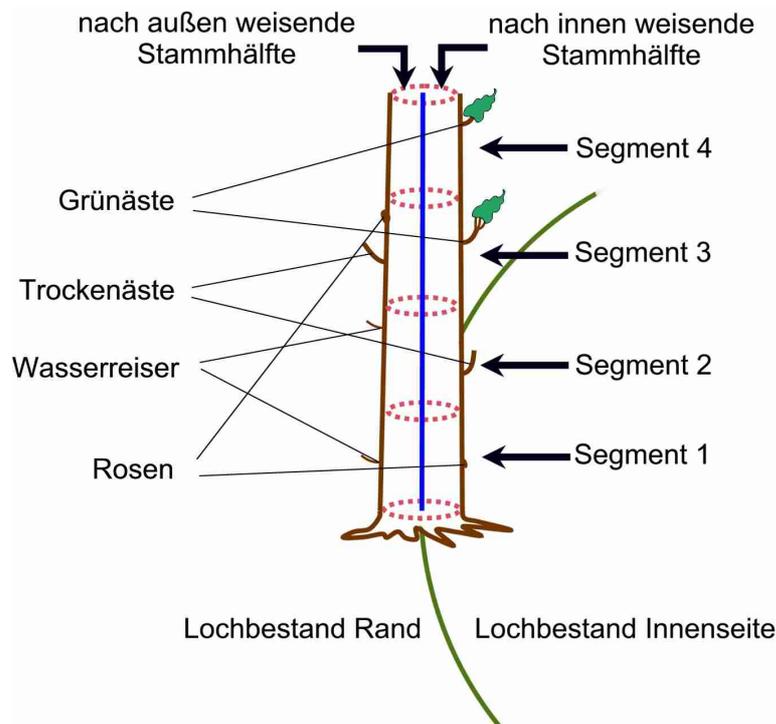


Abb. 4.13: Unterteilung des Stammes in eine Außen- und Innenseite sowie in Teilsegmente, auf denen die Qualitätsmerkmale Rosen, Wasserreiser, Trockenäste und Grünäste erhoben wurden

Nach diesen Vorgaben wurden 20 Eichen-Lochbestände in umgebenden Kiefernbeständen sowie 20 Eichen-Lochbestände in umgebenden Buchenbeständen untersucht.

In Abb. 4.14 ist die Lage der Verbände mit Lochbeständen dargestellt, bei denen Aufnahmen zur relativen Qualitätsansprache gemacht wurden.

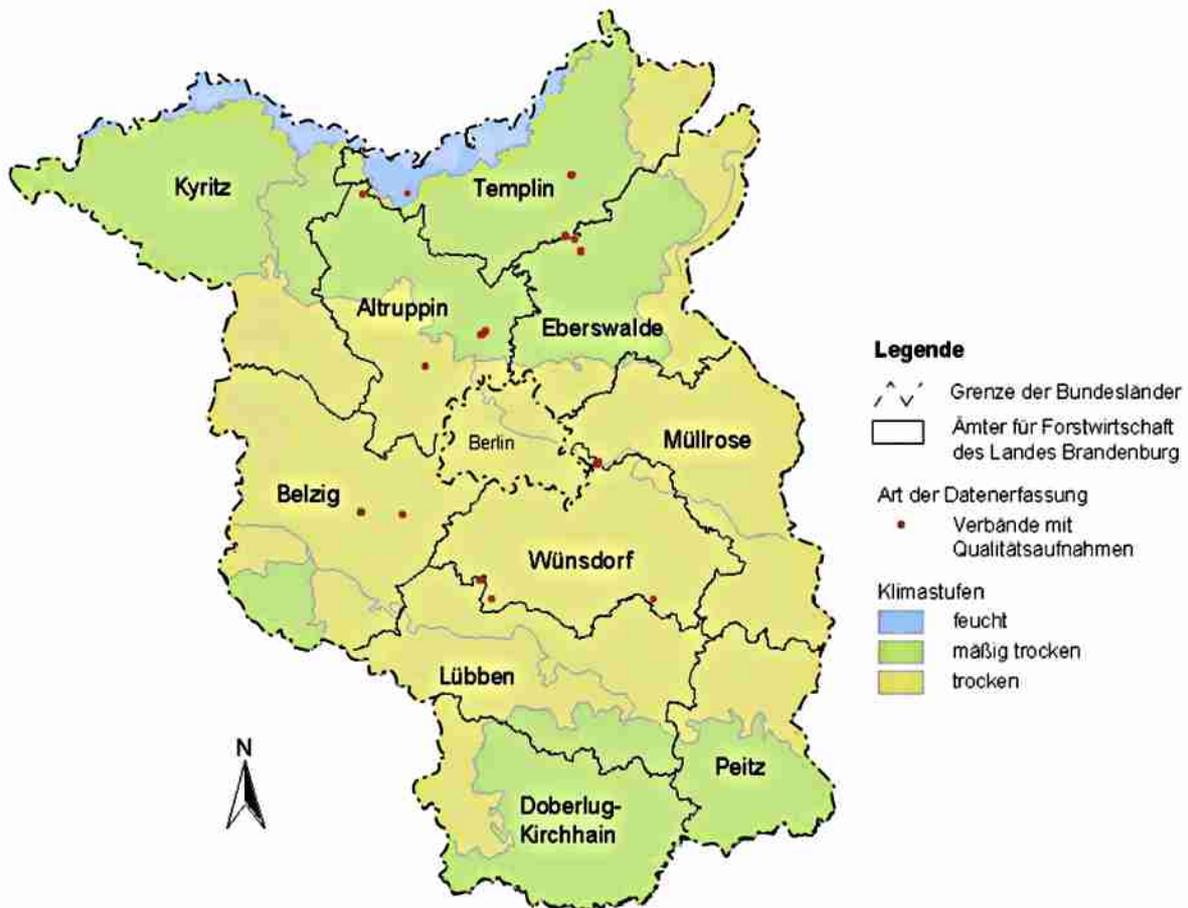


Abb. 4.14: Lage der Verbände mit Lochbeständen, in denen relative Qualitätsansprachen vorgenommen wurden innerhalb der Klimastufen und Ämter für Forstwirtschaft Brandenburgs

4.3.7 ERGEBNISSE DER RELATIVEN QUALITÄTSBESTIMMUNG

4.3.7.1 Ergebnisse in Lochbeständen mit umgebenden Beständen aus Kiefern

Anders als bei der absoluten Qualitätsansprache sollte mit der relativen Qualitätsansprache die Wirkung der Randeinflüsse auf die Qualität der Bäume der Lochbestände untersucht werden.

Hierzu wurden die Bäume an den Rändern der Lochbestände, und zwar der äußeren und zweiten Reihe, virtuell in eine zum Rand hin gerichtete (äußere) und in den Lochbestand gerichtete (innere) Hälfte geteilt. Diese Hälften wurden nochmals in Sektionen von jeweils 2 m Länge, beginnend mit der Erdoberfläche, unterteilt.

Für jede Stammhälfte wurden sektionsweise die Rosen, Trocken- und Grünäste erhoben. Aus diesen Aufnahmen lässt sich außerdem für jeweils beide Stammhälften die Länge der astfreien Schaftlänge als Qualitätsparameter ableiten.

In Tab. 4.19 ist für die mit Kiefern umgebenen Lochbestände die Länge der **astfreien Schaftlänge** nach Baumhälfte und Standort der Eichen im Lochbestand dargestellt.

Da die Werte bei keinem der Merkmale hinreichend normalverteilt waren (Kolmogorov-Smirnov-Test), wurden die Unterschiede der Mittelwerte mit dem U-Test auf Signifikanz hin überprüft.

Tab. 4.19: Durchschnittliche astfreie Schaftlänge der nach außen und nach innen gerichteten Stammhälfte der Eichen der äußeren und der zweiten Reihe der mit Kiefern umstandenen Lochbestände (20 Lochbestände; signifikant höhere Werte in Fettdruck; Signifikanz (Sig.): +++ = $p < 0,1 \%$, + $p = < 5 \%$, - = nicht gesichert)

| STANDORT DER EICHEN | STAMMHÄLFTE | ANZAHL Stk. | ASTFREIE SCHAFTLÄNGE m | SIG. |
|--------------------------|-------------|-------------|------------------------|------|
| Eichen der äußeren Reihe | außen | 301 | 6,63 | +++ |
| | innen | 301 | 7,93 | |
| Eichen der zweiten Reihe | außen | 189 | 9,35 | - |
| | innen | 189 | 8,78 | |

Wie in Tab. 4.19 dargestellt, unterschied sich bei den Eichen der Außenreihe die Länge der astfreien Schaftlänge der äußeren Stammhälfte mit 1,3 m höchst signifikant von der der Innenseite. Das war bei den Stammhälften der zweiten Reihe dagegen nicht der Fall.

Der in Tab. 4.19 dargestellte deutliche Unterschied zwischen den astfreien Schaftlängen der äußeren Reihe von 2,72 m und der zweiten Reihe von 0,85 m wurde mittels U-Test auf Signifikanz überprüft. Der Unterschied der den beiden nach außen gerichteten Stammhälften war höchst signifikant und zwischen den nach innen gerichteten Stammhälften signifikant.

Die Erhebung der **Astmerkmale** je Sektion, Stammhälfte und Standpunkt der Eichen im Lochbestand hatte das Ziel, die Tiefe des Randeinflusses auf diese für die Qualität des Stammes entscheidenden Merkmale zu untersuchen.

Tab. 4.20 enthält die Ergebnisse der Aufnahmen getrennt nach Astmerkmalen und Lage am Stamm für die Eichen der äußeren Reihe.

Da die Werte keines der Merkmale hinreichend normalverteilt waren (Kolmogorov-Smirnov-Test), wurden die Unterschiede der Mittelwerte mit dem U-Test auf Signifikanz überprüft.

Tab. 4.20: Astmerkmale der einzelnen Sektionen von 2 m Länge auf der nach außen und nach innen weisenden Seite der **Eichen der äußeren Reihe** der untersuchten mit Kiefern umgebenen Lochbestände (20 Lochbestände; signifikant höhere Werte in Fettdruck; Signifikanz (Sig.): +++ $p < 0,1 \%$, + $p < 5 \%$, - nicht gesichert)

| MERKMAL / SEKTION m | STAMMHÄLFTE | ANZAHL Stk. | MITTELWERT Stk. / 2 m | VAR. KOEFF. % | SIG. DES UNTERSCHIEDS DES MITTELWERTES |
|------------------------|-------------|----------------|--------------------------|------------------|---|
| 0 - 2 | außen | 301 | 0,84 | 107 | +++ |
| | innen | 301 | 0,55 | 167 | |
| 2 - 4 | außen | 292 | 1,38 | 98 | + |
| | innen | 292 | 1,13 | 120 | |
| Rosen / 4 - 6 | außen | 270 | 1,36 | 98 | + |
| | innen | 270 | 1,22 | 121 | |
| 6 - 8 | außen | 201 | 1,17 | 122 | + |
| | innen | 201 | 0,87 | 139 | |
| 8 - 10 | außen | 121 | 0,97 | 124 | +++ |
| | innen | 121 | 0,48 | 190 | |
| 10 - 12 | außen | 63 | 0,54 | 154 | - |
| | innen | 63 | 0,46 | 193 | |
| Gesamt / Mittel | außen | 1.248 | 1,13 | 111 | +++ |
| | innen | 1.248 | 0,87 | 143 | |
| 0 - 2 | außen | 301 | 0,09 | 344 | +++ |
| | innen | 301 | 0,03 | 663 | |
| 2 - 4 | außen | 292 | 0,36 | 183 | +++ |
| | innen | 292 | 0,15 | 277 | |
| Trockenast / 4 - 6 | außen | 270 | 0,59 | 151 | +++ |
| | innen | 270 | 0,33 | 194 | |
| 6 - 8 | außen | 201 | 0,73 | 133 | +++ |
| | innen | 201 | 0,47 | 181 | |
| 8 - 10 | außen | 121 | 0,76 | 145 | + |
| | innen | 121 | 0,49 | 169 | |
| 10 - 12 | außen | 63 | 0,36 | 189 | - |
| | innen | 63 | 0,36 | 189 | |
| Gesamt / Mittel | außen | 1.248 | 0,44 | 183 | +++ |
| | innen | 1.248 | 0,26 | 237 | |
| 0 - 2 | außen | 301 | 0,20 | 762 | - |
| | innen | 301 | 0,10 | 104 | |
| 2 - 4 | außen | 292 | 0,06 | 467 | + |
| | innen | 292 | 0,02 | 965 | |
| Grünast / 4 - 6 | außen | 270 | 0,10 | 356 | +++ |
| | innen | 270 | 0,01 | 1.213 | |
| 6 - 8 | außen | 201 | 0,11 | 364 | + |
| | innen | 201 | 0,02 | 781 | |
| 8 - 10 | außen | 121 | 0,16 | 363 | +++ |
| | innen | 121 | 0,01 | 917 | |
| 10 - 12 | außen | 63 | 0,07 | 306 | +++ |
| | innen | 63 | 0,01 | 1.003 | |
| Gesamt / Mittel | außen | 1.248 | 0,07 | 465 | +++ |
| | innen | 1.248 | 0,02 | 856 | |

Anhand der in Tab. 4.20 wiedergegebenen Werte der **randständigen Eichen**, ergab sich:

- Auf der äußeren Stammseite wurden signifikant 0,26 Stk. / 2 m mehr Rosen, 0,18 Stk. / 2 m mehr Trocken- und 0,05 Stk. / 2 m mehr Grünäste gefunden als auf der inneren Stammseite.
- Mit Ausnahme der Rosen und Trockenäste in der Höhe zwischen 10 - 12 m und der Grünäste im Bereich zwischen 0 - 2 m waren auch auf allen Sektionen alle Merkmale auf der Außenseite signifikant bis höchstsignifikant häufiger als auf der Innenseite.
- Bei allen 3 Merkmalen war die Differenz zwischen der äußeren und der inneren Stammhälfte in der Sektion 8 - 10 m am größten. So betrug die Differenz bei den Rosen 0,49 Stk. / 2 m, bei den Trockenästen 0,27 Stk. / 2 m und bei den Grünästen 0,15 Stk. / 2 m.
- Die größten relativen Differenzen zwischen nach außen und nach innen gerichteter Stammseiten fanden sich bei den Grünästen. Es waren durchschnittlich 3,5 mal mehr Grünäste auf der Stammaußenseite als auf der Innenseite. Bei den Trockenästen waren es 1,7 mal mehr und bei den Rosen waren es 1,3 mal mehr.
- Die Werte aller Merkmale zeigten auf der Innenseite eine deutliche höhere Variation als auf der Außenseite.
- Die Variation der Werte des Merkmals Rosen war am geringsten und des Merkmals Grünast am höchsten.
- Die Astreinigung der Eichen war auf beiden Stammhälften deutlich vorangeschritten, denn es fanden sich deutlich mehr Trockenäste als Grünäste und mehr Rosen als Trockenäste.

In Tab. 4.21 sind die Ergebnisse der Untersuchung der Anzahl der Rosen, Trocken- und Grünäste an Eichen in mit Kiefern umgebenen Lochbeständen in Abhängigkeit von der Zugehörigkeit zur 2-m-Sektion und der Stammhälfte für die Eichen der zweiten Reihe dargestellt.

Da die Werte keines der Merkmale hinreichend normalverteilt waren (Kolmogorov-Smirnov-Test), wurden die Unterschiede der Mittelwerte mit dem U-Test auf Signifikanz überprüft.

Tab. 4.21: Astmerkmale der einzelnen Sektionen auf der nach außen und nach innen weisenden Seite der **Eichen der zweiten Reihe** der untersuchten mit Kiefern umgebenen Lochbestände (20 Lochbestände; signifikant höhere Werte in Fettdruck; Signifikanz (Sig.): +++ $p < 0,1 \%$, + $p < 5 \%$, - nicht gesichert)

| MERKMAL / SEKTION m | STAMMHÄLFTE | ANZAHL Stk. | MITTELWERT Stk. / 2 m | VAR. KOEFF. % | SIG. DES UNTERSCHIEDS DES MITTELWERTES |
|------------------------|-------------|----------------|--------------------------|------------------|---|
| 0 - 2 | außen | 189 | 0,43 | 173 | + |
| | innen | 189 | 0,26 | 193 | |
| 2 - 4 | außen | 189 | 0,72 | 144 | - |
| | innen | 189 | 0,76 | 123 | |
| Rosen / 4 - 6 | außen | 183 | 0,89 | 136 | - |
| | innen | 183 | 0,87 | 128 | |
| 6 - 8 | außen | 153 | 0,78 | 136 | - |
| | innen | 153 | 0,68 | 151 | |
| 8 - 10 | außen | 119 | 0,73 | 155 | - |
| | innen | 119 | 0,74 | 125 | |
| 10 - 12 | außen | 70 | 0,45 | 207 | - |
| | innen | 70 | 0,46 | 202 | |
| Gesamt / Mittel | außen | 903 | 0,68 | 153 | - |
| | innen | 903 | 0,60 | 158 | |
| 0 - 2 | außen | 189 | 0,03 | 900 | - |
| | innen | 189 | 0,01 | 1030 | |
| 2 - 4 | außen | 189 | 0,09 | 446 | - |
| | innen | 189 | 0,15 | 322 | |
| Trockenast / 4 - 6 | außen | 183 | 0,20 | 254 | - |
| | innen | 183 | 0,28 | 220 | |
| 6 - 8 | außen | 153 | 0,27 | 212 | - |
| | innen | 153 | 0,32 | 171 | |
| 8 - 10 | außen | 119 | 0,38 | 167 | - |
| | innen | 119 | 0,23 | 214 | |
| 10 - 12 | außen | 70 | 0,28 | 211 | - |
| | innen | 70 | 0,16 | 254 | |
| Gesamt / Mittel | außen | 903 | 0,18 | 275 | - |
| | innen | 903 | 0,19 | 259 | |
| 0 - 2 | außen | 189 | 0,00 | 0 | - |
| | innen | 189 | 0,00 | 0 | |
| 2 - 4 | außen | 189 | 0,00 | 0 | - |
| | innen | 189 | 0,00 | 0 | |
| Grünast / 4 - 6 | außen | 183 | 0,00 | 0 | - |
| | innen | 183 | 0,00 | 0 | |
| 6 - 8 | außen | 153 | 0,00 | 0 | - |
| | innen | 153 | 0,00 | 0 | |
| 8 - 10 | außen | 119 | 0,00 | 0 | - |
| | innen | 119 | 0,00 | 0 | |
| 10 - 12 | außen | 70 | 0,00 | 0 | - |
| | innen | 70 | 0,00 | 0 | |
| Gesamt / Mittel | außen | 903 | 0,00 | 0 | - |
| | innen | 903 | 0,00 | 0 | |

Anhand der in Tab. 4.21 wiedergegebenen Werte der in der **zweiten Reihe stehenden Eichen**, ergab sich:

- Die Anzahl der Rosen, Trocken- und Grünäste unterschied sich zwischen den beiden Stammhälften nicht.

- Nur in den untersten 2 m fanden sich auf der Außenseite mehr Rosen als auf der Innenseite. In allen anderen Fällen war die Zahl der Rosen und Trockenäste auf der Innen- und der Außenseite statistisch gesehen gleich.
- Die größte Differenz zwischen der Anzahl der Rosen auf der Außenseite und der Innenseite fand sich mit 0,17 Stk. / 2 m in der Sektion 0 - 2 m.
- Die größte Differenz zwischen der Anzahl der Trockenäste auf der Außenseite und der Innenseite fand sich mit 0,15 Stk. / 2 m in der Sektion 8 - 10 m. Diese Differenz ist statistisch nicht gesichert.
- In den Sektionen bis zu einer Höhe von 12 m traten keine Grünäste auf.
- Die Variation der Werte des Merkmals Rosen war geringer als die des Merkmals Trockenast.

Aus dem **Vergleich** zwischen den Ergebnissen der **randständigen Eichen** (vgl. Tab. 4.19) und der in der **zweiten Reihe stehenden Eichen** (vgl. Tab. 4.20) ergab sich:

- Bei den 3 Merkmalen lässt sich eine deutliche Randwirkung nachweisen. Allerdings betrifft sie nur die Bäume der äußersten Reihe. In der zweiten Reihe kann sie schon nicht mehr aufgezeigt werden.
- Die Astreinigung ist bei den Bäumen der zweiten Reihe deutlich weiter vorangeschritten als bei denen der äußeren Reihe.
- Die Anzahl aller Äste ist jeweils in der äußeren Reihe größer als in der inneren Reihe.

Durch unterschiedliche Beschattung an verschiedenen Eichen können auf gleicher Höhe noch lebende Äste, abgestorbene Äste bzw. Rosen angetroffen werden. Alle 3 Merkmale sind aus Ästen hervorgegangen oder stellen Äste dar.

Es wäre denkbar, dass durch die unterschiedliche Belichtung der Stammseiten das Astmerkmal, zusammengesetzt aus Rosen, Trocken- und Grünästen, so in seine Teilbereiche (Rosen, Trocken- und Grünäste) zerfällt, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen diesen Teilmerkmalen der Stammhälften nachweisbar sind, obwohl deutlich mehr Äste auf einer der Stammhälften gebildet wurden.

Aus diesem Grund wurden die Merkmale Rosen, Trocken- und Grünast als **Summe der Astmerkmale** zusammengefasst und die Summe ihres Vorkommens je 2 m für jede Sektion jeder Stammhälfte in Tab. 4.22 dargestellt.

Da die Werte keines der Merkmale hinreichend normalverteilt waren (Kolmogorov-Smirnov-Test), wurden die Unterschiede der Mittelwerte mit dem U-Test auf Signifikanz überprüft.

Tab. 4.22: Summe aus Rosen, Trocken- und Grünästen in Stk. / 2 m der Außen- und Innenseite von Eichen der vom Rand des Lochbestandes aus gesehenen äußeren bzw. zweiten Reihe

(20 Lochbestände; signifikant höhere Werte in Fettdruck; Signifikanz (Sig.): +++ p < 0,1 %, + p < 5 %, - nicht gesichert)

| MERKMAL/ SEKTION m | STAMM- HÄLFTE | EICHEN DER ÄUßEREN REIHE | | EICHEN DER ZWEITEN REIHE | |
|---------------------------------------|------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| | | Mittelwert Stk. / 2 m | Sig. des Unter- schieds | Mittelwert Stk. / 2 m | Sig. des Unter- schieds |
| Rosen, Trocken-, Grünast / 0 - 2 | außen | 0,94 | +++ | 0,46 | - |
| | innen | 0,59 | | 0,27 | |
| Rosen, Trocken-, Grünast / 2 - 4 | außen | 1,80 | +++ | 0,81 | - |
| | innen | 1,31 | | 0,91 | |
| Rosen, Trocken-, Grünast / 4 - 6 | außen | 2,05 | +++ | 1,09 | - |
| | innen | 1,57 | | 1,16 | |
| Rosen, Trocken-, Grünast / 6 - 8 | außen | 2,01 | +++ | 1,07 | - |
| | innen | 1,36 | | 0,99 | |
| Rosen, Trocken-, Grünast / 8 - 10 | außen | 1,90 | +++ | 1,10 | + |
| | innen | 0,99 | | 0,64 | |
| Rosen, Trocken-, Grünast / 10 - 12 | außen | 0,89 | - | 0,73 | - |
| | innen | 0,83 | | 0,61 | |
| Rosen, Trocken-, Grünast / Mittel | außen | 1,64 | +++ | 0,86 | - |
| | innen | 1,15 | | 0,79 | |

Aus Tab. 4.22 geht hervor:

- Bei der äußeren Reihe war die Summe der Astmerkmale je m der Außenseite je Sektion (Ausnahme Sektion 10 - 12 m) und auf dem gesamten Stammabschnitt höchst signifikant größer als auf der Innenseite.
- Bei den Eichen der zweiten Reihe war mit Ausnahme der Sektion 8 - 10 m kein signifikanter Unterschied zwischen der Anzahl der Astmerkmale auf der Außenseite zu der Innenseite feststellbar.
- Bei den Eichen der äußeren und der zweiten Reihe findet sich die größte Differenz zwischen der Summe der Astmerkmale in der Sektion 8 - 10 m. So haben die Eichen der äußeren Reihe in dieser Sektion durchschnittlich 0,91 Astmerkmale / 2 m und die Eichen der zweiten Reihe 0,46 Astmerkmale / 2 m mehr auf der nach außen als auf der nach innen gerichteten Stammseite.

Bei den Eichen der äußeren Reihe waren mehr Rosen, Trocken- und Grünäste zu finden als auf den Bäumen der Folgereihe. So betrug die Differenz beim Vergleich der nach außen gerichteten Stammhälften 0,78 Astmerkmale / 2 m bei den nach innen gerichteten 0,36 Astmerkmale / 2 m. Der Unterschied der Mittelwerte wurde mit dem U-Test auf Signifikanz überprüft. Der Unterschied der Mittelwerte war beim Vergleich der nach außen gerichteten Stammhälften höchst signifikant und bei dem der nach innen gerichteten Stammhälften signifikant.

Der Randeinfluss auf die Astmerkmale ist mithin für beide Stammhälften der Randeichen nachweisbar. Für die Eichen der zweiten Reihe ist kein Randeinfluss auf die Astmerkmale mehr nachweisbar.

Neben den genannten Astmerkmalen wurde auch die **Anzahl der Wasserreiser** getrennt nach Stammhälfte und Sektion für beide Teilkollektive ermittelt.

Da Wasserreiser sich hinsichtlich ihrer Entstehung und ihres Einflusses auf die Holzsortierung deutlich von den anderen Astmerkmalen unterscheiden, werden sie hier gesondert ausgewertet und dargestellt.

In Tab. 4.23 sind die Ergebnisse dieser Untersuchung dargestellt.

Da die Werte des Merkmals Wasserreiser nicht hinreichend normalverteilt waren (Kolmogorov-Smirnov-Test), wurden die Unterschiede der Mittelwerte mit dem U-Test auf Signifikanz überprüft.

Tab. 4.23: Anzahl Wasserreiser in Stk. / 2 m der Außen- und Innenseite von Eichen der vom Rand des Lochbestandes aus gesehenen äußeren bzw. zweiten Reihe (20 Lochbestände; signifikant höhere Werte in Fettdruck; Signifikanz (Sig.): +++ $p < 0,1 \%$, + $p < 5 \%$, - nicht gesichert)

| MERKMAL/ SEKTION m | STAMM- HÄLFTE | EICHEN DER ÄUßEREN REIHE | | EICHEN DER ZWEITEN REIHE | |
|------------------------|------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| | | Mittelwert Stk. / 2 m | Sig. des Un- terschieds | Mittelwert Stk. / 2 m | Sig. des Un- terschieds |
| Wasserreiser / 0 - 2 | außen | 0,31 | - | 0,38 | + |
| | innen | 0,16 | | 0,09 | |
| Wasserreiser / 2 - 4 | außen | 0,71 | - | 0,87 | - |
| | innen | 0,54 | | 0,56 | |
| Wasserreiser / 4 - 6 | außen | 0,94 | + | 1,01 | - |
| | innen | 0,71 | | 0,82 | |
| Wasserreiser / 6 - 8 | außen | 1,00 | - | 1,20 | +++ |
| | innen | 0,70 | | 0,64 | |
| Wasserreiser / 8 - 10 | außen | 0,99 | + | 0,88 | - |
| | innen | 0,45 | | 0,62 | |
| Wasserreiser / 10 - 12 | außen | 1,15 | + | 0,66 | + |
| | innen | 0,36 | | 0,28 | |
| Wasserreiser / Mittel | außen | 0,75 | +++ | 0,85 | +++ |
| | innen | 0,49 | | 0,51 | |

Es wird deutlich:

- In der Zusammenfassung aller Sektionen kamen bei den Eichen der Randreihe und der Folgereihe höchst signifikant mehr Wasserreiser auf der Außenseite als auf der Innenseite des Stammes vor.
- Im Gegensatz zu den anderen Astmerkmalen (vgl. Tab 4.19 und 4.20) sind die Wasserreiser auch in der zweiten Reihe der Lochbestandesbäume auf der Außenseite höchstsignifikant häufiger als auf der Innenseite.

- Auf allen Sektionen waren jeweils mehr Wasserreiser auf der Außen- als auf der Innenseite. Dieser Unterschied war aber nur in 6 Sektionen statistisch gesichert.
- Bei den Eichen der äußeren Reihe findet sich die größte Differenz zwischen der Anzahl der Wasserreiser der Außen- und der Innenseite in der Sektion 10 - 12 m. Die Differenz beträgt 0,79 Stk. / 2 m.
- Bei den Eichen der äußeren Reihe findet sich die größte Differenz zwischen der Anzahl der Wasserreiser der Außen- und der Innenseite in der Sektion 6 - 8 m. Die Differenz beträgt 0,56 Stk. / 2 m.

Der Unterschied der Mittelwerte der Wasserreiser der äußeren und der zweiten Reihe wurde mit dem U-Test auf Signifikanz überprüft. Als Ergebnis dieses Tests kann festgestellt werden, dass sich die Anzahl der Wasserreiser der äußeren Reihe statistisch nicht von denen der zweiten Reihe unterscheidet.

Wenn Wasserreiser vorkommen, treten sie meist gehäuft auf. Deshalb war auch zu klären, wie hoch der durchschnittliche Anteil der **Sektionen mit Wasserreisern** ist.

In Tab. 4.24 sind die entsprechenden Ergebnisse dargestellt.

Tab. 4.24: Anteil der Sektionen mit Wasserreisern der Außen- und Innenseite von Eichen der vom Rand des Lochbestandes aus gesehenen äußeren bzw. zweiten Reihe (20 Lochbestände; signifikant höhere Werte in Fettdruck; Signifikanz (Sig.): +++ $p < 0,1 \%$, + $p < 5 \%$, - nicht gesichert)

| SEKTION m | STAMM- HÄLFTE | EICHEN DER ÄUßEREN REIHE | | EICHEN DER ZWEITEN REIHE | |
|--------------|------------------|--|----------------------------|--|----------------------------|
| | | Anteil der Sektionen mit Wasserreisern % | Sig. des Un- terschieds | Anteil der Sektionen mit Wasserreisern % | Sig. des Un- terschieds |
| 0 - 2 | außen | 14 | - | 12 | + |
| | innen | 10 | | 5 | |
| 2 - 4 | außen | 38 | - | 34 | - |
| | innen | 32 | | 30 | |
| 4 - 6 | außen | 44 | - | 47 | - |
| | innen | 37 | | 46 | |
| 6 - 8 | außen | 44 | - | 54 | +++ |
| | innen | 39 | | 34 | |
| 8 - 10 | außen | 40 | - | 43 | - |
| | innen | 30 | | 36 | |
| 10 - 12 | außen | 45 | + | 34 | + |
| | innen | 22 | | 12 | |
| Mittel | außen | 35 | +++ | 37 | +++ |
| | innen | 28 | | 28 | |

In Tab. 4.24 ist verdeutlicht:

- Bei etwa einem Drittel der Sektionen wurden Wasserreiser gefunden.

- Der Anteil der Sektionen mit Wasserreisern war auf der Außenseite der Stämme beider Reihen höchst signifikant größer ist als auf der Innenseite.
- Über dem gesamten Stamm war der Anteil der Sektionen mit Wasserreisern auf der Außenseite höher als auf der Innenseite. Aber lediglich auf 4 Sektionen war dieser Unterschied signifikant oder höchst signifikant.
- Bei den Eichen der äußeren und der zweiten Reihe findet sich die größte Differenz zwischen Anzahl Wasserreisern in der Sektion 10 - 12 m. So haben die Eichen der äußeren Reihe in dieser Sektion durchschnittlich 7 % mehr Sektionen mit Wasserreisern und die Eichen der zweiten Reihe 9 % mehr Sektionen mit Wasserreisern auf der nach außen als auf der nach innen gerichteten Stammseite.
- Der Anteil der Sektionen mit Wasserreisern unterscheiden sich im Vergleich gleicher Stammhälften zwischen den Reihen nicht.

Beim **Vergleich der Anzahl der Wasserreiser** (vgl. Tab. 4.23) **mit der Anzahl der Sektionen mit Wasserreisern** (vgl. Tab 4.24) fällt auf, dass der Unterschied zwischen der Anzahl der Wasserreiser je 2 m zwischen der Stammaußen- und -innenseite um 53 % (äußere Reihe) bzw. 67 % (folgende Reihe) deutlich größer ist, als der Unterschied zwischen dem Anteil der Sektionen mit Wasserreisern 23 % (äußere Reihe) bzw. 32 % (folgende Reihe). Die Anzahl der Sektionen mit Wasserreisern nimmt also deutlich geringer von der Innen- zur Außenseite ab als die durchschnittliche Anzahl von Wasserreisern.

Neben den Astmerkmalen wurde auch der Brusthöhendurchmesser eines jeden Baumes in zum Lochbestand radialer Richtung und im rechten Winkel dazu ermittelt.

Sollten die Randeinflüsse eine **Unrundigkeit** induziert haben, so müssten diese Durchmesser signifikant voneinander abweichen.

Die Durchmesser waren jeweils hinreichend normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung). Die Signifikanz des Unterschiedes der Mittelwerte wurde deshalb mit dem T-Test überprüft.

In Tab. 4.25 sind die Ergebnisse dieser Aufnahmen dargestellt.

Tab. 4.25: Brusthöhendurchmesser ($d_{1,3}$) in radialer Richtung zum Lochbestand und im Winkel von 90° dazu gemessen an den Eichen der äußeren und der zweiten Reihe der Lochbestände (20 Lochbestände; Signifikanz (Sig.): - nicht gesichert)

| LAGE DER EICHEN | MERKMAL | ANZAHL Stk. | MITTEL- WERT cm | VAR. KOEFF. % | SIG. DES UN- TERSCHIEDS DES MITTELWERTES |
|--------------------------|------------------|----------------|-----------------------|---------------------|--|
| Eichen der äußeren Reihe | $d_{1,3}$ radial | 301 | 42,2 | 25 | - |
| | $d_{1,3}$ 90° | 301 | 42,2 | 24 | |
| Eichen der zweiten Reihe | $d_{1,3}$ radial | 189 | 37,8 | 23 | - |
| | $d_{1,3}$ 90° | 189 | 37,9 | 23 | |

Es wird deutlich, dass sich die Brusthöhendurchmesser innerhalb der gleichen Reihen zueinander nicht signifikant unterscheiden.

Da auch eine Beeinflussung durch den Sonnengang denkbar wäre, wurden die Brusthöhendurchmesser entlang der Nord-Süd-Achse mit dem Brusthöhendurchmesser mit denen der Ost-West-Achse verglichen. Auch hier gab es ebenfalls weder auf der äußeren noch auf der zweiten Eichenreihe einen signifikanten Unterschied zwischen diesen Durchmessern.

Es konnte mithin kein Randeinfluss auf die Unrundigkeit der Eichen nachgewiesen werden.

4.3.7.2 Ergebnisse in Lochbeständen mit umgebenden Beständen aus Buchen

Wie im Kap. 3.5.2.1 nachgewiesen, bedrängen Buchen die Eichen der Lochbestände stärker als Kiefern. Außerdem unterscheidet sich das Lichtregime unter Buchen deutlich von dem unter Kiefern. Deshalb wurden die in Kap. 4.3.6 erläuterten Untersuchungen zur relativen Qualität auch an Lochbeständen durchgeführt, deren umgebender Bestand aus Buchen besteht. In diesem Kapitel werden die Ergebnisse dieser Untersuchungen präsentiert.

In Tab. 4.26 ist für die mit Buchen umgebenen Lochbestände die Länge der **astfreien Schaftlänge** nach Baumhälfte und Standort der Eichen im Lochbestand dargestellt.

Da die Werte der Merkmale nicht hinreichend normalverteilt waren (Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung), wurde die Signifikanz des Unterschiedes der Mittelwerte mit dem U-Test überprüft.

Tab. 4.26: Astfreie Schaftlänge der äußeren und inneren Stammhälfte der Eichen der äußeren und der zweiten Reihe der mit Buchen umgebenen Lochbestände (20 Lochbestände; signifikant höhere Werte in Fettdruck; Signifikanz (Sig.): +++ $p < 0,1$ %, + $p < 5$ %, - nicht gesichert)

| STANDORT DER EICHEN | STAMMHÄLFTE | ANZAHL Stk. | ASTFREIE SCHAFT- LÄNGE m | VAR. KOEFF. % | SIG. DES UN- TERSCHIEDS DES MITTELWERTES |
|--------------------------|-------------|----------------|--------------------------------|---------------------|--|
| Eichen der äußeren Reihe | außen | 211 | 7,69 | 56 | +++ |
| | innen | 211 | 10,15 | 35 | |
| Eichen der zweiten Reihe | außen | 162 | 10,43 | 31 | - |
| | innen | 162 | 10,30 | 31 | |

Aus Tab. 4.26 geht hervor:

- Die Längen des astfreien Bereiches der Außen- und Innenseite der Randeichen unterscheiden sich höchst signifikant voneinander.
- Die Längen des astfreien Bereiches der Außen- und Innenseite der Eichen der zweiten Reihe unterscheiden sich nicht.
- Die Variationen der Werte unterscheiden sich bei den Eichen der äußeren Reihe zwischen Stammaußen- und -innenseite. Bei den Eichen der zweiten Reihe sind die Variationen gleich.

Die Unterschiede der Länge des astfreien Bereichs der Innenseite der Randeichen sowie der Innen- und Außenseite der Eichen der zweiten Reihe wurden mit dem U-Test auf Signifikanz geprüft. Als Ergebnis des U-Tests lässt sich festhalten, dass sich die astfreien Schaftlängen der Innenseite der äußeren Reihe nicht von denen der zweiten Reihe unterscheiden. Der Randeinfluss auf die Länge des astfreien Bereichs bleibt mithin auf die nach außen gerichtete Seite der Randeichen beschränkt.

Der **Vergleich** der Ergebnisse der Lochbestände die mit **Buchen** (vgl. Tab. 4.26) mit denen die mit **Kiefern umgeben** sind (vgl. Tab. 4.19) ergibt:

- Die astfreien Schaftlängen der Eichen in mit Buchen umgebenen Lochbeständen sind deutlich länger.
- Auf den Innenseiten der Randbäume werden bereits astfreie Schaftlängen erreicht, die den Werten der Innenbäume entsprechen. Bei den mit Kiefern umgebenen Lochbeständen ist dies nicht der Fall.
- Die Werte der astfreien Schaftlänge streuen auf den Außenseiten der Randeichen am stärksten.

In Tab. 4.27 sind die Ergebnisse der Untersuchung der **Anzahl der Rosen, Trocken- und Grünäste** an Eichen in mit Buchen umgebenen Lochbeständen in Abhängigkeit von der Zugehörigkeit zur 2-m-Sektion und der Stammhälfte für die Eichen der äußersten Reihe dargestellt.

Da keines der untersuchten Merkmale hinreichend normalverteilt war (Kolmogorov-Smirnov-Test), wurde die Signifikanz des Unterschiedes der Mittelwerte mit dem U-Test überprüft.

Tab. 4.27: Astmerkmale der einzelnen Sektionen auf der nach außen und nach innen weisenden Seite der **Eichen der äußeren Reihe** der untersuchten mit Buchen umgebenen Lochbestände

(20 Lochbestände; signifikant höhere Werte in Fettdruck; Signifikanz (Sig.): +++ $p < 0,1\%$, + $p < 5\%$, - nicht gesichert; war der Var. Koeff. wegen zu kleiner Mittelwerte unsinnig, wurde er nicht angegeben)

| MERKMAL/ SEKTION m | STAMMHÄLFTE | ANZAHL Stk. | MITTELWERT Stk. / 2 m | VAR. KOEFF. % | SIG. DES UNTERSCHIEDS DES MITTELWERTES |
|-----------------------|-------------|----------------|--------------------------|------------------|---|
| 0 - 2 | außen | 211 | 0,87 | 116 | + |
| | innen | 211 | 0,57 | 147 | |
| 2 - 4 | außen | 209 | 1,32 | 102 | + |
| | innen | 209 | 1,09 | 124 | |
| Rosen / 4 - 6 | außen | 186 | 1,37 | 96 | +++ |
| | innen | 186 | 0,97 | 133 | |
| 6 - 8 | außen | 146 | 1,21 | 109 | +++ |
| | innen | 146 | 0,64 | 197 | |
| 8 - 10 | außen | 82 | 1,07 | 127 | + |
| | innen | 86 | 0,55 | 171 | |
| 10 - 12 | außen | 42 | 0,62 | 165 | - |
| | innen | 42 | 0,50 | 274 | |
| Gesamt / Mittel | außen | 878 | 1,15 | 112 | +++ |
| | innen | 878 | 0,77 | 153 | |
| 0 - 2 | außen | 211 | 0,06 | 483 | + |
| | innen | 211 | 0,04 | 300 | |
| 2 - 4 | außen | 209 | 0,21 | 238 | + |
| | innen | 209 | 0,10 | 320 | |
| Trockenast / 4 - 6 | außen | 186 | 0,38 | 182 | +++ |
| | innen | 186 | 0,11 | 318 | |
| 6 - 8 | außen | 146 | 0,62 | 146 | +++ |
| | innen | 146 | 0,10 | 330 | |
| 8 - 10 | außen | 82 | 0,38 | 192 | +++ |
| | innen | 86 | 0,09 | 367 | |
| 10 - 12 | außen | 42 | 0,36 | 183 | + |
| | innen | 42 | 0,07 | 357 | |
| Gesamt / Mittel | außen | 878 | 0,30 | 216 | +++ |
| | innen | 878 | 0,07 | 376 | |
| 0 - 2 | außen | 211 | 0,00 | | - |
| | innen | 211 | 0,00 | | |
| 2 - 4 | außen | 209 | 0,00 | | - |
| | innen | 209 | 0,00 | | |
| Grünast / 4 - 6 | außen | 186 | 0,01 | | - |
| | innen | 186 | 0,00 | | |
| 6 - 8 | außen | 146 | 0,01 | | - |
| | innen | 146 | 0,00 | | |
| 8 - 10 | außen | 82 | 0,01 | | - |
| | innen | 86 | 0,00 | | |
| 10 - 12 | außen | 42 | 0,00 | | - |
| | innen | 42 | 0,00 | | |
| Gesamt / Mittel | außen | 878 | 0,01 | | - |
| | innen | 878 | 0,00 | | |

Bei den Eichen, die direkt am Rand mit Buchen umgebener Lochbestände standen (vgl. Tab. 4.27) gilt:

- Es wurden keine Grünäste gefunden.
- Auf der äußeren Stammseite wurden höchst signifikant 0,38 Stk. / 2 m mehr Rosen und 0,23 Stk. / 2 m mehr Trockenäste gefunden als auf der inneren Stammseite.
- Mit Ausnahme der Rosen in der Höhe zwischen 10 - 12 m waren auch auf allen Sektionen der Außenseite signifikant bis höchstsignifikant mehr Rosen und Trockenäste als auf der Innenseite.
- Bei den zwei vorkommenden Merkmalen war die Differenz zwischen der äußeren und der inneren Stammhälfte in der Sektion 6 - 8 m am größten. So betrug die Differenz bei den Rosen 0,57 Stk. / 2 m und bei den Trockenästen 0,52 Stk. / 2 m.
- Die Merkmale Rosen und Trockenäste zeigten auf der Innenseite eine deutlich höhere Variation als auf der Außenseite.
- Die Astreinigung der Eichen war auf beiden Stammhälften deutlich vorangeschritten. Es fanden sich fast keine Grünäste und es waren deutlich mehr Rosen als Trockenäste vorhanden.

Der **Vergleich** der Ergebnisse der mit **Buchen umgebenen Lochbestände** (vgl. Tab. 4.27) mit denen die mit **Kiefern umgeben** (vgl. Tab. 4.20) sind, ergibt:

- Die Anzahl der Rosen und der Trockenäste unterscheiden sich nicht.
- Auf den untersuchten Stammteilen der äußeren Reihe der mit Buchen umstandenen Lochbestände wurden deutlich weniger Grünäste gefunden.
- Die Randwirkung war im Gegensatz zu den mit Kiefern umstandenen Lochbeständen bei den mit Buchen umstandenen nur bei zwei der drei untersuchten Merkmale nachzuweisen.

In Tab. 4.28 sind die Ergebnisse der Untersuchung der **Anzahl der Rosen, Trocken- und Grünäste** an Eichen in mit Buchen umgebenen Lochbeständen in Abhängigkeit von der Zugehörigkeit zur 2-m-Sektion und der Stammhälfte für die Eichen der zweiten Reihe dargestellt.

Da keines der untersuchten Merkmale hinreichend normalverteilt war (Kolmogorov-Smirnov-Test), wurde die Signifikanz des Unterschiedes der Mittelwerte mit dem U-Test überprüft.

Tab. 4.28: Astmerkmale der einzelnen Sektionen auf der nach außen und nach innen weisenden Seite der **Eichen der zweiten Reihe** der untersuchten mit Buchen umgebenen Lochbestände

(20 Lochbestände; signifikant höhere Werte in Fettdruck; Signifikanz (Sig.): +++ $p < 0,1 \%$, - nicht gesichert; war der Var. Koeff. wegen zu kleiner Mittelwerte unsinnig, wurde er nicht angegeben)

| MERKMAL/ SEKTION | STAMMHÄLFTE | ANZAHL Stk. | MITTELWERT Merkmal / 2m | VAR. KOEFF. % | SIG. DES UNTERSCHIEDS DES MITTELWERTES |
|--------------------|-------------|-------------|-------------------------|---------------|--|
| 0 - 2 | außen | 162 | 0,35 | 166 | - |
| | innen | 162 | 0,39 | 151 | |
| 2 - 4 | außen | 162 | 0,61 | 130 | +++ |
| | innen | 162 | 1,01 | 103 | |
| Rosen / 4 - 6 | außen | 155 | 0,74 | 136 | - |
| | innen | 155 | 0,97 | 123 | |
| 6 - 8 | außen | 132 | 0,83 | 128 | - |
| | innen | 132 | 1,01 | 115 | |
| 8 - 10 | außen | 95 | 0,69 | 140 | - |
| | innen | 95 | 0,77 | 137 | |
| 10 - 12 | außen | 61 | 0,45 | 177 | - |
| | innen | 61 | 0,51 | 208 | |
| Gesamt / Mittel | außen | 767 | 0,62 | 144 | - |
| | innen | 767 | 0,80 | 131 | |
| 0 - 2 | außen | 162 | 0,02 | | - |
| | innen | 162 | 0,01 | | |
| 2 - 4 | außen | 162 | 0,05 | | - |
| | innen | 162 | 0,04 | | |
| Trockenast / 4 - 6 | außen | 155 | 0,08 | | - |
| | innen | 155 | 0,08 | | |
| 6 - 8 | außen | 132 | 0,14 | | - |
| | innen | 132 | 0,14 | | |
| 8 - 10 | außen | 95 | 0,19 | | - |
| | innen | 95 | 0,17 | | |
| 10 - 12 | außen | 61 | 0,05 | | - |
| | innen | 61 | 0,05 | | |
| Gesamt / Mittel | außen | 767 | 0,08 | | - |
| | innen | 767 | 0,08 | | |
| 0 - 2 | außen | 162 | 0,00 | | - |
| | innen | 162 | 0,00 | | |
| 2 - 4 | außen | 162 | 0,00 | | - |
| | innen | 162 | 0,01 | | |
| Grünast / 4 - 6 | außen | 155 | 0,00 | | - |
| | innen | 155 | 0,00 | | |
| 6 - 8 | außen | 132 | 0,00 | | - |
| | innen | 132 | 0,00 | | |
| 8 - 10 | außen | 95 | 0,00 | | - |
| | innen | 95 | 0,00 | | |
| 10 - 12 | außen | 61 | 0,00 | | - |
| | innen | 61 | 0,00 | | |
| Gesamt / Mittel | außen | 767 | 0,00 | | - |
| | innen | 767 | 0,00 | | |

Aus Tab. 4. 28 geht hervor:

- Es wurden keine Grünäste und mit 0,08 Stk. / 2 m nur eine sehr geringe Anzahl von Trockenästen gefunden.
- Die Anzahl der Rosen, Trocken- und Grünäste je 2 m unterschied sich zwischen den beiden Stammhälften nicht.
- Mit Ausnahme der Rosen der Sektion 2 - 4 m, traten alle Merkmale auf den Sektionen der Außenseite nicht signifikant häufiger auf als auf den dazugehörigen Sektionen der Innenseite.
- In der Sektion 2 - 4 m waren höchst signifikant mehr Rosen auf der Innenseite zu finden als auf der Außenseite.
- Die Variation der Werte des Merkmals Rosen war zwischen den Stammhälften gleich.
- Ein Randeinfluss auf die Merkmale Rosen, Trocken- und Grünäste konnte für die Eichen der zweiten Reihe nicht nachgewiesen werden.

Der **Vergleich** der Ergebnisse der Erhebung an den Eichen der **äußeren** (vgl. Tab. 4.27) und der **zweiten Reihe** (vgl. Tab. 4.28) ergibt:

- Die Eichen der Außenreihe hatten auf ihrer Außenseite deutlich mehr Rosen und Trockenäste als die Eichen der zweiten Reihe.
- Die Anzahl der Rosen und Trockenäste auf der Innenseite der Eichen der äußeren Reihe unterscheidet sich nicht von der Anzahl dieser Merkmale bei den Eichen der zweiten Reihe.
- Die Randwirkung ist nur auf der Außenseite der Eichen der äußersten Reihe nachweisbar.

In Tab. 4.29 werden die Merkmale Rosen, Trocken- und Grünast als **Summe der Astmerkmale** zusammengefasst und die Summe ihres Vorkommens je 2 m für jede Sektion jeder Stammhälfte dargestellt.

Da die Werte keines der Merkmale hinreichend normalverteilt waren (Kolmogorov-Smirnov-Test), wurden die Unterschiede der Mittelwerte mit dem U-Test auf Signifikanz überprüft.

Tab. 4.29: Summe aus Rosen, Trocken- und Grünäste in Stk. / 2 m der Außen- und Innenseite von Eichen der vom Rand des Lochbestandes aus gesehenen äußeren bzw. zweiten Reihe

(20 Lochbestände; signifikant höhere Werte in Fettdruck; Signifikanz (Sig.): +++ $p < 0,1 \%$, + $p < 5 \%$, - nicht gesichert)

| MERKMAL/ SEKTION m | STAMM- HÄLFTE | EICHEN DER ÄUßEREN REIHE | | EICHEN DER ZWEITEN REIHE | |
|---------------------------------------|------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| | | Mittelwert Stk. / 2 m | Sig. des Unter- schieds | Mittelwert Stk. / 2 m | Sig. des Unter- schieds |
| Rosen, Trocken-, Grünast / 0 - 2 | außen | 0,93 | +++ | 0,36 | - |
| | innen | 0,58 | | 0,41 | |
| Rosen, Trocken-, Grünast / 2 - 4 | außen | 1,53 | + | 0,65 | +++ |
| | innen | 1,19 | | 1,07 | |
| Rosen, Trocken-, Grünast / 4 - 6 | außen | 1,77 | +++ | 0,81 | + |
| | innen | 1,08 | | 1,06 | |
| Rosen, Trocken-, Grünast / 6 - 8 | außen | 1,85 | +++ | 0,98 | - |
| | innen | 0,75 | | 1,15 | |
| Rosen, Trocken-, Grünast / 8 - 10 | außen | 1,46 | +++ | 0,88 | - |
| | innen | 0,64 | | 0,95 | |
| Rosen, Trocken-, Grünast / 10 - 12 | außen | 0,97 | +++ | 0,51 | - |
| | innen | 0,57 | | 0,56 | |
| Rosen, Trocken-, Grünast / Mittel | außen | 1,46 | +++ | 0,70 | + |
| | innen | 0,87 | | 0,88 | |

Der Vergleich der Eichen der äußeren Reihe mit denen der zweiten Reihe ergibt:

- In der äußeren Reihe sind die Astmerkmale auf allen Sektionen signifikant bis höchst signifikant häufiger auf der äußeren Stammhälfte als auf der inneren. Durchschnittlich beträgt der Unterschied rund 0,6 Astmerkmale je Sektion.
- Dagegen sind in der zweiten Reihe die Astmerkmale auf allen Sektionen auf der inneren Seite häufiger. Dieser Trend ist weniger ausgeprägt, denn in vier Sektionen ist dieser Unterschied nicht signifikant. Der durchschnittliche Unterschied beträgt 0,18 Merkmale je 2 m.
- Deutlich wird außerdem, dass auf der Außenseite der Eichen der äußeren Reihe mehr als doppelt so viele Astmerkmale zu finden sind, als auf der Außenseite der zweiten Reihe. Dieser Unterschied ist höchst signifikant. Im Gegensatz dazu unterscheiden sich die Werte der Innenseiten nicht voneinander.

Der **Vergleich** zwischen der Summe der Astmerkmale der mit **Kiefern umstandenen** (vgl. Tab. 4.22) mit den mit **Buchen umstandenen** (vgl. Tab. 4.29) Lochbeständen verdeutlicht:

- Die Randwirkung ist bei den Eichen in mit Kiefern umstandenen Lochbeständen für beide Seiten der Eichen der äußeren Reihe in mit Buchen umstandenen Lochbeständen nur bei der Außenseite der äußeren Reihe nachweisbar.

- Die Anzahl der Astmerkmale ist bei den Eichen der äußeren Reihe in mit Kiefern umgebenen Lochbeständen höher als bei den Eichen in mit Buchen umgebenen Lochbeständen. In der zweiten Reihe unterscheiden sich die Summen der Astmerkmale nicht.

In Tab. 4.30 ist die **Anzahl der Wasserreiser** je 2-m-Sektion getrennt nach Außen- und Innenseite der Randeichen und der Eichen der zweiten Reihe dargestellt.

Da die Werte des Merkmals Wasserreiser nicht hinreichend normalverteilt waren (Kolmogorov-Smirnov-Test), wurden die Unterschiede der Mittelwerte mit dem U-Test auf Signifikanz überprüft

Tab. 4.30: Anzahl Wasserreiser in Stk. / 2 m der Außen- und Innenseite von Eichen der vom Rand des Lochbestandes aus gesehenen äußeren bzw. zweiten Reihe (20 Lochbestände; signifikant höhere Werte in Fettdruck; Signifikanz (Sig.): +++ $p < 0,1 \%$, + $p < 5 \%$, - nicht gesichert)

| MERKMAL/ SEKTION m | STAMM- HÄLFTE | EICHEN DER ÄUßEREN REIHE | | EICHEN DER ZWEITEN REIHE | |
|------------------------|------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| | | Mittelwert Merkmal / 2 m | Sig. des Unterschieds | Mittelwert Merkmal / 2 m | Sig. des Unterschieds |
| Wasserreiser / 0 - 2 | außen | 0,36 | - | 0,27 | - |
| | innen | 0,36 | | 0,20 | |
| Wasserreiser / 2 - 4 | außen | 0,75 | - | 0,65 | - |
| | innen | 0,80 | | 0,60 | |
| Wasserreiser / 4 - 6 | außen | 0,99 | - | 0,76 | - |
| | innen | 0,81 | | 0,68 | |
| Wasserreiser / 6 - 8 | außen | 1,06 | - | 0,67 | - |
| | innen | 0,92 | | 0,45 | |
| Wasserreiser / 8 - 10 | außen | 0,70 | - | 0,60 | - |
| | innen | 0,48 | | 0,31 | |
| Wasserreiser / 10 - 12 | außen | 0,33 | - | 0,42 | - |
| | innen | 0,28 | | 0,23 | |
| Wasserreiser / Mittel | außen | 0,74 | + | 0,57 | - |
| | innen | 0,66 | | 0,44 | |

In Tab. 4.30 ist veranschaulicht:

- Mit Ausnahme der gesamten Stammhälften der äußeren Eichenreihe sind keine signifikanten Unterschiede zwischen der Wasserreiseranzahl der Außen- und Innenseite nachweisbar.
- Der signifikante Unterschied zwischen der Außenseite und der Innenseite der äußeren Reihe fällt mit 0,08 Wasserreisern je Sektion sehr gering aus.
- Es wurden mehr Wasserreiser an den Bäumen der äußeren Reihe gefunden, als an den Bäumen der zweiten Reihe.

Wenn Wasserreiser vorkommen, treten sie meist gehäuft auf. Deshalb war auch zu klären, wie hoch der durchschnittliche Anteil der **Sektionen mit Wasserreisern** ist.

In Tab. 4.31 sind die Ergebnisse dieser Erhebungen dargestellt.

Tab. 4.31: Anteil der Sektionen mit Wasserreisern der Außen- und Innenseite von Eichen der vom Rand des Lochbestandes aus gesehenen äußeren bzw. zweiten Reihe (20 Lochbestände; signifikant höhere Werte in Fettdruck; Signifikanz (Sig.): + $p < 5\%$, - nicht gesichert)

| SEKTION m | STAMM- HÄLFTE | EICHEN DER ÄUßEREN REIHE | | EICHEN DER ZWEITEN REIHE | |
|--------------|------------------|--|----------------------------|--|----------------------------|
| | | Anteil der Sektionen mit Wasserreisern % | Sig. des Un- terschieds | Anteil der Sektionen mit Wasserreisern % | Sig. des Un- terschieds |
| 0 - 2 | außen | 10 | - | 7 | - |
| | innen | 14 | | 6 | |
| 2 - 4 | außen | 22 | - | 19 | - |
| | innen | 29 | | 20 | |
| 4 - 6 | außen | 25 | - | 22 | - |
| | innen | 30 | | 27 | |
| 6 - 8 | außen | 24 | - | 29 | - |
| | innen | 32 | | 23 | |
| 8 - 10 | außen | 19 | - | 25 | - |
| | innen | 24 | | 15 | |
| 10 - 12 | außen | 13 | - | 19 | - |
| | innen | 9 | | 18 | |
| Mittel | außen | 19 | + | 19 | - |
| | innen | 24 | | 19 | |

In Tab. 4.31 ist dargestellt:

- Mit Ausnahme der gesamten Stammhälften der äußeren Eichenreihe sind keine signifikanten Unterschiede zwischen der Anzahl der Sektionen mit Wasserreisern der Außen- und Innenseite nachweisbar.
- 19 % der Sektionen der Außenseiten beider Reihen und der Innenseite der zweiten Reihe hatten Wasserreiser.

Beim **Vergleich der Anzahl der Wasserreiser** (vgl. Tab. 4.30) mit der **Anzahl der Sektionen** mit Wasserreisern (vgl. Tab 4.31) fällt auf:

- Im Gegensatz zur Anzahl der Merkmale traten Sektionen mit Wasserreisern häufiger auf der Innenseite auf. Daraus lässt sich schließen, dass auf der Außenseite der mit Buchen umstandenen Eichen der äußeren Reihe mehr Wasserreiser auf weniger Sektionen auftreten.
- In beiden Fällen ist kein Randeinfluss auf die Wasserreiser nachweisbar.

Sollten die Randeinflüsse eine **Unrundigkeit** induziert haben, so müssten diese Durchmesser signifikant voneinander abweichen.

Die Durchmesser waren jeweils hinreichend normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung). Die Signifikanz des Unterschiedes der Mittelwerte wurde deshalb mit dem T-Test überprüft.

Die Ergebnisse des Vergleichs der Brusthöhendurchmesser in radialer und radial + 90° Richtung für die mit Buchen umstandenen Lochbestände werden in Tab. 4.32 dargestellt.

Tab. 4.32: Brusthöhendurchmesser ($d_{1,3}$) in radialer Richtung zum Lochbestand und im Winkel von 90° dazu gemessen an den Eichen der äußeren und der zweiten Reihe der Lochbestände
(20 Lochbestände; Signifikanz (Sig.): - nicht gesichert)

| STANDORT DER EICHEN | MERKMAL | ANZAHL Stk. | MITTELWERT cm | VAR. KOEFF. % | SIG. DES UN- TERSCHIEDS DES MITTELWERTES |
|--------------------------|------------------|----------------|------------------|---------------------|--|
| Eichen der äußeren Reihe | $d_{1,3}$ radial | 211 | 40,2 | 29 | - |
| | $d_{1,3}$ 90° | 211 | 40,0 | 29 | |
| Eichen der zweiten Reihe | $d_{1,3}$ radial | 162 | 38,7 | 25 | - |
| | $d_{1,3}$ 90° | 162 | 38,6 | 24 | |

Auch in den mit Buchen umgebenen Lochbeständen fand sich kein signifikanter Unterschied der Brusthöhendurchmesser in radialer und radial + 90° Richtung.

4.3.8 DISKUSSION DER ERGEBNISSE DER RELATIVEN QUALITÄTSBESTIMMUNG

Die Bestimmung der relativen Qualität der Endbestandsbäume erbrachte als **wichtigste Ergebnisse:**

- In mit Kiefern umgebenen Lochbeständen ist mit Ausnahme der Wasserreiser die Randwirkung für die Eichen der äußeren Reihe nachweisbar. Bei den Wasserreisern wurde auch in der zweiten Reihe ein Randeinfluss dokumentiert.
- In mit Buchen umgebenen Lochbeständen ist der Randeinfluss auf die Qualität der äußeren Seite der Randeichen beschränkt.
- Die Stellung zum Rand des Lochbestandes hat keinen Einfluss auf die Unrundigkeit des Stammes.

Für eine in dieser Form nicht erwartete geringe **Tiefenwirkung der Randeinflüsse**, die sich ausschließlich auf die äußere Reihe des Lochbestandes beschränkte, sind weitere Hinweise:

- Die Qualitätsmerkmale der Endbestandsbäume des äußeren Drittel unterschieden sich signifikant von denen des folgenden Drittels, die Merkmale des folgenden Drittels waren aber mit denen des Lochbestandeszentrums identisch.
- Die Brusthöhendurchmesser schwankten von der Lochbestandesmitte bis zur vorletzten Randreihe um einen Mittelwert und stiegen dann in der Randreihe sprunghaft an.

- Der Brusthöhendurchmesser und das Baumvolumen der Endbestandsbäume des äußeren Drittels unterschieden sich signifikant vom zur Mitte des Lochbestandes folgenden Drittels, diese waren aber vom Lochbestandeszentrum nicht zu unterscheiden.
- Die Ergebnisse der Stammanalyse zeigten, dass lediglich die Eichen der äußersten Reihe auf die Freistellung im Zuge der Hauptverjüngung reagierten.

Die Ergebnisse der Stammanalysen, deren Ergebnisse in Kap. 4.2.4.5 vorgestellt wurden, machen deutlich, dass die Randeichen auf die plötzliche Freistellung durch die Verjüngung des Hauptbestandes mit einem erhöhten Dickenwachstum reagierten. Folglich ist hier im Holz ein **Sprung der Jahrringbreiten** zu verzeichnen.

Bei der Eiche werden Jahrringsprünge von den Holzverarbeitern meist negativ bewertet, da sie bei der Trocknung zum Verwerfen und zu Rissen führen. Außerdem haben sie gerade bei Fladerschnitten eine starke Unruhe im Furnierbild zur Folge. Allerdings beschränkt sich dieser Jahrringbreitensprung auf die wenig Wert tragenden innersten Teile des Stammes, da die Eichen zum Zeitpunkt der starken Freistellung selten älter als 25 Jahre waren.

Wie schon im Kap. 4.1.1 dargestellt, gibt es hinsichtlich der **optimalen Jahrringbreiten** für furniertaugliches Eichenholz stark divergierende Auffassungen (KRAHL-URBAN, 1939; MAYER-WEGELIN, 1952 a, 1954; GÖPFERT, 1957; SCHULZ, 1959; SIEBER, 1977; FLEDER, 1981; POLGE, 1984; KENK, 1984; GÖTTLEIN, 1994).

Die größten Jahrringbreiten wurden an Randeichen von mit Kiefern umgebenen Lochbeständen gefunden. Selbst diese Jahrringe waren durchschnittlich nur 4 - 5 mm breit.

EVANS (1983) hielt diese Jahrringbreiten für Wertholz tolerierbar. Bei den meisten Eichen überschritten sie auch die nach strengeren Auffassungen gesetzte Grenze von 2 mm. Damit ist das in horst- und gruppenweisen Verjüngungen erzeugte Eichenholz von seiner Jahrringbreite her voll wertholztauglich.

Es bleibt aber die Frage, warum den Eichen in MORTZFELDTschen Lochbeständen entgegen den hier vorgestellten Ergebnissen von den Revier- und Oberförstern (BRÄSICKE, RATSCHKER 2003) gerade in Nordostdeutschland häufig eine **schlechte Qualität nachgesagt** wird. Hierfür sind meines Erachtens folgende Gründe zu nennen:

- Bisher fehlten eine Qualitätsinventur oder andere Untersuchungen zur Qualität von Eichen aus MORTZFELDTschen Lochbeständen in Nordostdeutschland,
- Lehrmeinungen (SCHWAPPACH, 1916),

- der starke Kontrast der großkronigen Randeichen zu den kleinkronigen Kiefern der umgebenden Bestände,
- fehlende Pflege der Lochbestände aufgrund zu geringem Sortimentsanfall und schlechter Absetzbarkeit von Eichenindustrieholz bzw. schwachem Eichensägeholz.

Auf mehreren Exkursionen zur Vorstellung von Zwischenergebnissen dieser Arbeit fühlten sich die Teilnehmer beim ersten Heranlaufen an die Lochbestände in ihren Vorurteilen bestätigt. Wurden sie im Lochbestand aufgefordert, ihren Blick auf die Endbestandsbäume zu konzentrieren und so den schlechten Pflegezustand auszuklammern, revidierten sie umgehend ihr Urteil.

Neben den Aussagen zur Qualität bieten die Ergebnisse der relativen Qualitätsbestimmung auch die Möglichkeit, die **Entwicklung der Lochbestände** nachzuvollziehen.

Betrachtet man die bei der Qualitätsuntersuchung erfassten Astmerkmale, so sieht eine Gliederung nach dem Zeithorizont über die das bloße Vorhandensein eines der Merkmale Aussagen trifft, beginnend bei der kürzesten Zeitspanne so aus:

- (1) Wasserreiser,
- (2) Grünäste,
- (3) Trockenäste,
- (4) Rosen.

Während Wasserreiser auf kurze Zeit zurückliegende Bedingungen hinweisen, zeigt die Anzahl von Rosen im unteren Stammbereich die Bedingungen einer Zeitspanne, die nahezu das gesamte Baumalter umfasst.

Da die lebenden und toten Wasserreiser nicht unterschieden wurden, lässt sich nach der Trennschärfe der Aussage über die Bedingungen folgende Reihenfolge aufstellen:

- (1) Grünast,
- (2) Wasserreiser,
- (3) Trockenast,
- (4) Rose

Alle Grünäste müssen während ihrer gesamten Entwicklung ausreichend Lichtgenuss gehabt haben, sonst hätten sie nicht überlebt. Aus dem Vorhandensein von Rosen lässt sich lediglich

ableiten, dass sich anfangs Äste bilden konnten, die aber später Mangels Licht abstarben. Über die Strahlungsverhältnisse nach dem Absterben des Astes sind keine Aussagen möglich. Vergleicht man unter diesem Gesichtspunkt die Eichen der mit Buchen umstandenen Lochbestände der äußeren Reihe mit denen, die mit Kiefern umstanden sind, so stellt man fest, dass die Anzahl der Rosen und Trockenäste identisch ist. Auf den mit Buchen umstandenen Lochbeständen finden sich aber in der äußeren Reihe keine Grünäste und die Anzahl der Wasserreiser ist auf beiden Stammhälften nur in der Summe der Sektionen signifikant unterschiedlich.

Daraus lässt sich ableiten, dass in den ersten Phasen der Entwicklung der Lochbestände keine Bedingungen geherrscht haben, die eine unterschiedliche Qualitätsentwicklung der Randeichen zwischen Lochbeständen mit umgebenden Beständen aus Kiefern bzw. Buchen zugelassen hätten. Dies schließt den Zeitpunkt der Hauptverjüngung und die damit verbundene Freistellung mit ein, denn nur in dieser Entwicklungsphase war es möglich, signifikante Merkmalsunterschiede zwischen den Rand- und den Inneneichen zu induzieren. Mit dem Aufwachsen der umgebenden Bestände kam es dann zu einem unterschiedlich starken Konkurrenzdruck durch die umgebenden Baumarten, der die unterschiedlichen Merkmalsausprägungen nach sich zog. Im Gegensatz zur Kiefer kann die Buche als umgebende Baumart Grünäste der Randeichen durch Beschattung zum Absterben bringen, sobald sie auch nur einen geringen Höhenvorsprung gegenüber diesem Ast hat. Dadurch wurden die Grünäste der Randeichen gleicher Höhe in mit Buchen umstandenen Lochbeständen früher zum Absterben gebracht bzw. in ihrer Wuchsrichtung nach oben abgedrängt, als in mit Kiefern umstandenen Lochbeständen.

Dies hatte für die mit Buchen umstandenen Randeichen im Vergleich zu den mit Kiefern umstandenen Randeichen zur Folge, dass:

- der Astreinigung früher einsetzte und am Stamm höher reichte,
- die Äste schwächer waren,
- die Randeichen geringere Kronendurchmesser entwickelten,
- aufgrund des früheren Absterbens der grünen Äste und der geringeren Kronendurchmesser die Durchmesser- und Volumenüberlegenheit der Randbäume gegenüber den Innensäulen geringer war.

Die gegenüber den Inneneichen größeren Durchmesser der Randeichen in mit Buchen umgebenen Lochbeständen sind mithin als eine Folge der früheren Freistellung zu sehen und spiegeln nicht die aktuelle Konkurrenzsituation wider.

Folgende Fragen der Qualität von Eichen aus Lochbeständen blieben ungeklärt und müssten Gegenstand **weiterer Untersuchungen** sein:

- Die Unrundigkeit der Randstämme konnte zwar ausgeschlossen werden, ein erhöhtes Maß an Markröhrenverlagerung durch einseitige Besonnung bzw. stark exzentrische Kronen ist aber denkbar.
- Außerdem sollten die Größen der Äste unter den Rosen untersucht werden. Hier wäre aufgrund der vorgelegten Ergebnisse zu erwarten, dass die überwallten Äste in mit Buchen umstandenen Lochbeständen deutlich geringere Durchmesser haben, als die Äste der Randeichen der mit Kiefern umstandenen Lochbestände.
- Des weiteren müsste geklärt werden, ob der Anteil der durch Schwarzäste verursachten Sekundärschäden (Fäule, Spechthöhlen) das in Reinbeständen zu findende Maß übersteigt.

4.4 BESONDERHEITEN DER RANDBÄUME IN LOCHBESTÄNDEN

Die Ergebnisse der Wuchsleistungs- und Qualitätsuntersuchungen zeigen, dass die Randeichen der Lochbestände ein vom Durchschnitt des Reinbestandes abweichendes Wuchsverhalten und Qualitätsmerkmale aufweisen. Dabei ist gerade der Unterschied der Randeichen in mit Kiefern umgebenen Lochbeständen zu den restlichen Eichen dieser Lochbestände besonders ausgeprägt. In mit Kiefern umgebenen Lochbeständen haben die Randeichen generell deutlich größere Kronen und sind dadurch stärker als die restlichen Bäume des Lochbestandes. Gleichzeitig haben sie eine gute bis sehr gute Qualität und eine größere Vitalität. Dies ist auf den im Vergleich zum intraspezifischen Konkurrenzdruck der Eichen deutlich geringeren Konkurrenzdruck der Kiefern zurückzuführen.

Tatsächlich wurden, gemäß den im Waldfond gesammelten Informationen, in > 60 % der Lochbestände in den letzten 25 Jahren keine Einschlagsmaßnahmen durchgeführt. In den übrigen Beständen fanden in der Regel Brennholz- oder Pfahlholzsortimentshiebe statt. Die Kronenentwicklung der Endbestandsbäume wurde auf diese Weise nicht gefördert. 58 % der intensiv aufgenommenen Lochbestände (719 Stk.) war mit > 1,0 bestockt.

Wären die Eichen der Lochbestände rechtzeitig, endbestandsbaumorientiert und stärker durchforstet worden, so hätte es den Konkurrenzdruck innerhalb des Lochbestandes gemindert. Dies hätte bei den Endbestandsbäumen:

- Größere Jahrringbreiten,
- höhere Brusthöhendurchmesser und Einzelbaumvolumen,
- veränderte Formigkeit und
- längere Grünastzonen unmittelbar zur Folge gehabt.

Damit wäre der gerade in den mit Kiefern umgebenen Lochbeständen aufgetretene Unterschied zwischen den Randbäumen und den übrigen Lochbestandesbäumen deutlich geringer gewesen.

SPIECKER (1991) empfahl für die Eiche eine 2-phasige Bewirtschaftung:

- In der **Qualifizierungs-Phase**, die mit der Begründung der Eichen beginnt, soll durch Dichtstand die Astreinigung der unteren Stammpartien erreicht werden. Die Dauer dieser Phase hängt von der Wüchsigkeit des Bestandes und von der angestrebten astfreien Schaftlänge ab.
- Ist diese erreicht, beginnt die **Phase der Dimensionierung**. Hier wird durch konsequente Kronenbegünstigung der Zukunftsbäume das Dickenwachstum der Zuwachsträger des Bestandes auf ein möglichst hohes Niveau gehoben und gehalten.

Durch die Hauptverjüngung des umgebenden Bestandes wurde für die Randbäume ein solches Zweiphasenmodell praktiziert. Hier orientierte sich der Zeitpunkt der Freistellung der Eichen aber nicht an den Zielsetzungen für den Lochbestand, sondern vielmehr an den Gegebenheiten des Hauptbestandes. Die Randeichen wurden einseitig vollständig freigestellt und die Freistellung betraf alle Bestandesmitglieder des Randes. Soll also das Zweiphasenmodell SPIECKERS etabliert werden, sind folgende Modifikationen am System der MORTZFELDTschen Lochbestandserziehung unumgänglich:

- Der Zeitpunkt der Hauptverjüngung soll sich am Entwicklungsstand des Lochbestandes orientieren,
- keinen Kahlhieb im umgebenden Bestand, um eine zu starke Besonnung der unteren Stammpartien zu vermeiden,
- konsequente Kronenpflege aller Zukunftsbäume in der Dimensionierungsphase.

5. VERJÜNGUNGSPOTENZIAL DER EICHENLOCHBESTÄNDE

5.1 UNTERSUCHUNGSANSATZ ZUM VERJÜNGUNGSPOTENZIAL VON EICHENLOCHBESTÄNDEN

Eines der Hauptanliegen MORTZFELDTs bei der Anlage von Lochbeständen war es, dass diese als Ausgangspunkte für zukünftige Eichenverjüngungen in den angrenzenden Nadelbaumbeständen dienen sollten. In artenreichen Mischbeständen ist die Klärung der Elternschaft eines Jungwuchses, aufgrund des Vorhandenseins vieler Samenproduzenten, nur über genetische Vergleiche möglich.

In den ausgedehnten Nadelforstkomplexen Nordostdeutschlands stehen hingegen viele Lochbestandesverbände isoliert von anderen älteren Eichen. Damit können sie als Eltern der Eichenjungwüchse in den sie umgebenden Beständen angenommen werden. Die Untersuchung von Lochbeständen in größeren Nadelbaumforsten bietet also die Möglichkeit, das Verjüngungspotenzial von Eichenhorsten für die umgebenden Bestände auch ohne direkte Elternschaftsanalysen zu quantifizieren.

5.2 MATERIAL UND METHODEN

5.2.1 UNTERSUCHTE BESTÄNDE

Setzt bei den Eichen der Lochbestände die Produktion von keimfähigen Eicheln ein, ist damit die Grundvoraussetzung gegeben, dass sich Jungwüchse dieser Eichen in den umgebenden Beständen etablieren können. Die Eichen erlangen die Mannbarkeit im Freiland mit 40 - 50 Jahren und im Bestand mit 50 - 80 Jahren (SCHÜTT, SCHMUCK, STIMM, 1991). Die Anzahl der aus der angebotenen Samenmenge entstehenden Jungwüchse ist hauptsächlich von folgenden Faktoren abhängig:

- Anzahl und Leistung der Samenverbreiter,
- Zustand des Oberbodens der umgebenden Bestände,
- Artenzusammensetzung und Vitalität der Bodenvegetation,
- kleinklimatische Gegebenheiten (Lichtangebot, Feuchtigkeit, Temperatur)
- Dichte und Vitalität der Schädiger (Schalenwild, Mäuse, Hasen).

Durch für eine Verjüngung negative Bedingungen auch nur eines dieser Faktoren, kann das Aufwachsen von Eichenjungwüchsen im umliegenden Bestand verhindert werden.

Diese Faktoren wurden bei der Auswahl der Versuchsfelder durch folgende Festlegungen berücksichtigt:

- Der Eichenlochbestand muss mindestens 90 Jahre alt sein (Erlangung Mannbarkeit plus 10 Jahre).
- Es werden nur Lochbestände aufgenommen, deren umgebender Bestand in einem Umkreis von 250 m zum Lochbestand aus einem homogenen Kiefernbestand gleichen Alters besteht. Dieser muss mindestens 60 Jahre alt sein und darf keinen geringeren Bestockungsgrad als 0,8 aufweisen.
- In einem Umkreis von 500 m durfte keine weitere Eiche im potenziell mannbaren Alter stehen.
- Im Umkreis von 250 m sollte die Lokalbodenform nicht wechseln.
- Da in Brandenburg bis zu 5 Schalenwildarten auf einer Fläche vorkommen, was zu einer möglichen Kombination von 30 Varianten führt, hätte eine Differenzierung nach den einzelnen Schalenwildkombinationen zu einer starken Reduzierung der einzelnen Probefelder geführt. Eine statistisch gesicherte Aussage für die einzelnen Varianten wäre deshalb auf Grund eines geringen Stichprobenumfangs sehr schwierig geworden. Deshalb wurde nur in ungezäunte Flächen (mit Einfluss des Schalenwildes) und gezäunte Flächen (temporärer Wildausschluss) unterschieden.
- Kiefernbestände mit dichten Vegetationsdecken aus Sandrohr (*Calamagrostis epigejos*) oder mit einem geschlossenen Unterstand aus Spätblühender Traubenkirsche (*Padus serotina*) wurden ausgeschlossen.

Nach diesen Kriterien wurden 64 Bestände ausgewählt.

In Abb. 5.1 ist die Lage der ausgewählten Untersuchungsbestände dargestellt.

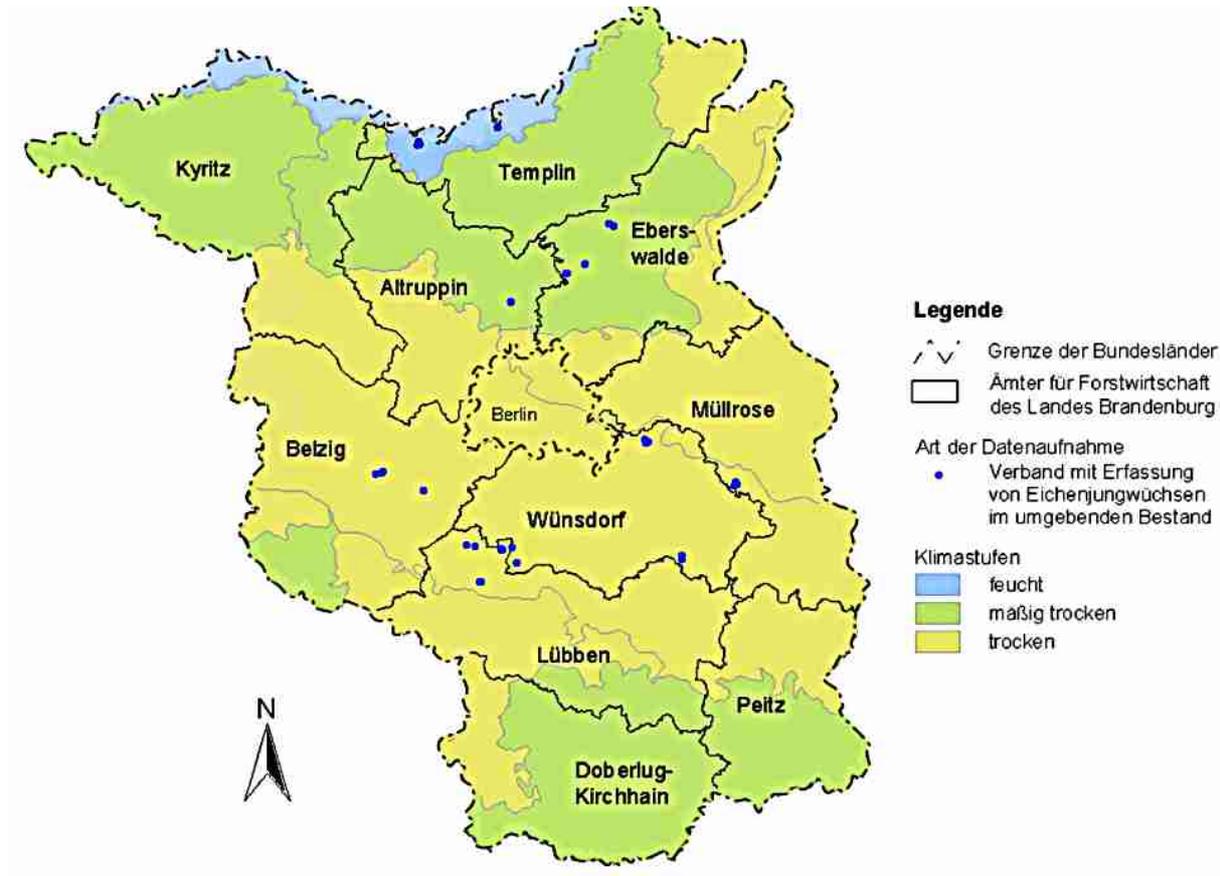


Abb. 5.1: Lage der untersuchten Bestände (64 umgebende Kiefernbestände)

Entgegen den Erwartungen war es sehr schwierig Flächen zu finden, die nicht im Umkreis von 500 m ältere Eichen aufwiesen. Dies wird auch an der im Vergleich zu den über 3.000 gefundenen Lochbeständen relativ geringen Anzahl von 64 Aufnahmeflächen deutlich. Haupthinderungsgründe für die Aufnahme von Jungwüchsen war neben dem Vorhandensein von weiteren potenziellen Samenquellen, angrenzende Wege und Kahlflächen sowie das Fehlen gezäunter Bestände.

5.2.2 AUFNAHME DER EICHENJUNGWÜCHSE

Für die Verbreitung der Eicheln in die umgebenden Bestände gibt es mehrere Samentransportoren (Mäuse, Eichhörnchen, Eichelhäher), die unterschiedliche Aktionsradien haben. In einem ersten Schritt musste überprüft werden, ob es eine räumliche Präferenz dieser Vektoren bei der Verbreitung der Samen gibt.

Hierzu wurden an 3 Modellbeständen in alle Himmelsrichtungen Transekte von 2 m Breite und 100 m Länge angelegt. Die Transekte wurden in 10-m-Sektionen unterteilt und in diesen die Eichenjungwüchse gezählt.

Abgeleitet aus den Ergebnissen dieser Erhebungen konnte festgestellt werden, dass bei der Aufnahme des Verjüngungspotenzials die Himmelsrichtung bei der Aufnahme eines Transektes keinen Einfluss hat. Dieses Ergebnis war deshalb bedeutsam, da nur Teile der umgebenden Kiefernbestände gezäunt waren und so die Festlegung des Transektes durch die Zaunfläche ohne Beachtung der Himmelsrichtung möglich wurde.

Bei der Jungwuchsaufnahme wurden, wie in Abb. 5.2 illustriert, in den umgebenden Kiefernbeständen der ausgewählten Lochbestände Transekte mit einer Gesamtlänge von maximal 250 m, einer Breite von 2 m und einer Sektionslänge von 10 m, beginnend am Lochbestandesaußenrand, angelegt.

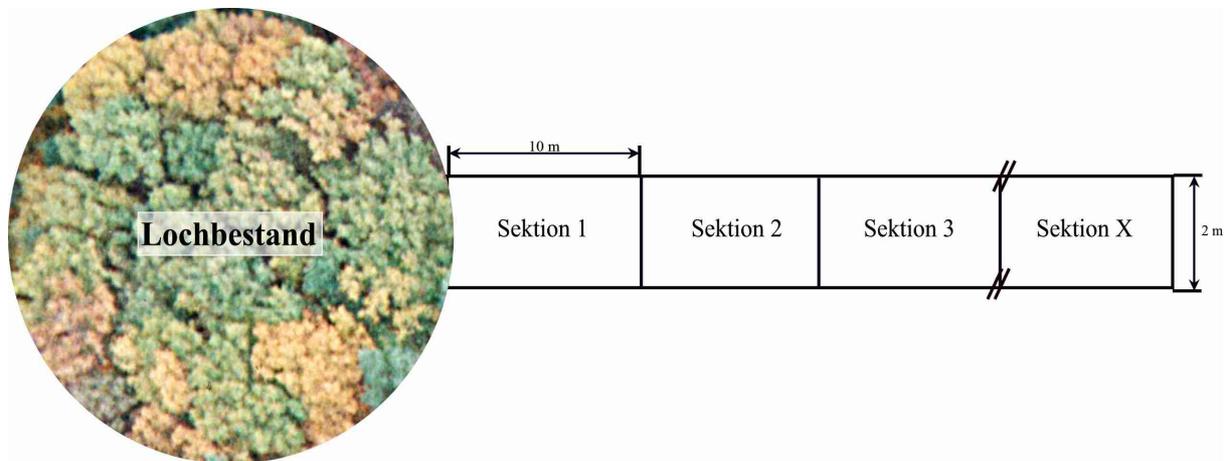


Abb. 5.2: Lage der Aufnahmesektionen im Transekt der Jungwuchsaufnahme

Die Transekte wurden mittels Fluchstangen, Entfernungsmesser VERTEX III und Forstbussole eingemessen. Da in den seltensten Fällen gezäunte umgebene Bestände die ausgewählten Lochbestände umgaben oder direkt an sie grenzten, wurden Transekte in die Richtung naher gezäunter Flächen gelegt. Bei der späteren Aufnahme wurden diese Transekte in ungezäunte und gezäunte Sektionen unterteilt.

Im Anschluss an das Einmessen wurden für jeden Transekt die Eichenjungwüchse sektionsweise gezählt. Aufgenommen wurde in ungezäunten Flächen in den Monaten Mai und Juni, da in dieser Zeit, kurz nach Austrieb des Eichenlaubes, die Eichenjungwüchse am deutlichsten zu erkennen sind.

5.2.3 METHODIK DER DATENAUSWERTUNG

Bei der Auswertung der Anzahl der Eichenjungwüchse über die Entfernung zum Lochbestandesrand mittels Regressionsanalyse wurde deutlich, dass eine Beschreibung der aufgefundenen Zusammenhänge nur in Anlehnung an die natürlichen Zusammenhänge erfolgen kann. Hierbei ist zu beachten, dass die Samentransporteur unterschiedliche Aktionsradien haben. Sie lassen sich in Kurzstreckentransporteur, hierzu sind der Wind, die Mäuse und das Schalenwild zu zählen und Langstreckentransporteur, wie Eichelhäher und Eichhörnchen, unterteilen. Für keinen der Verbreiter war aus eigenen oder fremden Untersuchungen das Verteilungsschema der Eicheln in Bezug zum Lochrand bekannt. Eine Aufteilung nach beteiligten Tierarten schied daher aus.

Die Fläche, auf die sich die transportierten Samen verteilen, wächst mit dem Quadrat der Entfernung zum Lochbestand. Auch bei gleichmäßiger Verteilung der Samen nimmt ihr Anteil mit der Entfernung zum Lochbestandesrand ab.

Diesen Vorgaben wurde bei der statistischen Auswertung Rechnung getragen. So wurde die Regression für die Anzahl der Eichenjungwüchse über die Entfernung aus zwei Teilfunktionen zusammengesetzt. Beginnend mit dem Lochbestandesrand wird sie bis zum Knotenpunkt k über die polynomische Formel ausgeglichen:

$$N = a_1 + b_1 * Ab + c_1 * Ab^2$$

(N = Anzahl der Eichenjungwüchse, Ab = Abstand vom Lochrand),

nach dem Knotenpunkt k wird nach der Formel:

$$N = a_2 + b_2 * Ab \text{ angepasst.}$$

Im Knotenpunkt k soll $a_1 + b_1 * Ab + c_1 * Ab^2 = a_2 + b_2 * Ab$ sein. Da im Knotenpunkt k Ab gleich k ist, kann für den Knotenpunkt Ab durch k ersetzt werden. Damit kann durch die Operation $-b_2k$ nach a_2 umgestellt werden. Daraus ergibt sich, dass im Knotenpunkt k $a_2 = a_1 + b_1 * k + c_1 * k^2 - b_2 * k$ ist.

Durch Iteration ist es möglich, nach Kombination von den Variablen a_1 , b_1 , c_1 , b_2 und dem Knotenpunkt k zu suchen, bei der die Summe der Abweichungsquadrate am geringsten ist. Hierzu wurde für das Statistikprogramm SPSS, auf Basis der Veröffentlichung von DEGENHARDT (1999), folgende Befehlssyntax geschrieben:

```

model program a1=11000 b1=-2000 c1=70 b2=0 k=7.
if (Ab lt k) value=a1+b1*Ab+c1*Ab*Ab.
compute a2=a1+b1*k+c1*k*k-b2*k.
if (Ab ge k) value=a2+b2*Ab.
nlr N with Ab /pred=value /save pred.
    
```

Für die Variablen a_1 , b_1 , c_1 , b_2 und k wurden Startwerte gewählt, die sich gutachterlich aus den Messwerten ableiten ließen. Um nicht lokalen Minima für die Kombination mit der wirklich geringsten Summe der Abweichungsquadrate zu halten, wurden für jede Regression mehrere Durchläufe der Befehlsyntax mit jeweils veränderten Anfangsvariablen gestartet.

5.3 ERGEBNISSE

5.3.1 VERBREITUNGSSCHEMA DER EICHENJUNGWÜCHSE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER HIMMELSRICHTUNG

Die Eichen sind für die Verbreitung ihrer schweren Samen auf Tiere angewiesen, die diese tragen können. Deshalb wurde in einem ersten Versuchsschritt geklärt, ob sie eine bestimmte Himmelsrichtung bei der Verbreitung der Samen bevorzugen. Hierzu wurden auf den Flächen 040605V3L13, 070102V1L2 und 120503V2L1 in den vier Haupthimmelsrichtungen Jungwuchsaufnahmen vorgenommen. Die Ergebnisse der drei Flächen wurden in Mittelwerten je Himmelsrichtung und Sektion zusammengefasst. Da es sich hierbei um mehrere unabhängige Stichproben nicht normalverteilter Werte handelt, wurde mittels H-Test (Kruskal-Wallis-Test) (BACKHAUS, 1996) überprüft, ob die vier Stichproben (Nord-, Ost-, Süd- und Westtransekt) der gleichen Grundgesamtheit entstammen.

In Tab. 5.1 sind die Ergebnisse dieses H-Tests für die Variable Himmelsrichtung dargestellt.

Tab. 5.1: Ergebnisse des H-Tests auf Zugehörigkeit zu einer Grundgesamtheit für die Anzahl der Eichenjungwüchse auf Probetransekten in Nord-, Ost-, Süd- und Westrichtung

| PRÜFGRÖßE | WERT |
|-------------------------------|------|
| Chi-Quadrat (χ^2) | 0,29 |
| Freiheitsgrade (df) | 3 |
| asymptotische Signifikanz (p) | 0,96 |

Mit einem geringen $\chi^2 = 0,29$ und einem großen $p = 0,96$ kann die Nullhypothese angenommen werden, das heißt die Anzahl der Eichenjungwüchse in den einzelnen Himmelsrichtungen unterscheidet sich nicht.

Somit konnte bei den weiteren Aufnahmen die Himmelsrichtung gewählt werden, bei der keine Störungen (Wege, Gebäude, Wasserflächen) vorlagen. Außerdem musste bei der Auswahl

von gezäunten umgebenden Beständen nicht auf eine Himmelsrichtung Rücksicht genommen werden.

5.3.2 ERGEBNISSE DER JUNGWUCHSAUFNAHMEN

Beim Vergleich der Ergebnisse der Aufnahmen von Eichenjungwüchsen wird deutlich, dass eine erhebliche Schwankungsbreite zwischen den einzelnen Stichproben einer Sektion besteht.

In Abb. 5.3 sind die Ergebnisse als Boxplot aller gezäunten Stichproben dargestellt.

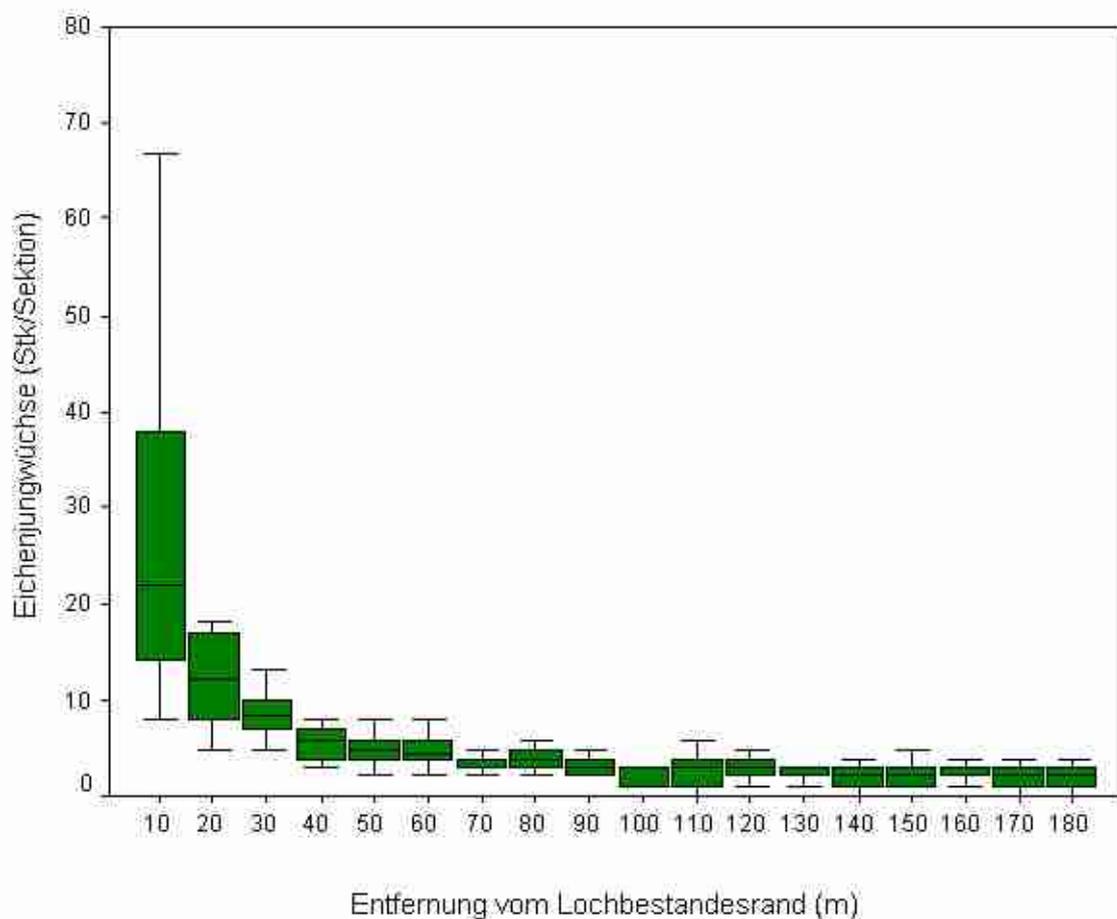


Abb. 5.3: Box-Plot der Anzahl der Eichenjungwüchse je Sektion der gezäunten Flächen (26 Flächen; unterer Whisker = x_{\min} , oberer Whisker = x_{\max} , unteres Ende Box = $x_{0,25}$, oberes Ende Box = $x_{0,75}$, Linie in Box = Median)

Gerade für die erste Sektion (bis 10 m vom Lochrand entfernt) ist die Streuung erheblich. Die Lage des Medians zu den Enden der Box in der ersten Sektion verrät, dass die größere Anzahl der untersuchten Flächen weniger Jungwüchse hat als der arithmetische Mittelwert dieser Verteilung. Eine weitere Aufgliederung der gezäunten Flächen nach Einflussfaktoren zur Verringerung der Streuung ist aufgrund der geringen Flächenzahl nicht möglich.

In Abb. 5.4 ist die durchschnittliche Anzahl von Eichenjungwüchsen je Hektar und je Aufnahmesektion in Beständen ohne Zaun und mit Zaun ($N_{\text{ungezäunte Bestände}} = 38$, $N_{\text{gezäunte Bestände}} = 26$) wiedergegeben.

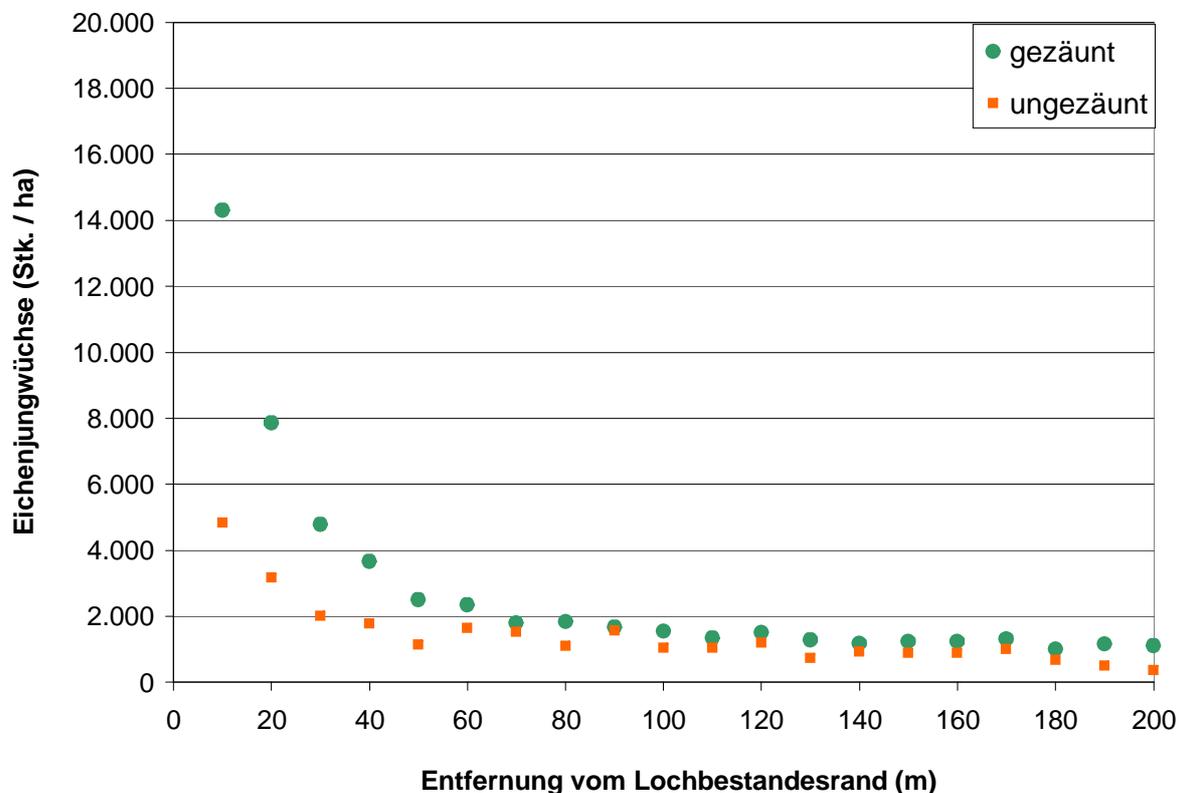


Abb. 5.4: Anzahl der Eichenjungwüchse in Kiefernbeständen in Abhängigkeit von der Entfernung zum Rand eines Eichenlochbestandes und in Abhängigkeit von der Zäunung ($N_{\text{ungezäunte Bestände}} = 38$, $N_{\text{gezäunte Bestände}} = 26$)

Aus Abb. 5.4 geht hervor, dass in gezäunten und ungezäunten Kiefernbeständen die Anzahl der Eichenjungwüchse mit der Entfernung zum Lochbestandesrand abnimmt.

So sind in gezäunten Kiefernbeständen durchschnittlich 14.000 Eichenjungwüchse / ha in 10 m Entfernung und rund 1.500 Eichenjungwüchse / ha in 200 m zum Lochbestandesrand gefunden worden.

Um die vorgefundenen Zustände modellhaft beschreiben zu können, wurde eine zweigeteilte Regression gewählt. Die Anpassung eines Graphen mittels Regression erfolgte bis zum Knotenpunkt k nach der Formel:

$$N = a_1 + b_1 \cdot Ab + c_1 \cdot Ab^2$$

(N = Anzahl der Eichenjungwüchse, Ab = Abstand vom Lochrand).

Nach dem Knotenpunkt wurde die Anpassung nach der Formel:

$$N = a_2 + b_2 * A$$

vorgenommen.

Die Kennwerte beider Anpassungen sind in Tab. 5.2 dargestellt.

Tab. 5.2: Kennwerte der Regression gezäunter und ungezäunter Flächen für die Anzahl von Eichenjungwüchsen in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lochbestandesrand

| VARIABLEN | VARIABLEN DER ANPASSUNG IN UMGEBENEN BESTÄNDEN OHNE ZAUN | VARIABLEN DER ANPASSUNG IN UMGEBENEN BESTÄNDEN MIT ZAUN |
|----------------|--|---|
| a ₁ | 6594,12 | 21040,07 |
| b ₁ | -2083,86 | -7911,42 |
| c ₁ | 205,94 | 833,38 |
| K | 6,00 | 4,69 |
| a ₂ | 1920,73 | 2707,62 |
| b ₂ | -70,98 | -94,00 |

Bei beiden endet die polynomische Anpassung und die Lage des Knotenpunktes (vergl. Tab. 5.2) in etwa bei der gleichen Entfernung zum Lochbestandesrand. Auch bei der Regression der Einzelflächen liegt der Wert k (mit nur zwei Ausnahmen (070102V1L2 ungezäunt; 070102V1L1 ungezäunt)) im Bereich zwischen 4,2 und 6,3.

Nach dem Knotenpunkt nehmen die Eichenjungwuchszahlen mit fortschreitender Entfernung zum Lochbestandesrand bei beiden Szenarien linear ab. Diese Gleichförmigkeit der gesamten Anpassung deutet darauf hin, dass in beiden Fällen die gleichen Samentransportmechanismen wirksam waren.

Die Anzahl der Eichenjungwüchse in den ungezäunten umgebenen Beständen unterscheiden sich aber über alle Aufnahmen deutlich von denen der gezäunten umgebenen Bestände.

In Tab. 5.3 sind die modellhafte Anzahl der Eichenjungwüchse der Stichproben ohne Zaun und mit Zaun aufgeführt. Außerdem sind die prozentualen Anteile der Eichenjungwüchse der Stichproben mit Zaun bezogen auf die Anzahl der Jungwüchse der Stichproben ohne Zaun dargestellt.

Tab. 5.3 Vergleich der modellhaften Anzahl der Eichenjungwüchse je Hektar in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lochbestandesrand von gezäunten und ungezäunten Flächen

| ENTFERNUNG VOM LOCHBESTANDESRAND | Eichenjungwüchse | | ANTEIL EI-JUNGWÜCHSE GEZÄUNT FLÄCHEN BEZOGEN AUF UNGEZÄUN- TEN FLÄCHEN % |
|-------------------------------------|-----------------------|---------|---|
| | Stk / ha UNGEZÄUNT | GEZÄUNT | |
| m | | | |
| 10 | 4.706 | 13.962 | 297 |
| 20 | 3.240 | 8.551 | 264 |
| 30 | 2.186 | 4.806 | 220 |
| 40 | 1.544 | 2.729 | 177 |
| 50 | 1.313 | 2.238 | 170 |
| 60 | 1.495 | 2.144 | 143 |
| 70 | 1.424 | 2.050 | 144 |
| 80 | 1.353 | 1.956 | 145 |
| 90 | 1.282 | 1.862 | 145 |
| 100 | 1.211 | 1.768 | 146 |
| 110 | 1.140 | 1.674 | 147 |
| 120 | 1.069 | 1.580 | 148 |
| 130 | 998 | 1.486 | 149 |
| 140 | 927 | 1.392 | 150 |
| 150 | 856 | 1.298 | 151 |
| 160 | 785 | 1.204 | 153 |
| 170 | 714 | 1.110 | 155 |
| 180 | 643 | 1.016 | 158 |
| 190 | 572 | 922 | 161 |
| 200 | 501 | 828 | 165 |

Aus Tab. 5.3 geht hervor, dass auf den Sektionen der gezäunten Bestände immer mehr Eichenjungwüchse vorhanden waren, als auf den ungezäunten. Dabei nimmt der Unterschied zwischen den gezäunten und den ungezäunten bis 50 m mit Entfernung vom Lochbestandesrand ab. Sind in 10 m Entfernung zum Lochbestandesrand noch 3 mal so viele Eichenjungwüchse auf der gezäunten Sektion, so sind es in 60 m Abstand noch rund 1,5 mal so viele Jungwüchse. Die Anzahl der Eichenjungwüchse ist in unmittelbarer Nähe der Lochbestände sehr hoch. So befinden sich im Umkreis von 50 m, das entspricht einer Fläche von 0,6 ha, auf den ungezäunten Sektionen durchschnittlich 2.600 Eichenjungwüchse / ha und auf den gezäunten Sektionen 6.500 Eichenjungwüchse / ha.

In einem Abstand von 200 m vom Lochbestandesrand sind immer noch 500 Eichenjungwüchse / ha auf der ungezäunten Sektionen bzw. 830 Eichenjungwüchse / ha auf der gezäunten Fläche vorhanden.

Die Ergebnisse der Tab. 5.3 verdeutlichen, dass von den MORTZFELDTschen Lochbeständen ein erhebliches Verjüngungspotenzial ausgeht. Besteht das Ziel, die vorhandenen Eichenjungwüchse zum Umbau der angrenzenden Kiefernbestände zu nutzen und wird dabei von einer Mindesteichenzahl von 1.000 Stk. / ha ausgegangen, so wird diese Zahl auf den unge-

zäunten Flächen noch in 130 m Abstand vom Lochbestandesrand und auf den gezäunten Flächen noch in 180 m Abstand vom Lochbestandesrand erreicht. Damit wäre die Anzahl der Eichenjungwüchse, die von einem MORTZFELDTschen Lochbestand ausgehen, ausreichend, um etwa 4 ha gezäunte Kiefernreinbestände umzubauen.

Außerdem wird der starke Einfluss des Wildes deutlich. Durchschnittlich standen die Zäune zum Zeitpunkt der Jungwuchsaufnahme 3 Jahre (max. 8 Jahre, min. 1 Jahr). Demnach hat der Ausschluss des Wildes für durchschnittlich 3 Jahre schon zu deutlich mehr Eichenjungwüchsen geführt.

5.4 DISKUSSION DER ERGEBNISSE ZUM VERJÜNGUNGSPOTENZIAL VON EICHENLOCHBESTÄNDEN

Der Hauptgrund für die große Streubreite innerhalb der Aufnahmen war die große Anzahl von Einflüssen. Dies soll am Beispiel des Faktors Wild erläutert werden.

In Brandenburg kommen mit Hasen, Reh-, Rot-, Dam- und Muffelwild fünf Wildarten in nennenswerten Dichten vor, die Eichenjungwüchse schädigen. Schon hierdurch ergeben sich 30 Varianten. Neben den vorkommenden Wildarten bestimmen noch weitere Faktoren die Art und Stärke des Einflusses auf die Jungwüchse:

- Sonstiges Äsungsangebot,
- Wilddichte,
- Beunruhigung.

In den gezäunten Sektionen variierten also schon die Ausgangszustände zum Zeitpunkt der Zäunung aufgrund des sehr variablen Wildeinflusses.

Bei der Untersuchung musste auf bestehende gezäunte Bestände zurückgegriffen werden. Die Zäune standen unterschiedlich lange (max. 8 Jahre, min. 1 Jahr, durchschnittl. 3 Jahre). Da Eichen nicht jährlich die gleiche Menge Samen produzieren, kann auch nicht aus der Standdauer des Zaunes auf die Anzahl der möglichen Eichenjungwüchse geschlossen werden.

Dies erklärt die große Streubreite der gefundenen Anzahl von Eichenjungwüchsen in gezäunten Sektionen.

Unbenommen davon bleibt die Tatsache, dass von den Lochbeständen ein erhebliches Verjüngungspotenzial ausgeht und das Wild der entscheidende Ausschlussfaktor für die Etablierung von Eichenjungwüchsen in den umgebenden Beständen ist.

Ein weiteres Beispiel hierfür fand sich im Amt für Forstwirtschaft Fürstenberg. Hier wurden vor etwa 40 Jahren mehrere Kiefernbestände mit MORTZFELDTschen Löchern von der Westgruppe der russischen Streitkräfte eingezäunt, so dass das Wild langfristig ausgeschlossen wurde. Alle gezäunten umgebenden Kiefernbestände haben heute einen geschlossenen Unter- und Zwischenstand aus Eichen. In einem Abstand von 150 m zum Lochbestandesrand wurden durchschnittlich 3.400 etwa 20-jährige Eichen je Hektar gefunden. Da die Bestände nicht den Vorgaben der festgelegten Methodik entsprachen, sind die Ergebnisse der Aufnahmen nicht in die Tab. 5.3 eingeflossen.

BÖHLER (2001) bestätigte, aufgrund seiner Ergebnisse auf DANCKELMANNschen Gassen in der Oberförsterei Eberswalde, das Verjüngungspotenzial der streifenweise in Kiefernbestände eingemischten Eichen. Dabei untersuchte er den Bereich des umgebenen Bestandes vom Gassenrand bis zu einer Entfernung von 22,5 m, ohne eine weitere Differenzierung vorzunehmen. BÖHLER belegte den limitierenden Einfluss des Wildes auf die Weiterverbreitung der Eichen. Ohne Untersuchungen dafür ins Feld zu führen, hielt BÖHLER das Lichtangebot für Eichenjungwüchse unter Kiefern für nicht ausreichend.

STEIGER (1987, 1989), STIMM, BÖSWALD (1994) und VULLMER, HANSTEIN (1995) stellten in ihren Untersuchungen den Anteil des Eichelhähers an der Eichenverjüngung heraus. Die von ihnen gefundenen Dichten der Eichenjungwüchse entsprechen den Befunden dieser Arbeit in einer Entfernung von mehr als 50 m zum Lochbestandesrand.

Auf die Nutztauglichkeit von aus Hähersaat hervorgegangenen Beständen gibt es für das nordostdeutsche Tiefland eine Reihe von Untersuchungen. Als Ergebnis ihrer Untersuchungen bestätigten EISENHAUER (1994 a, b, c), OTTO, 1996, MOSANDL, KLEINERT (1998), HEINSDORF, FUCHS (1999), STÄHR, PETERS (2000) und MRAZEK (2001) die Bedeutung von Hähereichen für die Überführung von Kiefernreinbeständen.

BÖRNER, EISENHAUER (2003) untersuchten die Holzqualität unterständiger Hähereichen und verlangten Mindestdichten zur Absicherung der Qualität der Eichen. Außerdem forderten sie für Hähereichen eine veränderte Qualitätszielsetzung, die ein besseres Management der Hähereichen erlaubt.

Aufgrund der Fülle gleichlautender Untersuchungsergebnisse für das Untersuchungsgebiet kann davon ausgegangen werden, dass die in dieser Untersuchung in den umgebenden Kiefernbeständen gefundenen Eichenjungwüchse, sollten sie vor dem Äser des Wildes geschützt sein, auch zum Umbau von Kiefernreinbeständen genutzt werden können.

6 WALDBAULICHE SCHLUSSFOLGERUNGEN

6.1 EINLEITUNG

Eine der Hauptzielrichtungen dieser Arbeit war es, anhand von Ergebnissen aus den Untersuchungen von MORTZFELDTschen Lochbeständen waldbauliche Schlussfolgerungen für die Begründung und die Behandlung von Eichenlochbeständen in umgebenden Kiefern- und Buchenreinbeständen abzuleiten.

Die folgenden Aussagen beschränken sich allerdings auf den Raum des nordostdeutschen Tieflandes und auf Lochbestände mit Durchmesser von 20 - 60 m.

6.2 EIGNUNG UND ANWENDUNGSBEREICHE DES GRUPPEN- UND HORSTWEISEN EICHENANBAUS FÜR NORDOSTDEUTSCHLAND

Eignung als waldbauliches System

Die Untersuchungen ergaben:

- Die Eichengruppen und -horste hatten in Kiefernbeständen eine sehr hohe und in Buchenbeständen eine ausreichende Konkurrenzkraft und Stabilität.
- Die Lochbestände zeigten auf allen untersuchten Standorten eine gute bis sehr gute, mit Reinbeständen vergleichbare Wuchsleistung.
- Die Eichen in den Lochbeständen wiesen auf allen untersuchten Standorten eine gute bis sehr gute, mit Reinbestandseichen vergleichbare Qualität auf.
- Die Lochbestände boten mit dem Beginn der Mannbarkeit der Eichen ein erhebliches Verjüngungspotenzial für die umgebenden Bestände.

Dementsprechend ist der gruppen- und horstweise Eichenanbau in Kiefern- und Buchenbeständen ein für Nordostdeutschland sehr geeignetes waldbauliches System.

Rahmenbedingungen

Es erfordert jedoch einige vorteilhafte Rahmenbedingungen:

- Die Möglichkeit und Bereitschaft kleinflächige Waldbestände zu bewirtschaften.
- Einen gesicherter Absatz von Eichenindustrieholz und schwachem Sägeholz.
- Die Regulierung der Wildbestände auf ein den Anforderungen einer naturnahen Waldwirtschaft entsprechendes Maß, so dass sich die Verwendung von Schutzmaßnahmen für die Jungwüchse erübrigen.

Anwendungsbereiche des waldbaulichen Systems

Gruppen- und horstweise Eichenlochbestände lassen sich auf verschiedene Weise begründen:

- Oft bieten sich Lücken wie Blitz-, Käfer- und Sturmlöcher als Folge kleinflächiger Störungen in bestehenden Beständen oder standörtliche Besonderheiten (Lehmlinsen, feuchte Senken) an.
- In älteren, naturnah bewirtschafteten Kiefernbeständen wird die kurzfristige, bestandesweise Endnutzung durch eine, am prognostizierten Wertzuwachs des Einzelbaumes orientierte, Einzelbaumnutzung ersetzt. Über längere Verjüngungszeiträume entstehen dabei Bestandeslücken. In diesen können durch natürliche oder künstliche Verjüngung Eichengruppen und -horste begründet werden. So entstehen der natürlichen Waldgesellschaft nahe Mischbestände, ohne dass Wertverluste an vorhandenen Reinbeständen hingenommen werden müssen.
- In nach Schirmschlaghieben verjüngten Kiefernbeständen können durch künstliche Einbringung oder die Nutzung von natürlich angekommenen Eichenjungwüchsen Eichengruppen- bzw. -horste etabliert werden.

Gerade im nördlichen Brandenburg und in Mecklenburg-Vorpommern zeigen die Buchen aufgrund der klimatischen Gegebenheiten eine hohe Konkurrenzkraft. Einzelstammweise Mischungen aus Buchen und Eichen sind durch das ständige Zurückdrängen der Buchen zu Gunsten der Eichen pflege- und damit kostenintensiv. Die Eichen aber zeigen in diesen Gebieten gerade auf mittleren und kräftigen Standorten ihre besten Wuchs- und Wertleistungen. Durch die Verjüngung der Eichen in Lochhieben kann die Eigenstabilität des waldbaulichen Systems gegenüber der Einzelbaummischung erhöht und eine hohe Wertleistung der Eichen sichergestellt werde.

6.3 BEGRÜNDUNG VON LOCHBESTÄNDEN

6.3.1 BEGRÜNDUNG VON LOCHBESTÄNDEN IN SCHEMATISCHEN UND GLEICHALTRIGEN VERBÄNDEN

Für MORTZFELDT (1896) war die systematische Anordnung der nach ihm benannten „Löcher“ in Verbandsform eine von mehreren Möglichkeiten der Anlage von Lochbeständen. Wie die Ergebnisse der Inventur zeigen, wurden aber 99 % der angelegten Lochbestände in Verbänden zusammengefasst, von denen mehr als 57 % der Lochbestände regelmäßig angeordnet war (s. Beispiel in Abb.6.1).

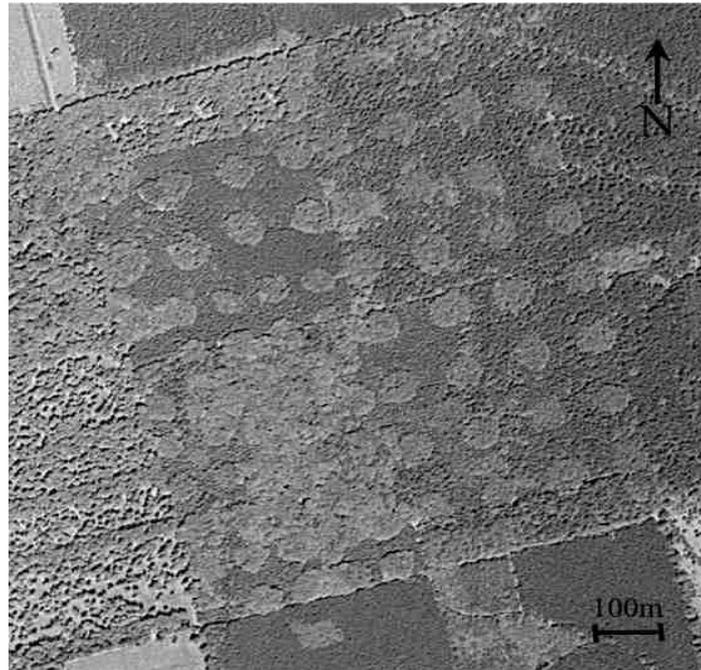


Abb. 6.1: Eichenlochbestände in Verbandsform (Amt für Forstwirtschaft Alt Ruppin)

Außerdem wurden innerhalb der Verbände keine Altersunterschiede von mehr als 5 Jahren zwischen den einzelnen Lochbeständen gefunden. Diese Art der gleichzeitigen und schematischen Anlage von Lochbeständen in Verbänden hat folgende Nachteile:

- Hoher Aufwand beim Einmessen der Lochhiebsflächen,
- Nichtbeachtung standörtlicher Unterschiede,
- Nichtbeachtung der individuellen Hiebsreife der Bäume des Hauptbestandes.

Die Ergebnisse zum Verjüngungspotenzial der Lochbestände haben gezeigt, dass ein Abstand von 500 m zwischen zwei Lochbeständen ausreichend ist, um im umgebenden Bestand ausreichend Eichenjungwüchse für eine spätere Eichenverjüngung zu produzieren. Unter diesem Gesichtspunkt ist eine Anordnung von Lochbeständen in dieser Dichte zur Sicherstellung von ausreichend Eichenjungwüchsen in der Folgegeneration unnötig.

Aus den genannten Gründen sollte die Anlage von schematisch angeordneten, gleichaltrigen Lochbeständen in großen Verbänden auf Ausnahmefälle beschränkt bleiben.

6.3.2 ANLAGE VON LOCHBESTÄNDEN IN LÜCKEN VON KIEFERNBESTÄNDEN

Die in Kap. 3.5.2.1 wiedergegebenen Ergebnisse besagen, dass Kiefern die Randeichen nicht ernsthaft bedrängen. Deshalb können in allen Lücken > 20 m Durchmesser, gleichgültig ob sie durch Störungen oder im Zuge planmäßiger Nutzung entstanden sind, Eichen gepflanzt werden. Zu den häufigsten Störungsereignissen zählen:

- Ackersterbe (*Heterobasidium annosum*),
- flächige Ausfälle durch Hallimasch (*Amillaria mellea*),
- gruppen- und horstweises Absterben der Kiefern durch Käfer (*Phaenops cyaneam*, *Ips sextentatus*) oder Schmetterlinge (*Panolis flammea*, *Lymantria monacha*, *Denrolimus pini*),
- sowie durch Blitz, Schneebruch, Windwurf bzw. -bruch oder Feuer verursachte Bestandeslücken.

Gruppen- oder horstweise Nutzungen von Bestandespartien deutlich vor dem Endnutzungsalter der anderen Bestandesteile werden in erster Linie durch fehlenden Wertzuwachs dieser Bestandesteile induziert. Hierzu gehören:

- Ehemalige Harzung,
- Gruppen von Bäumen mit nicht sägefähigen Schaftformen,
- metallische Einschlüsse durch Splitter im Umkreis von Bombentrichtern und
- Gruppen von Kiefern mit Schwammbefall (*Phellinus pini*).

Sehr ungleichförmige und zu kleine Lücken können arrondiert und erweitert werden. Wie die Ergebnisse der Untersuchungen zum Verteilungsmuster der vitalsten Bäume in der Initialphase zeigten, ist hierbei eine in Ost-West-Richtung elliptische Form zu empfehlen. Dadurch wird der Flächenanteil der Lücke reduziert, der stark besonnt und die Wuchsleistung der jungen Eichen deutlich erhöht.

Für die Flächenvorbereitung und Pflanzung sollten Verfahren verwendet werden, die sich bei der Begründung von Reinbeständen in der jeweiligen Region bewährt haben.

Die Einmischung von Roteiche in Lochbestände aus Trauben- und Stieleiche ist generell abzulehnen. Insgesamt wurden 103 solcher gemischter Lochbestände in Nordostdeutschland gefunden. Allen war gemein, dass die Roteiche aufgrund ihrer höheren Kronenplastizität die Stiel- bzw. Traubeneichen stark zurückgedrängt hatte und aufgrund ihrer ausgeprägten Heliotrophie an den Lochbestandesrändern sehr schlechte Stammformen aufwies. Ein hoher Prozentsatz der Roteichen auf den mittleren und ziemlich armen Standorten hatte Kambiumschäden durch den Eichenfeuerschwamm (*Phellinus robustus*) und Spechthöhlen.

Eine Umpflanzung mit einem oder zwei konzentrischen Kreisen aus Rotbuche oder Douglasie sollte, aufgrund ihrer hohen Konkurrenzkraft, unterbleiben. Von ehemaligen Ringbepflanzungen aus Winterlinde und Fichte waren nur kümmernde Einzelexemplare verblieben. Daher sollten auch diese Baumarten nicht zu einer Ringbepflanzung verwendet werden.

Auf kräftigen und mittleren Standorten ist eine zweireihige Ringbepflanzung aus Hainbuche empfehlenswert, wenn absehbar ist, dass der umgebende Bestand durch Kahlhieb genutzt werden soll. Wenn irgend möglich, sollte ein umgebender Bestand nicht kahl geschlagen, sondern langfristig verjüngt werden. Auf diese Weise wird eine plötzliche Freistellung des Lochbestandes vermieden.

6.3.3 PFLANZUNG ODER AUSFORMUNG VON EICHENGRUPPEN UND -HORSTEN IN IM SCHIRMSCHLAGBETRIEB VERJÜNGTEN KIEFERNBESTÄNDEN

Soll ein Mischbestand nach Schirmhieb unter einem Kiefernbestand begründet werden, so können durch Pflanzung oder durch Ausformung bestehender Jungwuchsansammlungen Eichengruppen bzw. -horste geschaffen werden, die eine ausreichende Wuchs- und Qualitätsleistung haben.

Hierzu ist eine Musterung des Bestandes nach standörtlichen Gegebenheiten und Jungwuchsverteilung schon mit der Hiebsführung im Oberstand notwendig. Bei der Musterung sollten Bereiche ausgeschieden werden, in der die Anzahl der Jungwüchse zur Ausformung von Eichengruppen bzw. -horsten ausreichen oder in denen durch die standörtlichen Gegebenheiten (Lehmlinsen, feuchte Senken, verdichtete Bodenkörper) eine Präferenz der Eiche gegenüber der Kiefer rechtfertigen.

Sind ausreichend Eichenjungwüchse in Teilbereichen der Fläche vorhanden, hat die Mischungsregulierung hin zu Eichengruppen und -horsten möglichst frühzeitig in den Jungwüchsen zu erfolgen. Fehlstellen können ausgepflanzt werden oder in ihnen werden andere Baumarten bis zum Erreichen des Dichtschlusses erhalten.

Sind nicht ausreichend Eichenjungwüchse vorhanden, können durch Kunstverjüngung Eichen eingebracht werden. Es muss hierbei vermieden werden, dass ohne Prüfung des Standortes Fehlstellen in der Kiefernverjüngung mit Eichengruppen ausgefüllt werden. Das Ausbleiben der Kiefernverjüngung kann zufälliger Natur sein, aber es kann auf standörtliche Extreme hinweisen und so einen Eichenanbau ausschließen. Vielmehr sollten konsequent kleinstandörtliche Besonderheiten, die der Eiche entgegenkommen, genutzt werden.

Wie im Kap. 5.3.2 gezeigt, kann das Verjüngungspotenzial der Bestände im Untersuchungsgebiet aufgrund überhöhter Schalenwildbestände nicht ohne Schutzmaßnahmen genutzt werden. Dies schließt die Eichen- und Kiefernjungwüchse mit ein. Flächige Zäunung ist der Zäunung von Eichenhorsten vorzuziehen.

Unter den Bedingungen zu hoher Schalenwildbestände sollte die Verjüngung nachstehendem Grundmuster folgen:

- In einem ersten Hieb wird durch gleichmäßige Entnahme von 30 - 50 % des aufstockenden Volumens eine lockere Schirmstellung erreicht. Die Hiebsmaßnahme sollte im Winter erfolgen und spätestens im Februar abgeschlossen sein,
- Nach Abschluss der Hiebsmaßnahme wird umgehend der Zaun gestellt.
- Ist eine ausreichende Anzahl von Jungwüchsen angekommen, kann mit einer Mischungsregulierung hin zu einer gruppen- und horstweisen Mischung begonnen werden. Dabei wird die Lage, Größe und Form der auszuformenden Eichenbestände von der jeweiligen Dichte der Eichenjungwüchse bestimmt.
- Wie im Kap. 3.6.3 erläutert, führt dauerhafte zu starke Überschirmung durch die Kiefern zu deutlichen Wuchs- und Qualitätsleistungseinbußen bei den Eichen. Deshalb hat eine an die Bedürfnisse der Jungwüchse angepasste Räumung des Oberbestandes zu erfolgen.

6.3.4 ANLAGE VON LOCHBESTÄNDEN IN BUCHENBESTÄNDEN

Die hohe Konkurrenzkraft von Buchen lässt die gruppen- und horstweise Einbringung von Eichen in Buchenbestände nur kurz vor oder in der Phase der Hauptverjüngung sinnvoll erscheinen. Hierbei ist dem Lochhieb gegenüber einer Gruppenschirmstellung der Vorrang einzuräumen. Dies hat zwei Gründe:

- Die Lichtbedingungen unter Schirm würden die Buchen begünstigen.
- Durch den Lochhieb wird auch ohne weitere Eingriffe im Oberbestand das Aufwachsen der Eichen über einen längeren Zeitraum sichergestellt.

Der Lochhieb sollte einen Durchmesser von mindestens 30 m haben und möglichst kreisrund sein, um die Berührungsfläche zur umgebenden Baumart zu minimieren. Die eigentliche Bepflanzungsfläche sollte sich außerhalb des Traufbereichs der Randbuchen befinden, wenn nicht sichergestellt werden kann, dass eine kurzfristige Nachlichtung an den Rändern durchgeführt wird.

Es empfiehlt sich, die Löcher zur Verjüngung der Eichen zu einem Zeitpunkt einzubringen, in dem im restlichen Bestand die Jungwüchse noch nicht flächig angekommen sind. Die Auflichtung zur Förderung der restlichen Jungwüchse kann erfolgen, wenn die Eichen eine Höhe von 4 - 6 m erreicht haben. Die räumliche Anordnung der zukünftigen Lochbestände ist nur dann zu beachten und ein „Vermauern“ von Altholzresten möglich, wenn kein ausreichendes dauerhaftes Gassensystem in diesen Beständen besteht.

6.4 BEHANDLUNG VON BESTEHENDEN LOCH- UND UMGEBENDEN BESTÄNDEN

6.4.1 LOCHBESTÄNDE BIS ZU EINER OBERHÖHE VON DER HÄLFTE DER ZU ERWARTENDEN ENDHÖHE

Innerhalb der Lochbestände gilt es, in dieser Phase durch negative Auslese (Wölfe, Zwiesel) eine Stammzahlreduktion herbeizuführen. Hierbei soll der Dichtschluss erhalten bleiben, um die Astreinigung voranzutreiben. In mit Kiefern umstandenen Lochbeständen ist bei der Musterung nach Wölfen und schlechtformigen Bäumen besonderes Augenmerk auf die äußere Reihe zu legen. Bei mit Buchen umstandenen Lochbeständen gilt es, durch Rändelung eine direkte Überschildung Eichen durch die Randbuchen zu vermeiden.

In diese Entwicklungsphase des Lochbestandes soll die Verjüngung des Hauptbestandes fallen. Dafür sind fortlaufende Rändelungen um die Lochbestände genauso denkbar wie flächige Schirmstellung des gesamten umgebenden Bestandes. Eine vollständige Räumung des Schirms darf nicht erfolgen bevor die Jungwüchse der Hauptverjüngung mindestens 3 m hoch sind. Je kürzer der Zeitraum zwischen Lochbestandesbegründung und Verjüngung des Hauptbestandes desto schneller kann der Schirm geräumt werden.

Schließt der umgebende Bestand aufgrund einer kurzen Zeitdifferenz zwischen Lochbestandesbegründung und Hauptverjüngung zum Lochbestand auf, ist in den Randbereichen des Lochbestandes den Eichen der Vorrang einzuräumen um eine geschlossene Front zu erhalten.

6.4.2 LOCHBESTÄNDE MIT EINER OBERHÖHE VON MEHR ALS DER HÄLFTE DER ZU ERWARTENDEN ENDHÖHE

Bei den Lochbeständen mit einer Oberhöhe von mehr als der Hälfte der zu erwartenden Endhöhe traten in der Untersuchung folgende waldbaulichen Mängel zu Tage:

- Das Gros der Bestände waren deutlich überbestockt,
- die Entnahmemenge und die Auswahl der zu entnehmenden Bäume orientierten sich an den Sortimentsanforderungen, dadurch unterblieb eine gerichtete Kronenpflege der Zukunftsbäume,
- die Randeichen in Lochbeständen mit umgebendem Bestand aus Kiefern wiesen stark einseitige Kronen auf,
- die Randeichen der mit Buchen umstandenen Lochbestände hatten stark eingeklemmte Kronen,
- beim überwiegenden Teil der Bestände fehlte der dienende Unterstand aus einer Schattenbaumart.

Ableitend aus den genannten Mängeln und den weiteren Ergebnissen der Untersuchung ergibt sich für diese Bestände als Handlungsrichtlinie:

- Eine in ihrer Stärke am Zieldurchmesser orientierte konsequente Kronenraumerweiterung der Endbestandsbäume, dies schließt die Randbäume mit ein,
- häufige und mäßige Eingriffe,
- plötzliche starke Freistellungen vorher stark bedrängter Eichen sind unbedingt zu vermeiden,
- aufgelaufene Rückstände sind in mehreren schwächeren Hieben aufzuholen,
- Erhaltung und Förderung eines Unter- und Zwischenstandes, dabei ist der Hainbuche der Vorrang vor der Rotbuche einzuräumen.

Durch eine konsequente Kronenpflege aller Bestandesmitglieder werden die Qualitäts- und Wuchsleistung der Eichen und ihre Erhaltung als Mischungselement in Buchenbeständen gesichert.

6.4.3 UMGEBENDE KIEFERNBESTÄNDE ÄLTER ALS 100 JAHRE

Aufgrund der stark abweichenden Zeiträume, in denen Kiefern bzw. Eichen ihre Zieldimensionen erreichen und der im Vergleich dazu geringe Altersvorsprung der Lochbestände, wird es notwendig, den Hauptbestand innerhalb des Bestandeslebens des Lochbestandes ein zweites Mal zu verjüngen. Zu diesem Zeitpunkt sind die Eichen der Lochbestände mannbar und können, tragbare Wildbestände vorausgesetzt, in der in Kap. 5.3 beschriebenen Weise zur Hauptverjüngung beitragen. Dabei sind die Eichenjungwuchsdichten direkt an den Lochbeständen am höchsten und nehmen mit zunehmender Entfernung zum Lochbestand ab. Im Umkreis von 50 m um den Lochbestand reichen die Eichenjungwüchse in der Regel aus, um reine Eichenbestände heranzuziehen. In einer Entfernung von mehr als 50 m von jedem Lochbestand ist die Ausformung von Eichengruppen und -horsten durch Mischungsregulierung möglich.

Die zweite Hauptverjüngung sollte sehr langfristig erfolgen. Kahlhiebe des Hauptbestandes würden die Vitalität und die Qualität der Eichenlochbestände stark beeinträchtigen und haben zu unterbleiben.

6.5 DISKUSSION DER WALDBAULICHEN SCHLUSSFOLGERUNGEN

6.5.1 DISKUSSION DER NOTWENDIGEN RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DEN GRUPPEN- UND HORSTWEISEN EICHENANBAU

Als Ergebnis der Untersuchungen wurden im Kap. 6.2 für die Anwendung des gruppen- und horstweisen Eichenanbaus drei notwendige Rahmenbedingungen genannt:

- Die Möglichkeit und Bereitschaft kleinflächige Waldbestände zu bewirtschaften.
- Gesicherter Absatz von Eichenindustrieholz und schwachem Sägeholz.
- Die Regulierung der Wildbestände auf ein den Anforderungen einer naturnahen Waldwirtschaft entsprechendes Maß, so dass sich die Verwendung von Schutzmaßnahmen für die Jungwüchse erübrigen.

Bei der Betrachtung der waldbaulichen Schlussfolgerungen fällt auf, dass sich die Bewirtschaftung der MORTZFELDTschen Lochbeständen, wie sie auf Basis der Ergebnisse dieser Arbeit gefordert werden, nur unwesentlich von der zielgerichteten Bewirtschaftung von Reinbeständen unterscheidet. Mit einer über den gesamten Bestand durchgeführten angepassten Kronenraumerweiterung der Bäume, die den größten Wertzuwachs erwarten lassen, wird deren Wertzuwachs und ihr Überleben gesichert.

Diese am Zukunftsbaum orientierte Bewirtschaftung unterblieb in den meisten Lochbeständen. Die umgebenden Bestände hingegen wiesen gute bis sehr gute Pflegezustände auf. Von den Revierförstern wurde hier eine deutliche Trennung bei der Bewirtschaftung vorgenommen.

Diese unterschiedliche Behandlung kann auf die fehlende Bereitschaft der Förster zurückzuführen sein, kleinflächige Bestände zu bewirtschaften oder Folge eines geringen Absatzes an Eichenindustrieholz und Sägeholz sein.

Schon RECK (1875) wies auf die Gefahr hin, dass Eichenhorste von den Bewirtschaftern übersehen würden.

MORTZFELDT (1896) erkannte dieses Problem und wollte durch Nummerierung der Lochbestände und auf diese Nummerierung aufbauende Pflegepläne das „Vergessen“ von Beständen verhindern.

BALLIN (1982) und KRÄMER (1984) sahen in der fehlenden Bereitschaft der zuständigen Förster die MORTZFELDTschen Lochbestände zu durchforsten den Grund für deren schlechte Pflegezustände.

Von befragten Revierförstern wurde diese Einschätzung BALLINs und KRÄMERs bestätigt. Als Grund für die geringe Bereitschaft wurde häufig die fehlende Erfahrung im Umgang mit solchen Bestandesstrukturen genannt.

Neben diesem subjektiven Grund wurden aber auch die geringen Sortimentmengen bei Durchforstungen der Lochbestände und der schlechte Holzabsatz für schwaches Eichensägeholz als Ursachen genannt.

Eine Fortbildung der zuständigen Revier- und Oberförster könnte Hemmschwellen abbauen und sie für den Umgang mit kleinflächig strukturierten Waldbeständen sensibilisieren. Die geringen Holzmengen bei Durchforstungen von Lochbeständen würden dann sicher als Möglichkeit begriffen, auch auf kleine Selbstwerbungsanfragen von Privatpersonen für Eichenholz reagieren zu können.

Der Absatz von schwachem Eichensägeholz ist dagegen ein prinzipielles Problem der Bemühungen der Nordostdeutschen Landesforstverwaltungen die Kiefern zu Gunsten der Eichen zurückzudrängen. Die Geschichte hat aber gezeigt, dass einem verstärkten Rohstoffangebot (schwaches Kiefernholz, Douglasienholz) über kurz oder lang auch zu einer verstärkten Nachfrage der verarbeitenden Industrie führt.

In der waldbaulichen Zusammenfassung, wie auch im Kap. 5, wird deutlich, dass das Anlegen von MORTZFELDTschen Löchern respektive das Ausformen von Eichengruppen und -horsten aus bestehenden Verjüngungen durch die bestehenden hohen Schalenwildbestände sehr kostenintensiv ist. Dies war in der Geschichte einer der Hauptkritikpunkte der MORTZFELDTschen Lochbestandeswirtschaft (DENGLER, 1935). MORTZFELDT (1896) erkannte dies und schrieb: *„Wüchsige, noch mit Zäunen umgebene Eichenhorste, im Schutze des alten Bestandes erzogen, präsentieren sich sehr deutlich, und sofort bleibt das kritische Auge weniger an den guten Eichen, als an den kostbaren Zäunen haften, und kopfschüttelnd wird die Meinung ausgesprochen, die Sache wäre nicht übel, aber doch sehr teuer.“*

Es ist bezeichnend, dass im Neudammer Försterlehrbuch (SCHWAPPACH, ECKSTEIN, HERRMANN, BORGMANN, 1922) der Name MORTZFELDT zweimal genannt wird. Erstmals in Verbindung mit dem MORTZFELDTschen Vorverjüngungsbetrieb und ein zweites Mal unter dem Stichwort „MORTZFELDTsche Mischung“. Hiermit wurde ein von MORTZFELDT entwickeltes Verbisschutzmittel bezeichnet.

Es gilt aber hierbei zu beachten, dass dies kein ausschließliches Problem dieser Art der Verjüngung ist. Vielmehr ist eine kleinflächig arbeitende und auf natürliche Automation setzende,

naturnahe Forstwirtschaft unter solchen Verbissbedingungen prinzipiell zum Scheitern verurteilt.

6.5.2 ANREGUNGEN FÜR WEITERFÜHRENDE BZW. VERTIEFENDE UNTERSUCHUNGEN

Für eine umfassende Bewertung des waldbaulichen Systems des gruppen- und horstweisen Eichenanbaus in Nordostdeutschland sollten noch eine Reihe von Untersuchungen durchgeführt werden:

- Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Schwerpunkt bei der **Qualitätsbeurteilung** auf die Eichen gelegt. Welche Auswirkungen der gruppen- und horstweise Eichenanbau auf die Qualität der Bäume der umgebenden Bestände hat, wurde nicht untersucht. Dies ist aber für eine Bewertung der Gesamtwertleistung unumgänglich.
- Auf den sehr **trockenen** und sehr **armen Standorten** Nordostdeutschlands konnten keine Untersuchungsbestände gefunden werden. Im Bereich dieser Standorte liegt aber die Grenze der natürlichen Eichen-Kiefern-Mischbestände (WAGENKNECHT, SCAMONI, RICHTER, LEHMANN, 1953; SCAMONI 1960, 1961; HOFMANN, 1997 a, b; HOFMANN, ANDERS, MATTHES, 2000). Der Kenntnis der **Wuchs- und Qualitätsleistung** und der Stabilität von Kiefern-Eichen-Mischbeständen auf diesen Standorten kommt damit für Anbauempfehlungen besondere Bedeutung zu. Da MORTZFELDT in der gesamten preußischen Verwaltung tätig war, sollten entsprechende Bestände in Polen vorhanden sein.
- Über das auch in den Lochbeständen auftretende als „**Eichensterben**“ bezeichnete Phänomen ist relativ wenig bekannt. Da hierdurch auch die vitalsten und wertvollsten Eichen eines Bestandes absterben können und weder das Befallsmuster noch Gegenmaßnahmen bekannt sind, wird hierdurch eine planmäßige Bewirtschaftung der Eichen erschwert. Deshalb kommt der Lösung dieses Problems eine große Bedeutung zu.
Der von KÄTZEL (2002) im Amt für Forstwirtschaft Fürstenberg verfolgte Ansatz der Vitalitätsuntersuchungen anhand von physiologisch-biochemischen Blattparametern könnte dabei richtungsweisend sein.
- Ob und in welchem Maße das Einbringen von Eichengruppen und -horsten in Kiefernbeständen Einfluss auf die Häufigkeit von **Kalamitäten** hat, wurde bis heute nur ansatzweise untersucht (BRÄSICKE, 2001; WOLLBRANDT, 2001; MÜLLER, OLDENBURG, 2004). Sollte durch gruppen- und horstweisen Eichenanbau in Kiefernbeständen eine Senkung des Betriebsrisikos möglich sein, würde es die betriebswirtschaftliche Situation der Waldbesitzer deutlich verbessern.

- Die **Stoffflüsse** und die **mirkroklimatischen Bedingungen** in Lochbeständen wurden bisher hauptsächlich in Lochbeständen der Initialphase untersucht (MOSANDL, 1984; RUNKLE, 1992; BAUHUS, 1994; GEMMEL, NILSSON, WELANDER, 1996). Die im Zuge dieser Arbeit inventarisierten Lochbestände würden die Möglichkeit bieten, das bestehende Wissen auf ältere Lochbestände auszuweiten.
- Der in Nordostdeutschland in den letzten 15 Jahren stark ausgeweitete Eichenanbau wird in den nächsten Jahren zu einem verstärkten Angebot an Eichenschwachholz führen. Wie mehrfach in dieser Arbeit betont, ist der **Absatz des produzierten Holzes** eine Grundvoraussetzung für eine planmäßige und wertsteigernde Bewirtschaftung der bestehenden Eichenbestände. Zu einem verstärkten Absatz von schwachem Eichenholz könnten folgende Untersuchungen beitragen:
 - Eine nach Dimensionen und Qualitäten gegliederte **Eichenholzaufkommensprognose** für Nordostdeutschland würde möglichen Investoren Planungsgrundlagen bieten.
 - Die Entwicklung von Verfahren zur Beimischung oder ausschließlichen Verwendung von Eichenholz bei der **Herstellung von MDF- und OSB-Platten** würde die stoffliche Verwertung fördern.
 - Die Entwicklung von kostengünstigen und an den Bedürfnissen der Verbraucher orientierten Verfahren zur Bereitstellung von **Energieholz** könnte die thermische Verwertung anregen.
 - Die **Profilerspanertechnologie** hat in den letzten Jahrzehnten große Fortschritte gemacht. Ihr Einsatz könnte die Nachfrage nach schwachem Eichensägeholz deutlich beleben. Hierzu müssten aber erst die technologischen Grundlagen untersucht werden.

7 ZUSAMMENFASSUNG

Zwischen 1865 und 1935 wurden auf Anregung des Oberforstmeisters MORTZFELDT in Preußen Eichengruppen und –horste, meist in Kiefernreinbeständen, angelegt. Seit etwa 1895 wurden sie als **MORTZFELDTsche Löcher** bezeichnet.

Ziel dieser Arbeit war es, diese 20 - 60 m im Durchmesser messenden kreisrunden Eichenbestände als Modellbestände zur Untersuchung der gruppen- und horstweisen Einmischung von Eichen in Kiefern- und Buchenreinbeständen für den Raum des nordostdeutschen Tieflandes zu nutzen. Schwerpunkte der Untersuchung waren:

- **Inventur** der bestehenden Lochbestände,
- die **Konkurrenzkraft der Eichen** in Lochbeständen,
- die **Wuchs- und Qualitätsleistung von Eichen** in Lochbeständen,
- und das von den Lochbeständen für die umgebenden Bestände ausgehende **Verjüngungspotenzial**.

Aus diesen Ergebnissen sollten waldbauliche Anregungen zur:

- Behandlung der MORTZFELDTschen Lochbestände,
- Anlage und Behandlung von Eichengruppen und -horsten in Kiefern- und Buchenreinbeständen entwickelt werden.

Inventur

Hierzu wurden in einem ersten Schritt die im nordostdeutschen Tiefland aufgefundenen MORTZFELDTschen Lochbestände erfasst und inventarisiert.

Die aufgefundenen rd. 2.800 MORTZFELDTsche Lochbestände befanden sich zum überwiegenden Teil im mittleren und nördlichen Brandenburg sowie in den südöstlichen Teilen Mecklenburg-Vorpommerns und den südöstlichen Teilen Sachsen-Anhalts.

Sie stockten auf allen wichtigen Standorten Nordostdeutschlands und bestanden zu 96 % aus Trauben- bzw. Stieleichen. 74 % der Lochbestände wurden von Kiefern- und weitere 16 % von Buchenreinbeständen umgeben. Rund 7 % der Lochbestände wiesen eine konzentrische Ringbepflanzung aus Schattbaumarten auf, die überwiegend aus Rotbuchen gebildet wurde.

Die Lochbestände wurden hauptsächlich in Verbänden von 5 - 20 Lochbeständen angelegt. Lediglich 13 Lochbestände waren als einzelne Lochbestände begründet worden.

Konkurrenzkraft der Eichen

Zur Untersuchung der Konkurrenzkraft von Eichen in Lochbeständen wurden mehrere Ansätze gewählt:

- Im **ersten Ansatz** wurde das Verteilungsmuster der vitalsten Bäume in den 80 - 130-jährigen Lochbeständen analysiert. In Lochbeständen, die von Kiefern umgeben sind, verteilten sich die vitalsten Bäume nur hinsichtlich der Himmelsrichtung gleichmäßig. Dagegen befinden sich über 80 % der vitalsten Bäume im Randbereich des Lochbestandes. Dieser Anteil ist nicht von der Lochbestandesgröße abhängig. In mit Buchen umstandenen Eichenlochbeständen verteilten sich die vitalsten Bäume hinsichtlich der Himmelsrichtung und in Bezug zum Lochbestandesrand gleichmäßig.

Um abzuklären, ob diese ungleichmäßige Verteilung der vitalsten Bäume auf Einflüsse in der Initialphase zurückzuführen ist, wurden 4 Lochbestände dieser Entwicklungsphase hinsichtlich der Verteilungsmuster ihrer vitalsten Bäume untersucht. In der Initialphase der Lochbestände waren die vitalsten Bäume in Bezug zum Rand gleichmäßig verteilt. Das in den älteren Lochbeständen gefundene Verteilungsmuster der vitalsten Bäume hatte sich also nicht in dieser Phase des Bestandeslebens ausgebildet.

Dagegen wurden auf den Südhälften von 3 der 4 untersuchten Lochhiebsflächen höhere Eichen gefunden als auf den Nordhälften. Auf der Fläche, auf der sich die Höhen der Eichen der Südhälfte nicht von denen der Nordhälfte unterschieden, waren auf der Südhälfte stärker durch Mäuse verursachte Ausfälle und Schäden an den Pflanzen festzustellen.

- Im **zweiten Ansatz** zur Bestimmung der Konkurrenzkraft von Eichen in Lochbeständen wurden die erreichten Höhen der Eichen der Lochbestände mit denen der Buchen bzw. Kiefern der umgebenden Bestände verglichen.

Hierbei konnte nachgewiesen werden, dass rund 40 % der umgebenden Bestände geringere Mittelhöhen und rund 45 % größere Mittelhöhen als die Lochbestände aufwiesen. Bei den mit Kiefern umstandenen Lochbeständen konnte kein Zusammenhang aus der Altersdifferenz und der Höhendifferenz zwischen dem Lochbestand und dem umgebenden Bestand nachgewiesen werden. Bezeichnend war jedoch, dass der fehlende Zusammenhang aus Alters- und Höhendifferenz auf die deutliche Bonitätssteigerung der Kiefern in den letzten 100 Jahren zurückgeführt werden konnte.

- Im **dritten Ansatz** zur Bestimmung der Konkurrenzkraft der Eichen in Lochbeständen wurde ein direkter Weiserwert für die Konkurrenzverhältnisse zwischen Lochbestand und umgebendem Bestand, der Bedrängungsindex, entwickelt.

Es wurde nachgewiesen, dass sich über alle untersuchten Standorte hinweg der Konkurrenzdruck, der von Kiefern des umgebenden Bestandes auf die Eichen des Lochbestandes ausgeübt wird, deutlich geringer ist, als der von Buchen.

So war in mehr als 95 % der Fälle der interspezifische Konkurrenzdruck der Kiefern des umgebenden Bestandes kleiner als der intraspezifische Konkurrenzdruck innerhalb des Lochbestandes. Bei mit Buchen umstandenen Lochbeständen war der Konkurrenzdruck, den die Buchen auf den Lochbestand ausübten, in etwa 75 % der Fälle stärker, als der Konkurrenzdruck der Eichen.

- In einem **vierten Ansatz** wurden Lochbestände mit **zurückgebliebenen Eichen** untersucht, um die Ursachen für die Wuchsstockungen der Eichen zu ergründen.

Die Wuchsstörungen der Eichen gingen nicht auf deren gruppen- und horstweisen Anbau zurück. Als Ursache für Wuchsstockungen wurden:

- Dauerhafte zu starke Überschirmung der Eichen,
- Schädigungen durch Frost aufgrund nicht angepasster Pflanzenherkünfte ausgemacht.

Wuchs- und Qualitätsleistung von Eichen

Zur Untersuchung der **Wuchsleistung** von Eichen in Lochbeständen wurden über alle relevanten Standorte Nordostdeutschlands hinweg 719 Lochbestände aufgenommen.

Hierbei wurde nachgewiesen, dass sich die Höhen- und Durchmesserentwicklung der Eichen in den Lochbeständen und die Volumenleistung von Lochbeständen nicht wesentlich von Reinbeständen unterscheiden.

Innerhalb von mit Kiefern umstandenen Lochbeständen unterschieden sich die direkten Randbäume hinsichtlich ihres Wachstumsgangs und den erreichten Brusthöhendurchmessern deutlich von den übrigen Eichen des Lochbestandes. Vom Zeitpunkt der Hauptverjüngung des umgebenden Bestandes an, der mit einer einseitigen Freistellung der Randbäume verbunden war, wurde das Höhenwachstum der Randbäume reduziert und das Durchmesserwachstum forciert. Dieser Effekt hielt bei den untersuchten Beständen mindestens 20 Jahre an und war ausschließlich bei den Eichen direkt am Rand des Lochbestandes nachweisbar.

Zur Bestimmung der **absoluten Qualität** der Eichen in Lochbeständen wurden an 2.332 Eichen in 719 Lochbeständen folgende Qualitätsmerkmale erhoben:

- Länge des astfreien Stammbereichs,
- Länge des Trockenastbereichs,

- Anzahl der Rosen, Trocken- und Grünäste sowie Wasserreiser auf dem astfreien Stammbereich,
- Schaftform des astfreien Stammbereichs.

Als Ergebnis dieser Untersuchung kann festgestellt werden, dass die untersuchten Eichen eine gute bis sehr gute Qualität aufweisen und mit den in Reinbeständen erwachsenen Eichen hinsichtlich ihrer Qualität vergleichbar sind.

Neben der Bestimmung der absoluten Qualität sollte durch einen anderen Untersuchungsansatz die **Wirktiefe des Randeinflusses auf die Qualität** der Eichen bestimmt werden.

Hierzu wurden in 20 mit Kiefern und 20 mit Buchen umgebenen Lochbeständen die Randeichen und die Eichen der nach innen folgenden Reihe in eine nach außen und eine nach innen gewandte Stammhälfte geteilt. Anschließend wurden die Stammhälften in 2-m-Segmente unterteilt und die Qualitätsmerkmale jedes Segments erhoben. Der Vergleich der Qualitäten der Segmente der Außen- mit denen der Innenseiten erbrachte folgende Ergebnisse:

- In mit Kiefern und in mit Buchen umstandenen Lochbeständen war ein Einfluss des Randes auf die Qualität der Lochbestandeseichen nur für die Randbäume nachweisbar.
- Die Innenseite der Randeichen hatte eine deutlich bessere Qualität als die Außenseite.
- An den Randeichen konnte keine Unrundigkeit der Stämme durch den Randeinfluss festgestellt werden.
- Die Randbäume hatten trotz Randeinwirkung eine gute bis sehr gute Qualität.

Verjüngungspotenzial

Für die Ermittlung des Verjüngungspotenzials, das von den Eichenlochbeständen auf die umgebenden Kiefernreinbestände ausgeht, wurden getrennt nach gezäunten und ungezäunten Kiefernbeständen auf 64 Transekten die Anzahl der Eichenjungwüchse erfasst.

Als Ergebnisse dieser Aufnahmen wurde festgestellt:

- Von den Eichenlochbeständen geht ein erhebliches Verjüngungspotenzial für die umgebenden Bestände aus. So wurden in den gezäunten Kiefernbeständen noch in 100 m Entfernung vom Lochbestandesrand durchschnittlich 1.800 Eichenjungwüchse / ha gefunden.
- Die Anzahl der Jungwüchse nimmt bis zur einer Entfernung von etwa 50 m vom Lochbestandesrand nichtlinear mit der Entfernung zum Lochbestandesrand und in größerer Entfernung zum Rand des Lochbestandes linear mit der Entfernung zum Lochbestandesrand ab.

- Es wurden deutlich weniger Jungwüchse auf ungezäunten als auf gezäunten Flächen gefunden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit belegen, dass der gruppen- und horstweise Eichenanbau in Kiefern- und Buchenreinbeständen ein für das nordostdeutsche Tiefland sehr geeignetes Waldbausystem ist. Bei einer angepassten Bewirtschaftung der Eichen können mit dem Reinbestand vergleichbare Wuchsleistungen und Qualitäten erzogen werden, ohne dass hierzu ein größerer Aufwand notwendig wäre. Das von den Lochbeständen ausgehende Verjüngungspotenzial ermöglicht einen fortschreitenden Umbau der angrenzenden Bestände.

Für eine wirtschaftlich tragbare gruppen- und horstweise Einmischung von Eichen sind deutlich abgesenkte Wilddichten eine zentrale Grundbedingung.

8 SUMMARY

In Prussia between 1865 and 1935 circular oak groups were established in numerous stands of pure pine, at the suggestion of the regional head forester MORTZFELDT. Since around 1895 the resulting stands have been referred to as **MORTZFELDTsche Löcher**, or MORTZFELDT gaps.

The aim of this study was to use the 20 - 60 m diameter circular oak groups as model stands for the investigation of the groupwise admixture of oak in pure pine and beech stands in the northern German lowlands. The main focus points of the investigation in the circular oak groups were:

- an **inventory** of the existing oak groups,
- the **competitive strength of oak** in the groups,
- the **growth and quality performance of oak** in the groups
- and the **potential** of the oak groups **to regenerate** the surrounding stands.

The aim of the study was to apply the results to the development of silvicultural guidelines for the:

- management of MORTZFELDT gaps and
- the establishment and management of oak groups in pure pine and beech stands.

Inventory

The first step of the study was to record and inventory all of the MORTZFELDT gaps found in the northern German plain.

Approximately 2 800 MORTZFELDT gap oak groups were found, principally located in central and northern Brandenburg, as well as in the south eastern part of Mecklenburg-Vorpommern and south eastern Sachsen-Anhalt.

They were located on all of the most important site types encountered in north eastern Germany and consisted of 96 % sessile and pedunculate oak. Pure pine stands surrounded 74 % of the circular oak groups and pure beech stands 16 %. Approximately 7 % of the circular oak groups evidenced a concentric circular pattern of planting of shade tolerant species, consisting predominantly of beech.

The oak groups were mostly established in associations of 5 - 20. Only 13 oak groups were established in isolation.

Competitive strength of oak

A number of approaches were adopted in order to examine the competitive strength of oak:

- The **first approach** was to analyse the distribution pattern of the most vigorous trees in the 80 - 130 year old circular oak groups. In the oak groups surrounded by pine the distribution of the most vital trees was even only in terms of direction. The study revealed that over 80 % of the most vital trees were located in the vicinity of the gap edge. This proportion was independent of the size of the oak group. In the case of oak groups surrounded by beech, the distribution of the most vital trees was even in terms of both direction and position in relation to the gap edge.

In order to clarify whether this uneven distribution of the most vital trees was the result of factors prevalent during the initial phase an examination of the distribution pattern of the most vital trees in four initial phase oak groups was undertaken. The results revealed that in the initial developmental phase the most vital trees were evenly distributed in terms of their position in relation to the gap edge. Therefore, the distribution pattern of the vital trees evidenced in the older oak groups does not stem from this phase of stand development.

Contrary to this, in three of the four oak groups studied taller oaks were observed in the southern half of the groups than was the case to the north. In the case of the one oak group where no height difference was observed there was a greater degree of tree damage and mortality caused by mice and voles in the southern part than was evident to the north.

- The **second approach** in determining the competitive strength of oak in the MORTZFELDT gaps was to compare the heights achieved by the oaks in the circular groups with those of the beech and pines in the surrounding stands.

It was revealed that approximately 40 % of the surrounding stands evidenced lower mean heights than the oaks in the circular groups and approximately 45 % had greater mean heights. No relationship between the oak groups and the surrounding stands could be demonstrated on the basis of the age difference and height difference in the case of the oak groups surrounded by pine. Characteristically, however, the lack of a relationship based on age and height differences could be traced back to the significant yield increase of pine in the last one hundred years.

- The **third approach** in determining the competitive strength of oak in circular groups was the development of a direct indicator value for the competitive behaviour between the oak group and the surrounding stand, the suppression index.

It could be shown that the competitive strain placed on the oaks by the neighbouring pines was significantly lower than that exercised upon them by the beech stands, across all of the sites studied.

In over 95 % of cases the interspecific competitive strain of the pines in the surrounding stands was lower than the intraspecific strain within the oak groups. Where beech stands surrounded the oak groups, the competitive strain exerted upon the oaks by the beech was greater than the intraspecific strain within the oak groups in 75 % of the cases studied.

- The **fourth approach** was to examine oak groups with slower growing oaks in order to establish the causes for their slack growth.

The growth disturbances in the oaks were not the result of the groupwise planting. The reasons for the slow growth were:

- permanent overshading of the oaks and
- damage caused by frost, the result of unsuitable provenances.

Growth and quality performance of oak

A total of 719 oak groups on all relevant site types were recorded across northern Germany in order to investigate the growth of oaks in circular groups.

It was revealed that the height and diameter development of the oaks, and the volume production of oak groups, did not differ significantly from that of pure stands.

In oak groups surrounded by pine the outer edge trees differ significantly from the remaining oaks in the circular groups in terms of their growth habit and the achieved diameters at breast height. From the time of the principal regeneration of the surrounding stand, which was linked to the release on one side of the edge trees, the height growth of the edge trees was reduced and the diameter increment promoted. This effect endured for at least twenty years in the stands studied, and was evident solely in the case of the oaks at the edges of the groups.

In order to determine the **absolute QUALITY** of the oaks in the circular groups the following quality parameters were recorded for 2 332 oaks in 719 groups:

- length of the branch free shaft,
- length of the dry branch area,
- number of the burls, dry and green branches, such as epicormic branches on the branch free shaft and
- form of the branch free shaft.

The results demonstrate that the oaks studied exhibit good to very good quality, comparable to that of the quality of oaks in pure stands.

In addition to the determination of the absolute quality, a further investigation was the depth of **influence of the edge effect on the quality** of the oaks.

To this end, in twenty oak groups surrounded by pine and a further twenty surrounded by beech, the stems of edge oaks and oaks in successive rows towards the group centre were halved into an inward facing stem half and an outward facing stem half. The stem halves were subsequently divided into 2 m segments and the quality characteristics recorded for each segment. A comparison of the quality of the segments of the inward and outward facing stem halves revealed the following:

- in oak groups surrounded by pines and beech the effect of gap edge on quality was only evident in the case of the oaks at the gap edges,
- the inwards facing side of the gap edge oaks exhibited significantly higher quality than the outwards facing side of the stem,
- no unshapeliness as an impact of the edge effect was observed on the stems of the gap edge oaks and
- despite the edge effect, the gap edge oaks exhibited high to very high quality.

Regeneration potential

To determine the potential of the oaks in the circular groups to regenerate the surrounding pure pine stands the young oak trees present along 64 transects in both fenced and unfenced pine stands were recorded.

The results were:

- The potential of the oak trees in the circular groups to regenerate the surrounding stands was considerable. In the fenced pine stands an average of 1 800 /ha young oak trees were found within 100 m of the group.
- The number of young trees increased non-linearly up to a distance from the edge of the circular group of 50 m. At greater distances from the group edge the number of young trees declined linearly with increasing distance.
- The number of young trees found on the unfenced sites was significantly lower than on the fenced sites.

The results of this study reveal that the groupwise planting of oak in pure pine and beech stands is a silvicultural system very much suited to the northern German lowlands. Suitable management of oak leads to growth rates and tree quality comparable to that of pure stands, without increased costs. The regeneration potential of the oak groups also provides for the gradual conversion of the neighbouring stands.

However, the primary requirement for successful groupwise admixture of oak is a significant reduction in the game levels.

9 LITERATURVERZEICHNIS

AAS, G.; MÜLLER, B.; HOLDENRIED, O.; SIEBER, M. (1997): Sind Stiel- und Traubeneichen zwei getrennte Arten? AFZ/Der Wald 52: S. 960-961.

ABETZ, P. (1988): Untersuchungen zum Wachstum von Buchen auf der Schwäbischen Alb. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung 164: S. 215-223.

ARBEITSGEMEINSCHAFT DAUERBEOACHTUNGSFLÄCHEN/ LEVEL II- KRONENZUSTAND (2002): Kronenstrukturschlüssel für Alteichen. Potsdam, unveröffentlichter Bericht.

AIGNER, H. (1992): 150 Jahre Eichenwirtschaft im Schwäbischen Jura. AFZ/Der Wald 47: S. 741-743.

ALTHERR, E. (1971): Wege zur Buchenholzproduktion: Festschrift zur 15. Hauptversammlung des Baden-Württembergischen Forstvereins. Forstliche Versuchsanstalten Baden-Württemberg. S. 123-127.

ANONYMUS (1905a): Einleitungsbericht der Forsteinrichtung. unveröffentlichter Bericht.

ANONYMUS (1905b): Versammlungen Norddeutscher Forstvereine im Jahre 1904: 5. Pommer'scher Forstverein. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung 81: S. 424-430.

ANONYMUS (1931): Betriebswerk des Forstamtes Himmelpfort. Betriebsregelwerk. unveröffentlichter Bericht

ARNDT, E. (1899): Aus der Praxis der Eichenverjüngung. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 31: S. 641-654.

BACKHAUS, K. (1996): Multivariable Analysemethoden, eine anwendungsorientierte Einführung. 8. Auflage. Berlin: Springer. 591 S.

BALLIN, L. (1982): Die MORTZFELDT'schen Löcher im staatlichen Forstamt Bramwald. Ein Verfahren zur Mischbestandsbegründung? Fachhochschule Hildesheim/Holzminde, Fachbereich Forstwirtschaft in Göttingen, Diplomarbeit.

BARTSCH, N.; PETERCORD, R.; VON LÜPKE, B. (1996): Wachstum von Traubeneiche in Mischung mit Kiefer. Forst und Holz 51: S. 195-200.

BAUHUS, J. (1994): Stoffumsätze in Lochhieben. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme Göttingen, Reihe A, 113: 181 S.

BECK, W.; ANDERS, S. (2000): Wachstumsabläufe in Kiefernbeständen des nordostdeutschen Tieflands unter dem Einfluß differenzierter Fremdstoffeinträge. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie 34: S. 158-164.

BÖHLER, R. (2001): Wachstum und Entwicklung von Trauben-, Stiel- und Rot- Eiche (*Quercus petraea*, *Q. robur* und *Q. rubra*) auf ausgewählten DANCKELMANN'schen Gassen in der Lehroberförsterei Eberswalde und Schlussfolgerungen für den Waldumbau. Fachhochschule Eberswalde, Fachbereich Forstwirtschaft, Diplomarbeit.

- BONNEMANN, A. (1956): Eichen-Buchen-Mischbestände. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung 127: S. 118-126.
- BONNEMANN, A.; HUSS, J. (1973): Ein Kiefernprovenienzversuch im Forstamt Gahrenberg (Nordhessen). Der Forst- und Holzwirt 28: S. 37-38.
- BORGGREVE, B. (1885): Die Holzzucht. Berlin: Parey 195 S.
- BÖRNER, M.; EISENHAEUER, D. (2003): Zur Holzqualität unterständiger Häher-Eichen in sächsischen Kiefernbeständen. Forst und Holz 58: S. 128-131.
- BRÄSICKE, N. (2001): Untersuchung zum möglichen Einfluss "MORTZFELDTscher Lochhiebe" auf potentielle Schadorganismen und deren Antagonisten unter besonderer Berücksichtigung der epigäischen Fauna im Amt für Forstwirtschaft Hangelsberg Technische Universität Dresden, Forstliche Fakultät, Diplomarbeit.
- BRÄSICKE, N.; RATSCHKER, U. (2003): Die MORTZFELDTschen Lochhiebe. AFZ/Der Wald 58: S. 612-614.
- BREMUS, K.-H. (1997): Entscheidungshilfen zur Behandlung und Entwicklung von Kiefernbeständen. In: Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.): Entscheidungshilfen zur Behandlung und Entwicklung von Kiefernbeständen. Merkblatt 37: S. 1-29.
- BROWN, A. (1992): Functioning of mixed-species stands at Gisburn The Ecology of Mixed-Species Stands of Trees: Special Publikation Number 11 of the British Ecological Society. Blackwell Sci. Publ. 11: S. 125-150.
- BÜHL, A.; ZÖFEL, P. (2000): SPSS Methoden für die Markt- und Meinungsforschung. München: Addison-Wesley. 424 S.
- BURGER, H. (1925): Der Plenterwald, der gemischte Wald und die Stammformen der Laubhölzer. Forstwissenschaftliches Centralblatt 44: S. 281- 286.
- BURGER, H. (1944): Ueber die künstliche Begründung von Eichenbeständen. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen 23: S. 282-373.
- BURSCHEL, P.; HUSS, J. (1987): Grundriß des Waldbaus: Ein Leitfaden für Studium und Praxis. Hamburg und Berlin: Parey. 352 S.
- CIESLAR, A. (1923): Untersuchungen über die wirtschaftliche Bedeutung der Herkunft des Saatgutes der Stieleiche. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 49: S. 97-149.
- DANCKELMANN, B. (1871): Buchbesprechung: MANTEUFEL, H. E. VON: Die Eiche deren Anzucht, Pflege und Abnutzung. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 3: S. 207-212.
- DANKELMANN, B. (1887): Buchbesprechung: BORGGREVE, B.: Die Holzzucht. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 19: S. 59-70.
- DEGENHARDT, A. (1999): Schaftform- und Rindenstärkenfunktionen für die Baumarten Kiefer und Roterle. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie 33: S. 39-41.

- DEGENHARDT, A. (2001): Algorithmen und Programme zur waldwachstumskundlichen Auswertung von Versuchs- und Probeflächen. Eberswalde. unveröffentlichter Bericht.
- DENGLER, A. (1935): Waldbau auf ökologischer Grundlage. Zweite Auflage. Berlin: Springer. 556 S.
- DENGLER, A. (1944): Waldbau auf ökologischer Grundlage: Ein Lehr- und Handbuch. 3. vermehrte und verbesserte Auflage. Berlin: Springer. 539 S.
- DENGLER, A.; RÖHRIG, E.; BARTSCH, N. (1992): Waldbau auf ökologischer Grundlage- Erster Band: Der Wald als Vegetationsform und seine Bedeutung für den Menschen. Hamburg und Berlin: Parey. 350 S.
- DENGLER, A.; RÖHRIG, E.; GUSSONE, A. (1990): Waldbau auf ökologischer Grundlage- Zweiter Band: Baumartenwahl, Bestandesbegründung und Bestandespflege. Hamburg und Berlin: Parey. 314 S.
- DIECKHOFF (1879): Die gemischten Eichen- und Kiefern-Culturen in den Königlichen Oberförstereien Driesen und Steinspring. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 11: S. 513-530.
- DITTMAR, H. (1929): Der Waldbau: Ein Leitfaden für den Unterricht und die Wirtschaft ein Handbuch für den Privatwaldbesitzer. Neudamm: Neumann. 264 S.
- DITTMAR, O. (1965): Probleme der optimalen Grundflächenhaltung. Material zur Winterschulung des ingenieurtechnischen Personals der Staatlichen Forstwirtschaftsbetriebe im Bereich des VBB Waren. 59 S.
- DITTMAR, O.; KNAPP, E.; LEMBCKE, G. (1983): DDR-Buchenertragstafel 1983. Institut für Forstwissenschaften Eberswalde. Berichte aus Forschung und Entwicklung 4: 57 S.
- DÜNNEBIER, H. (1995): Waldumbau - Aspekte des Waldumbaus aus Sicht einer Oberförsterei. AFZ/Der Wald 50: S. 308-310.
- EBERHARD, J. (1914): Die Grundlagen naturgemäßer Bestandsbegründung. Forstwissenschaftliches Centralblatt 33: S. 75-87.
- EBERT, H.; EISELE, M. (2001): Die Baumkrone als Maßstab für den Zuwachs von Kiefer. Forst und Holz 56: S. 226-231.
- EBERT, H.; RIEGER, T. (2000): Die Baumkrone als Maßstab für den Zuwachs von Eiche. AFZ/Der Wald 55: S. 403-406.
- EISENHAUER, D. (1994a): Eichenunterstand unter Kiefer: Bedeutung bei der Überführung von Kiefernreinbeständen. AFZ/Der Wald 44: S. 155-157.
- EISENHAUER, D. (1994b): Eichennaturverjüngung unter Kiefer. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie 28: S. 53-61.
- EISENHAUER, D. (1994c): Hinweise zur Bewertung der waldbaulichen Entwicklungsmöglichkeiten und Behandlung von Eichenunterstand (Traubeneiche, Stieleiche) unter Kiefer. Brandenburgische Forstnachrichten 3: S. 8-19.

- ELLENBERG, H. (1986): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Stuttgart: Ulmer. 1095 S.
- ENDRES, G. (1929): Die Eichen des Spessarts. Forstwissenschaftliches Centralblatt 48: S. 149-157; 277-327.
- ERTELD, W. (1962a): Wachstumsgang und Vorratsbehandlung der Eiche im Nordostdeutschen Diluvium. Archiv für Forstwesen, Bd. 11: S. 1155-1176.
- ERTELD, W. (1962b): Ertragstafelauszüge für den Gebrauch in der Praxis. 2. Auflage. Radebeul: Neumann. 170 S.
- ERTELD, W. (1986): Grundrisse der Kiefernwirtschaft. Sonderdruck. Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Universität München.
- ERTELD, W.; HENGST, E. (1966): Waldertragslehre. Radebeul: Neumann. 332 S.
- EVANS, J. (1983): [Silviculture of Broadleaved Woodland]. For. Com. Bulletin 62: S. 232.
- FEDDERSEN (1896): Der Maikäfer und seine Bekämpfung. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 28: S. 265-318.
- FISCHER, H. (2000): Qualitätsverbesserung an jungen Traubeneichen (*Quercus petraea*) allein durch innerartliche Konkurrenz. Forst und Holz 55: S. 377-382.
- FLEDER, W. (1981): Funiereichenwirtschaft heute. Holz-Zentralblatt, Nr. 98 vom 17. August 1981.
- FLEDER, W. (1988): Zur Eichenwirtschaft im Spessart. AFZ/Der Wald 43: S. 735-738.
- FREIST, H. (1998): Mortzfeldtsche Löcherhiebe. Forst und Holz 53: S. 130.
- FREY (1905a): Anzucht von Eichenhorsten. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 37: S. 153-156.
- FREY (1905b): Anzucht von Nutzholz in Mischbeständen. Forstwissenschaftliches Centralblatt 27: S. 85-90.
- FRICKE (1892): Das Wachstum der Eiche und Buche in Mischbeständen. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 24: S. 130-135.
- FRICKE, O. (1982): Die Entwicklung von Eichen-Jungwüchsen und -Jungbeständen mit gleichalten Mischbaumarten. Georg-August-Universität Göttingen, Forstliche Fakultät; Dissertation.
- FROMMHOLD, H. (2001): Kommentar zu "Rohholzaushaltung Rohholzverkauf". Potsdam: Eigenverlag. 68 S.
- GAYER, K. (1886): Der gemischte Wald: Seine Begründung und Pflege, insbesondere durch Horst- und Gruppenwirtschaft. Berlin: Parey. 168 S.
- GAYER, K. (1898): Der Waldbau. Berlin: Parey. 626 S.

- GEHRHARDT, E. (1922): Die neue Eichenertragstafel. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung 98: S. 173-181.
- GEMMEL, P.; NILSON, U. (1996): Development of oak and beech seedlings planted under varying shelterwood densities and with different site preparation methods in southern Sweden. New Forest [o.Jg.] (12): 141-161.
- GERECKE, E. (1988): Zum Wachstumsgang von Buchen in der Nordpfalz. Mitteilungen der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz 8: S. 126.
- GÖPFERT (1957): Aufgaben und Ergebnisse der Forsteinrichtung 1949/55 im Spessart. AFZ/Der Wald 12: S. 512-516.
- GÖTTLEIN, A. (1994): Der Einfluß von Baumdimension, Standort und Holzqualität auf den Versteigerungserlös von Furniereichen. Forstwissenschaftliches Centralblatt 113: S. 354-366.
- GÜRTH, P.; VELASQUEZ, C. (1991): Qualitätsuntersuchungen an Eichenjungbeständen im Markgräflerland: Forstdirektor a. D. Rainer Winter zum 75. Geburtstag. Forst und Holz 46: S. 671-677.
- GWINNER, W. (1846): Der Waldbau in kurzen Umrissen. Dritte verbesserte Auflage. Stuttgart: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 360 S.
- HAEHNLE, R. (1902): Der Johannistrieb unserer beiden Eichenarten. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung 78: S. 36-38.
- HAHN (1892): Die Buchenverjüngung in Schleswig-Holstein. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 24: S. 436-463.
- HARI, P.; AROVAARA, H. (1988): Detecting CO₂ inducen enhancement in the radial increment of trees. Evidence from northern timberline. Scandinavian Journal of Forest Research 3: S. 67-74.
- HAUSKELLER-BULLERJAHN, K. (1997): Wachstum junger Eichen unter Schirm. Georg-August Universität Göttingen, Forstliche Fakultät, Dissertation.
- HEINSDORF, M.; FUCHS, O. (1999): Bewertung der waldbaulichen Entwicklungsmöglichkeiten von Hähersaaten unter Kiefernalthölzern nach teilweiser Räumung des Oberstandes. In: MELF des Landes Brandenburg (Hrsg.): Forstliche Forschung im Nordostdeutschen Tiefland. Bd. 3: S. 93-97.
- HESMER, H. (1933): Die natürliche Bestockung und die Waldentwicklung auf verschiedenartigen märkischen Standorten. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 65: S. 505-540; 569-606; 631-651.
- HEß (1862): Die Loshiebe. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 38: S. 369-475.
- HEUER, E. (1997): Ein großflächiges waldbauliches Versuchsnetz: MORTZFELDT'sche Löcher. Brandendenburgische Forstnachrichten 6: S. 16-19.
- HEUER, E. (2004): Entwicklung junger vorangebauter Traubeneichen, Buchen, Hainbuchen und Kiefern unter verschieden dichtem Kiefernschirm im nordostdeutschen Tiefland. Universität Freiburg, Dissertation.

HEYDER (1889): Die Vorverjüngung der Eiche in Koullisse- und Löcherhieben. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 21: S. 449-456.

HEYDER, J. (1986): Waldbau im Wandel: Zur Geschichte des Waldbaus von 1870 bis 1950, dargestellt unter besonderer Berücksichtigung der Bestandesbegründung und der forstlichen Verhältnisse Norddeutschlandes. Frankfurt am Main: Sauerländer`s. 602 S.

HEYER, E. (1886): Aus Theorie und Praxis in Betreff der Verjüngung von Eiche und Buche. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 28: S. 609-627.

HEYER, E. (1893): Allgemeine Grundsätze bei Anzucht und Durchforstung von Mischbeständen. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung 69: S. 221-226.

HEYER, C. (1909): Der Waldbau oder die Forstproduktenanzucht - Angewandter Teil, Bd. 2. Fünfte Auflage. Leipzig und Berlin: B.G. Teubner. 302 S.

HOFMANN, G. (1997a): Natürliche Waldgesellschaften Brandenburgs als Grundlage waldbaulicher Zielstellungen Waldbewirtschaftung und Naturschutz im Wald - Einheit oder Widerspruch. Tagungsbericht des Brandenburgischen Forstvereins e.V.

HOFMANN, G. (1997b): Mitteleuropäische Wald- und Forst- Ökosystemtypen in Wort und Bild. Sonderheft AFZ/Der Wald 52: 91 S.

HOFMANN, G.; ANDERS, S.; MATTHES, B. (2000): Das potentiell-natürliche und derzeitige Waldbild in den ostdeutschen Wäldern: Übersichtsinformation zur Verbreitung, Flächenanteil, Baumartenzusammensetzung, Ökologie und Nettoprimärproduktion der potentiell-natürlichen Waldvegetation und der derzeitigen Forsten. Bundesanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg. 84 S.

HOLLWEG (1894): Zur Schlagführung im Kiefernwalde des Regierungsbezirks Bromberg. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 26: S. 577-590.

HUSS, J. (1972): Steht die Kiefernwirtschaft im norddeutschen Raum vor einem Umbruch? Forstarchiv 43: S. 65-70.

HUSS, J. (1983): Durchforstungen in Kiefernjungbeständen. Forstwissenschaftliches Centralblatt 102: S. 1-17.

JUDEICH, F. (1885): Die Forsteinrichtung. Vierte Auflage. Dresden: Schönfelds Verlagsbuchhandlung 514 S.

JÜRGENS, D. (1910): Unser Laubholz-Hochwald. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung 86: S. 48-54.

JÜTTNER, O. (1957): Ertragstabeln für Hochdurchforstung. In: Wiedemann, E.; Schober, R. (Hrsg.): Ertragstabeln der wichtigsten Holzarten bei verschiedener Durchforstung. Hannover: M. u. H. Schaper. S. 12-25; 134-138.

KATO´, F. (1979): Qualitative Gruppendurchforstung zur Rationalisierung der Buchenwirtschaft. AFZ/Der Wald 34: S. 173-177.

- KÄTZEL, R. (2002): Ergebnisbericht zu Vitalitätsuntersuchungen in zwei Eichenbeständen im AfF Fürstenberg im Jahr 2001 auf den Grundlagen von physiologisch-biochemischen Blattparametern. Sonderdruck. Eberswalde. S. 1-5.
- KÄTZEL, R.; LÖFFLER, S.; WINTER, S., KALLWEIT, R. (2004): Eichen-Voranbauten in der Initialphase. AFZ/Der Wald 59: S. 238-241.
- KÄTZEL, R.; WINTER, S.; LÖFFLER, S.; KALLWEIT, R. (2003): Ermittlung der ökosystemaren Grenzen beim Umbau von Kiefernreinbeständen durch Voranbau von Eiche (*Quercus petraea*) und Buche (*Fagus sylvatica*). Forschungsbericht. Eberswalde. 233 S.
- KAUTZ (1921): Die Verjüngung und Pflege der Buchen- und Fichtenhochwaldbestände im Schmalschlagbetriebe der Oberförsterei Sieber (Harz). Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 53: S. 348-406.
- KELLER, F. (1990): Untersuchung zu den Grenzen und Möglichkeiten einer kleinflächigen Erziehung der Eiche im Hinblick auf die Qualitätsholzerzeugung. ETH-Zürich, Abteilung für Forstwirtschaft, Diplomarbeit.
- KENK, G. (1979): Pflegeprogramm "Werteiche" - Überlegungen zu einem Betriebszieltyp. In: Landesforstverwaltung Baden-Württemberg (Hrsg.): Begründung und Pflege von Werteichenbeständen. Tagung der LFV Baden-Württemberg Baden-Württemberg. S. 89-115.
- KENK, G. (1984): Werteichenproduktion und ihre Verbesserung in Baden-Württemberg. AFZ/Der Wald 39: S. 428-429.
- KLEINSCHMIT, J. (1995): Vergleich morphologischer und genetischer Unterscheidungsmerkmale bei Stieleiche (*Quercus robur* L.) und Traubeneiche (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl.). Mitteilungen der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz 34: S. 327-349.
- KLEINSCHMIT, J.; KREMER, A.; ROLOFF, A. (1995): Sind Stieleiche und Traubeneiche zwei getrennte Arten? AFZ/Der Wald 50: S. 1453-1456.
- KLEINSCHMIT, J.; ROLOFF, A. (1998): Welchen Beitrag liefert die Taxonomie der Eichen für die ökologische Praxis? Zu: Sind Stieleichen und Traubeneichen zwei getrennte Arten? AFZ/Der Wald 53: S. 248.
- KOPP, D.; SCHWANECKE, W. (1994): Standortlich-naturräumliche Grundlagen ökologiegerechter Forstwirtschaft. Berlin: Dt. Landwirtschaftsverlag. 248 S.
- KOSS, H. (1995): Nesterpflanzung: Versuche zur Eichennesterpflanzung als Voranbaumaßnahme unter Kiefer. AFZ/Der Wald 45: S. 312-315.
- KÖSTLER, J. (1950): Waldbau: Grundriß und Einführung als Leitfaden zu Vorlesungen über Bestandesdiagnose und Waldtherapie Berlin und Hamburg: Parey. 207 S.
- KRAFT (1894): Zur Erziehung der Eiche, mit besonderer Rücksicht auf den Spessart. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 26: S. 389-405.
- KRAHL-URBAN, J. (1939): Untersuchungen über den Jahrringbau der Eichen im Preußischen Forstamt Freienwalde. Neudamm: Neumann. 72 S.

- KRAHL-URBAN, J. (1943): Die Eiche im Reichsgau Wartheland. Neudamm: Neumann. 72 S.
- KRAHL-URBAN, J. (1959): Die Eichen: Forstliche Monographie der Traubeneiche und der Stieleiche. Berlin und Hamburg: Parey. 234 S.
- KRAMER, H. (1963): Der Einfluß von Großklima und Standort auf die Entwicklung von Waldbeständen am Beispiel langfristig beobachteter Versuchsflächen von Douglasie, Fichte, Buche und Eiche. Schriftenreihe der Universität Göttingen. 140 S.
- KRAMER, H. (1988): Waldwachstumslehre. Hamburg und Berlin: Parey. 374 S.
- KRÄMER, E. (1984): Ein Forstrevier des südniedersächsischen Berglandes im Wandel der Zeiten: Fallstudie zum Problem der forstlichen Rationalisierung durch Extensivierung. Georg-August-Universität Göttingen, Forstliche Fakultät, Dissertation.
- KRAUSE (1917): Wahl der Holzart. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 49: S. 95-110.
- KUNZE, A. (2000): Bodenkundlicher Vergleich von Buchen-Laubholzinseln (sog. "Grünen Augen") mit gleichaltrigen Nadelholzbeständen im Wuchsbezirk "Ostthüringer Buntsandstein". Technische Universität Dresden, Forstliche Fakultät, Diplomarbeit.
- LANDESFORSTVERWALTUNG BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (1997): Begründung und Pflege von Werteichenbeständen. Tagung der LFV Baden-Württemberg.
- LANG, P. (1988): Die Eiche im Buchengebiet - eine Frage der Vorratspflege, der Verjüngung und der Jagd. AFZ/Der Wald 43: S. 203-204.
- LÄTT, N. (1992): Können unsere Laubmischwälder plenterartig bewirtschaftet werden?: Langzeiterfahrungen aus einem Mittellandbetrieb. Journal forestier suisse 143: S. 417.
- LEMBCKE, G.; KNAPP, E.; DITTMAR, O. (1981): Die neue Kieferntragsstabelle 1975. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie 15: S. 55-64.
- LEMBCKE, G.; LUDWIG, J. (1971): Die neue Ertragsstabelle für Stieleiche des Mecklenburger Buchenoptimums. unveröffentlichter Bericht. Eberswalde.
- LIEBER, K. (1990): Wuchsrelation und Konkurrenzverhalten gruppen- bis horstweise verjüngter Eichen und Buchen in einem Eichenüberführungsbestand des Gemeindewaldes Burgsinn/Spessart. Georg-August-Universität Göttingen, Forstliche Fakultät, Diplomarbeit.
- LOCKOW, K.-W.(2000): Zusammenhänge zwischen Durchforstungsweise, Holzqualität und Wuchsleistung bei Kiefer. AFZ/Der Wald 55: S. 925-928.
- LOCKOW, K.-W.; MUCHIN, A. (2004): Ökologische Wachstumsmodelle für Eiche und waldbauliche Folgerungen. AFZ/Der Wald 59: S. 255-258.
- LUDWIG, J. (1971): Wachstum und Qualitätsleistung der Stieleichen auf zwei anhydromorphen Standorten im Staatlichen Forstwirtschaftsbetrieb Güstrow. Institut für Forstwissenschaften Eberswalde, Dissertation.

Manteuffel (1869): Die Eiche, deren Anzucht, Pflege und Abnutzung. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 3: S. 207-216.

MARCET, E. (1975): Bemerkungen und Beobachtungen über den Augusttrieb. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen [o.Jg.]: S. 681-692.

MAYER, H. (1977): Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. 3. Auflage. Stuttgart und New York: Gustav Fischer. 482 S.

MAYER-WEGELIN, H. (1952a): Funiereichen-Standorte. Holz-Zentralblatt Nr. 129 vom 25.10.1952.

MAYER-WEGELIN, H. (1952b): Das Aufästen der Waldbäume. 3. Auflage. Hannover: Schaper. 92 S.

MAYER-WEGELIN, H. (1954): Eigenschaften und Verwendung von Eichen- und Buchenholz. Österreichs Forst- und Holzwirtschaft 9: S. 241-246.

MILNIK, A. (1999): Bernhard Danckelmann: Leben und Leistungen eines Forstmannes. Suderburg: Nimrod. 352 S.

MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN DES LANDES BRANDENBURG (Hrsg.) (1999): Forstliche Forschung im Nordostdeutschen Tiefland 1992-1997. Potsdam: Eigenverlag.

MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (Hrsg.) (2000): Landeswaldbericht 1997 und 1998. Potsdam: Eigenverlag. 68 S.

MITSCHERLICH, G. (1953): Der Eichenbestand mit Buchen- und Tannenunterstand. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 9: S. 3-35.

MORTZFELDT (1896): Über horstweisen Vorverjüngungsbetrieb. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 28: S. 2-31.

MOSANDL, R. (1984): Löcherhiebe im Bergmischwald: Ein waldbauökologischer Beitrag zur Femelschlagverjüngung in den Chiemgauer Alpen. Forstliche Forschungsberichte München 61: 317 S.

MOSANDL, R.; BURSCHEL, P.; SLIWA, J. (1988): Die Qualität von Auslesebäumen in Eichenjungbeständen. Forst und Holz 43: S. 37-41.

MOSANDL, R.; KLEINERT, A. (1998): Development of oaks (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) emerged from bird-dispersed seeds under old-growth pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. Forest Ecology and Management [o.Jg.](106): S. 35-44.

MOSANDL, R.; PAULUS, F. (2002): Rationelle Pflege junger Eichenbestände. AFZ/Der Wald 57: S. 581- 584.

MRAZEK, F. (2001): Eichenanbau im Elbe-Havel-Winkel: Praxiserfahrungen - von Alemann bis Heide (1839 bis 2000). AFZ/Der Wald 56: S. 1293-1294.

MUCHIN, A. (2003): Möglichkeiten und Grenzen der Strukturierung naturnaher Waldaufbauformen auf der Grundlage ökologischer Wuchsreihen von Eiche und Eiche/Kiefer im Nordostdeutschen Tiefland: Projekt des Bundesministeriums für Bildung und Forschung "Forschung für die Umwelt", Teilbereich "Zukunftsorientierte Waldwirtschaft". Schlussbericht. 39 S.

MÜLLER, M.; OLDENBURG, C. (2004): Risiken und Rückwirkungen kleinflächiger Vorverjüngungen mit Traubeneiche (*Quercus petraea* [Mat.] Libl.) in Wäldern der Gemeinen Kiefer (*Pinus sylvestris*) in der Initialphase. Abschlußbericht. Technische Universität Dresden, Forstliche Fakultät.

NACHTIGALL (1931): Die Eichenbestände zwischen Harz und Solling. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 63: S. 409-414.

NEUMANN (1885): Ueber Eichenanbau. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 17: S. 305-325.

NIEFNECKER, N. (1992): 100 Jahre IUFRO - Der Eichen-Durchforstungsversuch Freienwalde: 172 Beiträge zur 1992 bevorstehenden 100jährigen Wiederkehr der Gründung des Internationalen Verbandes Forstlicher Versuchsanstalten (IUFRO) in Eberswalde. Langfristige waldbaulich-ertragskundliche Versuchsflächen. AFZ/Der Wald 47: S. 105.

NUTTO, L. (2000): Wachstum und Qualität von femelartig bewirtschafteten Eichen: Für eine dauerwaldartige Bewirtschaftung der Wälder sind kleinflächige Verjüngungsstrukturen notwendig. Kann die Eiche in kleinen Lücken verjüngt und trotzdem qualitativ hochwertiges Holz erzeugt werden? AFZ/Der Wald 55: S. 399-400.

OLBERG, A. (1940): Waldbauliche Erfahrungen in Chorin. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 72: S. 129-149; 193-227.

OTTO, H. (1996): Die Ausbreitung spontaner Verjüngung in den Wäldern des nordwestdeutschen Flachlandes während des letzten Vierteljahrhunderts: Waldbauliche Chancen und Probleme. Forstarchiv 67: S. 236-246.

PHILLIP, K. (1926): Die Umstellung der Wirtschaft in den badischen Staats-, Gemeinde- und Körperschaftswaldungen. Karlsruhe.

PISOKE, T.; SPIECKER, H. (1997): Eichenwertholz aus ungleichaltrigen Beständen. AFZ/Der Wald, 52: S. 208-210.

POLGE, H. (1984): Werteichenproduktion in Frankreich. AFZ/Der Wald 39: S. 430-434.

PRETZSCH, H. (1992): Zunehmende Unstimmigkeit zwischen erwartetem und wirklichem Wachstum unserer Waldbestände - Konsequenz für zukünftige ertragskundliche Informationssysteme. Forstwissenschaftliches Centralblatt 111: S. 366-382.

PRETZSCH, H. (2001): Modellierung des Waldwachstums. Berlin: Parey. 341 S.

PRETZSCH, U.; UTSCHIG, H. (2000): Wachstumstrends der Fichte in Bayern. Mitteilungen aus der Bayerischen Staatsforstverwaltung 49: S. 170.

RADULESCU, M. (1929): [Einige Bemerkungen zur Kultur der Stieleiche in der walachischen Ebene]. Revista padurilor 41: S. 481-495.

- RADULESCU, M. (1940): Din cultura Stejarului in Romania. [Über die Kultur der Eiche in Rumänien]. Revista padurilor 52: S. 16-21.
- REBEL, K. (1922): Waldbauliches aus Bayern. Bd. 1. Diessen: Huber. 293 S.
- RECK (1875): Über die Erziehung der Eiche im Hochwalde. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 7: S. 1-33.
- REIß (1896): Die Verjüngung der Eiche in Koulissenschlägen. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung 72: S. 309-311.
- RIPKEN, H. (1984): Betriebswirtschaftliche Aspekte der Buchenwirtschaft. Forst und Holz 39: S. 56-62.
- ROLOFF, A. (1989): Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemäßigten Breiten. Schriftenreihe der Universität Göttingen, Forstlichen Fakultät und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt 93: 258 S.
- RUNKLE, J. (1992): Guidelines and Sample Protocol of Sampling Forest Gaps. General Technical Report. Portland, Oregon. 48 S.
- SACHS, L. (1999): Angewandte Statistik: Anwendung statistischer Methoden. 9. überarbeitete Auflage. Berlin: Springer. 883 S.
- SCAMONI, A. (1960): Waldgesellschaften und Waldstandorte, dargestellt am Gebiet des Diluviums der Deutschen Demokratischen Republik. Berlin: Akademie-Verlag. 326 S.
- SCAMONI, A. (1961): Der märkische Kiefern-Traubeneichenwald (Calamagrostido-Quercetum) als pflanzengeographische Erscheinung. Archiv für Forstwesen 10: S. 270-307.
- SCHAPER, C. (1978): Das Jugendwachstum von Stiel- und Traubeneichen auf norddeutschen Standorten. Georg-August-Universität Göttingen, Forstliche Fakultät, Dissertation.
- SCHMALTZ, J.; FRÖHLICH, A.; GEBHARDT, M. (1997): Die Qualitätsentwicklung in jungen Traubeneichenbeständen im Hessischen Spessart: Ergebnisse einer Aufnahme in einem Pflanzverbandsversuch. Forstarchiv 68: S. 3-10.
- SCHMIDT, W. (1997): Zur Vegetationsdynamik von Lochhieben in einem Kalkbuchenwald. Forstwissenschaftliches Centralblatt 116: S. 207-217.
- SCHMITT, M. (1993): Die Verjüngung von Stieleichen (*Quercus robur* L.) in Lochhieben in der Rastatter Rheinaue. Universität Freiburg, Forstliche Fakultät, Diplomarbeit.
- SCHOBER, R. (1967): Rotbuchen-Ertragstafel. In: Schober, R. (Hrsg.): Ertragstafeln wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. Frankfurt am Main: Sauerländers.: S. 30-45.
- SCHOBER (1972): Die Rotbuche 1971. Frankfurt am Main (Sauerländers) Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät und Universität Göttingen und Mitteilungen der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt 43/44: 122 S.

- SCHOBER, R. (Hrsg.) (1975): Ertragstabeln wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. Frankfurt am Main: Sauerländers. 154 S.
- SCHÖPFER, W.; DAUBER, E. (1989): Bestandessortentafel `82/85. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 147: S. 33.
- SCHÖPFER, W.; HRADEZKY, J.; KUBLIN, E. (1994): Wachstumsänderungen der Fichte in Baden-Württemberg. Forst und Holz 52: S. 633-644.
- SCHÖPFER, W.; HRADEZKY, J.; KUBLIN, E. (1997): Wachstumsvergleiche von Fichten und Tannen in Baden-Württemberg. Forst und Holz 55: S. 443-448.
- SCHULZ, H. (1959): Untersuchungen über die Bewertung und Güteigenschaften des Eichenholzes aus verschiedenen Wuchsgebieten. Schriftenreihe der Universität Göttingen, Forstlichen Fakultät. Bd. 23: 90 S.
- SCHÜTT, P.; SCHMUCK, H.; STIMM, B. (1991): Lexikon der Forstbotanik. Landsberg/Lech: ecomed. 581 S.
- SCHÜTZ, J. (1989): Zum Problem der Konkurrenz in Mischbeständen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 140: S. 1069-1083.
- SCHÜTZ, J. (1991): Läßt sich die Eiche in der Kleinlochstellung erziehen?: Ein Beitrag zur Mischung von Lichtbaumarten. Sonderdruck. Treis-Karden/Mosel. S. 73-86.
- SCHÜTZ, J. (1992): Die waldbaulichen Formen und die Grenzen der Plenterung mit Laubbaumarten. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 143: S. 442-460.
- SCHWAPPACH, A. (1905a): Formtafeln und Massentafeln für Eiche. Berlin: Parey. 70 S.
- SCHWAPPACH, A. (1905b): Untersuchungen über die Zuwachsleistungen von Eichen-Hochwaldbeständen in Preussen unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses verschiedener wirtschaftlicher Behandlungsweise. Neudamm: Neumann. 131 S.
- SCHWAPPACH, A. (1911): Die Rotbuche. Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Preussens, Forstliches Versuchswesen Eberswalde. 245 S.
- SCHWAPPACH, A. (1916): Zur Entwicklung der Mischbestände von Eiche und Buche. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 48: S. 615-623.
- SCHWAPPACH, A. (1917): Über die Entwicklung der Mischbestände von Eiche und Buche. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 49: S. 503-506.
- SCHWAPPACH, A. (1920): Untersuchungen über die Zuwachsleistungen von Eichen-Hochwaldbeständen in Preussen unter besonderer Berücksichtigung verschiedener wirtschaftlicher Behandlungsweisen: Zweiter Teil (Untersuchungen aus den Jahren 1906-1919). Zweite Auflage. Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Preussens. 37 S.
- SCHWAPPACH, A.; ECKSTEIN, R.; HERRMANN, E.; BORGMANN, W. (1922): Neudammer Försterlehrbuch: Ein Leitfaden für Unterricht und Praxis sowie ein Handbuch für den Privatwaldbesitzer. 7. Auflage. Neudamm: Neumann. 949 S.

SIEBER, A. (1977): Sortierung und Verkauf der Werteiche im Wuchsbereich "Ulmer Alb". AFZ/Der Wald 32: S. 1167-1171.

SPELLMANN, H. (1992): 100 Jahre IUFRO - Über 100 Jahre Eichen-Durchforstungsversuch Rendsburg 326: Beiträge zur 1992 bevorstehenden 100jährigen Wiederkehr der Gründung des Internationalen Verbandes Forstlicher Versuchsanstalten (IUFRO) in Eberswalde Langfristige waldbaulich-ertragskundliche Versuchsflächen. AFZ/Der Wald 47: S. 130-131.

SPELLMANN, H. (1995): Vom strukturarmen zum strukturreichen Wald: Waldbauliche Planungs- und Handlungsaspekte für die Nds. Landesforstverwaltung. Forst und Holz 50: S. 35-44.

SPELLMANN, H. (2001): Bewirtschaftung der Eiche auf Grundlage waldwachstumskundlicher Untersuchungen in Nordwestdeutschland. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie 35: S. 145-151.

SPIECKER, H. (1987): Düngung, Niederschlag und der jährliche Volumenzuwachs einiger Fichtenbestände Südwestdeutschlands. Ergebnisse einer neuen Methode der Zuwachsermittlung. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung 163: S. 70-76.

SPIECKER, H. (1991): Zur Steuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung von Trauben- und Stieleichen (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl. und *Quercus robur*). Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg 72: 155 S.

STÄHR, F.; PETERS, T. (2000): Hähersaat - Qualität und Vitalität natürlicher Eichenverjüngung im nordostdeutschen Tiefland. AFZ/Der Wald 55: S. 1231-1234.

STAUBESAND (1878): Zur Vorverjüngung. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 10: S. 549- 551.

STAUBESAND (1907): In welchem Umfange ist der Anbau der Eiche im Reg.-Bez. Wiesbaden gerechtfertigt und wie hat derselbe zu erfolgen? Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 39: S. 567-576.

STEIGER, H. (1987): Die Eichelhäfersaat als Bestandteil naturgemäßer Waldbewirtschaftung am Beispiel des Forstamtes Osterhol-Scharmbeck. Fachhochschule Hildesheim/Holzminde, Forstliche Fakultät Göttingen, Diplomarbeit.

STEIGER, H. (1989): Lassen sich Häfersaaten in ein Konzept der naturgemäßen Waldbewirtschaftung einbeziehen?: Erfahrungen aus der Eichenbewirtschaftung im Forstamt Osterhol-Scharmbeck. AFZ/Der Wald 44: S. 238-242.

STIMM, B.; BÖSWALD, K. (1994): Die Häfer im Visier: Zur Ökologie und waldbaulichen Bedeutung der Samenausbreitung durch Vögel. Forstwissenschaftliches Centralblatt 113: S. 204-223.

THOMASIUS, H. (1975): Über Pflanzenzahlen und Pflanzverbände bei der Baumart Kiefer. Sozialistische Forstwirtschaft Berlin 25: 233-235 S.

THOMASIUS, H.; PFALZ, W. (1987): Kommentar zu den neuen Richtlinien für die Behandlung von Kiefern-Jungbeständen in den "Grundsätzen für die Bewirtschaftung der Wälder der DDR". Zu:

THOMASIUS, H.: Über Pflanzenzahlen und Pflanzverbände bei der Baumart Kiefer. Berlin: Sozialistische Forstwirtschaft Berlin. S. 242-246.

THREN, M. (1987): Kiefernproduktionsprogramme: Erstellt auf der Basis von ertragskundlichen Versuchsflächen und Einzelbäumen. Universität Freiburg, Dissertation.

TSCHERMAK, L. (1950): Waldbau auf pflanzengeographischer Grundlage. Wien: Springer Verlag. 182 S.

UNTHEIM, H. (2000): Höhen- und Volumenwachstum hat bei Fichte und Buche zugenommen. AFZ/Der Wald 55: S. 1188-1191.

VANSELOW, K. (1926): Die Waldbautechnik im Spessart: Eine historisch-kritische Untersuchung ihrer Epochen. Berlin: Springer. 233 S.

VANSELOW, K. (1931): Theorie und Praxis der natürlichen Verjüngung im Wirtschaftswald. Neudamm: Neumann. 280 S.

VANSELOW, K. (1949a): Theorie und Praxis der natürlichen Verjüngung im Wirtschaftswald. Zweite Auflage. Radebeul und Berlin: Neumann. 367 S.

VANSELOW, K. (1949b): Der bayrische Femelschlag und seine Fortbildung. Forstwirtschaftliche Praxis [o.Jg.] (6): S. 56.

VOLMAR (1890): Die Verjüngung in Löcher- und Koulissen- Hieben. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 22: S. 267- 274.

VON LÜPKE, B. (1980): Jungbestandspflege im Laubholz aus waldbaulicher und wirtschaftlicher Sicht. Schriftenreihe der Universität Göttingen, Forstliche Fakultät 67: S. 339-347.

VON LÜPKE, B. (1982): Versuche zur Einbringung von Lärche und Eiche in Buchenbestände. Schriften der Universität Göttingen, Forstliche Fakultät und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt 74: 123 S.

VON LÜPKE, B. (2003): Verjüngungsteilmodell "Etablierung" am Beispiel von Traubeneichen-Buchen-Mischverjüngungen. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde: Beiträge zur Jahrestagung 2003: S. 15-27.

VON MANTEUFFEL, H. (1871): Die Eiche, deren Anzucht, Pflege und Abnutzung. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 3: S. 207-216.

VULLMER, H.; HANSTEIN, U. (1995): Der Beitrag des Eichelhäher zur Eichenverjüngung in einem naturnah bewirtschafteten Wald in der Lüneburger Heide. Forst und Holz 50: S. 643-646.

WAGENKNECHT, E.; SCAMONI, A.; RICHTER, A.; LEHMANN, J. (1953): Eberswalde 1953: Wege zu standortgerechter Forstwirtschaft. Radebeul und Berlin: Neumann. 524 S.

WAGNER, C. (1912): Der Blendersaumschlag und sein System. Tübingen. 376 S.

WAGNER, S. (1994): Einbringung von Laubbaumarten in Kiefernbestände auf armen Sanden im Nordosten Niedersachsens. Forstarchiv 65: S. 3-9.

WEISE, W. (1903): Gemischte Bestände in Norddeutschland. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 35: S. 3-12.

WERNEBURG, A. (1875): Über den geregelten Plenterbetrieb. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 7: S. 434-457.

WIEBECKE, E. (1920): Der Dauerwald: In 16 Fragen und Antworten. Stettin: Verlag der Landwirtschaftskammer für die Provinz Pommern. 51 S.

WIEDEMANN, E. (1927): Über den künstlichen gruppenweisen Voranbau von Tanne und Buche. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung 103: S. 433-451.

WIEDEMANN, E. (1933): Eichen-Buchen-Mischbestände. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 65: S. 651-653.

WIEDEMANN, E. (1943): Kiefern-Ertragstafel. In: Schober, R. (Hrsg.): Ertragstafeln wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. Frankfurt am Main: Sauerländers. S. 105-121.

WIEDEMANN, E. (1949): Über das Wachstum des ungleichaltrigen Bestandes. Forstwissenschaftliches Centralblatt 68: S. 640-647.

WIEDEMANN, E. (1950a): Grundsätzliche Fragen der Vorratspflege. AFZ/Der Wald 5: S. 373-379.

WIEDEMANN, E. (1950b): Ertragskundliche und waldbauliche Grundlagen der Forstwirtschaft Teil 1-3. Frankfurt a.M: Sauerländer`s. 346 S.

WIEDEMANN, E.; SCHOBER, R. (Hrsg.) (1957): Ertragstafeln der wichtigsten Holzarten bei verschiedener Durchforstung. Hannover: M. u. H. Schaper. 194 S.

WIMMENAUER, K. (1900): Ertragsuntersuchungen im Eichenhochwald. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung 76: S. 2-9.

WIMMENAUER, K. (1913): Ertragsuntersuchungen im Eichenhochwald. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung 89: S. 261-266.

WOLLBRANDT, C. (2001): Untersuchungen zum möglichen Einfluß MORTZFELDTscher Lochhiebe auf potentielle Schadorganismen an der Kiefer (*Pinus sylvestris*) und deren Antagonisten unter besonderer Berücksichtigung der epigäischen Fauna im Amt für Forstwirtschaft Luckenwalde. Technische Universität Dresden, Forstliche Fakultät, Diplomarbeit.

ZIEGENHAGEN, B. (1989): Die Reaktionen ein- und zweijähriger Stiel- und Traubeneichen auf unterschiedliche Strahlungsverhältnisse: Untersuchungen im Schattierungsexperiment und am Waldstandort als Beitrag zur Klärung der Bedingungen zur Eichennaturverjüngung. Bonn, Dissertation.

ZIEGENHAGEN, B.; KAUSCH, W. (1993): Zur Reaktion junger Eichen auf Licht und Schatten. Forst und Holz 48: S. 198-201.

ZIMMERLE, O. (1930): Hilfszahlen zur Bonitierung, Vorrats- und Zuwachsschätzung in reinen Eichenbeständen. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg: S. 1-14.

10 ANHANG

Anhang 1

Zur Anpassung individueller Bestandeshöhenkurven verwendeten Funktion, (a,b,c = Regressionskoeffizienten, $d_{1,3}$ = Brusthöhendurchmesser, H = geschätzte Höhe)

| NAME DER FUNKTION | FORMEL |
|-------------------------|--|
| - | $H = a + \frac{b}{d_{1,3}}$ |
| - | $H = a + \frac{b}{d_{1,3}^2}$ |
| - | $H = \exp\left(a + \frac{b}{\ln d_{1,3}} + \frac{c}{\ln^2 d_{1,3}}\right)$ |
| Korsun - Funktion | $H = \exp(a + b * \ln d_{1,3} + c * \ln^2 * d_{1,3})$ |
| logarithmische Funktion | $H = a + b * \ln d_{1,3}$ |
| Michailoff - Funktion | $H = 1,3 + a * \exp\left(\frac{b}{d_{1,3}}\right)$ |
| Parabel 2.Grades | $H = a + b * d_{1,3} + c * d_{1,3}^2$ |
| Petterson - Funktion | $H = 1,3 + \left(a + \frac{b}{d_{1,3}}\right)^{-3}$ |
| Prodan - Funktion | $H = 1,3 + \frac{d_{1,3}^2}{a + b * d_{1,3} + c * d_{1,3}^2}$ |
| Van Laar - Funktion | $H = \exp\left(a + \frac{b}{d_{1,3}} + \frac{c}{d_{1,3}^2}\right)$ |

Anhang 2

Berechnung der relativen Bonität nach DEGENHARDT (2001)

relative Bonität = rBon

Grundflächenmittelhöhe = h_L

Alter des Bestandes = Alt

| BAUMART | FORMEL |
|----------------|--|
| Eiche | $rBon = a + b \cdot h_L \quad \text{mit}$ $a = 10,937989911 - 30,98059032 \cdot \frac{10}{Alt} + 36,683338986 \cdot \left(\frac{10}{Alt}\right)^2 - 4,8203797 \cdot \left(\frac{10}{Alt}\right)^3$ $b = -0,217782149 - 0,559666286 \cdot \frac{10}{Alt} + 1,253027352 \cdot \left(\frac{10}{Alt}\right)^2 - 2,447035652 \cdot \left(\frac{10}{Alt}\right)^3$ |
| Gemeine Kiefer | $rBon = a + b \cdot h_L \quad \text{mit}$ $a = 5,3774914 + 4,3364045 \cdot \frac{Alt}{100} - 1,7138966 \cdot \left(\frac{Alt}{100}\right)^2$ $b = -0,1791894 - 0,6499329 \cdot \frac{10}{Alt} - 0,581721 \cdot \left(\frac{10}{Alt}\right)^2$ |
| Rotbuche | $rBon = a + b \cdot h_L \quad \text{mit}$ $a = 5,1961292 + 5,8518918 \cdot \frac{Alt}{100} - 2,048007 \cdot \left(\frac{Alt}{100}\right)^2$ $b = -0,1517038 - 0,8873933 \cdot \frac{10}{Alt} - 0,9555725 \cdot \left(\frac{10}{Alt}\right)^2$ |