

Forst



Eberswalder Forstliche Schriftenreihe
Band XXV

Aktuelle Ergebnisse und Fragen zur Situation der Eiche und ihrer Bewirtschaftung in Brandenburg

**Aktuelle Ergebnisse und Fragen
zur Situation der Eiche und ihrer
Bewirtschaftung in Brandenburg**



Die Eichenbäume

*» ... Aber ihr, ihr Herrlichen,
steht wie ein Volk von Titanen
In der zahmeren Welt und gehört
nur euch und dem Himmel,
Der euch nährt und erzog,
und der Erde, die euch geboren.
Keiner von euch ist noch in die
Schule der Menschen gegangen,
Und ihr drängt euch, fröhlich und
frei, aus der kräftigen Wurzel,
Untereinander herauf und ergreift,
wie der Adler die Beute,
Mit gewaltigem Arme den Raum,
und gegen die Wolken
Ist euch heiter und groß
die sonnige Krone gerichtet.
Eine Welt ist jeder von euch,
wie die Sterne des Himmels
Lebt ihr, jeder ein Gott,
in freiem Bunde zusammen ... «*

Friedrich Hölderlin

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe
Band XXV

**Aktuelle Ergebnisse und Fragen
zur Situation der Eiche und ihrer
Bewirtschaftung in Brandenburg**

Impressum

Herausgeber: Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg
Referat Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Heinrich-Mann-Allee 103, 14473 Potsdam
Telefon: 03 31 / 8 66 72 37 und 03 31 / 8 66 70 17, Fax: 03 31 / 8 66 70 18
E-Mail: pressestelle@mluv.brandenburg.de
Internet: www.mluv.brandenburg.de

Landesforstanstalt Eberswalde
Alfred-Möller-Straße 1, 16225 Eberswalde
Telefon: 0 33 34 / 6 50, Fax: 0 33 34 / 6 52 06
E-Mail: lfe@lfe-e.brandenburg.de
Internet: www.lfe.brandenburg.de

Gesamtherstellung: hendrik Bäßler verlag · berlin

1. Auflage: 1.500 Exemplare

ISBN 3-933352-63-0

Eberswalde, im Juni 2006

Titelfoto: Eichen im Naturwald Rochauer Heide (Amt für Forstwirtschaft Lübben)

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbenden während des Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen.

Missbräuchlich sind insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen von Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen und Werbemittel.

Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung Brandenburgs zugunsten einzelner Gruppen verstanden werden könnte.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7	3.2 Eichensaatgutaufkommen und Saatgutqualität DAGMAR SCHNECK, RALF KÄTZEL	106
1 Eichen in Brandenburg		3.3 Räumliche Verteilung und waldbauliche Nutzung des Naturverjüngungspotenzials von Stiel- und Trauben-Eiche im Land Brandenburg FALK STÄHR, THOMAS PETERS, DIRK EISENHAUER	109
1.1 Zur taxonomischen Einordnung der einheimischen Eichenarten RALF KÄTZEL	11	4 Waldbauliche Fragen der Eichenbewirtschaftung	
1.2 Zur Entwicklungsgeschichte der Eichenwälder im Nordostdeutschen Tiefland OLAF RÜFFER, RALF KÄTZEL	13	4.1 Eichen – Bestandeszieltypen und ihre standörtlichen Grundlagen MARTIN GRÜLL	121
1.3 Genetische Untersuchungen zu den eiszeitlichen Refugien der Stiel- und Trauben-Eichen des Nordostdeutschen Tieflandes HEIKE LIESEBACH, IRMTRAUT ZASPEL, RALF KÄTZEL	23	4.2 Wachstum und Entwicklung vorangebauter Trauben-Eichen in Kiefernbeständen des Nordostdeutschen Tieflandes MATTHIAS NOACK	127
1.4 Zur aktuellen Verbreitung von Stiel- und Trauben-Eichen in Brandenburg KONRAD MÜLLER	27	4.3 Wie viel Licht braucht die Eiche – unter besonderer Berücksichtigung der Initialphase des Voranbaus? ECKHARD HEUER, RALF KÄTZEL, SONJA LÖFFLER	138
2 Wachstum und Vitalität der Eichen unter den Standortverhältnissen des Nordostdeutschen Tieflandes		4.4 Wirkung von Randeinflüssen auf die Qualität von Eichen in Horsten und Gruppen GERNOD BILKE	146
2.1 Das quantitative und qualitative Leistungsvermögen der Stiel- und Trauben-Eiche KARL-WILLI LOCKOW	35	4.5 Der Naturwald Möncheichen – Kiefer, Eiche und Rot-Buche im Spiegelbild der Bestockungsgeschichte INES HÖHNE, STEFAN PANKA, OLAF RÜFFER, STEFFEN SCHMIDT	149
2.2 Die Entwicklung des Kronenzustandes der Eichen seit Beginn der Waldschadenserhebung REINHARD KALLWEIT	49	4.6 Erziehung und Pflege der Eichenbestände unter Berücksichtigung der baumartenspezifischen Besonderheiten KARL-WILLI LOCKOW	159
2.3 Zur Beteiligung von Insekten am aktuellen Krankheitsgeschehen der Eiche in Brandenburg KATRIN MÖLLER, KARL-HEINZ APEL, ANNETT ENGELMANN ..	59	4.7 Saaten – Pflanzung – Hähersaaten – Der Weg zu gemischten Eichenwäldern ECKARD HAFEMANN, SONJA LÖFFLER, FALK STÄHR	162
2.4 Pilzliche und pilzähnliche Organismen als Krankheitserreger an Eichen PAUL HEYDECK	65	5 Eichen als Wirtschaftsfaktor	
2.5 Standorte und Ernährungssituation der Eichenbestände im Nordostdeutschen Tiefland DIETER HEINSDORF	72	5.1 Nutzung der Eichen – Sortenstruktur, Preisentwicklung, Absatzsituation GERNOD BILKE, THILO NOACK	173
2.6 Bodenhydrologische Situation wichtiger Eichenstandorte in Brandenburg WINFRIED RIEK	80	5.2 Holzaushaltung in Traubeneichenbeständen – Holzmengen, Sortenstrukturen und Güteklassen ANNETT DEGENHARDT	176
2.7 Physiologische Reaktionen von Eichen unter Trockenstress RALF KÄTZEL, SONJA LÖFFLER, MATTHIAS WENK	85	6 Schlussbetrachtung und Ausblick MICHAEL EGIDIUS LUTHARDT, RALF KÄTZEL	183
2.8 Das Eichensterben als Komplexkrankheit RALF KÄTZEL, SONJA LÖFFLER, KATRIN MÖLLER, PAUL HEYDECK, REINHARDT KALLWEIT	94	7 Literaturverzeichnis	189
3 Zur Verjüngung der Eiche			
3.1 Der Einfluss von Verhaltensmustern des Eichelhäfers auf Ankommen und Etablierung von Hähersaaten unter Kiefer FALK STÄHR, JOACHIM-HANS BERGMANN	101		



Einschlag von Trauben-Eichen auf einer Versuchsfläche zur Untersuchung des Eichensterbens in der Oberförsterei Menz (Amt für Forstwirtschaft Templin) Foto: RALF KÄTZEL

Vorwort

Stiel- und Trauben-Eiche gewinnen für die naturnahe, standortgerechte Forstwirtschaft im Nordostdeutschen Tiefland wieder zunehmend an Bedeutung. Eichenbestände – und insbesondere ihre Mischungen mit der Gemeinen Kiefer – stellen im nährstoffärmeren und trockeneren Standortsbereich eine ökologische und ökonomische Alternative zum Kiefernreinbestand dar.

Im Zuge des Waldumbaus wird sich der aktuell bestandesbildende Anteil der beiden heimischen Eichenarten von 5 % an der Gesamtwaldfläche Brandenburgs deutlich erhöhen. Die forstliche Rahmenplanung sieht eine großflächige Mehrung der Eichen- (Misch)wälder in den nächsten Jahrzehnten um zusätzlich 161.000 ha vor. Diese waldbauliche Schwerpunktsetzung verlangt nach einer Synopse der in früheren Jahrzehnten gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen und den aktuellen Forschungsergebnissen zur Eichenwirtschaft im Nordostdeutschen Tiefland.

Für die Kelten und Germanen und den ihnen folgenden Völkern war die Eiche ein heiliger Baum. Die ältesten Eichen künden noch heute von ihrer Verehrung und von dem Wissen um ihre Nützlichkeit. Doch die alten Eichen werden rar in Brandenburg.

Seit Jahren weisen gerade die beiden Eichenarten den höchsten Kronenverlichtungsgrad auf und das jährliche Eichen-Schadholzaufkommen steigt progressiv. Die Absterbeprozesse, die der Komplexkrankheit folgen, verlaufen nach ersten sichtbaren Schadsymptomen vergleichsweise schnell. Doch der aktuelle Wissensstand um die Wirkungsmuster der vielfältigen, ursächlichen Faktoren bleibt unbefriedigend. Wird die Eiche gerade

jetzt, wo sie eine neue Wertschätzung erfährt, zur Problembaumart? Wo liegen die standörtlichen Grenzen des Eichenanbaus im vergleichsweise niederschlags- und nährstoffarmen Brandenburg und wo liegen seine Chancen? Welche Eichenherkünfte werden den künftigen Umweltveränderungen standhalten?

Notwendige neue Forschungskonzepte, die in Handlungsempfehlungen für eine ökologisch und ökonomisch zukunftsfähige Eichenwirtschaft führen, verlangen nach einer Bestandsaufnahme.

Die vorliegende Schrift dokumentiert den aktuellen Kenntnisstand zur Thematik mit dem regionalen Bezug zum Nordostdeutschen Tiefland, insbesondere des Landes Brandenburg. Mit den nachfolgenden 25 Kapiteln wird ein thematischer Bogen von der Ökologie, Gefährdung, Bewirtschaftung und Verwendung von Stiel- und Trauben-Eichen gespannt. Dabei kommt den an der Erstellung der Schrift beteiligten 31 Autoren verschiedener Fachdisziplinen ein besonderer Verdienst zu.

Möge die Schrift einen weiten Leserkreis aus Forstpraxis und Wissenschaft finden und neue Anregungen für die Lösung aktueller Probleme der Eichenbewirtschaftung im Nordostdeutschen Tiefland liefern.



Prof. Dr. KLAUS HÖPPNER

Leiter der Landesforstanstalt Eberswalde

1 Eichen in Brandenburg

1.1 Zur taxonomischen Einordnung der einheimischen Eichenarten

RALF KÄTZEL

Biologische Vielfalt gilt spätestens seit DARWIN (1859) als ein Wesensmerkmal der Biosphäre und ihrer Einzel-elemente. Die internationale Biodiversitätskonvention des „Erdgipfels“ von Rio de Janeiro im Jahre 1992 hat die Erhaltung der biologischen Vielfalt zu einer zentralen Leitlinie des politischen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Handelns erklärt.

Vielfalt entsteht zunächst durch immer wiederkehrende Veränderungen des genetischen Bauplanes der Lebewesen (Mutation), durch deren genetische Mischung (Rekombination) und die damit veränderten Möglichkeiten zur Anpassung und Selektion an die sich ebenfalls ändernden Standortbedingungen. Einzelne Taxa zeichnen sich dabei durch eine besonders große Variabilität der äußerlich sichtbaren Merkmale aus, was die taxonomische Zuordnung erschwert und immer wieder zu Grundsatzdiskussionen des „biologischen Artbegriffs“ führt. Die Eichen sind hierfür ein Paradebeispiel.

Der Gattung *Quercus*, welche zur Familie der *Fagaceae* gehört, werden allein auf der nördlichen Erdhalbkugel schätzungsweise 400 bis 450 Arten zugeordnet, wobei sich ihre Untergliederung in der Literatur unterscheidet (AAS, 1998). CAMUS (1938) unterteilt die beiden Subgenera *Cyclobalanopsis* und *Euquercus*, letztere mit insgesamt sechs Sektionen und mehreren Subsektionen.

In Brandenburg sind, wie in ganz Mitteleuropa, *Quercus robur* L. (Stiel-Eiche, SEI) und *Q. petraea* (Matt.) Liebl. (Trauben-Eiche, TEI) einheimische waldbildende Arten. Die Flaum-Eiche (*Q. pubescens* Willd.), die hauptsächlich in Südeuropa vorkommt, ist in Brandenburg in kleinen wärmebegünstigten Vorkommen (Nationalpark Unteres Odertal) anzutreffen. Die beiden für Brandenburg forstlich und walddökologisch bedeutenden Arten *Q. robur* (Subsektion: *Pedunculatae*) und *Q. petraea* (Subsektion: *Sessiliflorae*) werden der Untergattung *Euquercus*, Sektion *Lepidobalanus* zugeordnet.

Beide Arten sind nahe verwandte Sippen, die reproduktiv nur unvollständig voneinander getrennt sind, so dass es zum interspezifischen Genaustausch kommen kann. Insbesondere treten an Übergangszonen der Standortextreme Stiel- und Trauben-Eiche gemischt und bastardiert auf. Bei molekulargenetischen Untersuchungen an schweizerischen Beständen erwiesen sich 10 % der Eicheln als Kreuzungen, und zwar ausschließlich in der Kombination Trauben-Eichen-Mutter und Stiel-Eichen-Va-



Abb. 1.1: Blattform und Früchte der Trauben-Eiche

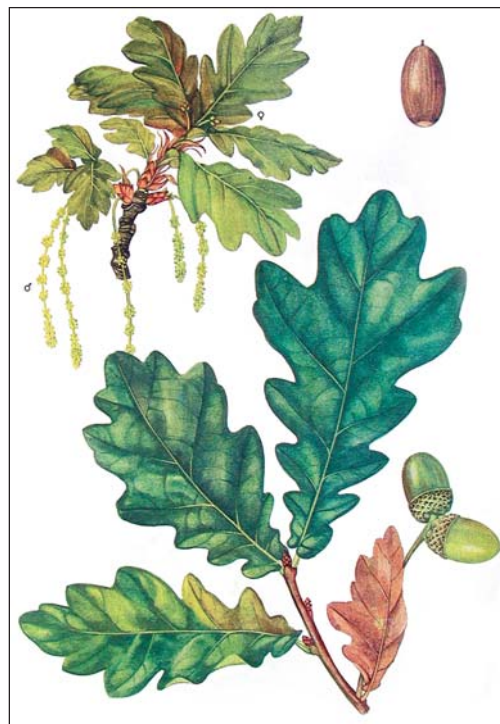


Abb. 1.2: Blattform und Früchte der Stiel-Eiche

ter. Dagegen war der Anteil an ausgewachsenen Hybridbäumen im Bestand sehr gering, so dass der Schluss nahe liegt, dass aus Kreuzbestäubungen hervorgegangene Eichen verstärkt durch natürliche Selektionen eliminiert werden. Blatt- und Fruchtmorphologische Erhebungen, die keine eindeutige Artzuordnung zuließen, mögen dieser Schlussfolgerung widersprechen. Allerdings konnten morphologische „Grenzfälle“ mit molekulargenetischen Markern fast immer eindeutig zugeordnet werden (GUGERLI et al., 2005).

Angesichts der nachgewiesenen Bastardierung zwischen *Q. robur* und *Q. petraea* bestehen bei strenger Auslegung des biologischen Artbegriffs (MAYR, 1967) taxonomische Unstimmigkeiten darüber, ob es sich bei beiden Sippen um eigenständige Arten handelt. KLEINSCHMIT und ROLOFF (1998) schlagen daher vor, Stiel- und Trauben-Eiche **einer** biologischen Art *Quercus robur* mit den Unterarten (Ökotypen) *Q. robur* ssp. *robur* (SEI) und *Q. robur* ssp. *petraea* (TEI) zuzuordnen. Untersuchungen im Eberswalder Forstbotanischen Garten bestätigen eine

hohe intraspezifische und intraindividuelle Variation mit weitgehend übereinstimmenden Wertebereichen für ausgewählte Fruchtmerkmale zwischen Stiel- und Trauben-Eiche (KABBE und EYDAM, 2002). Zu gleichen Schlussfolgerungen kommt ELSNER (1993) nach dem Versuch der Artzuordnung von 733 Eichenbeständen in Niedersachsen anhand von Blattmerkmalen.

Unabhängig von der akademischen Diskussion über die taxonomische Zuordnung (die in Grenzfragen auch praktische Bedeutung erlangt, z. B. Forstsaatgutrecht) ist aus forstlicher und waldökologischer Sicht zwischen Stiel- und Trauben-Eiche hinsichtlich ihrer adaptiven Unterschiede eindeutig zu differenzieren. Dabei stellen die unterschiedlichen Ansprüche an den Bodenwasserhaushalt bzw. die Austrocknungstoleranz ein wichtiges Differenzierungskriterium dar, was es insbesondere unter extremeren Standortbedingungen zu beachten gilt. Andererseits bietet die Bastardierung zwischen beiden Eichen-Taxa eine große „evolutive Chance“ zur Erhöhung der Anpassungsfähigkeit an künftige Umweltbedingungen.

1.2 Zur Entwicklungsgeschichte der Eichenwälder im Nordostdeutschen Tiefland

OLAF RÜFFER und RALF KÄTZEL

Kenntnisse über die natürliche und anthropogene Verbreitung der Eichen sind ein Schlüssel für die Beantwortung aktueller Fragestellungen der Eichenwirtschaft. Sie ermöglichen uns Einblicke in die Ansprüche und „ökologische Nische“ der Eiche im Baumartengefüge des Nordostdeutschen Tieflandes und tragen letztendlich zur Bewertung ihrer Chancen im Rahmen einer naturnahen Waldbewirtschaftung bei.

1.2.1 Die natürliche Ansiedlung der Eiche im Nordostdeutschen Tiefland

Erdgeschichtlicher Ausgangspunkt für das Gesamtverständnis der Besiedelungsgeschichte der Eiche im Nordostdeutschen Tiefland ist wie auch bei anderen Arten des heutigen potenziell natürlichen Waldbildes Mitteleuropas das Tertiär vor ca. 64 Mio. Jahren (Abschnitt der Erdneuzeit). Aufgrund von fossilen Pflanzenresten, die in Tertiärablagerungen beispielsweise des Lausitzer Braunkohlereviers (NOWEL, 1995) gefunden wurden, ist bekannt, dass im Alttertiär noch viele tropische und subtropische Pflanzen, wie z. B. Palmen und Feigen der verschiedensten Gattungen, vorkamen. Die Vegetation hatte damals ein ähnliches Aussehen wie die heutigen Berg-Regenwälder des tropischen Südostasiens.

Das Tertiär ist durch fortschreitende Abkühlung gekennzeichnet, so dass in seiner zweiten Hälfte (Miozän, vor ca. 25 Millionen Jahren) die sehr wärmebedürftigen Pflanzenarten ausstarben und mehr und mehr Laubhölzer der gemäßigten Breiten die Vorherrschaft übernahmen. Die Vegetation des Pliozäns, d. h. des letzten Zeitabschnitts des Tertiärs (vor ca. 13 Millionen Jahren) vor dem Pleistozän (der Eiszeit¹), war bestimmt durch einen sommergrünen Laubwald, in dem verschiedene Arten u. a. der Gattung Eiche (*Quercus*), Ahorn (*Acer*) sowie Nadelbaumarten vorkamen. Die Vegetationsausstattung war ähnlich wie in der Gegenwart, nur weitaus artenreicher. Arten der Gattungen Götterbaum (*Ginkgo*), Sumpfyzypresse (*Taxodium*), Mammutbaum (*Sequoia*), Hemlocktanne (*Tsuga*), Magnolie (*Magnolia*), Tulpenbaum (*Liriodendron*), Amberbaum (*Liquidambar*), Hickory (*Carya*), Zelkove (*Zelkova*) u. a., wie sie gegenwärtig noch in anderen Teilen der Holarktis, wie z. B. im atlantischen Nordamerika, in Ostasien und im zentralmexikanischen Hoch-

land anzutreffen sind, waren neben den heute in Mitteleuropa vorkommenden verbreitet (KLINK, 1998).

Das gravierendste erdgeschichtliche Ereignis der Erdneuzeit war für die Vegetation Mitteleuropas – und somit auch für die bereits etablierten Eichenwälder – das quartäre Eiszeitalter, das vor etwa 2 Millionen Jahren begann. Die verhältnismäßig einheitliche tertiäre Flora der nördlichen Halbkugel wurde durch das kaltzeitliche Klima und die nach Süden vorrückenden Eismassen in südlichere Breiten abgedrängt. In Europa stellten dabei sowohl die von West nach Ost und somit quer zu dem Wanderweg der Baumarten verlaufenden Hochgebirge für die Ausweichbewegung der Arten in den Kaltzeiten als auch in ihren Rückbesiedelungsbewegungen in den nachfolgenden Zwischenwarmzeiten und dem bis heute andauernden Holozän ein fast unüberwindbares Hindernis dar. Viele Baumarten starben aus bzw. haben bis heute ihre ursprünglichen Verbreitungsgebiete (noch) nicht wieder besiedelt. Das heutige Brandenburg erlebte drei große Vergletscherungszyklen, die Elster-, Saale- und Weichselkaltzeit, die jeweils zwischen 100.000 und 200.000 Jahren andauerten und zwischen denen zwei Warmzeiten (Holstein und Eem) von jeweils ca. 15.000 Jahren Zeitdauer lagen. Nach dem Rückgang des Inlandeises der letzten Eiszeit und der nachfolgend einsetzenden langsamen Erwärmung erfolgte die Wiederbesiedlung aus den Refugialgebieten des Mittelmeerraumes. So bezeichnete der „Vater“ der deutschen Eichenforschung Prof. KRAHL-URBAN (1959) die Eiche unter Zugrundelegung paläontologischer und phylogenetischer Befunde als ein „Pflanzengeschlecht tropisch-subtropischer Herkunft“.

Nach FIRBAS (1952) besiedelten zuerst die Kiefern und Birken das Nordostdeutsche Tiefland, beginnend vor etwa 12.000 Jahren. Relativ spät erreichten die ersten Eichen gemeinsam mit den Linden und Ulmen in der frühen Wärmezeit (Eichenmischwald-Kiefern-Haselzeit) vor ca. 9.000–7.000 Jahren das Gebiet des heutigen Brandenburgs. Zunächst ist die Stiel-Eiche und später

OLAF RÜFFER
Landesforstanstalt Eberswalde
Dr. habil. RALF KÄTZEL
Landesforstanstalt Eberswalde

¹ Mit **Eiszeit** oder **Kaltzeit** bezeichnet man eine geologische Zeitspanne, in der die durchschnittlichen Temperaturen weltweit um etwa 7–13 °C niedriger lagen als heute. Dadurch traten in Gebirgen und in den höheren Breiten der Nord- und Südhalbkugel ausgedehnte Vergletscherungen auf. Gegenwärtig bedecken in Gebirgen und an Nord- und Südpol etwa 40 Mio. km³ Eis eine Fläche von 15 Mio. km². Während der größten Eisausdehnung in der Eiszeit (Pleistozän) waren dagegen rund 44 Mio. km² vergletschert. Diese Fläche entspricht rund 32 % der Landoberfläche der Erde (heute: 10 %).

sind Trauben-Eiche und Flaum-Eiche zurückgewandert. Aktuelle Detailkenntnisse über die nacheiszeitlichen Rückwanderungswege vermittelt das Kapitel 1.3 auf der Grundlage molekulargenetischer Marker.

Ihre **maximale Verbreitung** erreichte die Eiche in der mittleren Wärmezeit (Eichenmischwaldzeit) vor etwa 7.500 bis 4.500 Jahren. Begünstigend hierfür wirkte die Erwärmung des Klimas. So bestanden in der zweiten Hälfte der Eichenmischwaldzeit die Wälder überwiegend aus Eichen. Nur zerstreut traten Ulme und Linde auf. In diese Zeit fällt auch die Rückkehr von Esche, Berg- und Spitz-Ahorn sowie des Wildobstes (BERTSCH, 1953). Parallel hierzu ging der Kiefernanteil stark zurück.

Erst in der späten Wärmezeit vor 4.500 bis 2.500 Jahren wurde das Nordostdeutsche Tiefland zunehmend mit Rot-Buche (sowie mit Tanne und Eibe) besiedelt (Eichenmischwald-Buchenzeit). Den Raum um Eberswalde/Chorin erreichte die Buche vor etwa 5.000 Jahren (HESMER, 1933). Die in dieser Zeit einsetzende und bis heute andauernde Nachwärmezeit war durch ein kühleres und feuchteres Klima gekennzeichnet, was die Buchenausbreitung weiter förderte. Gleichzeitig nahm der natürliche Eichenanteil weiter ab (Buchenzeit). Innerhalb der skizzierten allgemeinen nacheiszeitlichen Waldentwicklung im Nordostdeutschen Tiefland wurde die Konkurrenzfähigkeit der Eiche und damit ihre Ausbreitungsfähigkeit oder aber ihre Rückzugstendenz schon sehr früh regional



Abb. 1.2.1: Geologische Übersichtskarte Brandenburgs mit digitalem Geländemodell (KIESEL, LUTZE – ZALF Münchenberg 2003)

durch die Lage des Waldgebiets innerhalb der glazialen Serie (Sander, Urstromtal, Grund- und Endmoräne) sowie der Entfernung zum Meer (Regionalklima) beeinflusst, was zu einer differenzierten regionalen Waldentwicklung in Brandenburg führte.

Drei Großlandschaften mit einer differenzierten natürlichen Baumartenverteilung und Waldentwicklung sind nach FIRBAS (1952) zu unterscheiden: (1) das brandenburgisch-pommersche Jungmoränengebiet nördlich des Pommerschen Stadiums der Weichselvereisung, (2) das märkische Gebiet südlich davon und (3) die Niederlausitzer Heide (Abb. 1.2.1).

Nach den Pollenanalysen hatte sich die Buche auf den terrestrischen Standorten des Jungmoränengebietes nördlich des Pommerschen Stadiums der Weichselvereisung seit Beginn der Nachwärmezeit zur Hauptbaumart entwickelt und beherrschte die Moränenböden bis auf Waldflächen entlang der Oder und östlich davon, wo ihr Anteil offenbar klimabedingt zugunsten von Eiche und Hainbuche zurückging. Die Eiche war ihr jedoch regelmäßig beigemischt (HESMER, 1933).

Auf Sandböden waren eher Mischwälder mit wechselnden Anteilen von Eiche, Kiefer, Buche, Hainbuche, Linde und Ulme anzutreffen. Insbesondere in den Waldgebieten südlich der Pommerschen Eisrandlage sowie in den älteren Jung- und Altmoränenlandschaften ist es, abgesehen von der schwer rekonstruierbaren zeitlich-regionalen Klimagliederung, der auf den terrestrischen

Standorten eiszeitlich entstandene mosaikartige Wechsel von Bodenarten, d. h., ihr wechselnder Nährstoffgehalt und ihr wechselndes Wasserhaltevermögen, die einen oftmals schachbrettartigen Wechsel der Waldgesellschaften seit der Wärmezeit bis heute hervorgebracht haben. Die Eiche hatte sich seit der mittleren Wärmezeit gegenüber anderen Baumarten, insbesondere auf den schweren tonigen Grundmoränenböden und den sandüberlagerten Moränen (abgesehen von den Aueböden), behauptet und stellte hier die am meisten verbreitete Laubbaumart dar.² Daneben kam sie auf den Sandböden mit unterschiedlichem Anteil in Vergesellschaftung mit Kiefer und Birke vor, auf besseren und frischeren Sanden waren auch andere Laubbaumarten wie Hainbuche, Buche und Linde stets beigemischt³.

Auf den Endmoränen des Frankfurter und Brandenburger Stadiums der Weichselvereisung sowie der Saaleeiszeit mit lehmigen oder sandig-lehmigen Böden herrschte die Buche vor. Hier trat die Eiche nur als Mischholz auf (Tab. 1.2.1.)

1.2.2 Zum Einfluss des Menschen auf die heutige Verbreitung der Eiche

Die natürliche Verbreitung der Eiche wurde in unterschiedlichem Maße durch menschliche Einwirkungen beeinflusst. Die Eiche spielte als „Weltbaum der Germanen“, als Nahrungsmittel und wichtigstes Bauholz schon

Tab. 1.2.1: Pollenmittelwerte aus märkischen Kiefern-, Buchen- und Eichengebieten südlich des Pommerschen Stadiums der Weichselvereisung (HESMER, 1933; zit. aus FIRBAS, 1952) (Pollenanzahl/je Probe)

Periode	Geologie (Vegetation)	Birke	Kiefer	Hasel	Eiche	Ulme	Linde	Erle	Buche	Tanne	Hainbuche	Proben
Ältere Nach-Wärmezeit (Buchenzeit)	Sander (7 Kieferngebiete)	11,2	64,2	1,9	5,4	0,2	0,1	14,5	2,1	0,12	1,7	62
	Endmoräne (2 Buchengebiete)	12,9	41,0	0,8	9,1	0,9	–	5,7	28,5	–	1,0	8
		16,0	30,1	1,3	6,0	0,4	0,5	10,1	34,8	0,1	1,8	10
	Grundmoräne Schweres Geschiebe sandüberlagerte Moräne (2 Eichengebiete)	16,8	45,0	1,3	24,0	0,3	–	9,2	2,7	–	1,8	6
14,7		49,6	1,7	12,0	0,3	–	19,7	1,7	–	2,8	3	
Mittlere Wärmezeit (Eichenmischwaldzeit)	Sander (7 Kieferngebiete)	9,9	62,7	12,5	6,0	1,7	1,8	17,1	0,3	0,01	0,01	79
	Endmoräne (2 Buchengebiete)	19,5	51,1	15,8	12,0	1,3	1,5	13,9	0,4	–	–	10
		12,3	45,0	33,2	10,6	4,6	9,6	16,6	0,6	0,1	0,2	8
	Grundmoräne Schweres Geschiebe sandüberlagerte Moräne (2 Eichengebiete)	13,3	27,0	8,7	38,3	0,3	–	17,0	1,7	–	1,7	3
8,5		64,2	7,2	9,3	2,7	0,8	12,5	0,5	0,2	–	6	

² Der Pollen der Stiel- und Trauben-Eiche ist nicht unterscheidbar, so dass eine konkretere Standortszuordnung mit dieser Methode nicht möglich ist.

³ Die genaue Zusammensetzung der damaligen Wälder lässt sich anhand der Pollenmittelwerte nicht ein-

deutig quantifizieren, da Pionierbaumarten wie Birke, Kiefer und Erle eine sehr hohe Pollenproduktion besitzen, während Intermediär- und Hauptwaldbaumarten wie Eiche und Buche nur eine geringe Pollenmenge aufweisen.

früh eine besondere Rolle. Bereits in der jüngeren Steinzeit (Eichenmischwaldzeit) vollzog sich ein Wechsel in der Lebensweise der bis dahin nomadisierenden Menschen, sie begannen sesshaft zu werden und betrieben Ackerbau. Bis zum Ende des ersten Jahrtausends geschichtlicher Zeit beschränkte sich der Einfluss des Menschen in Norddeutschland auf die Rodungstätigkeit in den steinzeitlichen Erstbesiedelungsgebieten, die insbesondere in fruchtbaren Schwarzerdegebieten, z. B. in der nördlichen Uckermark (FISCHER-ZUJKOV, 2001) und auf Jungmoränenböden lagen und die in der Regel mit Eichen locker bestockt waren. Die geschlossenen Waldgebiete wurden nicht angetastet.

Im 2. Jahrtausend begann nach der Karolingerzeit eine intensive Rodungstätigkeit, die in Deutschland von Südwest nach Nordost verlief und nun auch in die Urwaldgebiete hineinreichte. Betroffen waren vor allem die Eichenstandorte. An der bis etwa zum Jahre 1300 andauernden Rodungstätigkeit beteiligten sich u. a. die Zisterzienserklöster im Norden Brandenburgs in Chorin, Himmelpfort, Boitzenburg, Seehausen, Zepernick, Lindow und Stepenitz. PFEIL (1839) führte hierzu aus: „Zuerst traf die Rodung die Entsumpfung der Bruchgegend, gerade immer nur solche Orte, welche mit Laubhölzern bestanden waren, da sich diese stets nur auf den besten und fruchtbarsten Boden vorfinden. Die Sandhügel, von Kiefern bedeckt, blieben dagegen unberührt und wurden gern als Wald erhalten...“

Mit der Abnahme der Eichenwälder stieg gleichzeitig die wirtschaftliche (Viehweide/Streunutzung/Bienenweide/Bau- und Brennholz), kulturelle und jagdliche Bedeutung der verbliebenen Wälder (BERTSCH, 1952). Der Höhepunkt des Siedlungsgeschehens und damit des Waldflächenverlustes war in Brandenburg Mitte des 14. Jahrhunderts überschritten. Diese „negative Siedlungsperiode“ (KRAUSCH, 1960) dauerte bis in das 16. Jahrhundert.

Fehden, Pest, Agrarkrisen, der Übergang zur Dreifelderwirtschaft und die Konzentration der Landwirtschaft auf die besseren Böden, eventuell auch in Verbindung mit Witterungsextremen (strenge Winter, kalte Sommer zwischen 1400–1480) sowie ein Bevölkerungsrückgang zwischen 20 und 50 Prozent führte zum Verlust von Siedlungen und ganzen Ortschaften, von denen der Wald wieder Besitz ergriff. Diese Wüstungen trafen vor allem die Sandergebiete Nordbrandenburgs. Die Sanderzone des Pommerschen Stadiums war bereits um 1375 nahezu völlig verödet. Aus den Wüstungen entstanden wieder große zusammenhängende Waldgebiete mit Sekundärwäldern aus Kiefer, Birke, Eiche und Buche, wie z. B. die Wittstocker Heide, die Zechliner Heide, die Zühlensche und Altruppsinsche Forst, die Himmelpforter Heide oder auch die Görlsdorfer Forst bei Angermünde.

Die besondere Bedeutung der Eiche spiegelt sich in allen älteren Forstordnungen der Mark, insbesondere aber derjenigen vom 1. Februar 1622 wider, die die Schonung des Eichen- und Buchenholzes, der masttragenden Bäume und der großen Nutzholzstämme von den Forstbeamten forderte und den Untertanen verbot, Eichen auf ihren Äckern und Wiesen zu roden (PFEIL, 1839). Im 30-jährigen Krieg (1618 bis 1648) kam es vielerorts zu Waldverwüstungen und anschließend bis Mitte des 18. Jahrhunderts wieder zu einem natürlichen Anstieg der Waldfläche aufgrund erneuter gewaltiger Bevölkerungsver-

luste. Nach SORG (1936) entstanden in den wüsten Feldmarken, u. a. der Prignitz, nach wenigen Jahrzehnten Sekundärwälder mit Kiefer, Eiche und Buche.

Durch eine aktive Siedlungspolitik, zuerst durch die Kurfürsten, später durch Friedrich Wilhelm I. (Ausländerkolonien) und Friedrich den Großen gefördert, wurde das verlorene Siedlungsland in mehreren Etappen bis etwa Mitte des 18. Jahrhunderts wieder gerodet und in Kultur genommen. So ist es auch verständlich, dass es eine Art „Holzkultur“ in der Mark Brandenburg bis zum Anfang des 18. Jahrhunderts, im Gegensatz zu Süd- und Westdeutschland, nicht gegeben hat. Nach PFEIL (1839) „... lag (dies) an der Eigenthümlichkeit des preußischen Forstwesens, bei dem es, da ungeheure Waldflächen und Holzvorräte vorhanden waren, weniger darauf ankam, etwas mehr oder weniger Holz zu erziehen, als darauf, eine Übersicht und Kontrolle der Einnahmen und Ausgaben zu erhalten...“. In der Waldwirtschaft herrschte eine regellose Plenterwirtschaft.

Aufgrund eines Erlasses aus dem Jahre 1682 begann die aktive, waldbauliche Tätigkeit in der Mark Brandenburg mit der Nachzucht der Eiche in Eichelkämpfen sowie der Anzucht von Eichenheistern und „Bräutigamseichen“ sowie deren Auspflanzen an geeigneten Stellen (PFEIL, 1839). Dies wurde durch Anordnungen Friedrich Wilhelms I. (im Jahre 1720) zur Abgabe von erhöhtem Pflanzgeld von allen verschenkten, frei abgegebenen oder verkauften Eichen unterstützt. Friedrich II. ordnete im Jahre 1764 die regelmäßige Schlagwirtschaft der Kiefer an, wobei die beigemischten Eichen davon ausgenommen waren. Gleichfalls forderte er erneut die Anlage von Eichelkämpfen und die Nachpflanzung von Eichenheistern. PFEIL (1839) bewertet den Erfolg der Eichenmehrung wie folgt: „Daß man aber, nachdem man im 17. oder 18. Jahrhundert umsonst versucht hatte, der Eiche einen belohnenden Wuchs in dem mageren Sande zu verschaffen, auch im 19. ten diese Versuche beharrlich und mit großen Kostenaufwendungen fortsetzt, kann allerdings nicht mehr als in der Ordnung angesehen werden...“. In Eichen und Buchen führte man keine Abtriebs- und Verjüngungsschläge durch, sondern beschränkte sich auf den Aushieb des sterbenden Holzes und des so genannten Kaufmannsgutes. Die natürliche Verjüngung der Eiche blieb aufgrund der Viehweide, der Streunutzung und der Kahlschlagwirtschaft (Ausdunkelung) aus. Obwohl es nicht gelang, den Eichenanteil durch Verjüngung aktiv zu mehren, konnte sich bis etwa 1780 dennoch ein erheblicher Eichenanteil in Brandenburg halten, den PFEIL (1839) wie folgt angibt:

Tab. 1.2.2: Waldflächenanteil der Mark Brandenburg im Jahre 1780 (PFEIL, 1839)

Waldvegetationseinheit	Anteil an der Gesamtwaldfläche (%)
Eichenwälder	15
Buchenwälder	4
Eichen-, Buchen-, Kiefern-mischwälder	7
Erlen- und Birkenwälder	16
Kiefernwälder	58

In der letzten Hälfte des 18. Jahrhunderts kam es durch den von Friedrich II. massiv geförderten Ausbau der Infrastruktur (Alleeanlage, Kanalisation), in Verbindung mit Bevölkerungszunahmen und der begonnenen vorindustriellen Entwicklung sowie dem entstandenen Holzhandel (Schiffbauhölzer nach England, Bau- und Brennholz nach Berlin), zu einem Ausräumen der Wälder und vor allem der bis dahin geschonten alten Eichen (HAUSENDORFF, 1940/41; Abschätzungswerk der königlichen Oberförsterei Menz (1892); PLAZIKOWSKI, 1994).

Darüber hinaus erfroren in dem sehr strengen Winter 1739/40 viele Trauben-Eichen auf den Jungmoränenböden des Pommerschen Stadiums der Weichselvereisung bzw. starben in der Folgezeit ab (HAUSENDORFF, 1940/41; SCAMONI, 1961). Dennoch war die natürliche Gliederung der ausgeräumten Wälder am Ende des 18. Jahrhunderts nach Untersuchungen von OLBERG (1933), HAUSENDORFF (1940/41), KRAUSCH (1962), PLAZIKOWSKI (1994) noch zu erkennen.

Anfang des 19. Jahrhunderts wurde die kostspielige Pflanzung der Eichenheister in der Mark aufgegeben und gleichzeitig verfügt, jede jüngere Eiche im Kiefernkauschlag zu konservieren. Der sich vereinzelt im Kiefernbestand einfindende und sich entwickelnde Eichenunterstand blieb im Wachstum zurück und hatte nur Brennholzwert (v. ULRICI, 1889). Die Eiche war die Baumart, die sich an die bestandesweise Bewirtschaftung, wie sie durch die Forstwissenschaft Anfang des 19. Jahrhundert eingeführt worden war, am schlechtesten anpassen ließ (HEYDER, 1986). Hinzu kam, dass erst im Jahre 1821 die Ablösung der Weide- und Streuberechtigungen in Wäldern Preußens verfügt wurde, dessen Vollzug sich noch einige Jahrzehnte hinzog. Erst danach setzte wieder die Humusbildung ein, die für das Wachstum der Eiche auf den sandigen und trockenen Böden Brandenburgs so wichtig ist und lange Zeit aus Unkenntnis missachtet wurde (PFEIL, 1839). Versuche in der Mark in der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts, nach landwirtschaftlicher Zwischennutzung die Eiche mit der Kiefer in reihenweiser Mischung zu begründen oder sie mit der Buche zusammen zu verjüngen, scheiterten nach anfänglicher Euphorie an den hohen Pflegeaufwendungen in den Kulturen. Die Eichen wurden ausgedunkelt und verschwanden (HEYDER, 1986; PLAZIKOWSKI, 1994).

So wurde die Eiche zu einem Dauerthema auf den Tagungen des 1873 gegründeten Märkischen Forstvereins in Peitz (1883), Prenzlau (1889), Frankfurt/O. (1894) sowie Angermünde (1899). Die Beiträge dokumentieren die nunmehr ab 1870 erfolgreich begonnene waldbauliche Verjüngung und Förderung der Eiche in den preußischen Staatsforsten. Bereits damals standen Fragen zu waldbaulichen Verfahren der natürlichen und künstlichen Verjüngung der Eiche (Eichenvorverjüngungsbetrieb, Kullissenwirtschaft), zur Behandlung vorhandenen Eichenunterstandes unter Kieferschirm, zu Verfahren zur gleichaltrigen Erziehung von Eichen- und Kiefern-mischbeständen und mögliche Wege zur Übernahme und Integration vorhandener Eichennaturverjüngung in Kiefernstangenhölzern im Mittelpunkt des forstlichen Interesses (KOHLSTOCK, 1994).

Die Nichtbeachtung, z. T. auch Unkenntnis, der standörtlichen Grenzen der Eichenwirtschaft und die schematische Herangehensweise im Vorverjüngungsbetrieb

führte zu Übertreibungen, Misserfolgen und schließlich, sicher auch in Verbindung mit der insgesamt schwindenden Bedeutung des Eichenholzes (KRAHL-URBAHN, 1959), nach 30 Jahren Euphorie zu einer Unterbindung des Eichenvorverjüngungsbetriebes im Jahre 1904 in Preußen. Der Anteil der Eichenwälder war bis zum Jahre 1900 in der Mark Brandenburg auf 2 % zurückgegangen (DENGLER, 1944).

1.2.3 Die Eiche im heutigen potenziell-natürlichen Waldbild Brandenburgs

Das nordostdeutsche Tiefland liegt im zentralen europäischen Verbreitungskern der Eichen, wobei das Verbreitungsgebiet der Stiel-Eiche das der Trauben-Eiche insbesondere im Osten weit überragt (Abb. 1.2.2). Die östliche Verbreitungsgrenze zieht sich von Brest-Litowsk in Richtung Bukarest und das Schwarze Meer. Dort schließt sie die Krim, das Kaukasusgebiet und den türkischen Westrand Kleinasiens mit ein (KRAHL-URBAN 1959). Unter den Gesichtspunkten des Klimawandels ist u. a. das Vorkommen von Trauben-Eichen-Provenienzen im klimatisch trockeneren Osten von Interesse.

Der Begriff des (heutigen) potenziell-natürlichen Waldbildes, im Sinne der heutigen potenziell-natürlichen Vegetation (hpnV), geht zurück auf TÜXEN (1956). Es ist ein gedankliches Modell über den natürlichen Zustand der (Wald)-Vegetation im Hauptwaldstadium unter Ausschluss der unmittelbaren Einwirkung des Menschen. Das Modell beantwortet die Frage nach der standortsabhängigen Anbaufähigkeit einer Baumart, jedoch nicht abschließend die forstwirtschaftlich ebenso bedeutsame Frage nach der standortsabhängigen Anbauwürdigkeit einer Baumart. Bei der Erarbeitung des potenziell-natürlichen Waldbildes Brandenburgs gingen HOFMANN und POMMER (2004) zudem vom Modell der standortsabhängigen Selbstorganisation von Waldstrukturen aus (JENSSEN und HOFMANN, 1996; JENSSEN et al., 2003), die sich in einer zyklischen, organisch miteinander verknüpften Abfolge von Entwicklungsstadien (Lebenszyklus) auf Zeitskalen von mehreren Jahrhunderten bewegen können. Dabei wird angenommen, dass sich „schlagartig“ unter den gegenwärtigen Standortsbedingungen ein zyklisch stabiler Zustand (das Hauptwaldstadium) einstellt.

Die besondere Lage Brandenburgs im Übergangsbereich verschiedener Klimaeinflüsse hat zur Herausbildung von zwei großen unterschiedlich klimatisch-waldgeographischen Regionen, dem subatlantischen Buchenwaldgebiet im Norden (mit Ausnahme der Odernahen Region) und einem inselartigen Vorkommen im Hohen Fläming einerseits sowie dem subkontinentalen Eichen-Mischwaldgebiet in der Odernahen Region und im Mittel- und Südtteil Brandenburgs geführt, zwischen denen sich ein Übergangsbereich mit Eichen-Hainbuchen-Buchen-Mischwäldern befindet (HOFMANN und POMMER, 2004) (Abb. 1.2.3). Die Stiel- und Trauben-Eiche kommt als Baumart im potenziell-natürlichen Eichenmischwaldgebiet Brandenburgs in drei Vergesellschaftungsformen vor:

- (1) als Mischbaumart im Winterlinden-Trauben-Eichen-Hainbuchenwaldgebiet auf den besser nährstoffver-

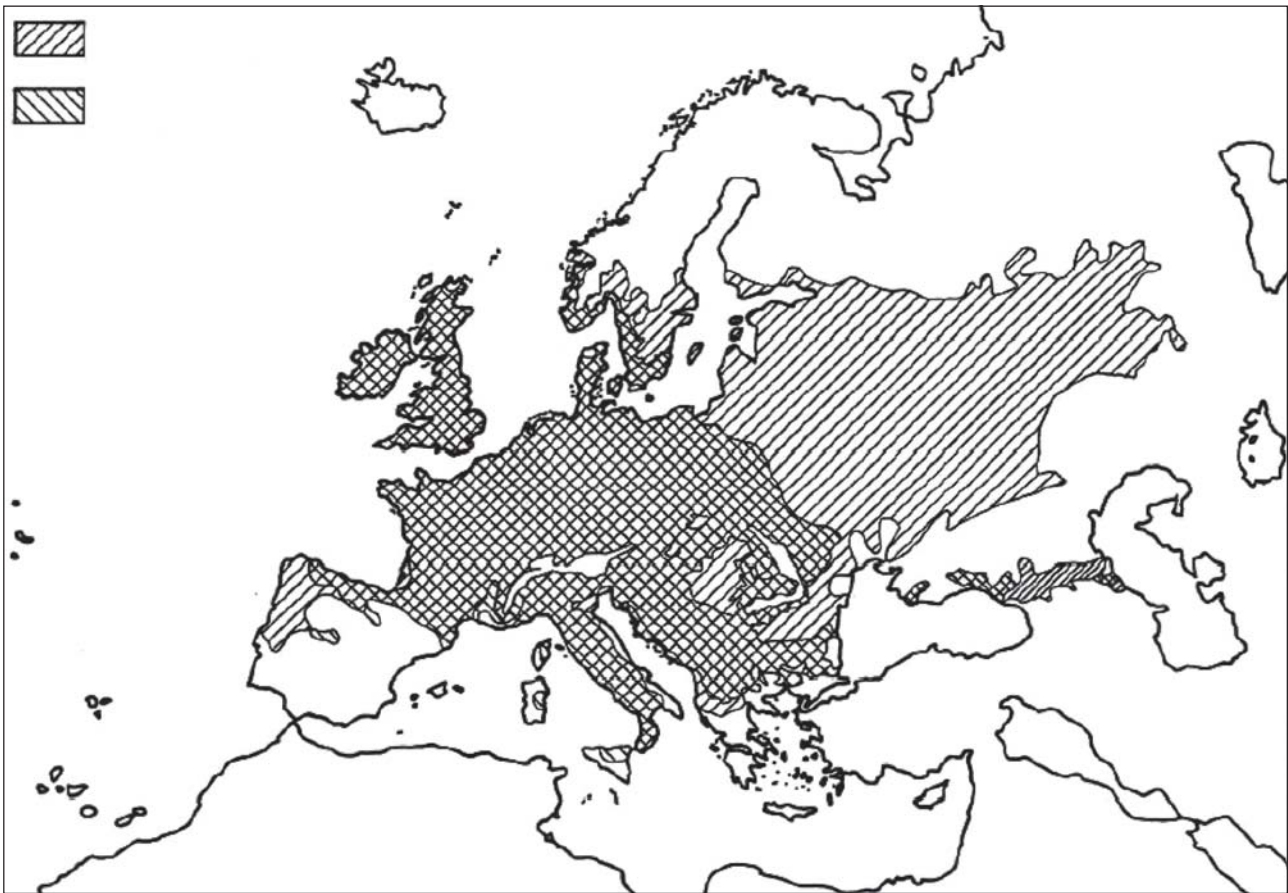


Abb. 1.2.2: Natürliche Verbreitungsareale der Stiel- und Trauben-Eiche auf dem europäischen Kontinent

sorgten Böden mit mittleren Jahresniederschlägen meist unter 540 mm,

- (2) als Hauptbaumart im Kiefern-Eichenwaldgebiet – mit Drahtschmielen-Eichenwäldern (mit Beteiligung von Stiel- und Trauben-Eiche) in West- und Mittelbrandenburg, mit Waldreitgras-Kiefern-Trauben-Eichenwäldern und beerkrautreichen Kiefern-Trauben-Eichenwäldern auf nährstoffschwächeren (Sand)-Böden mit mittleren Jahresniederschlägen unter 550 mm in Ostbrandenburg,
- (3) als Hauptbaumart in den Stiel- und Trauben-Eichentrockenwäldern mit fast kontinentalem Klima (Niederschlagsarmut, lufttrockene Sommer, sonnenseitig exponierte Hanglagen) bei unterschiedlichem Nährstoffgehalt der Böden, punktuell vor allem im Unteren Odertal (HOFMANN und POMMER, 2004).

Als Mischbaumart ist die Eiche dauerhaft im Wesentlichen nur auf den mittleren und ziemlich armen (Sand)-Standorten der Eichen-Buchenwälder innerhalb des potenziell natürlichen Eichen-Hainbuchen-Buchen-Mischwaldkomplexes (in der Abbildung 1.2.3 durch senkrechte Schraffur gekennzeichnet) stärker am Bestandaufbau beteiligt, die mit mittleren Jahresniederschlägen zwischen 540 und 580 mm im klimatischen Übergangsbereich zwischen dem klimatisch feuchteren subatlantischen Buchenwaldgebiet Brandenburgs und dem subkontinentalen Eichen-Mischwaldgebiet liegen und in

denen sich die Baumarten des östlichen Eichenmischwaldes mit der Buche zu einem wirklichen Buchenmischwald vereinen (HOFMANN und POMMER, 2004). Innerhalb dieses Eichen-Hainbuchen-Buchen-Mischwaldkomplexes lassen sich nährkraftbedingt mit den Bingelkraut-Winterlinden-Buchenwäldern auf kalkhaltigen Lehm-Standorten, den Hainbuchen-Buchenwäldern auf sandig-lehmigen Standorten und den Eichen-Buchenwäldern auf sandigen Standorten mittlerer und ziemlich armer Nährkraft weitere Vegetationseinheiten unterscheiden (Tab. 1.2.3)

Darüber hinaus wäre die Stiel-Eiche als Baumart

- (1) in den grundfeuchten Stiel-Eichen-Hainbuchenwäldern, in den azonalen Wäldern der Niederungsgebiete Brandenburgs auf grundwasserbeeinflussten Waldflächen mit nährstoffkräftigen bis mittleren Standorten,
- (2) in Moorbirken-Stiel-Eichenwäldern auf nährstoffschwachen, grundwasserbeeinflussten Standorten,
- (3) in den Stiel-Eichen-Ulmen-Auenwäldern sowie
- (4) in den Stiel-Eichen-Flutterulmen-Hainbuchenwäldern, die sich nach der Eindeichung der ursprünglichen Auenwälder in Anpassung an die veränderten Standortbedingungen als neue potenzielle Vegetation herausgebildet haben am Bestandaufbau beteiligt, wobei ihr Anteil mit abnehmender Trophie zunehmen würde.

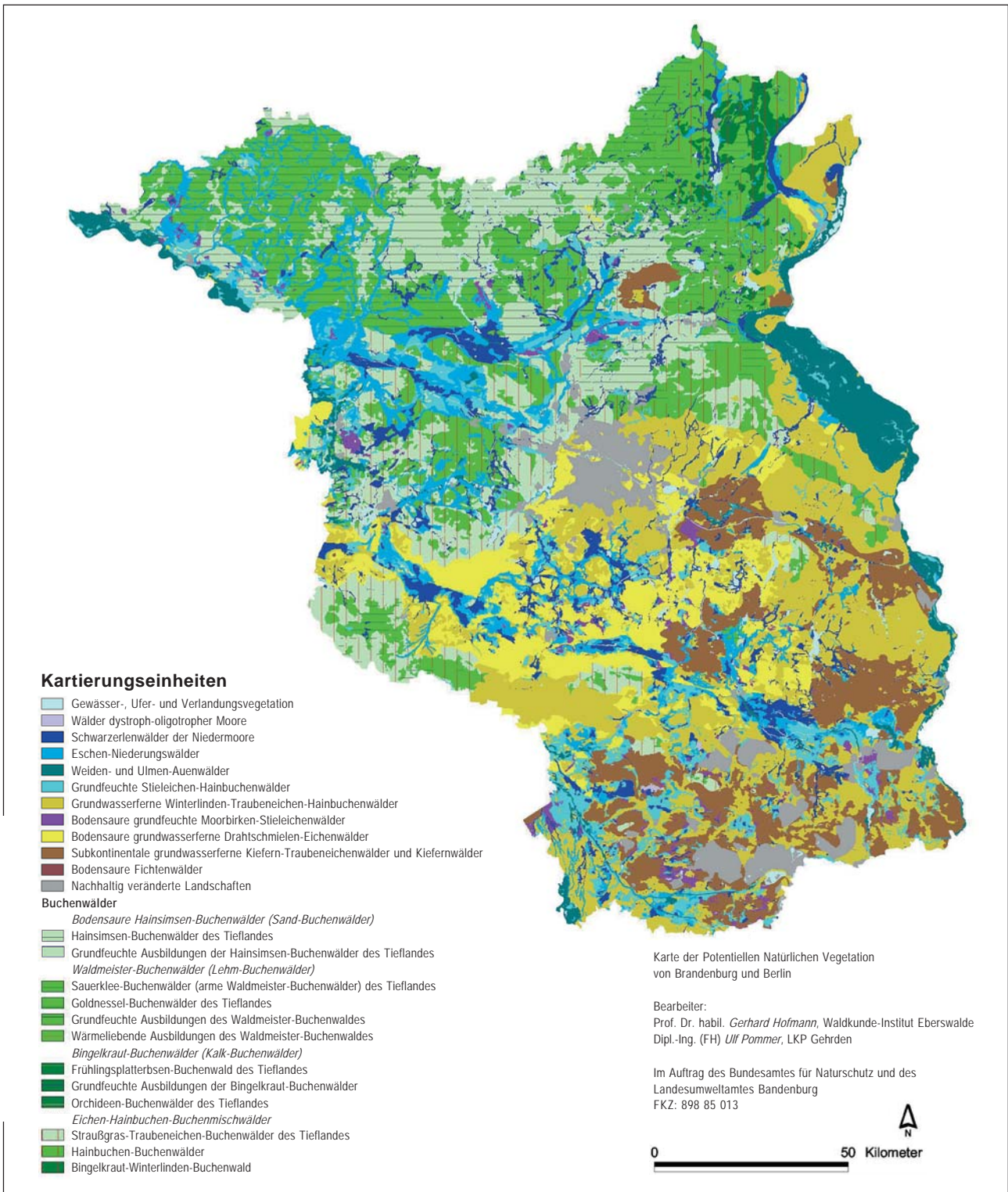


Abb. 1.2.3: Das potenziell-natürliche Waldbild Brandenburgs (HOFMANN und POMMER, 2004)

Im potenziell natürlichen subatlantischen Buchenwaldgebiet (in der Abbildung 1.2.4 durch waagerechte Schraffur gekennzeichnet) beherrscht die Buche über alle Standortsbereiche von nährstoffreich bis nährstoffarm in der Hauptwaldphase den Oberbestand. Hier kann sich die Eiche auch als Nebenbaumart im Oberstand dauerhaft nicht halten. Dennoch sollte auf diesen Standorten mit z. Z. großflächig vorhandenen Kiefernforstgesellschaften

auf den Voranbau der Eiche oder die Übernahme vorhandener Hähereichen (EISENHAUER, 1994) mit dem Hinweis auf die spätere Dominanz der Buche im Hauptwaldstadium keinesfalls verzichtet werden. Vielmehr zeigt uns die Natur einen waldbaulich gangbaren Weg – vom durch die Kiefer dominierten Pionierwaldstadium, unter denen sich die Eichennaturverjüngung etwa im Alter 40–50 des Kiefernoberstandes einfindet (v. ULRICH, 1889,

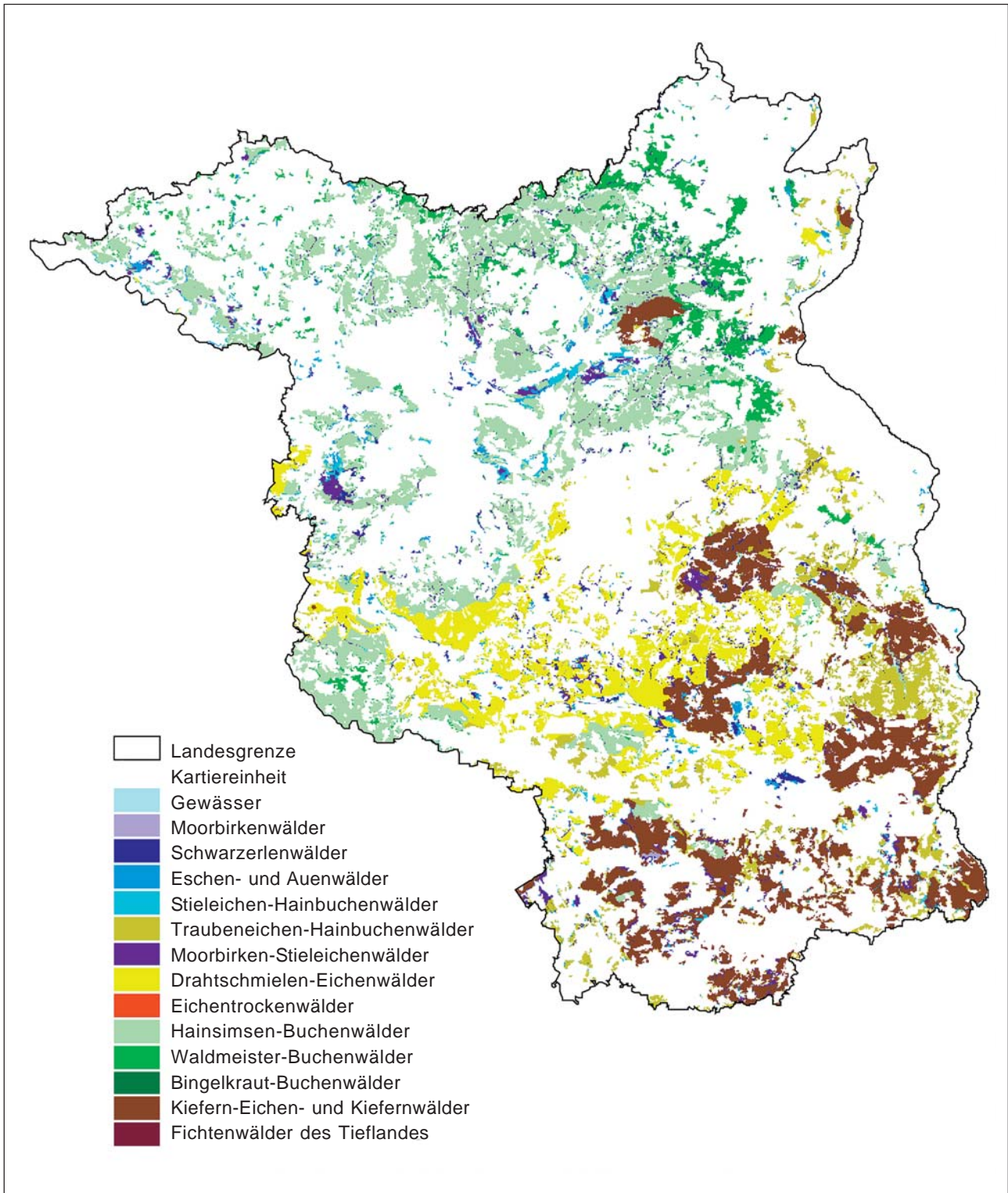


Abb. 1.2.4: Das (heutige) potenziell-natürliche Waldbild Brandenburgs auf der aktuellen Waldfläche (nach HOFMANN und POMMER, 2004)

EISENHAUER, 1994) und damit das eichendominierte Zwischenwaldstadium der kommenden Waldgeneration einleitet, hin zum von der Buche geprägten Hauptwaldstadium der nachfolgenden Waldgeneration. Die Eiche zeigt zudem auf im Vergleich zur Stammnährkraftstufe degradierten Oberböden (z. B. Rohhumus auf durch-

schnittlich wasserversorgten mäßig nährstoffversorgten Standorten (M_2) im Vergleich zur Buche das bessere Wachstum (DIECKMANN, Waldbauexkursion Forstverein Mecklenburg-Vorpommern 1996). Das Beispiel verdeutlicht, dass ein bewussteres und zielgerichteteres naturnahes Wirtschaften mit standortsabhängigen Waldent-

Tab. 1.2.3. Vergleichende Übersicht des Flächenanteils des (heutigen) potenziell-natürlichen Waldbildes Brandenburgs auf der derzeit waldfähigen Landesfläche und der aktuellen Waldfläche Brandenburgs (nach HOFMANN UND POMMER, 2004)

(heutige) potenziell-natürliche Waldvegetationseinheit		Flächenanteil auf der heute waldfähigen Landesfläche Brandenburgs (%)	Flächenanteil auf der aktuellen Waldfläche Brandenburgs (%)
Zonale Wälder der grundwasserfernen Hochflächen und Erhebungen	Buchenwälder	19,21	22,84
	Hainsimsen-Buchenwälder	7,58	15,93
	Waldmeister-Buchenwälder	11,58	6,89
	Bingelkraut-Buchenwälder	0,05	0,02
	Subkontinentaler Eichenmischwald	34,06	44,61
	Winterlinden-Trauben-Eichen-Hainbuchenwälder	18,73	10,91
	Drahtschmielen-Eichenwälder	7,25	15,03
	Subkontinentale Kiefern-Trauben-Eichenwälder	8,08	18,67
	Eichen-Hainbuchen-Buchen-Mischwälder	18,07	16,77
	Eichen-Buchenwälder	7,46	13,97
Hainbuchen-Buchenwälder	9,37	2,70	
Bingelkraut-Winterlinden-Buchenwälder	1,24	0,10	
Kiefernwälder	0,73	1,68	
wärmeliebende Eichenwälder	< 0,05	0,01	
Ulmen-Hangwälder	< 0,09	< 0,05	
Ahornwälder	< 0,09	0,00	
Bergbaufolgelandschaften	1,79	1,55	
Azonale Wälder der Niederungen	Wälder dystroph-oligotropher Moore mit Moorbirke und Kiefer	0,11	0,17
	Schwarzerlenwälder der Niedermoore	7,17	3,38
	Eschen-Niederungswälder	5,00	1,76
	Weiden- und (Stiel-Eichen)-Ulmen-Auenwälder	2,16	0,14
	Wälder eingedeichter Auen mit Stiel-Eiche, Flatterulme und Hainbuche	3,20	0,14
	grundfeuchte Stiel-Eichen-Hainbuchenwälder	7,14	2,54
	Moorbirken-Stiel-Eichenwälder	1,36	2,83
	Fichtenwälder	0,02	0,05

wicklungstypen (OTTO, 1995; SCHMIDT, 1998; PERPEET, 2001), die die heutige Ausgangssituation der Forstgesellschaften und die standortsabhängige Dynamik der Abfolge der Waldentwicklungsphasen auf dem Wege zur potenziell natürlichen Vegetation (Pionier-, Zwischenwald- und Hauptwaldstadium mit dem daran gebundenen Baumartenwechsel) erfasst, möglich wäre.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Eiche auf über der Hälfte der heute waldfähigen Landesfläche Brandenburgs und im Vergleich dazu auf nahezu 2/3 der aktuellen Waldfläche des Landes Brandenburg mit einem Baumartenanteil von mindestens 50 % am Bestandaufbau des (heutigen) potenziell-natürlichen Waldbildes beteiligt wäre (siehe Tabelle 1.2.3). Der Charakter des potenziell-natürlichen subkontinentalen Eichenmischwaldgebietes und des im klimatischen Übergangsbereich zum subatlantischen Buchenwald vorgelagerten Eichen-Hainbuchen-Buchen-Mischwaldkomplexes auf

der aktuellen Waldfläche hat sich aufgrund menschlicher Rodungstätigkeit und nachfolgender landwirtschaftlicher Nutzung der vor allem hinsichtlich Nährkraft und Feuchte besseren Böden verändert. Heute würden in diesen beiden waldgeographischen Gebieten artenärmere Eichenwaldgesellschaften mit Eiche/Kiefer bzw. Eiche/Buche auf sandigen Substraten mittlerer bis ziemlich armer Trophie von Natur aus vorherrschen.

Unter Berücksichtigung prognostizierter Klimaänderungen mit einer Häufung von Witterungsextremen bei gleichzeitig anhaltender Eutrophierung prognostiziert HOFMANN (1995, 1997) ein verändertes potenziell-natürliches Waldbild Brandenburgs bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts. Klimabedingt könnte die Konkurrenzkraft der Buche im (heutigen) subatlantischen Buchenwaldgebiet und im Eichen-Hainbuchen-Buchen-Mischwaldkomplex abnehmen, womit eine flächenmäßige Verschiebung des (heutigen) potenziell-natürlichen Eichen-Hainbuchen-Bu-

chen-Mischwaldkomplexes und eine Ausdehnung des subkontinentalen Eichenmischwaldgebietes zu Lasten des Areal des (heutigen) potenziell-natürlichen subatlantischen Buchenwaldgebietes verbunden wäre. Innerhalb des (heutigen) subkontinentalen Eichenmischwaldkomplexes wäre bei einem derartigen Klimawandel auf nährkraftschwächeren Sandböden durchschnittlicher Wasserversorgung (T_2) von einem Vegetations- und Waldstrukturwandel in Richtung grasreicher Kiefern-Eichen-Lichtwälder sowie Kiefern-Eichen-Buschwälder auszugehen (HOFMANN, 1997).

Diese prognostizierte Strukturentwicklung der Eichen- und Kiefern-Eichenmischwälder auf sandigen Substraten soll die Anbaufähigkeit als auch Anbauwürdigkeit der Baumart Eiche auf diesen (Sand)-Standorten in der

Klimastufe (t) nicht in Frage stellen. Jedoch kommt der Beantwortung der Frage nach den standörtlichen Grenzen des künftigen Eichenanbaus auf (Sand)-Standorten in der (heutigen) Klimastufe (t) und der Frage nach der standortsabhängigen, optimalen Mischungsform und optimalen Stammzahlhaltung der Eichen- und Kiefern-Eichenmischbestände eine große Bedeutung zu.

Dank

Herrn Dipl.-Forstingenieur ULF POMMER danken wir für die Überlassung von Daten zur potenziell-natürlichen Vegetation Brandenburgs sowie für die Möglichkeit der Diskussion seiner Ergebnisse.

1.3 Genetische Untersuchungen zu den eiszeitlichen Refugien der Stiel- und Trauben-Eichen des Nordostdeutschen Tieflandes

HEIKE LIESEBACH, IRMTRAUT ZASPEL,
RALF KÄTZEL

Wie bereits im Kapitel 1 dargestellt, konnte die nach-eiszeitliche Rückwanderungsgeschichte der einzelnen Pflanzensippen mit der Analyse fossiler Pollen gut untersucht werden. Allerdings kann die Pollenanalyse nur das Vorhandensein von Eichenpollen ab einer bestimmten Zeit feststellen und mengenmäßig den Anteil am gesamten Pollen einschätzen. Mit dieser Methode kann nicht ermittelt werden, aus welchem Refugium die Eichen ursprünglich eingewandert waren und auch nicht, um welche der beiden einheimischen Eichenarten es sich handelt. Die Aussagen der Pollenanalyse über die Vergangenheit können heute mit modernen DNA-Analysen an jetzt existierenden Beständen ergänzt werden. Durch die Kombination beider Methoden wurden neue Möglichkeiten des Erkenntnisgewinns eröffnet.

1.3.1 Genetische Marker zur Rekonstruktion der nacheiszeitlichen Rückwanderungsgeschichte der Eichen

In mehreren europäischen Forschungsprojekten wurden standardisierte Methoden zur genetischen Charakterisierung von Eichen mit DNA-Markern entwickelt. Dadurch sind Eichen heute die populationsgenetisch am besten untersuchten Forstgehölze. Das betrifft nicht nur die bei uns heimischen Arten, sondern die gesamte Gattung *Quercus* in Europa.

Für Untersuchungen zur nacheiszeitlichen Rückwanderungsgeschichte sind genetische Marker, die die ausschließliche Verbreitung über den Samen ohne die Beteiligung des Pollens widerspiegeln, besonders geeignet. Diese Marker sind auf der extrachromosomalen DNA der Chloroplasten der grünen Blätter lokalisiert (Erläuterung siehe Kasten).

Die im folgenden kurz dargestellten Ergebnisse stammen aus dem Sonderband der Zeitschrift „Forest Ecology and Management“ 156 (PETIT et al., 2002 a, b) und von

HEIKE LIESEBACH

Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft
Hamburg, Institut für Forstgenetik und Forstpflanzen-
züchtung

IRMTRAUT ZASPEL

Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft
Hamburg, Institut für Forstgenetik und Forstpflanzen-
züchtung

Dr. habil. RALF KÄTZEL

Landesforstanstalt Eberswalde

Die Gene auf den Chromosomen im Zellkern werden bei jeder sexuellen Reproduktion aus mütterlichen und väterlichen Anteilen neu kombiniert. Die Durchmischung in jeder Generation führt so zu einer großen genetischen Variation von Zellkern-Genen innerhalb von Populationen. Die genetische Information in den Zellorganellen wie Chloroplasten und Mitochondrien dagegen wird bei Laubgehölzen rein mütterlich vererbt, d. h. direkt von der Mutter auf den Samen übertragen ohne Beteiligung des Pollens. Hier findet keine Neukombination statt. Die genetische Variation von Chloroplasten- und Mitochondrien-Genen innerhalb von Populationen ist deshalb gering oder gar nicht vorhanden. Sie kann jedoch zwischen geographischen Regionen sehr groß sein. Diese Unterschiede im Vererbungsweg und im Variationsmuster werden von der Populationsgenetik ausgenutzt, um mit bestimmten Genmarkern, die entweder im Zellkern oder in den Zellorganellen angesiedelt sind, gezielt bestimmte Fragen zu untersuchen.

der Web-Seite <http://www.pierroton.inra.fr/Fairoak/>, wo die Ergebnisse aus dem EU-Projekt „**Inter- and intraspecific variation in European oaks: evolutionary implications and practical consequences**“ veröffentlicht wurden. Eine Zusammenfassung in Deutsch befindet sich bei KÖNIG und STAUBER (2004).

In der Chloroplasten-DNA der Eichen existieren zahlreiche genetische Varianten, sog. Chloroplasten-Haplotypen. Bisher wurden über 33 solcher Haplotypen gefunden, die in 6 verschiedene Abstammungslinien eingruppiert wurden. Jede Linie besteht aus mehreren eng miteinander verwandten Chloroplasten-Haplotypen. In einem umfassenden Stichprobennetz in Europa, das nicht nur EU-Länder, sondern auch weitere europäische Länder umfasste, wurden 2.600 Populationen aus insgesamt acht Eichenarten mit jeweils ca. 4–5 Individuen beprobt.

Die verschiedenen Haplotypen-Linien sind nicht zufällig in Europa verteilt, sondern die geographische Verbreitung der genetischen Typen steht mit den eiszeitlichen Refugien in enger Verbindung. Im Europa nördlich der Alpen kommen drei Abstammungslinien der Eichen vor, die aus drei große Refugien stammen. Eichen aus dem Iberischen Refugium (Linie B, Farbcode: gelb/orange/weiß) haben sich vor allem in Westeuropa nach Norden hin ausgebreitet. Sie besiedelten ausgehend von Spanien und Portugal zunächst das Gebiet von Frankreich, später die Britischen Inseln, die Benelux-Länder, den westlichen und nördlichen Teil von Deutschland und den südlichen Teil von Skandinavien. Ein zweites Refugium befand sich in Italien und auf Sizilien (Linie C, Farbcode: rot). Diese Eichen breiteten sich wahrscheinlich direkt

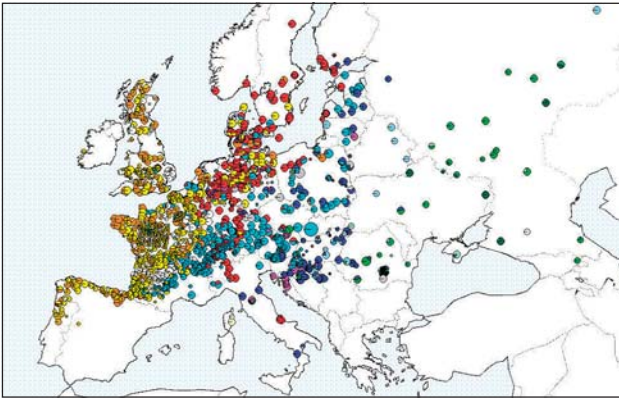


Abb. 1.3.1a: Haplotypenverteilung der Stiel-Eiche in Europa

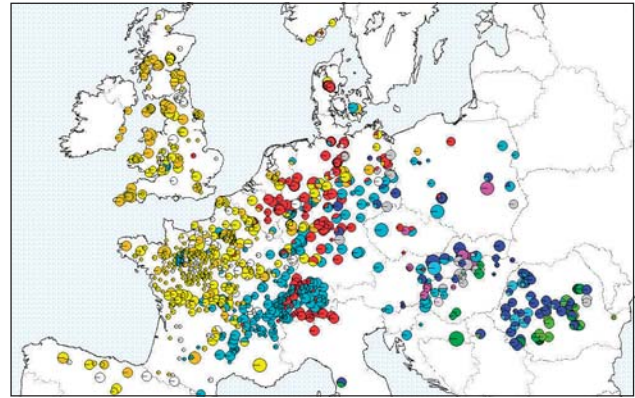


Abb. 1.3.1b Haplotypenverteilung der Trauben-Eiche in Europa

über die Alpen nach Norden hin aus, besiedelten ganz Mitteleuropa und erreichten ebenfalls den Süden von Skandinavien. Aus dem Balkanrefugium (Linie A, Farbcode: türkis/blau/grau) wanderten die Eichen in nördlicher Richtung bis ins Baltikum, in nordwestlicher Richtung nach Mitteleuropa und in westlicher Richtung nach Italien und am Rand der Alpen entlang bis nach Südfrankreich. Drei weitere Haplotypen-Linien D, E und F haben sich nach der Eiszeit nicht nach Mitteleuropa ausgebreitet, sie sind im Mittelmeerraum, in Kleinasien und in Südosteuropa verblieben.

Für die beiden in Brandenburg relevanten Eichenarten ist die Haplotypenverteilung in Europa in den Abbildungen 1.3.1a und b dargestellt (Quelle: <http://www.pierroton.inra.fr/Fairoak/>).

Wie auf den beiden Karten deutlich zu erkennen ist, haben die sich kreuzenden Rückwanderungslinien zu Vermischungen in Mitteleuropa geführt. Außerdem wird sichtbar, dass Stiel- und Trauben-Eiche einen gemeinsamen Pool an Haplotypen besitzen. Um diese Strukturen herauszubilden, reichen gelegentliche Hybridisierungsereignisse schon aus, da die Chloroplasten rein mütterlich vererbt werden und keine Rekombination stattfindet (siehe Kasten).

Diese allgemeinen Aussagen treffen auch für das Gebiet von Brandenburg zu, wobei Haplotypen aus dem Iberischen Refugium kaum zu erwarten sind.

1.3.2 Zu den Haplotypen der brandenburgischen Eichen

Detaillierte Erhebungen in Gebieten mit sich kreuzenden Rückwanderungswegen und mit intensiver Bewirtschaftung einschließlich Saatguttransfer erfordern wesentlich größere Stichprobenumfänge je Population, als sie im genannten EU-Projekt großflächig realisiert werden konnten. Eigene Untersuchungen wurden auf zehn Dauerbeobachtungsflächen des Instituts für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der BFH in Waldsiedersdorf und in vier Naturwald- bzw. Naturwaldvergleichsflächen Brandenburgs in Zusammenarbeit zwischen der BFH und der Landesforstanstalt Eberswalde durchgeführt (Tabelle 1.3.1).

An morphologischen Merkmalen der Blätter wurde die Artzugehörigkeit der einzelnen Bäume festgestellt. Die Laboruntersuchungen fanden im Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung in Waldsiedersdorf mit den in EU-Projekten erarbeiteten Standardmethoden statt. Abbildung 1.3.2 zeigt ein Beispiel für ein DNA-Muster von Chloroplastenhaplotypen der Eiche. Insgesamt wurden 514 Individuen aus Brandenburg untersucht, im Mittel 37 pro Bestand. Die Ergebnisse für Brandenburger Eichen sind in Abbildung 1.3.3 graphisch dargestellt, wobei der in der EU vereinbarte Farbcode angewendet wurde. Die für Deutschland bekannten Haplotypen wurden auch im Untersuchungsmaterial aus Brandenburg gefunden. Nur bei einer Probe wurde ein Haplotyp entdeckt, der zu einer sonst nicht in Mitteleuropa vorkommenden Linie gehört.

In der Graphik fallen zunächst die deutlichen Unterschiede zwischen den artreinen Eichenbeständen einerseits und den Mischbeständen andererseits auf. Die bisher untersuchten artreinen Bestände von Stiel- und Trauben-Eiche sind auch im Chloroplasten-Haplotyp homogen. Nur im Bestand Wucker (Nr. 9) und im Bestand Fürstenberg (Nr. 13) gibt es jeweils eine Ausnahme unter 60 bzw. 30 untersuchten Bäumen. Die fünf untersuchten Mischbestände weisen dagegen mit 2 bis 5 Haplotypen eine sehr große Heterogenität auf. Solche Aussagen sind nur durch die relativ großen Stichprobenumfänge möglich.

Die beobachtete genetische Struktur der Mischbestände könnte darauf zurückgeführt werden, dass Vermehrungsgut aus verschiedenen Quellen gemischt wurde, und so neben Haplotypenmischungen auch gleichzeitig Artmischungen entstanden sind. Es kann ebenso lokales Vermehrungsgut zu größeren Anteilen mit fremdem ergänzt worden sein.

Die reinen Stieleichenbestände besitzen den Haplotyp 1 aus dem Italienischen Refugium. Von den reinen Traubeneichenbeständen besitzen fünf Bestände ausschließlich die Haplotypen 4 bzw. 7 aus dem Balkanrefugium. Der Bestand der Obf. Menz (Fürstenberg, Nr. 13) stellt mit dem Haplotyp 1 eine Ausnahme dar. Bei diesen Eichen handelt es sich um einen Bestand, der aus einer horstweisen Vorverjüngung in einem sog. Mortzfeldtsches Loch hervorgegangen ist (siehe KÄTZEL, Kap. 2.5 und BILKE, Kap. 4.3). Mit großer Wahrscheinlichkeit wurde

Tab. 1.3.1: Eichenbestände aus Brandenburg für Chloroplasten-DNA-Untersuchungen
 (* Geschätztes Verhältnis SEi : TEi im Bestand, ** Anzahl untersuchter Individuen für Chloroplasten-Haplotyp)

Nr.	Versuchsfläche	Oberförsterei	Nördliche Breite	Östliche Länge	Alter (Jahre)	Verhältnis SEi : TEi*	Anzahl SEi**	Anzahl TEi**
1	Rosinsee	Chorin	52°52'	13°53'	100–120	70 : 30	43	10
2	Plagefenn	Chorin	52°53'	13°52'	90–110	80 : 20	61	13
3	Tiefensee	Heidekrug	52°39'	13°50'	140	20 : 80	5	31
4	Blumenthal1	Heidekrug	52°39'	13°55'	95	100 : 0	10	
5	Blumenthal2	Heidekrug	52°39'	13°55'	130	100 : 0	10	
6	Rehhagen	Beeskow	52°20'	14°10'	140	0 : 100		22
7	Schwarzberg	Beeskow	52°15'	14°16'	140–190	33 : 67	23	43
8	Gartz2	Gartz	53°08'	14°20'	75	0 : 100		76
9	Wucker	Reihersdorf	53°06'	13°40'	220	100 : 0	60	
10	Gartz3	Gartz	53°08'	14°20'	98	0 : 100		42
11	Grunewald	Grunewald	52°27'	13°12'	> 150	15 : 85	3	17
12	Fünfeichen	Müllrose	52°10'	14°28'	147	0 : 100		10
13	Fürstenberg	Menz	53°09'	13°03'	105	0 : 100		30
14	Sauen	Sauen	52°16'	14°11'	141	0 : 100		5
						Summe	215	299

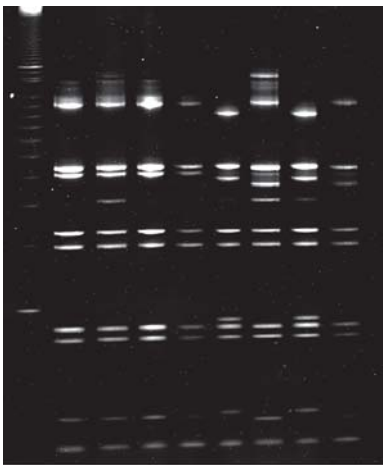


Abb. 1.3.2: DNA-Muster von Chloroplastenhaplotypen der Eiche (DT-Taql), Reihenfolge von links nach rechts: Standard, Haplotypen 4, 4, 4, 4, 1, 10, 1, 10

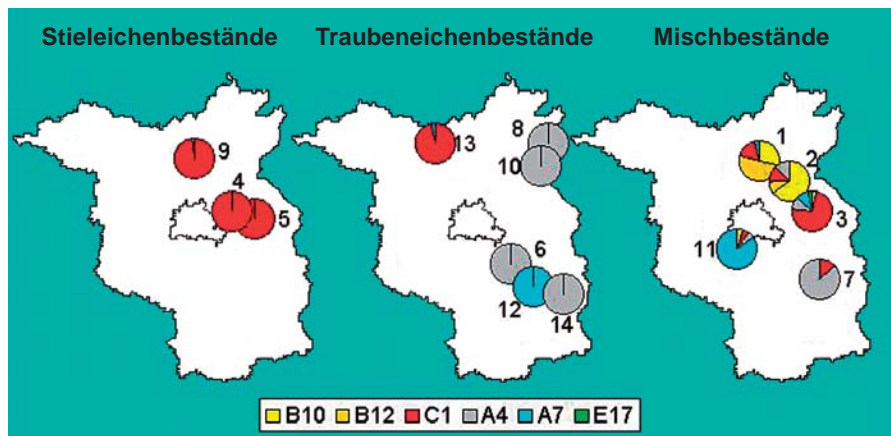


Abb. 1.3.3: Chloroplasten-Haplotypenverteilung von 14 Eichenbeständen in Brandenburg (Legende siehe Tabelle unten)

		B10	B11	B12	C1	A4	A7	E17
1	Rosinsee	15		27	9		2	
2	Plagefenn	48		7	10	9		
3	Tiefensee	1	6		22	3	3	1
4	Blumenthal 1				10			
5	Blumenthal 2				10			
6	Rehhagen					22		
7	Schwarzberg				9	57		

		B10	B11	B12	C1	A4	A7	E17
8	Gartz 2					76		
9	Wucker				59	1		
10	Gartz 3					42		
11	Grunewald	0,5	0,5		1	1	17	
12	Fünfeichen						10	
13	Fürstenberg02				29		1	
14	Sauen					5		

in diesem Fall Traubeneichen-Vermehrungsgut aus größeren Entfernungen herantransportiert, da es nicht den sonst für Brandenburger Trauben-Eichen gefundenen genetischen Typen entspricht.

Der nördliche Teil Brandenburgs wird überwiegend von den Linien B (Iberischer Refugium) und C (Italienisches Refugium) beeinflusst. Besonders auffällig ist hier das Vorkommen von Haplotypen der westeuropäischen Linie B nur in Mischbeständen, und dort überwiegend in Stiel-Eichen. Hierfür könnten Saatguttransporte in der Vergangenheit verantwortlich sein. Es ist aber nicht auszuschließen, dass Stiel-Eichen aus dem Iberischen Refugium auf ihrer nacheiszeitlichen Rückwanderungsrouten direkt den Norden von Brandenburg erreicht haben. Diese Haplotypen wurden auch für einige Bestände in Mecklenburg-Vorpommern ermittelt (KÖNIG, pers. Mitt.).

Der südliche Teil Brandenburgs wird von Haplotypen der Linie A vom Balkanrefugium dominiert, was sowohl die reinen Traubeneichenbestände als auch die Mischbestände betrifft. In den nach Süden angrenzenden sächsischen Eichenbeständen beider Arten wurden sogar ausschließlich Haplotypen der Linie A aus dem Balkanrefugium gefunden (15 Bestände, ca. 500 Bäume untersucht, TRÖBER und LIESEBACH, unveröff.).

1.3.3 Haplotypen in Eichen-Naturwäldern

Obwohl die mit Trauben-Eichen bestockten Naturwälder erst vor einer vergleichsweise kurzen Zeitspanne der forstlichen Bewirtschaftung entzogen worden, war es – auch angesichts der vorliegenden forsthistorischen Befunde – von besonderem Interesse zu erfahren, aus welchen eiszeitlichen Refugialgebieten die Eichen der Naturwälder Fünfeichen, Tauersche Eichen und Kuckuckseichwald entstammten und ob die Haplotypen für die jeweilige Population einheitlich sind (KÄTZEL et al., 2002).

In der Naturwaldvergleichsfläche Fünfeichen kommen, wie auch im Nachbarbestand (siehe Abb. 1.3.3) überwiegend Eichen des Haplotyps 7 ($n = 18$ Bäume) in einem Fall der Haplotyp 4 vor. Beide Haplotypen werden dem Balkan-Refugium zugeordnet. Mit Ausnahme des Baumes mit dem Haplotyp 4 waren alle Probestämme repräsentativ im Bestandesinneren der Forstabteilung 75 verteilt. Die Eiche mit dem Haplotyp 4 befindet sich am Rand einer alten gepflasterten Forststraße, die die Abteilung 75 durchkreuzt. Interessanterweise kommt der Haplotyp 4 u. a. in zwei geklumpten Vorkommen am Unterlauf der Elbe und der Oder vor. Da dieser Haplotyp in Ungarn und der Slowakei häufiger auftritt, könnte er von dort aus weiter nach Nordwesten gewandert sein. Leider liegen für die Tschechische Republik bisher keine entsprechenden Untersuchungsergebnisse vor, die sein Vorkommen für diesen Raum bestätigen würden. Falls dies zuträfe, wäre es denkbar, dass Eicheln des Haplotyps 4 im Verlaufe von Überschwemmungen die Elbe

bzw. die Oder flussabwärts transportiert worden wären und dort zur Begründung von Beständen beigetragen hätten. Für diese These spricht auch, dass es sich bei mehreren der untersuchten flussnahen Populationen um Trauben-Eiche handelt, obwohl in Flussniederungen eher Vorkommen der Stiel-Eiche zu erwarten wären. Eine andere These geht davon aus, dass nordwärts reisende Menschen die Eicheln transportiert haben (KÖNIG et al., 2002).

Im Kuckuckseichwald wurden auf der Naturwaldfläche und in einem nahegelegenen Saatgutbestand jeweils fünf Eichen aus drei unterschiedlichen Altersgruppen untersucht. Alle zehn Bäume wurden einheitlich dem Haplotyp 7 (Linie A, Balkan-Refugium) zugeordnet.

Im Naturwald Tauersche Eichen und auf der bewirtschafteten Vergleichsfläche, die gleichzeitig ein zugelassener Saatgutbestand ist, wurden insgesamt 15 Eichen beprobt. Bei acht Bäumen dominierte, wie auf der Fläche „Fünfeichen“, der Haplotyp 7. Überraschenderweise wurden sowohl im Naturwald als auch auf der Vergleichsfläche je zwei Eichen gefunden, die dem Haplotyp 12 entsprachen. Drei weitere Eichen-Überhälter des Naturwaldes wurden dem Haplotyp 10 zugeordnet. Die Haplotypen 10 und 12 haben ihren Ursprungsort auf der Iberischen Halbinsel. Die drei verschiedenen Haplotypen der „Tauerschen Eichen“ aus zwei verschiedenen Refugialgebieten auf engstem Raum deuten entgegen den Aussagen der bisher bekannten forsthistorischen Quellen auf einen intensiven menschlichen Einfluss bei der Bestandesbegründung hin. Die von der Iberischen Halbinsel stammenden Haplotypen 10 und 12 (Linie B) sind überwiegend im Westen des Bundesgebietes vertreten, im Norden aber bis in den Ostseeraum (Mecklenburg-Vorpommern) vorgedrungen.

Die Ergebnisse zeigen, dass genetische Untersuchungen den Informationsgehalt forsthistorischer Recherchen teilweise überprüfen und ergänzen können. Die vorgefundenen Strukturen der Haplotypenverteilung in Brandenburg sind durch das Zusammentreffen mehrerer Rückwanderungslinien und wahrscheinlich gelegentliche Hybridisierungen zustande gekommen. Bekanntlich erfolgte im Osten die Rückwanderung langsamer als im Westen. Die Hauptursache hierfür wird in einer bereits vorhandenen Waldvegetation aus Birken und Kiefern gesehen (BREWER et al., 2002, FIRBAS, 1949).

Nach den Untersuchungen der cpDNA der Trauben-Eichen kommen in den untersuchten Naturwäldern bzw. den bewirtschafteten Vergleichsflächen vier der sieben häufigsten in Deutschland gefundenen Haplotypen vor. Entsprechend der Häufigkeit des Haplotyps 7 dürfte die Eiche den östlichen Teil Deutschlands überwiegend vom Balkan-Refugium aus besiedelt haben. Wie das Vorkommen anderer Haplotypen zeigt, haben aber auch in früherer Zeit (s. Kap. 1.1) Saatguttransporte eine nicht unbedeutende Rolle gespielt.

1.4 Zur aktuellen Verbreitung von Stiel- und Trauben-Eichen in Brandenburg

KONRAD MÜLLER

Aufgrund der nacheiszeitlichen Besiedlungsgeschichte und der edaphischen sowie klimatischen Standortfaktoren hätten die Stiel- und die Trauben-Eiche heute einen Anteil von 22 % an der potenziell natürlichen Vegetation Deutschlands (AID, 2003). Nach den Ergebnissen der Bundeswaldinventur 2 bilden die Stiel- und die Trauben-Eiche auf einer Waldfläche von 1.010.555 ha (9,6%) den Hauptbestand. Damit gehört Deutschland nicht unbedingt zu den eichenreichsten Ländern der Europäischen Gemeinschaft. Deutlich höher ist der prozentuale Eichenanteil in den Ländern Griechenland, Ungarn, England, Rumänien und Frankreich. Noch für das Jahr 1927 wird der Eichenanteil der deutschen Waldfläche mit mindestens 7,8 % (665.516 ha Eichenhochwald und 232.875 ha Eichenschälwald) angegeben (KRAHL-URBAN, 1959). Bereits 1927 war nur ein geringer Anteil der Eichenbestände (10,4 %) älter als 120 Jahre, der sich fast ausschließlich auf westdeutsche Vorkommen beschränkt. Das lässt den Mangel an Alt- und Stark Eichenvorräten erkennen. Im bundesdeutschen Ländervergleich liegt Brandenburg mit seiner Eichengesamtfläche z. Z. an siebter Stelle.

1.4.1 Datenbasis und Zielstellung

Grundlage für die nachfolgende Analyse der Verbreitung von Stiel- und Trauben-Eichen in brandenburgischen Wäldern bildet der Datenspeicher Wald der Landesforstverwaltung zum Stichtag 01.01.2004. Zu diesem Zeitpunkt repräsentiert der Datenspeicher ca. 95 % der bestockten Holzbodenfläche des Landes Brandenburg. Der fehlende Flächenanteil bezieht sich im Wesentlichen auf Flächen im Eigentum der Bundesforstverwaltung.

Bedingt durch die nicht immer eindeutige Zuordnung der Eichen zu einer der beiden Arten, werden diese „Mischtypen“ getrennt von den Stiel- und Trauben-Eichen im Datenspeicher Wald geführt. In den folgenden Analysen wird diese Trennung beibehalten, d. h. es wird zwischen der Gesamtverbreitung und dem jeweiligen Vorkommen von Stiel- bzw. Trauben-Eiche differenziert.

Neben der flächenmäßigen Verteilung wird das Vorkommen von Eichen in unterschiedlichen Waldgesellschaften sowie in den einzelnen Waldeigentumsarten hinsichtlich ihrer Alters- und Vorratsstruktur betrachtet.

1.4.2 Vorkommen und Verteilung von Stiel- und Trauben-Eichen

1.4.2.1 Bestandesstrukturen und Waldeigentum

Die im Land Brandenburg nachgewiesene Gesamtfläche der Stiel- und Trauben-Eichen beträgt 57.281 ha. Bezogen auf die bestockte Holzbodenfläche beträgt der Flächenanteil 4,4 %; der Baumartenanteil an der Gesamtbestockung (über alle Bestandesschichten) liegt mit 6,4 % leicht darüber. Trotz dieser geringen Anteile sind die Eichen die zweithäufigsten Baumarten in Brandenburg nach der mit 78,3 % im Oberstand (Hauptbestand) dominierenden Gemeinen Kiefer (*Pinus sylvestris* L.).

Die Gesamtfläche von rund 57 Tha untergliedert sich in 19.914 ha Stiel-Eichen, 25.264 ha Trauben-Eichen und 12.103 ha „Mischtypen“. Eine erste Übersicht dazu vermittelt Tabelle 1.4.1. Darin wird eine Unterteilung entsprechend der üblichen vertikalen Gliederung im Waldgefüge nach Oberstand, Überhalt, Zwischenstand und Unterstand vorgenommen sowie vorhandene Plenterstrukturen (ungleichaltrige Bestände) ausgewiesen. Gleichzeitig wird anhand von Bestandestypengruppen die Vergesellschaftung der Stiel- und Trauben-Eichen mit anderen Baumarten untersucht.

Deutlich sichtbar ist, dass die Stiel- und Trauben-Eichen in einer Vielzahl von Bestandestypengruppen als Mischbaumart vorkommen, sie jedoch bezogen auf den Oberstand zu 80 % Stiel- bzw. Trauben-Eichen-Bestände bilden. In den Bereichen des Zwischen- und Unterstandes konzentrieren sich die Vorkommen zu jeweils knapp 90 % auf Kiefern-Laubholz-Mischbestände, d. h. hier spiegeln sich bereits die Maßnahmen zum Umbau von Kiefern-Reinbeständen in stabilere Mischbestände wider. Andererseits zeugen die geringen Flächengrößen des Zwischen- und Unterstandes bei den Stiel- und Trauben-Eichen-Beständen von den Schwierigkeiten der natürlichen Verjüngung der Eiche unter Eiche.

Etwa 25 % der Eichen kommen in Reinbeständen vor. Bei den Mischbeständen überwiegen bei beiden Baumarten die zweistufigen Mischbestände, während plenterwaldartige Bestandesstrukturen kaum anzutreffen sind.

Die Gesamtflächen sowie die Eigentumsanteile der Stiel- und Trauben-Eichen differieren zwischen den Ämtern für Forstwirtschaft teilweise erheblich. Dies schlägt sich auch im Vergleich zwischen den Eigentumsanteilen der Stiel- und Trauben-Eichen und der Verteilung über alle Baumarten nieder. Ursache hierfür ist im wesentlichen die historisch entstandene „Überlagerung“ der Eigentumsverhältnisse und der Waldbewirtschaftung. Das

Tab. 1.4.1: Flächenverteilung der Stiel- und Trauben-Eichen gegliedert nach Bestandestypengruppen und Bestandesschichten (* ÜH = Überhalt, ZST= Zwischenstand, UST = Unterstand, UGL = Ungleichaltrig)

Bestandestypengruppen	Fläche in ha				
	Oberstand	ÜH*	ZW*	UST*	UGL*
Stiel-Eichen-Reinbestände	11.582	8	17	202	38
Stiel-Eichen-Mischbestände	6.404	10	19	65	34
Trauben-Eichen-Reinbestände	6.595	51	10	176	12
Trauben-Eichen-Mischbestände	5.957	36	18	52	–
sonstige Eichen-Mischbestände	1.035	3	–	12	3
Buchen-Bestände	240	43	5	57	–
sonstige Hartlaubholz-Bestände	2.052	28	1	52	9
Weichlaubholz-Bestände	1.579	22	28	638	17
Kiefern-Laubholz-Mischbestände	3.120	41	1.257	14.400	7
Kiefern-Nadelholz-Mischbestände	227	5	16	466	–
sonstige Nadelholz-Bestände	410	35	26	161	–
Summe	39.201	282	1.497	16.281	120

Tab. 1.4.2: Flächengliederung (in ha) der Stiel- und Trauben-Eichen nach Eigentumsartengruppen und Ämtern für Forstwirtschaft

Amt fürForstwirtschaft	Fläche in ha				
	Eigentumsart				Gesamt
	Land	Privat	Körper-schaften	Sonstige	
Kyritz	327	5.241	545	933	7.046
Alt Ruppin	3.451	1.631	811	346	6.239
Templin	3.260	1.743	554	594	6.151
Eberswalde	6.028	2.800	780	582	10.190
Belzig	2.254	2.990	1.103	461	6.808
Wünsdorf	2.471	974	599	171	4.215
Müllrose	2.306	2.450	1.125	986	6.867
Lübben	1.486	1.462	78	676	3.602
Doberlug-Kirchhain	967	1.294	189	368	2.818
Peitz	1.860	845	159	481	3.345
Brandenburg (ges.)	24.310	21.430	5.943	5.598	57.281
Anteil (%)	42,4	37,4	10,4	9,8	100,0
alle Baumarten (%)	27,9	54,2	7,4	10,5	100,0

heißt, etwa 50 % der Stiel- und Trauben-Eichen stocken in den Ämtern für Forstwirtschaft, die gleichzeitig die höchsten Landeswaldanteile haben (Tab. 1.4.2).

1.4.2.2 Alters- und Vorratstruktur

In Tabelle 1.4.3 ist die prozentuale Verteilung der Altersstruktur der Stiel- und Trauben-Eichen gegliedert nach Bestandesschichten (vertikale Gliederung) dargestellt. Bezogen auf den Oberstand zeigt sich eine relativ aus-

gegliche Verteilung im Altersbereich zwischen 60 und 139 Jahren. Demgegenüber fehlt es an Alteichen (ab Alter 140) sowie jüngeren Eichen aus den Begründungsjahren zwischen 1944 und 1984. Die hohen Flächenanteile im Zwischen- und Unterstand in der Altersklasse 40 bis 59 sowie im Ober- und Unterstand in der jüngsten Altersklasse zeugen von den Perioden des Aufbaues strukturierter Waldbestände. Etwa ein Drittel (21.900 ha) der heutigen Stiel- und Trauben-Eichen wurde in diesen Zeiträumen begründet.

Tab. 1.4.3: Alterstruktur der Stiel- und Trauben-Eichen gegliedert nach Bestandesschichten (vertikale Gliederung)

Altersklassen in Jahren	Flächenanteile in %			
	Oberstand	Überhalt	Zwischenstand	Unterstand
0–19	16,9	–	0,2	54,5
20–39	5,4	3,1	9,2	7,3
40–59	9,8	18,0	56,4	28,6
60–79	13,6	7,5	31,1	8,9
80–99	13,5	2,5	2,2	0,7
100–119	16,0	9,3	0,9	0,1
120–139	13,3	17,3	–	–
140–159	6,6	15,6	–	–
ab 160	4,9	26,7	–	–

Betrachtet man die Altersstruktur bezogen auf die Waldeigentumsgruppen werden nur tendenzielle Unterschiede deutlich (siehe Tabelle 1.4.4). Das heißt, die ausgeglichenen Flächenanteile im Altersbereich zwischen 60 und 139 Jahren finden sich in allen Eigentumsarten wieder. Die auffällig hohen Flächenanteile der in den letzten Jahren unter Schirm begründeten Eichen unterstreichen die bereits erwähnten Aktivitäten zur Umwandlung von Kiefern-Reinbestockungen in stabilere Mischbestände.

Bei einer getrennten Analyse der Altersstruktur der Stiel- bzw. Trauben-Eichen werden die in den Abbildungen 1.4.1 und 1.4.2 dargestellten Unterschiede deutlich. Während man in den 1950-er Jahren (jetzige Altersklasse 40 bis 59) vorrangig Stiel-Eiche unter Schirm begründete (1.800 ha SEI, 800 ha TEI), dominierte in den letz-

ten Jahren deutlich die Trauben-Eiche als Voranbau-Baumart (7.500 ha TEI, 1.400 ha SEI).

Der Gesamtvorrat der Stiel- und Trauben-Eichen beläuft sich gegenwärtig auf 11,3 Mio. Vorratsfestmeter. Davon entfällt der Hauptteil (10,3 Mio. Vfm) auf den Oberstand; daraus ergibt sich ein rechnerischer Mittelwert von 262 Vfm/ha. Entsprechend der Standortverhältnisse und der Bestandesstrukturen differiert die Vorratshaltung zwischen den ÄfF sowie zwischen Stiel- und Trauben-Eiche (siehe Tab. 1.4.5).

Die Vorratsangaben enthalten insgesamt etwa 270 TVfm (2,4 % des Gesamtvorrates) so genannte „Altbäume“. Dies sind Alteichen, die als Einzelexemplar bzw. Gruppen in den Waldbeständen vorkommen und in der Regel nicht genutzt werden. Das heißt, sie werden ihrer natürlichen Alterung (künftiges Totholz) überlassen. Die Verteilung dieser Altbäume über die ÄfF ist sehr differenziert, ihr Vorratsanteil reicht von 0,8 % im ÄfF Müllrose bis zu 9,7 % im ÄfF Doberlug-Kirchhain.

1.4.2.3 Naturräumliche und standortkundliche Verteilung

Die forstlichen Naturräume werden in Wuchsgebiete unterteilt. Diese repräsentieren forstökologische Großlandschaften, die sich an gebräuchlichen geografischen Landschaftsbezeichnungen anlehnen.

Eine Analyse des Vorkommens von Stiel- und Trauben-Eichen ergibt, dass

- der Flächenumfang beider Arten in den Wuchsgebieten „Ostmecklenburg-Nordbrandenburger Jungmoränenland“ und „Mittelbrandenburger Talsand- und Moränenland“ in der absoluten Größe dieser Wuchsgebiete begründet ist,
- bezogen auf die relativen Flächenanteile an der Gesamtbestockung die Eichenarten im Norden und in der Mitte Brandenburgs etwa gleich stark verbreitet sind, während im Süden das Landesmittel nicht erreicht wird,

Tab. 1.4.4: Verteilung der Stiel- und Trauben-Eichen (Flächenanteile des Ober- und Unterstandes) nach Altersbereichen auf unterschiedliche Eigentumsarten

Altersklassen in Jahren	Flächenanteile in %							
	Land		Privat		Körperschaften		Sonstige	
	OST	UST	OST	UST	OST	UST	OST	UST
0–19	12,2	71,3	23,2	48,0	14,9	33,5	13,9	29,2
20–39	5,6	9,3	5,6	6,0	4,9	6,9	4,3	4,6
40–59	9,4	14,2	10,2	35,2	10,6	43,9	9,0	47,3
60–79	14,0	4,7	13,2	10,1	11,2	14,0	16,1	17,9
80–99	13,9	0,4	13,5	0,7	14,1	1,2	11,8	1,1
100–119	19,6	–	13,0	–	14,4	0,5	14,0	–
120–139	13,0	–	12,5	–	15,0	–	16,2	–
140–159	6,6	–	5,5	–	8,4	–	8,5	–
ab 160	5,7	–	3,3	–	6,5	–	6,2	–

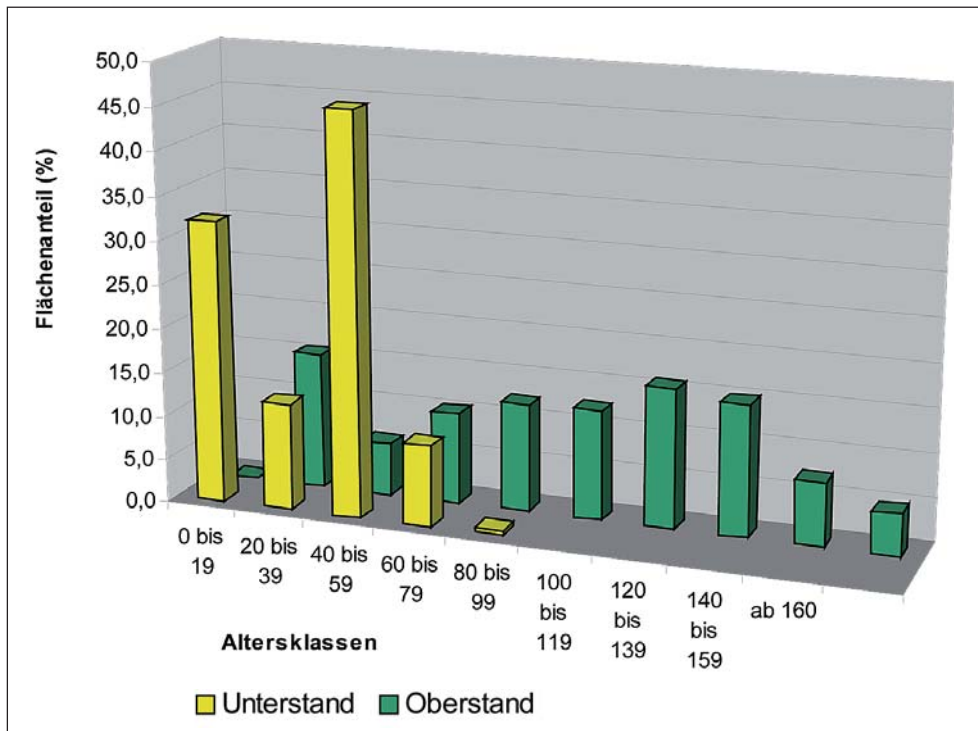


Abb. 1.4.1: Alterstruktur der Stiel-Eiche (Flächenanteile des Ober- und Unterstandes)

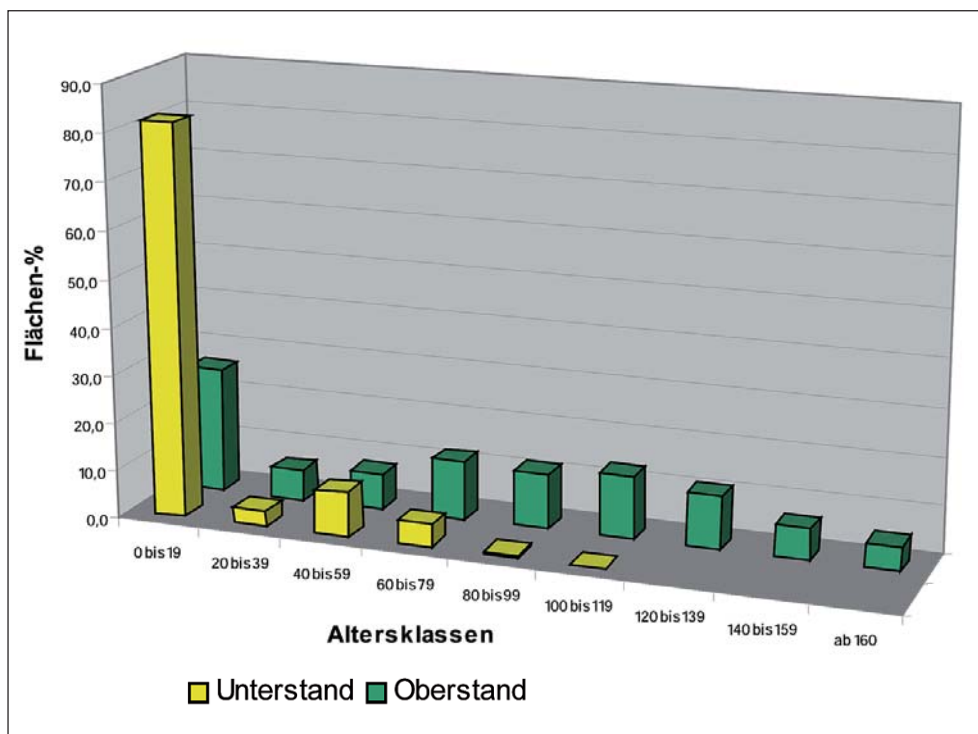


Abb. 1.4.2: Alterstruktur der Trauben-Eiche (Flächenanteile des Ober- und Unterstandes)

- zwischen Stiel- und Trauben-Eiche keine signifikanten Unterschiede erkennbar sind,
- der hohe Flächenanteil der Stiel- und Trauben-Eichen im Wuchsgebiet „Nordostbrandenburger Jungmoränenland“ mit dem insgesamt höchsten Laubholzanteil dieses Wuchsgebietes (Flächenanteile

bezogen auf die Gesamtbestockung: Laubholz 27 %, Kiefer 64 %) korreliert.

Während bei der großräumigen Verbreitung zwischen den Stiel- und Trauben-Eichen kaum Unterschiede festzustellen sind, ist bei der Besetzung konkreter Wald-

Tab. 1.4.5: Vorratsverteilung der Stiel- und Trauben-Eichen nach Ämtern für Forstwirtschaft bezogen auf den Oberstand

Amt für Forstwirtschaft	Eichen-Vorrat in Vfm/ha		
	Gesamt	davon	
		Stiel-Eiche	Trauben-Eiche
Kyritz	256	261	163
Alt Ruppin	267	233	206
Templin	291	322	259
Eberswalde	327	307	321
Belzig	224	217	152
Wünsdorf	244	258	210
Müllrose	309	310	301
Lübben	190	215	106
Doberlug-Kirchhain	141	174	81
Peitz	194	228	187
Land Brandenburg	262	256	238
Gesamtvorrat TVfm	10.261,3	3.965,0	3.671,6

standorte eine deutlichere Differenzierung festzustellen (siehe Abbildungen 1.4.3 und 1.4.4). Danach wurden in der Vergangenheit deutlich mehr Stiel-Eichen auf grundwasserbeeinflussten Standorten begründet als Trauben-Eichen. Bei den terrestrischen Standorten liegt bei

beiden Baumarten der Schwerpunkt im Bereich der mäßig nährstoffhaltigen Waldböden. Auf kräftigen und ziemlich armen Standorten wurden etwa zu gleichen Anteilen Stiel- und Trauben-Eichen begründet.

Die gleichen Tendenzen sind auch bei vorrangig in Kiefernbeständen begründeten Voranbauten der letzten Jahrzehnte vorhanden. Bei beiden Baumarten überwiegen mit etwa 50 % Voranbauten auf mäßig nährstoffhaltigen Standorten; weitere 25 % erfolgten im Bereich der ziemlich armen Standorte.

1.4.2.4 Verteilung der Eichenvorkommen nach Waldfunktionen

Waldfunktionen stellen die Wirkungen des Waldes für die Daseinsfürsorge der menschlichen Gesellschaft und ihrer Kulturlandschaft in ihren vielfältigen Formen und Inhalten für den konkreten Waldbestand dar. Dabei stehen Schutz-, Erholungs- und Nutzfunktion grundsätzlich gleichrangig nebeneinander. Ihre Flächenausstattung bezüglich der Stiel- und Trauben-Eichen ist in Tabelle 1.4.7 dargestellt. Die Überlagerung der einzelnen Funktionen ist ein Gradmaß für die Multifunktionalität der Waldgebiete. Die Stiel- und Trauben-Eichen erreichen eine Multifunktionalität von 2,5. Damit liegen sie deutlich über dem Landesdurchschnitt von 2,1, bezogen auf die Holzbodenfläche.

1.4.3 Zusammenfassung

Die Stiel- und Trauben-Eichen kommen im Bundesland Brandenburg auf einer Fläche von ca. 57 Tausend ha vor und erreichen damit etwa 5 % der Bestockung aller Baumarten. Verbreitung finden sie im gesamten Land Brandenburg, wobei terrestrische Standorte bevorzugt

Tab. 1.4.6: Verteilung der Stiel- und Trauben-Eichen nach Wuchsgebieten (Gesamtfläche über alle Bestandesschichten)

Wuchsgebiete	Flächenangaben in ha			Baumartenanteil (%)
	Gesamt	davon		
		Stiel-Eiche	Trauben-Eiche	
Ostmecklenburg-Vorpommersches Jungmoränenland	30	30	–	8,6
Westmecklenburger Jungmoränenland	50	37	13	3,4
Mittelmecklenburger Jungmoränenland	1.583	244	1.292	5,1
Ostmecklenburg-Nordbrandenburger Jungmoränenland	16.613	5.044	7.525	8,6
Nordostbrandenburger Jungmoränenland	6.423	1.486	3.145	10,8
Mittelbrandenburger Talsand- und Moränenland	21.261	6.708	9.020	6,4
Südwestmecklenburger Altmoränenland	30	30	–	7,3
Ostniedersächsisch-Altmarkisches Altmoränenland	3.851	3.415	219	8,1
Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland	2.049	899	1.046	3,1
Düben-Niederlausitzer Altmoränenland	4.282	1.824	2.172	3,0
Hoher Fläming	1.109	197	832	4,7
Land Brandenburg	57.281	19.914	25.264	6,4

Tab. 1.4.7: Prozentualer Flächenanteil der Stiel- und Trauben-Eichen nach Waldfunktionengruppen

Waldfunktionengruppen	Flächenanteile in %		
	Gesamt	davon	
		Stiel-Eiche	Trauben-Eiche
Schutzwald	44,1	42,1	44,9
Erholungswald	16,8	14,3	17,5
Nutzwald	39,1	43,6	37,6

werden. Nur die Stiel-Eiche ist mit einem nennenswerten Flächenanteil auf mineralischen Nassstandorten vertreten. Eichenbestände sind durch eine deutlich über dem Durchschnitt Brandenburgs liegenden Multifunktionalität der ausgewiesenen Waldfunktionen gekennzeichnet. Besondere Bedeutung haben sie als Mischbaumarten (Unterstand) im Rahmen des Bestockungswechsel von Kiefernreinbeständen in strukturreichere Nadel-Laub-Mischwälder.

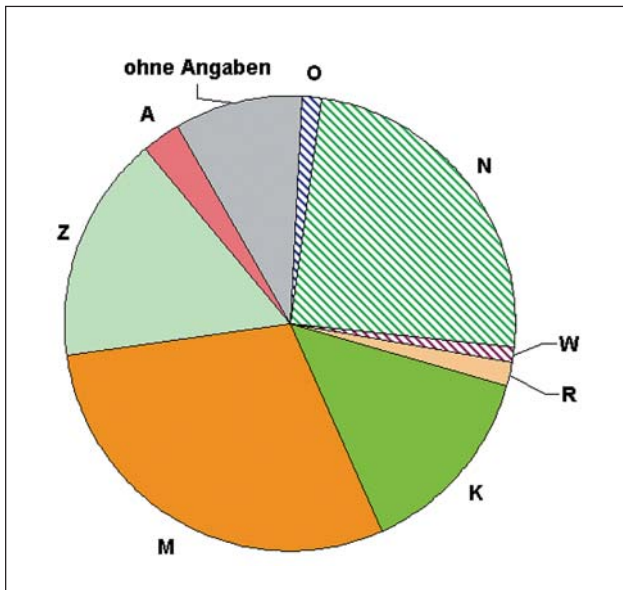


Abb. 1.4.3: Prozentuale Verteilung der Stiel-Eiche nach Standortseigenschaften (eine Unterteilung nach Nährkraftstufen erfolgte nur bei den terrestrischen Standorten)

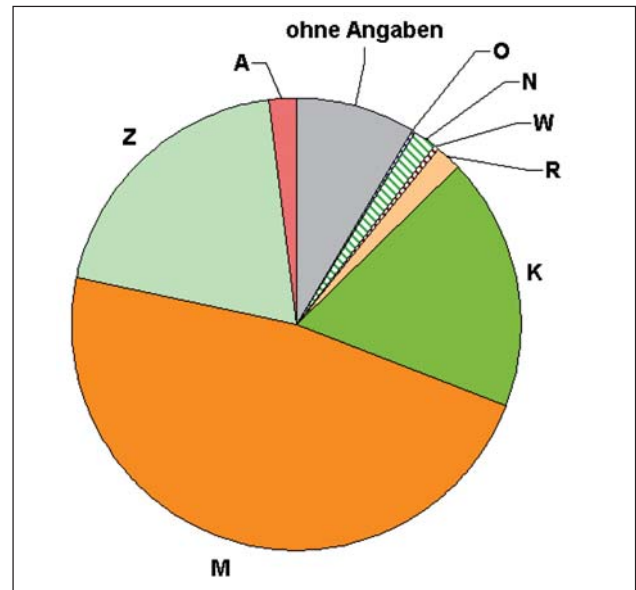


Abb. 1.4.4: Prozentuale Verteilung der Trauben-Eiche nach Standortseigenschaften (eine Unterteilung nach Nährkraftstufen erfolgte nur bei den terrestrischen Standorten)

Bodenfeuchtegruppe: O = organische Nassstandorte
 N = mineralische Nassstandorte
 W = wechselfeuchte Standorte

Nährkraftstufen: R = reich; K = kräftig;
 M = mäßig nährstoffhaltig
 Z = ziemlich arm; A = arm

2 Wachstum und Vitalität der Eichen unter den Standortverhältnissen des Nordostdeutschen Tieflandes

2.1 Das quantitative und qualitative Leistungsvermögen der Stiel- und Trauben-Eiche

KARL-WILLI LOCKOW

2.1.1 Einleitung

Die spürbare Erhöhung des Stiel- und Trauben-Eichenanteils im nordostdeutschen Tiefland setzt eine differenzierte, standortsbezogene, reale Leistungsbeurteilung beider Baumarten sowie ein wissenschaftlich begründetes Erziehungs- und Pflegekonzept voraus. Ertragsleistung, Wuchsdynamik und waldbauliche Behandlung beider Eichenarten werden daher nachfolgend auf der Grundlage langfristiger ertragskundlich-waldbaulicher Versuchsergebnisse und Probeflächenaufnahmen der forstlichen Ertragskunde in Eberswalde vorgestellt. Da die Modellierung des Wachstums und der Entwicklung der heimischen Eichenarten auf der Grundlage der ökologischen Ursachen gegenwärtig noch nicht abgeschlossen ist, wird zur Leistungsbeurteilung der Trauben-Eiche die kompilierte Ertragstafel für Hochdurchforstung von ERTELD (1962) benutzt. Ihr nur aus drei relativen Ertragsklassen bestehender Bonitätsrahmen erfährt durch die vierte Ertragsklasse von JÜTTNER (1955) eine komplettierende Ergänzung.

Die Leistungsbeurteilung der Stiel-Eiche erfolgt mit Hilfe der Ertragstafel von LEMBCKE und LUDWIG (1971), die für das Mecklenburger Buchenoptimum im Großklimabereich α (stärker maritim beeinflusst, Mecklenburger Klima (KOPP und SCHWANECKE, 1994)) Gültigkeit besitzt.

2.1.2 Volumentafeln und Formzahlen für Eiche

Volumentafeln geben den artspezifischen Einzelbauminhalt in Abhängigkeit von Brusthöhendurchmesser ($d_{1,3}$) und Baumhöhe (h) an und besitzen daher als kleinster Baustein aller Ertragskennwerte für die Vorratsermittlung und Leistungsbeurteilung von Waldbeständen große Bedeutung. Zuverlässige Volumentafeln sind für Wissenschaft und Praxis unverzichtbar.

In Stiel-Eichenjungbeständen wird das Schafftholzvolumen nach der Funktion

$$v_{SH} \text{ (m}^3\text{)} = 7,043686205 * 10^{-5} * d_{1,3}^{1,87470} * h^{0,91121}$$

berechnet (LOCKOW, 1991). Das Einzelbaumvolumen wächst damit in Potenz von Brusthöhendurchmesser ($d_{1,3}$) und Höhe (h). Das sachlogische mathematische Modell und der sehr große Stichprobenumfang von $n = 1.251$ sektionsweise kubierten Bäumen im Definitions-

bereich von 2,0 cm bis 25,0 cm Brusthöhendurchmesser und 4,0 m bis 25,0 m Höhe führen zu sehr kleinen Fehlern der Volumenfunktion, die in Jungbeständen bis zum Alter von 30 Jahren gültig ist. So beträgt

- der einfache mittlere Fehler (mittlere Abweichung zwischen den gemessenen und den nach der Gleichung berechneten Volumina)

$$MF_e = -0,0016279 \text{ m}^3$$

- der einfache mittlere Fehler in Prozent (mittlere Abweichung zwischen gemessenem und berechnetem Volumen, bezogen auf den Funktionsvolumenwert)

$$MF_e = -0,52 \%$$

- der absolute mittlere Fehler (mittlere Abweichung zwischen den gemessenen und den nach der Gleichung berechneten Volumina ohne Beachtung des Vorzeichens der Abweichung)

$$MF_a = 0,0035177 \text{ m}^3$$

- der absolute mittlere Fehler in Prozent (mittlere Abweichung zwischen gemessenem und berechnetem Volumen, bezogen auf den Funktionsvolumenwert ohne Beachtung des Vorzeichens der Abweichung)

$$MF_a = 7,92 \%$$

Die qualitative und quantitative Entwicklung der Eichenbestände wird vor allem in der Jungbestandsphase durch Pflegemaßnahmen wesentlich beeinflusst. Im Interesse der Produktivitäts- und Stabilitätserhöhung sowie der Qualitätsholzerziehung kommt es deshalb neben der Standraumregulierung und Phänotypenauslese auch darauf an, die richtige Eingriffsstärke zu wählen und die Durchforstungsmengen, die sich als Produkt aus dem wahren Mittelstammvolumen und der entnommenen Stammzahl ergeben, auf zuverlässiger Grundlage zu berechnen. Auf Wunsch der Praxis wurden daher für die Arbeitsvorbereitung in Stiel-Eichenjungbeständen Schafftholzvolumentafeln mit Rinde für 2 cm, 4 cm und 7 cm Zopfdurchmesser erstellt (LOCKOW, 1991). Dabei entspricht das nach der Funktion

$$v_{7,0} \text{ (m}^3\text{)} = \left[a_0 * d_{1,3}^{b_0} * h^{c_0} \right] * a_1 * e^{-e^{b_1 - c_1 * d_{1,3}}}$$

für den Zopfdurchmesser 7,0 cm berechnete Volumen dem Schafftholz (Schafftholz-Volumentafel).

Die Parameter der Funktion nehmen folgende Werte an:

$$a_0 = 7,043686205 * 10^{-5} \quad b_0 = 1,87470$$

$$c_0 = 0,91121 \quad a_1 = 9,87115654 * 10^{-1}$$

$$b_1 = 3,62746535 \quad c_1 = 5,10275209 * 10^{-1}$$

Die Tabellen 2.1.1 bis 2.1.3 (siehe Seite 43–46) geben das Schafftholzeinzelbaumvolumen junger Stiel-Eichenbestände für verschiedene Zopfstärken wieder.

In über 30-jährigen Eichenbeständen (ohne Differenzierung nach Baumarten) wird das Derbholzvolumen des Einzelbaumes nach der Gleichung

$$v_{DH} \text{ (m}^3\text{)} = e^{-10,7172 + 2,18338 * \ln d_{1,3} + 0,97769 * \ln h}$$

berechnet und das Baumholzvolumen ergibt sich aus der Funktion

$$v_{BH} \text{ (m}^3\text{)} = e^{-9,54977 + 2,09058 * \ln d_{1,3} + 0,75795 * \ln h}$$

Beide Volumenfunktionen basieren auf Primärdaten, die in der forstlichen Ertragskunde in Eberswalde (GRUNDNER/SCHWAPPACH) gewonnen und mathematisch ausgeglichen wurden (LEMBCKE).

Die unechten Schaft-, Derb- und Baumholzformzahlen können auf Grund des funktionalen Zusammenhanges zwischen den volumenbildenden Faktoren Grundfläche (Durchmesser), Höhe und Formzahl aus den entsprechenden Volumengleichungen berechnet werden (siehe Kasten). Die Abb. 2.1.1 gibt das hohe Niveau der unechten Derbholzformzahl der Eiche wieder.

Unechte Schafftholzformzahl

$$f_{1,3SH} = \frac{7,043686 * 10^{-5} * d_{1,3}^{1,87470} * h^{0,91121}}{7,853981634 * 10^{-5} * d_{1,3}^2 * h}$$

(Stiel-Eiche, Alter < 31 Jahre)

Unechte Derbholzformzahl

$$f_{1,3DH} = \frac{e^{-10,7172 + 2,18338 * \ln d_{1,3} + 0,97769 * \ln h}}{7,853981634 * 10^{-5} * d_{1,3}^2 * h}$$

(Eiche, Alter > 30 Jahre)

Unechte Baumholzformzahl

$$f_{1,3BH} = \frac{e^{-9,54977 + 2,09058 * \ln d_{1,3} + 0,75795 * \ln h}}{7,853981634 * 10^{-5} * d_{1,3}^2 * h}$$

2.1.3 Ertragskennwerte des verbleibenden und ausscheidenden Bestandes

2.1.3.1 Die Trauben-Eiche

Das Ökogramm der zehnstufigen Bodennährkraft- und -feuchtegliederung von HOFMANN (1996, 1997; LOCKOW, 2001) belegt, dass der Schwerpunkt der Bestandesbildung der Trauben-Eiche im mittleren bis ärmeren, mäßig trockenen Standortsbereich liegt. Waldbau mit Trauben-Eiche ist daher vor allem auf den Stamm-Standortsgruppen M2/M2+ m bis t und Z2t ökologisch und ökonomisch relevant. Auf langfristigen Versuchsflächen konnte nachgewiesen werden, dass das Wuchsverhalten der Trauben-Eiche eine Funktion der ökologischen Einflussfaktoren ist. Sie reagiert sensibel auf chemische

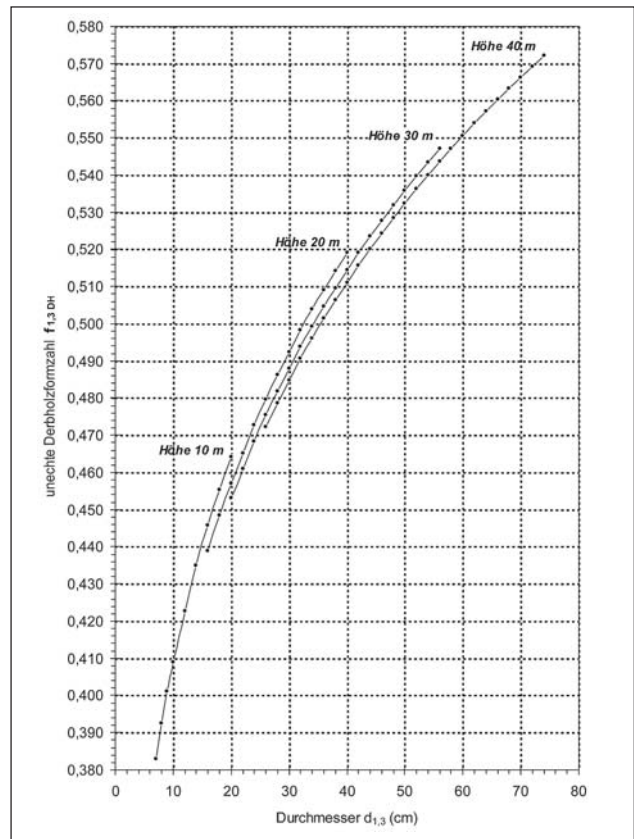


Abb. 2.1.1: Abhängigkeit der unechten Derbholzformzahl der Eiche von Durchmesser und Höhe

und physikalische Bodenunterschiede, auf sich ändernde Nährkraft und Feuchte.

Abbildung 2.1.2 dokumentiert den komplexen Einfluss des Standortes auf Wachstum und Entwicklung der Trauben-Eiche im nordostdeutschen Tiefland.

Von der Bodenformenvergesellschaftung Darguner Lehm-Fahlerde mit Johannisberger Tieflehm-Fahlerde über die Johannisberger Tieflehm-Fahlerde bis zur Lokalbodenform Johannisberger Tieflehm-Fahlerde mit kleinflächiger Einsprengung von skelettreicher Sonnenburger Bändersand-Braunerde, lehmbeeinflusst, verringert sich das Leistungsniveau (KOPP, SCHWANECKE, 1991; 1994). Mit abnehmender Lehm- und CaCO₃-Komponente im Hauptwurzelraum geht die Leistungserwartung der Eichenbestände zurück.

Auf den ertragskundlichen Versuchsflächen der Landesforstanstalt Eberswalde stockt die Trauben-Eiche auf gut wasserversorgten nährstoffreichen (R2) und nährstoffkräftigen (K2) Böden (Klimastufe „mäßig trocken“, Makroklimaform β; KOPP, SCHWANECKE, 1994). Wie aus Abbildung 2.1.3 u. a. hervorgeht, erreicht sie auf „Sonnenburger Bändersand-Braunerde“ (**Freienwalde (Breitefenn) 220, Freienwalde (Maienpfuhl) 187**), „Ziethener Kalklehm-Rendsina“ (**Freienwalde (Maienpfuhl) 172**) sowie auf „Schönholzer Tieflehm-Fahlerde“ (**Eberswalde (Schönholz) 3**) in der Höhen-, Durchmesser- und Vorratsentwicklung durchschnittlich die I. und I./II. Ertragsklasse nach der Eichenertragstafel für Hochdurchforstung von ERTELD (1962). Das trifft auch für den Trauben-Eichen-Durchforstungsversuch „Grumsin 55“ auf einem

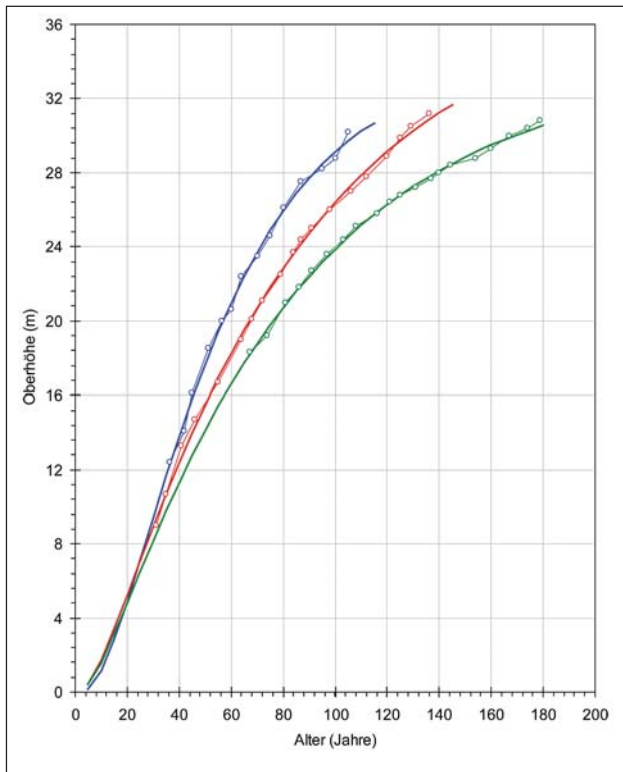


Abb. 1.2.2: Entwicklung der Oberhöhe (ASSMANN) auf langfristigen Traubeneichenversuchsflächen in Abhängigkeit von der Lokalbodenform

- blau:** Freienwalde 187/3; Bodenformenvergesellschaftung von Darguner Lehm-Fahlerde und Johannisberger Tieflehm-Fahlerde
- rot:** Eberswalde 3/1; Johannisberger Tieflehm-Fahlerde
- grün:** Freienwalde 172/3; Johannisberger Tieflehm-Fahlerde mit kleinflächiger Einsprengung von skelettreicher Sonnenburger Bändersand-Braunerde, lehmbeeinflusst

R2-Standort zu. Der wohl wichtigste Ertragskennwert, die Gesamtwuchsleistung (Derbholz), beträgt in Abhängigkeit von Standort und Alter (180 Jahre) sowie bei Vollschluss nach ERTELDT (1962) in der I. Ertragsklasse 1224,0 m³/ha, in der II. Ertragsklasse 936,0 m³/ha und in der III. Ertragsklasse 702,0 m³/ha. Im Alter von 110 Jahren erreicht die Derbholzgesamtwuchsleistung im Durchforstungsversuch „Freienwalde (Maienpfuhl) 187“ in der mäßigen Niederdurchforstung 764,4 m³/ha, in der starken Niederdurchforstung 711,3 m³/ha und in der starken Hochdurchforstung 722,8 m³/ha. Tabelle 2.1.4 (siehe Seite 47) gibt die Entwicklung der Gesamtwuchsleistung und des durchschnittlichen Gesamtzuwachses dieser Versuchsreihe wieder.

Damit besitzt die Trauben-Eiche ein relativ hohes allgemeines Ertragsniveau, das nach ASSMANN (1961) und GEHRHARDT (ASSMANN, 1961) durch die Gesamtwuchsleistung in Funktion der Bestandesmittelhöhe, differenziert nach Ertragsklassen (Standort), gekennzeichnet ist.

In Abbildung 2.1.4 wird das allgemeine Ertragsniveau der Eiche mit dem der Rot-Buche, des Berg-Ahorns und der Gemeinen Esche verglichen. Es fällt das hohe Ertragsniveau der Eiche (ERTELDT, 1962) auf, das insbesondere deutlich abgestuft über dem der Gemeinen Esche (VOLQUARDT, 1958), aber auch über dem Ertragsniveau der Rotbuche (DITTMAR, KNAPP, LEMBECKE, 1983) und des Berg-Ahorns (LOCKOW, 2003) liegt.

Da sich Waldbau bzw. -umbau mit Trauben-Eiche folgerichtig auf die Verbreitungsschwerpunkte konzentrieren muss, wird als Maßstab ihrer Leistungsbeurteilung die II. bis III. Ertragsklasse nach ERTELDT (1962) zutreffen und anzuwenden sein.

2.1.3.2 Die Stiel-Eiche

Nach neuen vegetations- und standortkundlichen Untersuchungen ist das Areal der Stiel-Eiche im nordost-deutschen Tiefland deutlich größer als bisher angenom-

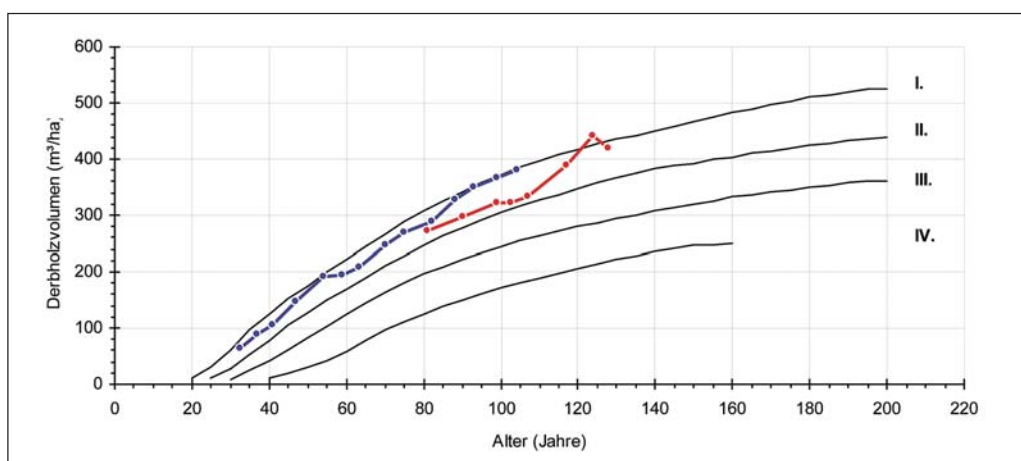


Abb. 2.1.3: Entwicklung der Grundflächenmittelhöhe, des Mitteldurchmessers und des Derbholzvorrates der Traubeneiche bei mäßiger Hochdurchforstung (Standort K2, Makroklimaform b, Klimastufe m).

- I. bis III.:** Relative Ertragsklasse, Eichenertragstafel für Hochdurchforstung ERTELDT (1962)
- IV.:** Relative Ertragsklasse, Eichenertragstafel für mäßige Hochdurchforstung JÜTTNER (1955).

- blau:** Traubeneichendurchforstungsversuch „Freienwalde (Breitefenn) 220/2“
- rot:** Traubeneichendurchforstungsversuch „Grum-sin 55/5“

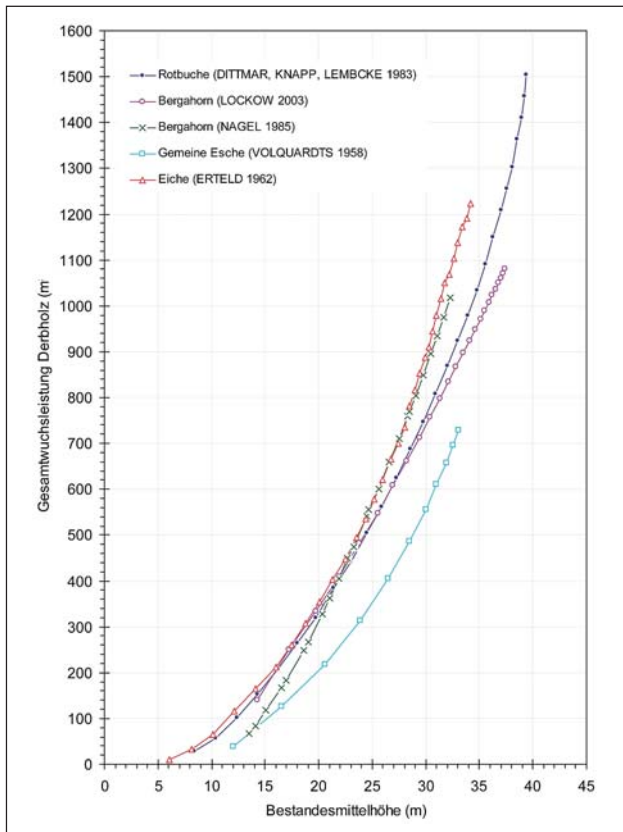


Abb. 2.1.4: Baumartenvergleich des allgemeinen Ertragsniveaus (Gesamtwuchsleistung Derbholz in Abhängigkeit von der Bestandesmittelhöhe). Die Daten entstammen der I. Ertragsklasse der betreffenden Ertragsstafel.

men. Wie das von HOFMANN (1996, 1997; LOCKOW, 2001) erarbeitete Ökogramm der zehnstufigen Bodennährkraft und – feuchtestufe belegt, kommt die Stiel-Eiche auch auf trockenen und ärmeren, frischen bis feuchten Standorten bestandesbildend vor. Dennoch liegt ihr Verbreitungsschwerpunkt – in Übereinstimmung mit MUCHIN (2003, 2005; LOCKOW/MUCHIN, 2004) – im feuchten (Tf) und mäßig trockenen (Tm) Tieflandsklima der Standortsgruppe K (nährstoffkräftig).

Die Unterschiede zwischen Stiel- und Trauben-Eiche in den Standortsansprüchen, der Jugendentwicklung, Wuchsdynamik und der Wertholzfähigkeit veranlassten LEMBCKE und LUDWIG (1971), eine separate Stiel-Eichen-Ertragstafel für Mecklenburg (Gebiet des Rot-Buchen-optimiums, Makroklimaform α) aufzustellen. Das Ertragsmodell soll „Massen-“ und Wertleistung optimieren. Es geht von der Erkenntnis aus, dass die Trauben-Eiche auf den für sie optimalen Standorten einen feinringigen Jahrringaufbau und eine helle Tönung des Holzes aufweist, für die Stiel-Eiche auf schweren Böden jedoch ein grober Jahrringaufbau und graue Holzfarbe charakteristisch sind, dadurch wesentliche Unterschiede in der finanziellen Bewertung beider Eichenarten bestehen und schließlich mit der Trauben-Eichen-(ERTELD, 1962) und neuen Stiel-Eichen-Ertragstafel eine zuverlässigere quantitative und qualitative Leistungsbeurteilung der heimischen Eichen möglich ist (LUDWIG, 1971). In Abbildung 2.1.5 sind die Grundflächenmittelhöhen, Bestandesmitteldurchmesser und Derbholzvorräte des verbleibenden

Bestandes pro Hektar ausgewählter Ertragsprobeflächen der Stiel-Eiche in Mecklenburg-Vorpommern über dem Alter graphisch dargestellt. Danach folgt die Höhenentwicklung dem Trend des Bonitätsfächers und erreicht zugleich auch das veranschlagte Bestandesmittelhöheniveau.

Auf den besten Stiel-Eichenstandorten sind im Alter von 180 Jahren Bestandesmittelhöhen von ca. 35 Metern zu erwarten. Intensiver als in der Ertragstafel angegeben entwickelt sich – unter Beachtung der Bestockungsdichte – der Bestandesmitteldurchmesser, der im Alter von 100 Jahren Werte um 40 cm, im Alter von 160 Jahren Stärken von ca. 50 cm erreicht. Standorts- und behandlungsbedingt weist die integrierte Wachstumsgröße „Vorrat“ erwartungsgemäß die größte Vitalität der Ertragskennwerte auf. Beispielsweise wird im Revier „Cammin 16 a“ im Alter von 165 Jahren ein Derbholzvorrat von 587,7 m³/ha (MUCHIN, 2003, 2005), der dem Bonitätsrahmen der absoluten Mittelhöhenbonität 29,0 m folgt, erreicht. Die Vorratsentwicklung in Abbildung 2.1.5 bestätigt das hohe potenzielle Leistungsvermögen der Stiel-Eiche, deren Gesamtwuchsleistung jedoch auf Grund noch fehlender Ertragsdaten nicht abschließend beurteilt werden kann.

2.1.4 Durchforstungsart, Durchforstungsstärke, Durchmesserstruktur und Qualitätsmerkmale

Um die Frage nach der optimalen Durchforstungsart und -stärke der Trauben-Eiche zu untersuchen, wurden von der damaligen Hauptstation für das forstliche Versuchswesen in Preußen unter der Leitung von DANCKELMANN langfristige ertragskundliche Versuchsflächen angelegt. Zu ihnen gehört u. a. die 1878 in der Leheroberförsterei Freienwalde begründete, aus drei Parzellen, einer schwachen, mäßigen und starken Niederdurchforstung bestehende Versuchsreihe „Freienwalde (Maienpfuhl) 172“ sowie der 1895 von Schwappach in der Leheroberförsterei Eberswalde angelegte Versuch „Eberswalde (Schönholz) 3“. Er umfasst eine starke Hochdurchforstung (3/1) und eine starke Niederdurchforstung (3/2) und war besonders gut geeignet, Schwappach's Durchforstungskonzeption einer frühzeitig beginnenden, lockeren Erziehung der Eiche langfristig zu überprüfen (LOCKOW 2001a, 2003).

„Freienwalde (Maienpfuhl) 172“, eine der ältesten noch erhaltenen und planmäßig ertragskundlich-waldbaulich aufgenommenen Eichenversuchsflächenreihen dokumentiert in Abbildung 2.1.6 wie sich quantitative Bestandesmerkmale, beispielsweise die Baumklassenanteile nach KRAFT (1884), die Kronenform und die Zwieselhäufigkeit durch zielgerichtete Erziehung und Pflege im Lauf der Bestandesentwicklung verbessern lassen, andere Merkmale wie Schaffform und Drehwuchsanteil auf Grund der dominanten genetischen Determination nur bedingt durch waldbauliche Maßnahmen verändert werden können.

Wie aus Abbildung 2.1.7 (Versuchsflächen „Freienwalde (Maienpfuhl) 187“ und „Freienwalde (Maienpfuhl) 172“) und Abbildung 2.1.8 (Versuchsflächen „Freienwalde (Breitfenn) 220“ und „Grumsin 55“) für niederdurch-

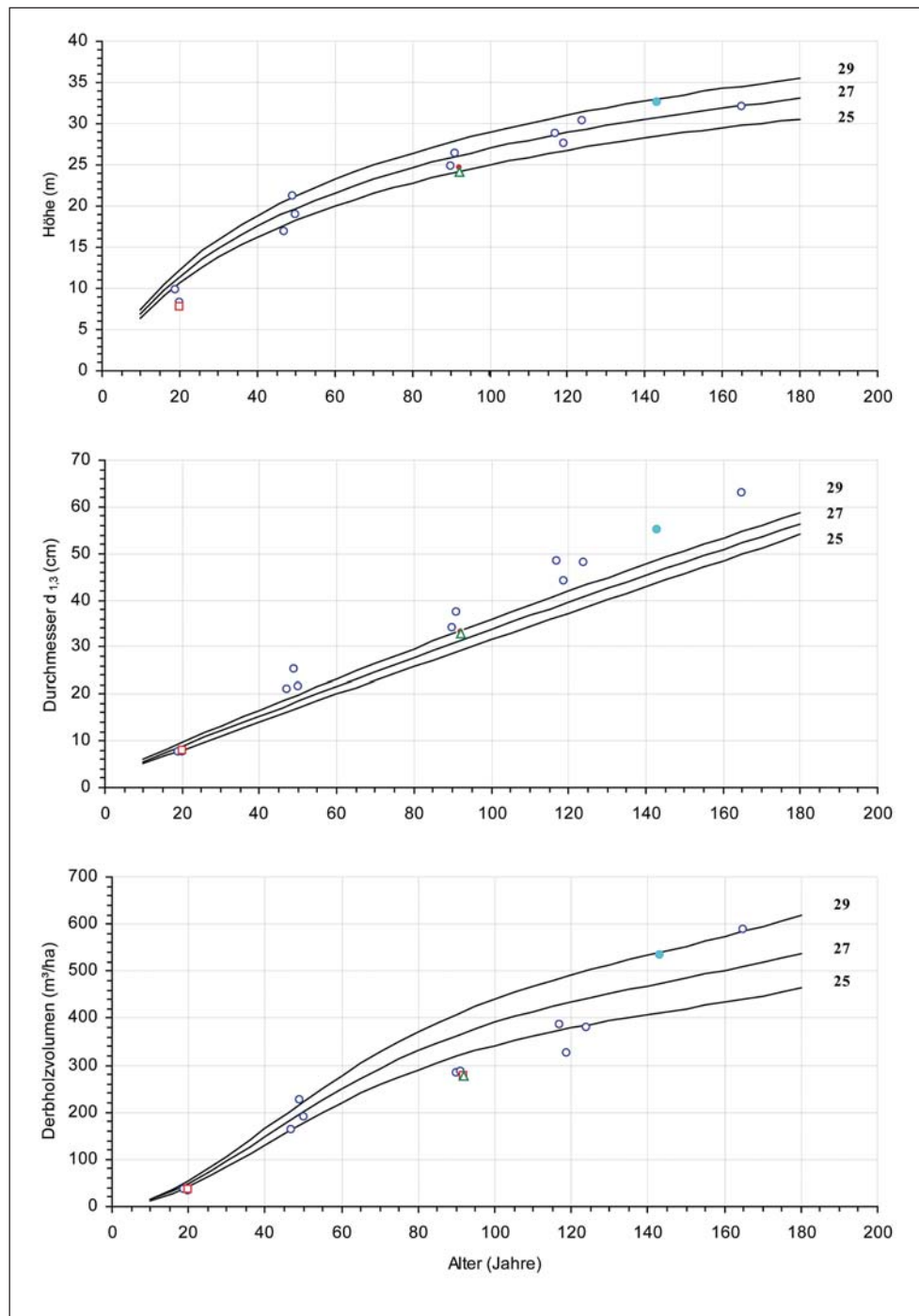
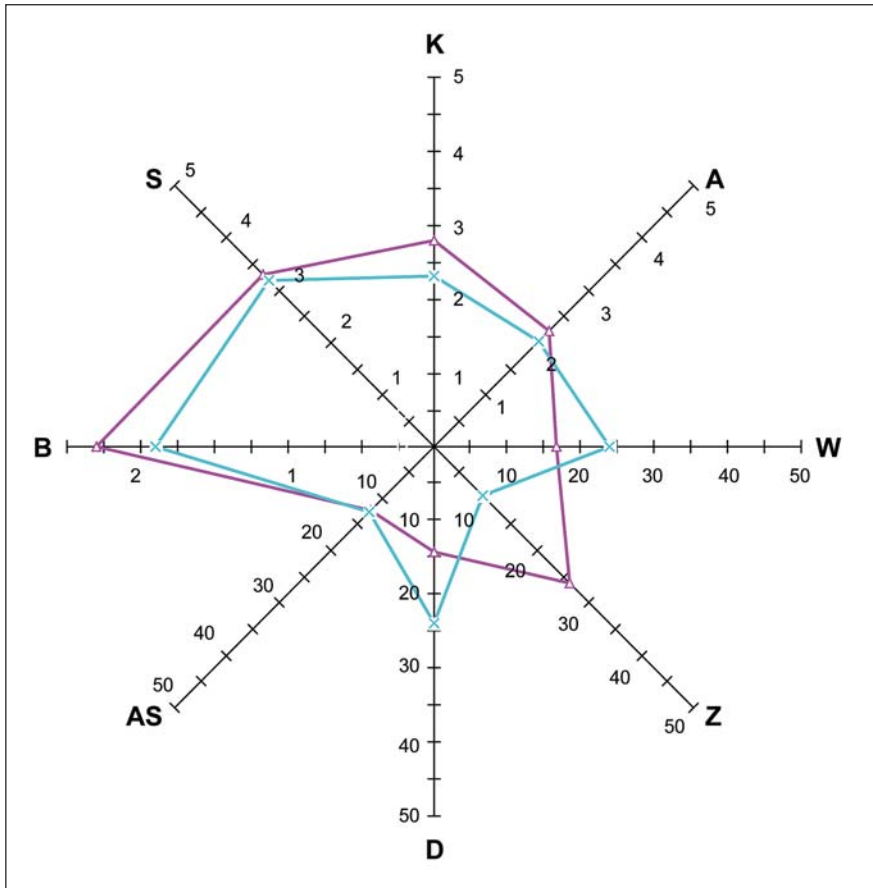


Abb. 2.1.5: Grundflächenmittelhöhe, Bestandesmitteldurchmesser und Derbholzvorrat der Stieleiche auf ausgewählten Ertragsprobestflächen in Mecklenburg-Vorpommern (Großklimabereich α)
Absolute Mittelhöhenbonitäten HG100 nach der Ertragstafel LEMBCKE/LUDWIG (1971)

forstete Eichenversuchsflächen hervorgeht, löst zunehmende Durchforstungsstärke zwar ein intensiveres Stärkenwachstum aus, ist aber mit einem spürbaren Rückgang der Grundflächenhaltung und letztlich mit erheblichen Zuwachsverlusten, die sich in der integrierten Wachstumsgröße „Vorrat“ widerspiegeln, verbunden.

Dieselben stochastischen Zusammenhänge werden durch die Entwicklungsabläufe der Trauben-Eiche nach starker Nieder- und starker Hochdurchforstung im Versuch „Eberswalde (Schönholz) 3“ belegt (Abbildung

2.1.9). Hier ist die „starke Niederdurchforstung“ (3/2) der „starken Hochdurchforstung“ (3/1) in der Vorratshaltung geringfügig leistungsüberlegen. Es fällt jedoch auf, dass die „starke Hochdurchforstung“ (3/1) mit ca. 7 % geringerer Stammzahl und einem Prozent mehr Grundfläche gegenüber den 100 % gesetzten Ertragskennwerten der „starken Niederdurchforstung“ (3/2) nur einen um etwa 4 % stärkeren Bestandesmitteldurchmesser erreicht. Die Stammzahlverluste in der „starken Hochdurchforstung“ (3/1) werden nicht durch Volumenmehrzuwachs im Hauptbestand kompensiert und die geringe Durchmes-

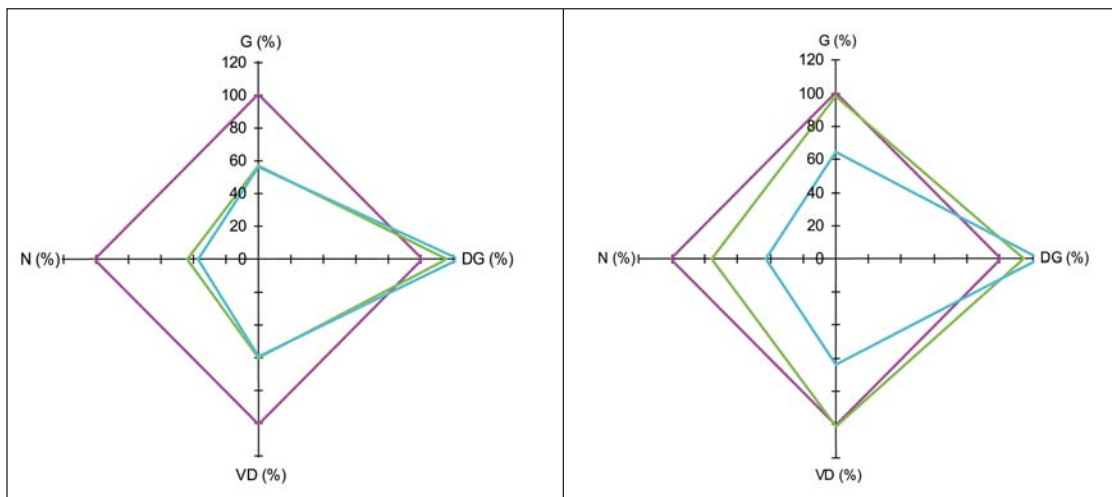


D Schwache Niederdurchforstung (172/1) C Starke Niederdurchforstung (172/3)

Abb. 2.1.6: Langfristiger Trauben-Eichen-Durchforstungsversuch „Freienwalde (Maienpfuhl) 172“: Qualitative Baummerkmale des Hauptbestandes (Baumklassen 1 bis 3, KRAFT, 1884) nach dem Einteilungsschema von MITSCHERLICH (ERTELD, 1958) in Abhängigkeit von der Durchforstungsstärke.

Es bedeuten:

B – Baumklasse nach KRAFT (1884); S – Schaftform; K – Kronenform; A – Astigkeit;
 W – Wasserreiseranteil (%); Z – Zwieselanteil (%), D – Drehwuchsanteil (%), AS – astfreie Schaftlänge (m)



— Schwache Niederdurchforstung (100 %) — Mäßige Niederdurchforstung — Starke Niederdurchforstung

Abb. 2.1.7: Trauben-Eichen-Durchforstungsversuche „Freienwalde (Maienpfuhl) 187“ (Links: Bestandesalter 110 Jahre, Standort K2) und „Freienwalde (Maienpfuhl) 172“ (Rechts: Bestandesalter 188 Jahre, Standort K2).

Stammzahl, Grundfläche, Mitteldurchmesser und Derbholzvorrat des verbleibenden Bestandes pro Hektar in Prozent in Abhängigkeit von der Durchforstungsstärke und Konstanz der Durchforstungsart

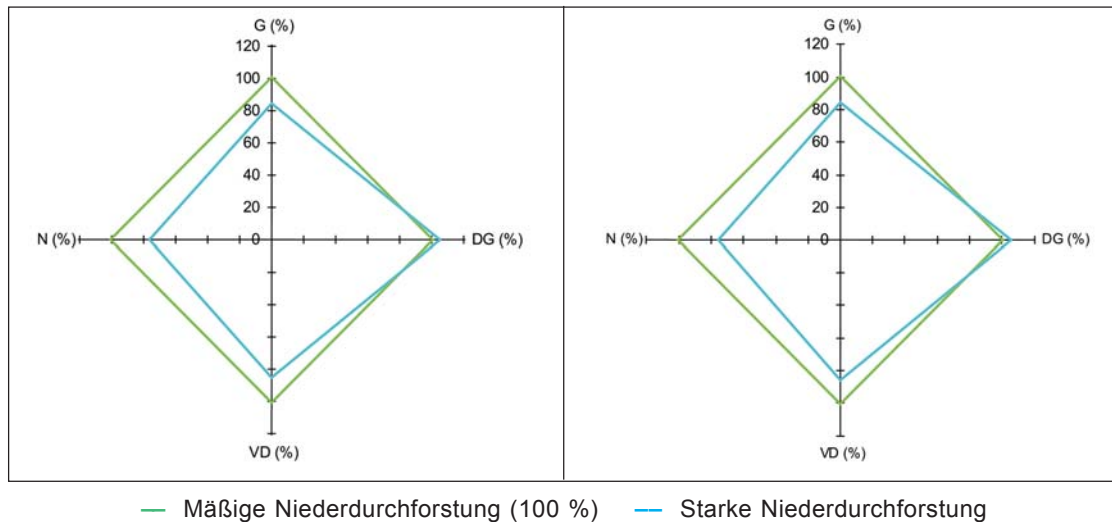


Abb. 2.1.8: Trauben-Eichen-Durchforstungsversuche „Freienwalde (Breitefenn) 220“
(Links: Bestandesalter 104 Jahre, Standort K2) und „Grumsin 55“
(Rechts: Bestandesalter 153 Jahre, Standort K2).

Stammzahl, Grundfläche, Mitteldurchmesser und Derbholtvorrat des verbleibenden Bestandes pro Hektar in Prozent in Abhängigkeit von der Durchforstungsstärke und Konstanz der Durchforstungsart

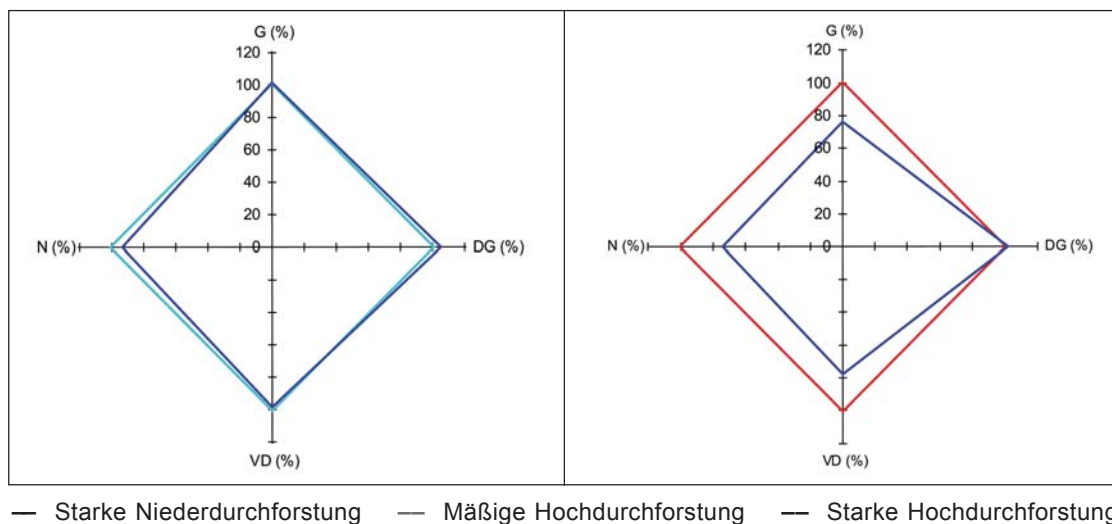


Abb. 2.1.9: Trauben-Eichen-Durchforstungsversuche „3“
(Links: Bestandesalter 136 Jahre, Standort K2) und „Freienwalde (Breitefenn) 220“
(Rechts: Bestandesalter 104 Jahre, Standort K2).

Stammzahl, Grundfläche, Mitteldurchmesser und Derbholtvorrat des verbleibenden Bestandes pro Hektar in Prozent in Abhängigkeit von der Durchforstungsart und -stärke

sermehrleistung schließlich mit einem dGZ-Verlust von rund 7 % erkaufte (LOCKOW, 2001, 2003).

Erweitert man die Frage nach der Durchmesserleistung der Eiche mit zunehmender Durchforstungsstärke auch auf hochdurchforstete Trauben-Eichenbestände, wird am Beispiel des Versuches „**Freienwalde (Breitefenn) 220**“ in Abbildung 2.1.9, deutlich, dass starke Hochdurchforstung im Vergleich zur mäßigen Hochdurchforstung erwartungsgemäß zu spürbaren Stammzahl- und Grundflächendefiziten führt, der Mitteldurchmessergewinn des Bestandes minimal bleibt, beachtliche Zuwachs- und bzw. Vorratsverluste jedoch die unaus-

bleibliche Folge sind. Ferner führt zunehmende Durchforstungsstärke nicht zu einem signifikant höheren Anteil starker Stämme im allgemeinen. Aus der Entwicklung der Ertragskennwerte auf allen langfristigen Eichenversuchsflächen muss der Schluss gezogen werden, dass starke Stammzahlentnahmen im Herrschenden unter den Boden- und Niederschlagsverhältnissen des nordostdeutschen Tieflandes keine Wuchsbeschleunigung der Eiche auslösen.

Eichenwirtschaft, die lange Produktionszeiträume voraussetzt, ist aus betriebswirtschaftlichen Gründen in der Regel wertholzorientiert. Das setzt vor allem in Bestän-

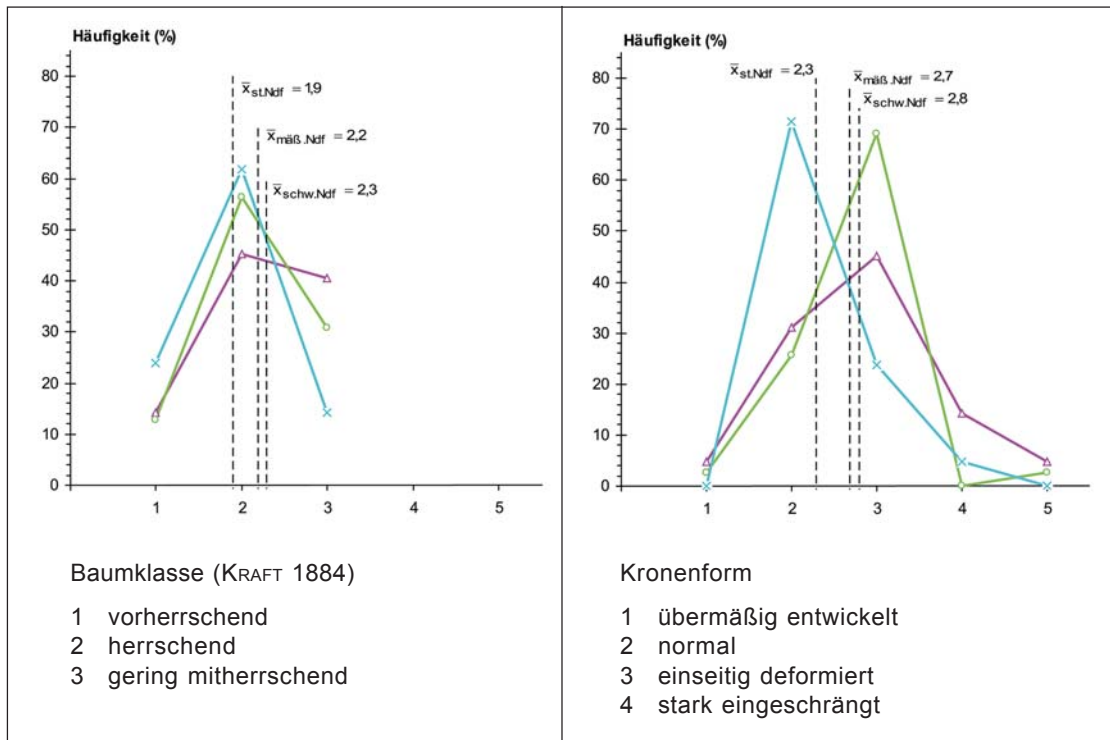


Abb. 2.1.10: Langfristiger Trauben-Eichen-Durchforstungsversuch „Freienwalde (Maienpfuhl) 172“. Stamm- und Kroneneigenschaften aller Bäume des Hauptbestandes (Baumklassen 1 bis 3, KRAFT 1884) nach dem Einteilungsschema von MITSCHERLICH (ERTELD 1958). Bestandesalter 136 Jahre

den der besten Bonitäten zur Schaftpflege der Elitebäume Laubholzunterbau voraus. Wie die Versuchsfläche „Eberswalde (Schönholz) 3“ belegt, kann der bei starken Eingriffen im Herrschenden zurückbleibende Zwischenstand die Funktion des Schaftschutzes nicht dauerhaft übernehmen (LOCKOW, 2001a, 2003). Intensive Wasserreiser- und Starkastbildung sind dann eine unausbleibliche, qualitätsmindernde Folge.

Mit bereits in der Jugend einsetzender konsequenter negativer Phänotypenauslese, durch anschließende selektive Begünstigung der besten Stämme des Hauptbestandes und insbesondere durch entschlossene Kronenpflege (positive Phänotypenauslese) können die Anteile guter Schaft- und Kronenformen nach dem Anspruchsschlüssel von MITSCHERLICH (ERTELD, 1958) sowie der vorherrschenden und herrschenden Stämme im Vergleich zu schwachen Durchforstungen gesichert erhöht werden (Abbildung 2.1.10).

Zeitig beginnende Eingriffe, lockere Erziehung in der Jugend, geringe Grundflächenhaltung und Konzentration der Pflege auf wenige Stämme im Herrschenden wirken sich nachteilig auf die Wertholzfähigkeit der Trauben-Eichenbestände aus. Aufgrund der Versuchsergebnisse in den Leheroberförstereien Eberswalde, Freienwalde und Chorin sowie in Übereinstimmung mit ASSMANN (1961) und ERTELD (1956, 1962) dürfte die mäßige Hochdurchforstung, die Durchforstungsart und -stärke der Trauben-Eiche kennzeichnen, die Volumen- und Wertleistung optimal verknüpfen.

2.1.5 Kronengröße, Zuwachs und Standraumökonomie

Zwischen Standraum, Kronengröße und Zuwachs bestehen gesetzmäßige Zusammenhänge, die es dem Wirtschaftler durch Erziehungs- und Pflegemaßnahmen gestatten, Einfluss auf die Stabilität, den Ertrag und die Qualitätsleistung der Waldbestände zu nehmen.

Aussagen über zuwachsgünstige Kronenstrukturen und -größen können am besten aus Durchforstungsversuchen abgeleitet werden, da sie das Leistungsvermögen einer Baumart insbesondere in Abhängigkeit von der Durchforstungsart und -stärke quantifizieren. Ein überzeugendes Beispiel liefert der Trauben-Eichen-Durchforstungsversuch **Schönholz 3**, den SCHWAPPACH (1895) in der Leheroberförsterei Eberswalde anlegte. Er stockt im „mäßig trockenen“ Klimabereich auf Johanniser Tieflehm-Fahlerde, einer Lokalbodenform, die innerhalb der Trophie „nährstoffkräftig“ (K) die erste Fünftelstufe belegt und mit in Tiefen von > 0,80 m bis 1,60 m anstehendem CaCO₃ einen sehr guten Trauben-Eichenstandort (K2) kennzeichnet.

Die konsequente Erziehung und Pflege der Eichen im Hauptbestand hat sowohl in der „starken Hochdurchforstung“ (3/1) als auch in der „starken Niederdurchforstung“ (3/2) zu sehr gut ausgeformten, leistungsstarken Kronen geführt, die sich nur noch baumklassenbedingt unterscheiden und daher für weiterführende ökologische Untersuchungen besonders gut geeignet sind.

Tab. 2.1.1: Schaffholzvolumen-tafel (m.R.) für Stiel-Eichen-Jungbestände

Baum- höhe (m)	Gesamtschafftholz													Baum- höhe (m)
	Schafftdurchmesser in 1,3 m Höhe über dem Boden (cm)													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
4	0,00091	0,00195											4	
5	0,00112	0,00239	0,00411										5	
6	0,00132	0,00283	0,00485	0,00737	0,01037								6	
7	0,00152	0,00325	0,00558	0,00848	0,01193	0,01593	0,02046	0,02551					7	
8	0,00172	0,00367	0,00630	0,00957	0,01347	0,01799	0,02311	0,02882					8	
9	0,00191	0,00409	0,00701	0,01066	0,01500	0,02003	0,02572	0,03208	0,03909	0,04673			9	
10	0,00211	0,00450	0,00772	0,01173	0,01651	0,02205	0,02832	0,03531	0,04302	0,05144	0,06056	0,07036	10	
11		0,00491	0,00842	0,01280	0,01801	0,02405	0,03089	0,03852	0,04693	0,05611	0,06605	0,07674	11	
12		0,00532	0,00912	0,01385	0,01950	0,02603	0,03343	0,04169	0,05080	0,06074	0,07150	0,08307	12	
13			0,00981	0,01490	0,02097	0,02800	0,03596	0,04485	0,05464	0,06533	0,07691	0,08936	13	
14			0,01049	0,01594	0,02244	0,02995	0,03848	0,04798	0,05846	0,06990	0,08228	0,09560	14	
15				0,01698	0,02389	0,03190	0,04097	0,05110	0,06225	0,07443	0,08762	0,10181	15	
16				0,01800	0,02534	0,03383	0,04345	0,05419	0,06602	0,07894	0,09293	0,10797	16	
17						0,03575	0,04592	0,05727	0,06977	0,08343	0,09821	0,11411	17	
18						0,03766	0,04838	0,06033	0,07350	0,08789	0,10346	0,12021	18	
19										0,09232	0,10868	0,12628	19	
20										0,09674	0,11388	0,13232	20	
21											0,11906	0,13833	21	
22											0,12421	0,14432	22	
23												0,15029	23	
24												0,15623	24	
25												0,16215	25	

Tab. 2.1.2: Schaffholzvolumentafel (m.R.) für Stiel-Eichen-Jungbestände

Schaffholzvolumen bis 4,0 cm Zapfdurchmesser																											
Schaffdurchmesser in 1,3 m Höhe über dem Boden (cm)																											
Baum- höhe (m)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25							
8	0,01137	0,01661	0,02222	0,02822	0,03466	0,04159	0,04904																				
9	0,01265	0,01849	0,02473	0,03141	0,03858	0,04630	0,05640	0,06348	0,07297																		
10	0,01393	0,02036	0,02723	0,03458	0,04247	0,05097	0,06010	0,06988	0,08032	0,09142	0,10319																
11	0,01519	0,02220	0,02970	0,03771	0,04633	0,05559	0,06555	0,07622	0,08761	0,09972	0,11255	0,12610	0,14037														
12	0,01645	0,02403	0,03215	0,04083	0,05015	0,06018	0,07096	0,08251	0,09484	0,10795	0,12184	0,13651	0,15195	0,16816	0,18513												
13	0,01769	0,02585	0,03458	0,04392	0,05394	0,06473	0,07633	0,08875	0,10201	0,11611	0,13106	0,14684	0,16345	0,18088	0,19914	0,21821	0,23810	0,25879	0,28029								
14	0,01893	0,02766	0,03700	0,04698	0,05771	0,06926	0,08166	0,09495	0,10914	0,12423	0,14021	0,15709	0,17486	0,19352	0,21305	0,23346	0,25473	0,27687	0,29987	0,32372							
15	0,02015	0,02945	0,03940	0,05003	0,06146	0,07375	0,08696	0,10111	0,11622	0,13229	0,14931	0,16729	0,18621	0,20607	0,22688	0,24861	0,27126	0,29483	0,31932	0,34472							
16	0,02137	0,03124	0,04178	0,05306	0,06518	0,07822	0,09223	0,10724	0,12326	0,14030	0,15835	0,17742	0,19749	0,21856	0,24062	0,26366	0,28769	0,31269	0,33866	0,36560							
17	0,02259	0,03301	0,04416	0,05608	0,06888	0,08266	0,09746	0,11333	0,13026	0,14827	0,16735	0,18750	0,20871	0,23097	0,25428	0,27864	0,30403	0,33045	0,35790	0,38636							
18	0,02380	0,03478	0,04651	0,05907	0,07256	0,08708	0,10267	0,11938	0,13722	0,15619	0,17629	0,19752	0,21986	0,24332	0,26788	0,29354	0,32029	0,34812	0,37703	0,40702							
19	0,02500	0,03653	0,04887	0,06206	0,07623	0,09147	0,10786	0,12541	0,14415	0,16408	0,18520	0,20749	0,23097	0,25561	0,28141	0,30836	0,33646	0,36570	0,39607	0,42758							
20		0,03828	0,05120	0,06503	0,07988	0,09585	0,11302	0,13141	0,15105	0,17193	0,19406	0,21742	0,24202	0,26784	0,29487	0,32312	0,35256	0,38320	0,41503	0,44803							
21					0,08351	0,10021	0,11816	0,13739	0,15792	0,17975	0,20288	0,22731	0,25302	0,28001	0,30828	0,33780	0,36859	0,40062	0,43389	0,46840							
22						0,10455	0,12327	0,14334	0,16476	0,18753	0,21167	0,23715	0,26398	0,29214	0,32163	0,35243	0,38455	0,41797	0,45268	0,48868							
23							0,12837	0,14926	0,17157	0,19528	0,22042	0,24695	0,27489	0,30421	0,33492	0,36700	0,40044	0,43524	0,47139	0,50889							
24								0,13345	0,15517	0,17835	0,20301	0,22913	0,25672	0,28576	0,31624	0,34816	0,38151	0,41628	0,45245	0,49003	0,52901						
25									0,16105	0,18511	0,21070	0,23781	0,26645	0,29659	0,32823	0,36136	0,39597	0,43205	0,46960	0,50860	0,54906						

Tab. 2.1.3: Schaffholzvolumen tafel (m.R.) für Stiel-Eichen-Jungbestände

Baum- höhe (m)	Schaffdurchmesser in 1,3 m Höhe über dem Boden (cm)																			
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
8	0,00229	0,00617	0,01209	0,01943	0,02757	0,03612	0,04492													
9	0,00255	0,00687	0,01346	0,02163	0,03069	0,04021	0,05001	0,06005	0,07038											
10	0,00280	0,00756	0,01482	0,02381	0,03379	0,04426	0,05505	0,06610	0,07747	0,08922	0,10141									
11	0,00306	0,00825	0,01616	0,02598	0,03685	0,04828	0,06004	0,07210	0,08450	0,09731	0,11061	0,12446	0,13889							
12	0,00331	0,00893	0,01750	0,02812	0,03989	0,05226	0,06499	0,07805	0,09147	0,10534	0,11974	0,13473	0,15035	0,16665	0,18364					
13	0,00356	0,00960	0,01882	0,03025	0,04291	0,05622	0,06991	0,08395	0,09839	0,11331	0,12880	0,14492	0,16173	0,17926	0,19753	0,21657	0,23639	0,25698	0,27836	
14	0,00381	0,01027	0,02013	0,03236	0,04591	0,06014	0,07480	0,08982	0,10526	0,12123	0,13780	0,15505	0,17303	0,19178	0,21133	0,23170	0,25290	0,27494	0,29781	0,32152
15	0,00405	0,01109	0,02144	0,03446	0,04889	0,06405	0,07965	0,09564	0,11209	0,12909	0,14674	0,16511	0,18425	0,20422	0,22505	0,24674	0,26931	0,29278	0,31713	0,34238
16	0,00430	0,01160	0,02274	0,03655	0,05185	0,06793	0,08447	0,10144	0,11888	0,13691	0,15563	0,17511	0,19541	0,21659	0,23868	0,26168	0,28563	0,31051	0,33634	0,36312
17	0,00454	0,01226	0,02403	0,03862	0,05479	0,07179	0,08927	0,10720	0,12563	0,14469	0,16447	0,18505	0,20651	0,22890	0,25223	0,27655	0,30185	0,32815	0,35544	0,38374
18	0,00479	0,01292	0,02532	0,04069	0,05772	0,07562	0,09404	0,11293	0,13235	0,15243	0,17326	0,19495	0,21755	0,24113	0,26572	0,29133	0,31799	0,34569	0,37445	0,40426
19	0,00503	0,01357	0,02659	0,04274	0,06064	0,07944	0,09879	0,11863	0,13904	0,16012	0,18201	0,20479	0,22854	0,25331	0,27914	0,30604	0,33404	0,36315	0,39336	0,42467
20		0,01422	0,02787	0,04479	0,06354	0,08324	0,10352	0,12431	0,14569	0,16778	0,19072	0,21459	0,23948	0,26543	0,29249	0,32069	0,35003	0,38052	0,41218	0,44499
21					0,06643	0,08703	0,10823	0,12996	0,15231	0,17541	0,19939	0,22435	0,25036	0,27750	0,30579	0,33527	0,36594	0,39782	0,43091	0,46522
22						0,09080	0,11291	0,13559	0,15891	0,18301	0,20802	0,23406	0,26120	0,28951	0,31903	0,34978	0,38179	0,41505	0,44957	0,48536
23							0,11758	0,14119	0,16548	0,19057	0,21662	0,24374	0,27200	0,30148	0,33222	0,36424	0,39757	0,43220	0,46816	0,50543
24								0,12223	0,14677	0,17202	0,19811	0,22519	0,25337	0,28276	0,31340	0,34536	0,37865	0,41329	0,44929	0,48667
25									0,15234	0,17854	0,20562	0,23372	0,26298	0,29347	0,32528	0,35844	0,39299	0,42895	0,46632	0,50511

Tab. 2.1.4: Traubeneichendurchforstungsversuch „Freienwalde (Maienpfuhl) 187“.

Entwicklung der Derbholzgesamtwuchsleistung und des durchschnittlichen Gesamtwuchses. Nährkraft- und Feuchtestufe K2, Lokalbodenform Sonnenburger Bändersand-Braunerde, Makroklimaform β

Alter (Jahre)	Ohne Durchforstung (A-Grad)		Mäßige Niederdurchforstung		Starke Niederdurchforstung		Starke Hochdurchforstung	
	GWL (VD) (m³/ha)	dGZ (VD) (m³/ha)	GWL (VD) (m³/ha)	dGZ (VD) (m³/ha)	GWL (VD) (m³/ha)	dGZ (VD) (m³/ha)	GWL (VD) (m³/ha)	dGZ (VD) (m³/ha)
36	68,4	1,87	70,9	1,94	78,0	2,14	76,7	2,10
42	118,7	2,83	112,9	2,69	120,1	2,86	119,6	2,85
45	144,1	3,20	135,9	3,02	142,4	3,16	140,5	3,12
51	195,1	3,81	185,9	3,63	195,1	3,81	201,6	3,93
56	227,5	4,04	227,3	4,04	228,8	4,07	235,0	4,18
60	270,3	4,50	272,3	4,54	271,7	4,53	273,1	4,55
64	309,0	4,83	307,1	4,80	307,0	4,80	309,0	4,83
70	359,4	5,13	347,3	4,96	350,7	5,01	348,9	4,98
75	436,0	5,81	410,8	5,48	406,5	5,42	406,2	5,42
80	492,8	6,16	456,7	5,71	448,2	5,60	445,3	5,57
87	562,5	6,47	530,7	6,10	505,1	5,81	509,3	5,85
95	644,5	6,78	602,8	6,35	566,2	5,96	570,6	6,01
100	704,4	7,04	656,9	6,57	617,2	6,17	616,1	6,16
105	469,3	7,33	711,3	6,77	666,5	6,35	665,1	6,33
110	820,4	7,46	764,4	6,95	711,3	6,47	722,8	6,57

In Abbildung 2.1.11 ist der laufende jährliche Durchmesserzuwachs $zd_{1,3}$ (mm) aller Bäume der Baumklassen 1 bis 3 nach KRAFT (1884), der aus der Zuwachsperiode von 1993 bis 2002 ermittelt wurde, in Abhängigkeit von der Kronengröße (Kronenmantelfläche m^2) graphisch dargestellt. Der Ausgleichsfunktion

$$lzd_{1,3} \text{ (mm)} = -9,3978 * 3,09730 * \ln \text{KSF (m}^2\text{)}$$

folgend steigt der absolute Durchmesserzuwachs der Trauben-Eiche im Mittel zunächst rasch, danach verhaltener degressiv an (stark ausgezogene Kurve). Approximiert man den laufenden jährlichen Durchmesserzu-

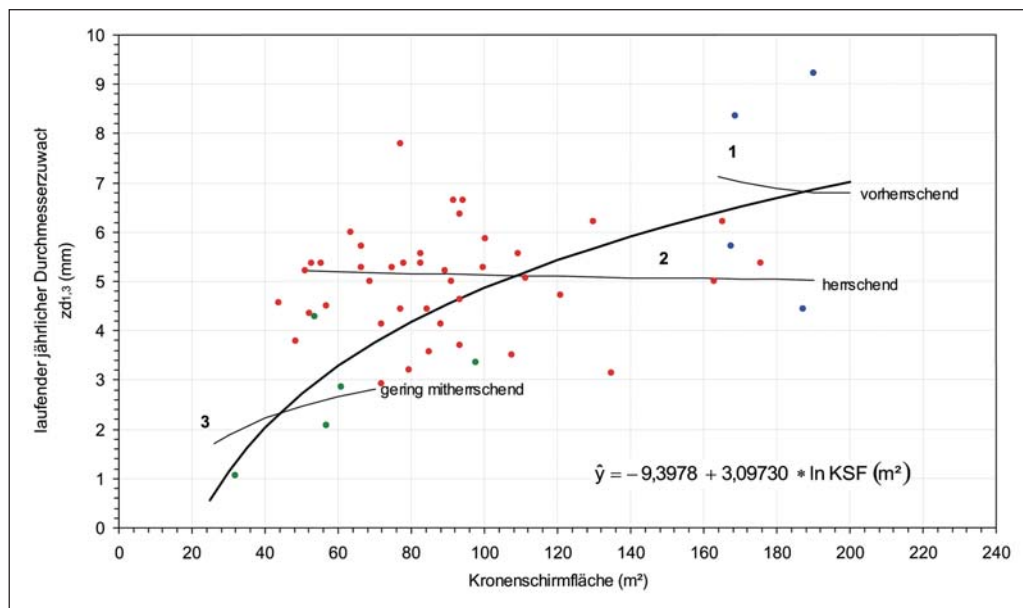


Abb. 2.1.11: Langfristiger Trauben-Eichen-Durchforstungsversuch „Eberswalde (Schönholz) 3“. Abhängigkeit des laufenden jährlichen Durchmesserzuwachses $zd_{1,3}$ von der Kronenschirmfläche, getrennt nach Baumklassen (KRAFT, 1884). Bestandesalter 136 Jahre BKL1 vorherrschend, BKL2 herrschend, BKL3 gering mitherrschend

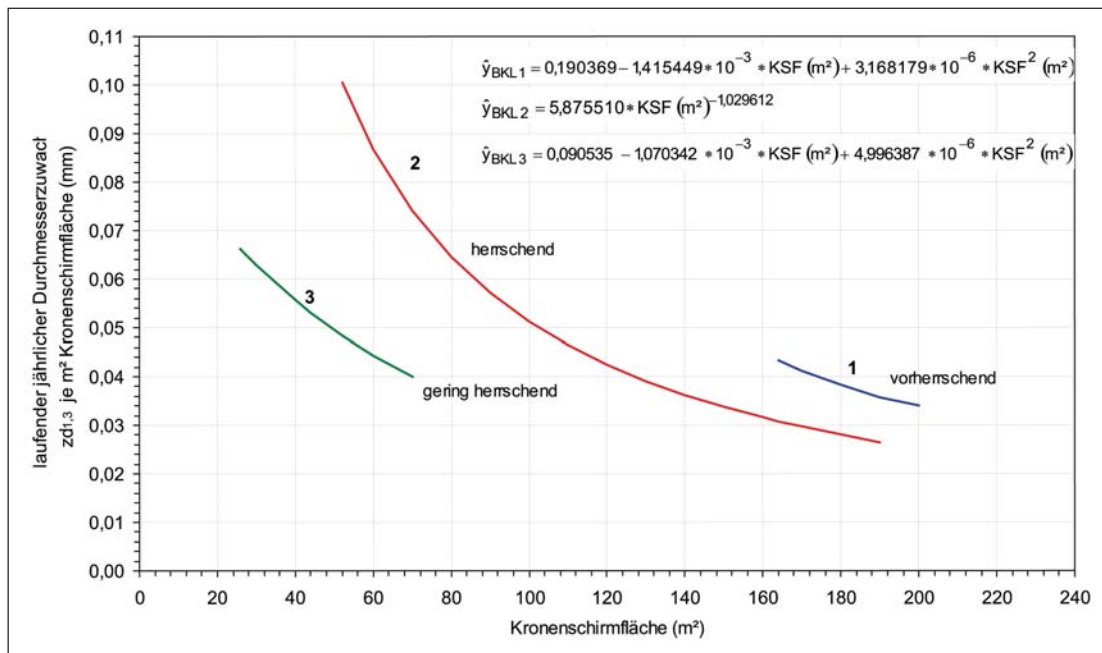


Abb. 2.1.12: Langfristiger Trauben-Eichen-Durchforstungsversuch „Eberswalde (Schönholz) 3“. Stochastischer Zusammenhang zwischen der Kronenschirmfläche und dem relativen Durchmesserzuwachs, getrennt nach Baumklassen (KRAFT 1884). Bestandesalter 136 Jahre BKL1 vorherrschend, BKL2 herrschend, BKL3 gering mitherrschend

wachs getrennt nach den drei soziologischen Baumklassen, erreichen die jeweils sozial günstiger gestellten Bäume, die zunehmend in den Genuss des assimilatorisch wirksamen Lichtes gelangen, den durchschnittlich höheren Zuwachs (schwach ausgezogene Kurven).

Wird der Durchmesserzuwachs pro Quadratmeter Kronenschirmfläche, d. h. der relative Zuwachs über der Kronengröße aufgetragen, ergeben sich neue Erkenntnisse für eine objektive Leistungsbeurteilung. In Abbildung 2.1.12 wird sowohl in den Baumklassen 1 bis 2 als auch in der Baumklasse 3 (KRAFT, 1884) eine bedeutende Leistungsüberlegenheit der kleinkronigen über die großkronigen Bäume deutlich. Innerhalb jeder Sozialschicht weisen die kleinkronigen Bäume schlankere Kronen mit einem geringeren Plumpheitsgrad (Kronenbreite zu Kronenlänge) auf. Gegenüber den großkronigen Individuen besitzen sie daher bei gegebener Kronenschirmfläche eine relativ größere, für die Zuwachsbildung entscheidende Kronenmantelfläche.

2.1.5 Zusammenfassung

Die nachgewiesenen Zusammenhänge stimmen mit Untersuchungen von DENGLER (1937), MAYER (1957) und LOCKOW (1965) überein:

- Die Eichen mit der absolut größten Krone erbringen im Mittel den absolut höchsten Zuwachs.
- Die beste Standraumökonomie weisen jedoch die kleinkronigen Bäume auf.
- Das Leistungsoptimum liegt in der Mitte, bei gleichmäßig ausgeformten, mittelgroßen Kronen mit einem Bekronungsgrad um 0,45, einem Kronenverhältnis um 1,4 und einem Plumpheitsgrad von etwa 0,75. Sie sind für den auf Wertholzwirtschaft ausgerichteten Eichenbetrieb flächenbezogenen zuwachsoptimal.
- Stammzahlarm erwachsene Trauben-Eichenbestände, Auskesselung und Freistellen der besten Eichen führen zu Zuwachsverlusten, breiten, stark variierenden Jahrringen und wirken sich nachteilig auf den Wertzuwachs und das Betriebsergebnis aus.

2.2 Die Entwicklung des Kronenzustandes der Eichen seit Beginn der Waldschadenserhebung

REINHARD KALLWEIT

2.2.1 Zur Methodik der Kronenzustandsbewertung

Kriterien für die Vitalität von Bäumen sind u. a. ihre Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Umweltbedingungen, ihre Konkurrenz- und Fortpflanzungsfähigkeit und ihre Wuchsleistung. Die Waldschadenserhebung nutzt den Kronenzustand der Waldbäume als einen Indikator für die Baumvitalität.

Der Belaubungszustand ist ein gut sichtbares, aber unspezifisches Merkmal in Reaktion auf eine Vielzahl möglicher Einflussfaktoren. Gleichwohl ist der Wachstums- und Entwicklungserfolg eines Baumes eng an die Fähigkeit gekoppelt unter gegebenen Standortbedingungen mit einer möglichst großen Blattfläche die Sonnenenergie zur Photosynthese zu nutzen. Einschränkungen der Belaubungsdichte gegenüber dem normalen Phänotyp weisen auf einwirkende Stressfaktoren hin (EICHHORN et al., 1995). Durch den jährlichen Vergleich des Kronenzustandes identischer Bäume über eine längere Zeitreihe treten kurzzeitige Veränderungen infolge von Anpassungsreaktionen an aktuelle Witterungsbedingungen, Insektenfraß, Fruchtbildung oder andere ‚natürlich‘ redu-

zierte Belaubungszustände in der Bewertung der gesamten Entwicklungstendenz, die auch die Regenerationsfähigkeit der Kronen nach solchen Stressereignissen einschließt, zurück.

Die Waldschadenserhebung wird in Brandenburg seit 1991 jährlich durchgeführt. In einem systematisch über die Waldfläche verteilten Gitternetz von Probepunkten werden in einem Bestand jeweils 24 markierte herrschende Bäume hinsichtlich ihres Kronenzustandes angesprochen.

Der Kronenzustand jedes einzelnen Probenbaumes wird durch eine visuelle Schätzung:

- der Kronenverlichtung ‚relativer Nadel- bzw. Blattverlust‘ im Vergleich zu einem voll belaubten Referenzbaum in 5 %-Stufen und
- des Grades der Vergilbung der Nadeln bzw. Blätter in den Stufen 0 = 0–10 %, 1 = 11–25 %, 2 = 26–60 % und 3 = 61–100 % erhoben.

Dabei werden nur die Bereiche der Baumkrone berücksichtigt, die sich ohne störende Einflüsse durch benachbarte Baumkronen oder Lichtmangel entwickeln konnten. Um ein zeitlich konstantes Niveau der Bewertung zu



Abb. 2.2.1: Eichen mit differenzierter Kronenverlichtung (links: 5 %, Mitte: 25 %, rechts: 60 %)

Tab. 2.2.1: Definition der Schadstufen Nadel-/Blattverlust

Verlichtungsstufen	Kronenverlichtung	Aufnahmestufen
0 ohne Schadmerkmale	bis 10 %	0, 5, 10
1 schwach geschädigt	15–25 %	15, 20, 25
2 mittelstark geschädigt	30–60 %	30, 35, 40, 45, 50, 55, 60
3 stark geschädigt	über 60 % 95	65, 70, 75, 80, 85, 90, 95
4 abgestorben	100 %	100

Tab. 2.2.2: Ableitung der Kombinierten Schadstufe

Verlichtungsstufe	Vergilbungsstufe			
	0	1	2	3
	Kombinierte Schadstufe			
0	0	0	1	2
1	1	1	2	2
2	2	2	3	3
3	3			
4	4 (abgestorben)			

sichern, finden jährlich im Vorfeld der Erhebungsperiode Schulungen statt und stehen für die Hauptbaumarten Bilderserien typischer Verlichtungsgrade zur Verfügung.

Neben diesen Hauptmerkmalen der Kronenzustandsbewertung werden für jeden Baum zusätzliche, den Kronenzustand beeinflussende Nebenmerkmale, wie Baumart, Alter, soziologische Stellung, Intensität der Fruktifikation, Insektenschäden nach Art und Intensität, Pilzschäden nach Art und Intensität, Kronenbrüche und andere abiotische Schäden erfasst.

Die Waldschadenserhebung erfolgt jährlich in der Zeitspanne zwischen der vollen Ausbildung der Belaubung und vor Beginn der Herbstverfärbung im Zeitraum Juli und August durch qualifiziertes Forstpersonal.

Zur Ergebnisdarstellung werden die Erhebungen der Kronenverlichtung zu so genannten „Schadstufen“ zusammengefasst (Tab. 2.2.1). Treten an einem Probenbaum mittlere oder starke Vergilbungen auf, wird die Schadstufe zur „kombinierten Schadstufe“ erhöht (Tab. 2.2.2). Die Schadstufen 2, 3 und 4 werden zusammengefasst als „deutliche Schäden“ (2–4) bezeichnet.

Daneben wird die mittlere Kronenverlichtung einer Stichprobeneinheit (aller Bäume einer Auswertungseinheit) als zusätzliches Merkmal genutzt. Sie hat den Vorteil, das Ergebnis unabhängig von den festgelegten, unterschiedlich breiten Schadstufengrenzen in einem Wert zu integrieren. Allerdings ist aus ihr nicht die Bandbreite der Verlichtungsgrade ersichtlich.

Der Stichprobenumfang der Waldschadenserhebung für die Baumartengruppe Eiche ist mit ca. 500 Bäumen (3,7 % der WSE-Stichprobe) relativ gering. Davon entfallen 30 % auf die Altersgruppe bis 60 Jahre alter Bäume. Die Trauben-Eichen und Stiel-Eichen sind zu etwa gleichen Anteilen (~ 250 Bäume) in der Stichprobe vertreten.

Die Eichen sind an 10 Plots als Reinbestände (> 90 % Baumartenanteil) und an weiteren 17 Plots mit wenigstens 25 % Baumartenanteil in Mischung vertreten. Weitere ~ 100 Eichen der Stichprobe sind als Mischbaumarten mit weniger als 25 % Baumartenanteil auf 21 Bestände verteilt.

2.2.2 Kronenzustandsentwicklung der Eichen im Vergleich zu anderen Baumarten

Die Eiche ist aufgrund zweier markanter Eigenschaften in der Lage sich schnell mit ihrer Kronenausbildung auf äußere Umwelteinflüsse einzustellen. Auf aktuellen Wasserstress kann sie während der Vegetationszeit junge belaubte Triebe aktiv abstoßen, um den Wasserbedarf zu reduzieren. Bei optimaler Wasserversorgung werden dagegen besonders viele Triebe in die Kronenstruktur eingegliedert. Weiterhin besitzt die Eiche die Fähigkeit, einen durch Insektenfraß bewirkten Laubverlust durch den Austrieb schlafender Knospen (Reiteration) noch im gleichen Frühjahr zu regenerieren. Selbst mehrjähriger deutlicher Laubverlust durch Trockenheit und/oder Insektenbefall kann von stabilen Eichen erfolgreich überwunden werden (Arbeitskreis Krone, 2001).

Während für die mit über 80 % Waldflächenanteil von der Baumart Kiefer geprägte Kronenzustandsentwicklung insgesamt eine Verbesserung des Kronenzustandes in Brandenburg im Zeitraum von 1991 bis 1999 festgestellt wurde, stieg seit 2002 der Flächenanteil deutlicher Schäden über alle Baumarten bis 2004 moderat an (Abb. 2.2.2).

Die Eichen (Trauben-Eiche und Stiel-Eiche) weisen seit dem Beginn der Waldschadenserhebungen in Brandenburg 1991 ein erhöhtes Niveau der Kronenverlichtung auf, wobei kein eindeutiger Entwicklungstrend zu beobachten ist. Der Anteil deutlicher Schäden (Schadstufen 2–4) der Eichenkronen war nur in den Jahren 1991 und 1992 etwas geringer als im Ergebnis über alle Baumarten. Seit 1993 sind die Eichen die Baumartengruppe mit dem höchsten Anteil deutlich geschädigter Kronen (Abb. 2.2.3).

Neben dem zu Beginn der Beobachtung im Jahr 1991 erfassten geringen Belaubungsgrad traten die Jahre 1996, 1999, 2001 sowie 2003 und 2004 als Jahre mit einem starken Anstieg der deutlichen Schäden hervor. In den Jahren zwischen diesen Höhepunkten schwankte der Anteil deutlicher Schäden um 20 %.

In den Jahren 1991 bis 1995 wies der kontinuierliche Anstieg der Schadstufe 0 (0–10 % Kronenverlichtung) auf eine Verbesserung des Belaubungsgrades für einen Teil der Eichen hin.

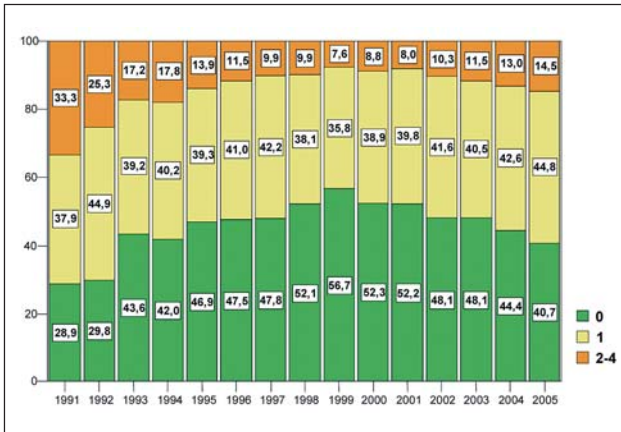


Abb. 2.2.2: Entwicklung der Schadstufenanteile für alle Baumarten in Prozent (Region Brandenburg/Berlin)

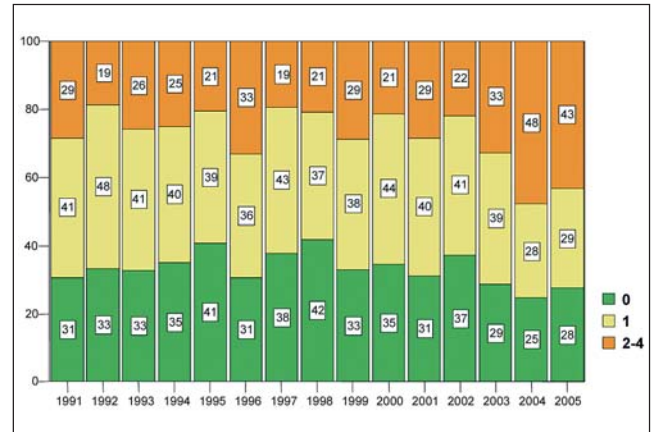


Abb. 2.2.3: Entwicklung der Schadstufenanteile für die Baumartengruppe Eiche in Prozent (Region Brandenburg/Berlin)

Nach dem Schwerpunktjahr der Verlichtung 1996 setzte bis 1998 wieder die Erholung des Anteils von Eichenkronen ohne sichtbare Schäden ein. Nach dem erneuten Anstieg der Schäden in den Jahren 1999 und 2001 wurden 2002 wiederum Erholungstendenzen im Anstieg der Schadstufe 0 deutlich. In den Jahren 2003 und 2004 sank der Anteil der Schadstufe 0 auf den bisher geringsten Stand der Zeitreihe ab.

Im Vergleich der Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung der Baumartengruppen (Abb. 2.2.4) wird die besondere Situation der Eichen verdeutlicht. Sie weisen ein höheres Niveau der Verlichtung auf und haben in der bisherigen Beobachtungsperiode nur 1997 und 1998 eine über zwei Jahre anhaltende Verbesserung der Belaubungsdichte erreicht.

Während das Minimum der Kronenverlichtung bei allen anderen beobachteten Baumarten übereinstimmend im Zeitraum von 1996 bis 1999 lag, war dagegen bei der Eiche im Jahr 1996 ein besonderer Schadschwerpunkt festzustellen. Auch der Anstieg der Kronenschäden im Jahr 1999 betraf ausschließlich die Eichen. Während die mittlere Kronenverlichtung der Baumartengruppen „Kiefer“, „andere Laubbäume“ und tendenziell auch „andere Nadelbäume“ seit 2000 geringfügig ansteigt, war bei den Eichen bis 2002 eher eine Konstanz bzw. leicht fallende Tendenz der Verlichtung festzustellen. Im Trockenjahr 2003 und dem Folgejahr 2004 war der Anstieg der Kronenverlichtung deutlich höher als bei den anderen Baumartengruppen.

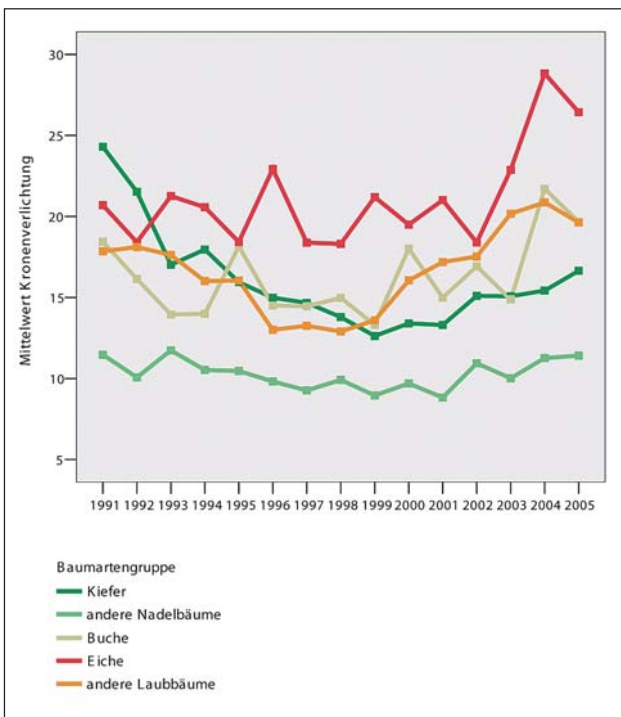


Abb. 2.2.4: Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung nach Baumartengruppen

2.2.3 Entwicklung des Kronenzustandes in Abhängigkeit vom Baumalter

In der Altersgruppe der bis 60-jährigen Bäume liegt das Niveau der Kronenverlichtung der Eichen relativ konstant um 15 %. Allein 2004 erfolgte in dieser Altersgruppe ein Anstieg auf 20 %. Die mittlere Verlichtung ist im Niveau etwa gleich hoch wie bei der Lichtbaumart Kiefer und deutlich höher als bei der Buche. Die jungen Eichen blieben von 1995 bis 2003 bei einem relativ stabilen Kronenzustand, während in der Gruppe der anderen Laubbäume ab 2000 bis 2004 anhaltend eine Zunahme der Verlichtung festzustellen war (Abb. 2.2.5).

In der Altersgruppe über 60-jähriger Bäume liegt das mittlere Niveau der Kronenverlichtung der Eichen mit 24 % etwa 10 % über dem der jüngeren Altersgruppe (Abb. 2.2.6). Hier weisen die Eichen im Vergleich der Baumartengruppen die höchsten Verlichtungsgrade auf. Mit Ausnahme der Jahre 1996 und 2004 lag die mittlere Kronenverlichtung der Eichen im Bereich von 20–25 %. Gegenüber der jüngeren Altersgruppe der Eichen weist der Kronenzustand der älteren Eichen relativ große jährliche Trendveränderungen bei ähnlich gleich bleibendem Trendverlauf auf. Diese kurzfristigen Veränderungen der Kronendichte traten vergleichbar auch bei den älteren Buchen auf, wo sie mit Intensität der Fruktifikation in Zusammenhang stehen.

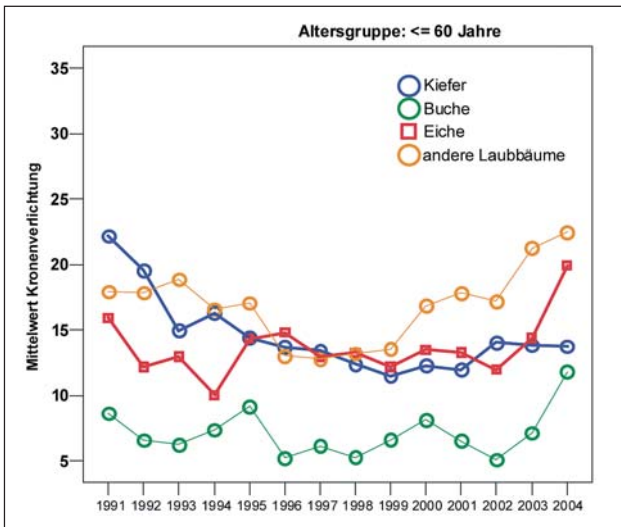


Abb. 2.2.5: Mittlere Kronenverlichtung in der Altersgruppe bis 60 Jahre nach Baumartengruppen und Jahren

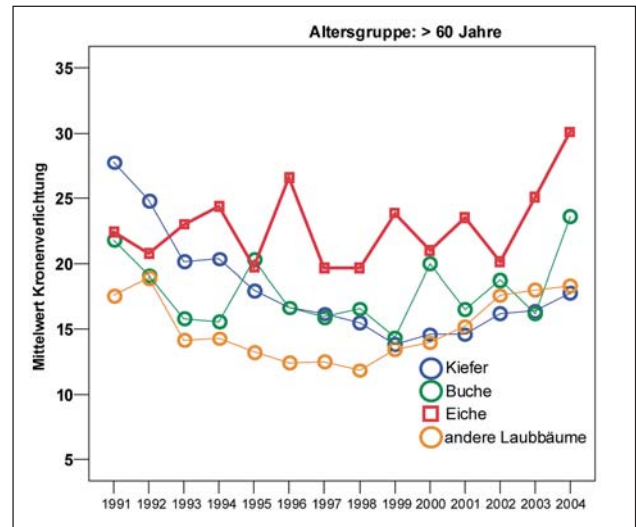


Abb. 2.2.6: Mittlere Kronenverlichtung in der Altersgruppe > 60 Jahre nach Baumartengruppen und Jahren

2.2.4 Vergleichende Betrachtung des Kronenzustandes zwischen Stiel- und Trauben-Eiche

Die in der Baumartengruppe Eiche zusammengefassten Trauben-Eichen und Stiel-Eichen weisen seit Beginn der Beobachtungen deutliche Unterschiede im Grad der Kronenverlichtung auf. Dies gilt übereinstimmend für alle Altersstufen (Abb. 2.2.7). Nach der Methodik der Waldschadenserhebung erfolgt entsprechend dem geringen Stichprobenumfang eine Einteilung der Ergebnisse in nur zwei Altersgruppen mit der Grenze bei 60 Jahren. Es zeigt sich für die Eichen zunächst bis zur Stufe 40–60 Jahre eine stark steigende mittlere Verlichtung bei beiden Baumarten. Mit weiter steigendem Alter bleibt das Verlichtungsniveau gleich (Trauben-Eiche) bzw. nimmt nur noch tendenziell zu.

In der Altersgruppe bis 60-jähriger Eichen schwankte die mittlere Kronenverlichtung beider Baumarten um 15 %.

Von 2002 bis 2004 wird an den über die gesamte Zeitreihe beobachteten Bäumen eine höhere mittlere Kronenverlichtung der jungen Stiel-Eichen erfasst (Abb. 2.2.8).

Diese höhere Kronenverlichtung der Stiel-Eichen tritt in der Altersgruppe über 60-jähriger Eichen bereits von Beginn der Beobachtungsreihe auf (Abb. 2.2.9). Bei etwa übereinstimmendem Verlauf liegt die mittlere Kronenverlichtung der Stiel-Eichen ca. 7 %-Punkte höher als bei der Trauben-Eiche. In der Periode seit 1997 ist bei beiden Baumarten ein steigender Trend der mittleren Kronenverlichtung erkennbar. Nur in den Jahren 2000 und 2002 war diese Entwicklung durch leichte Verbesserungen des Belaubungszustandes unterbrochen. In den Jahren 2003 und 2004 stieg die mittlere Kronenverlichtung dieser Altersgruppe bei beiden Baumarten deutlich an. Der größere Schadfortschritt der Stiel-Eichen im Jahr 2004 erscheint aufgrund des bereits in den Vorjahren höheren Niveaus der Kronenverlichtung plausibel.

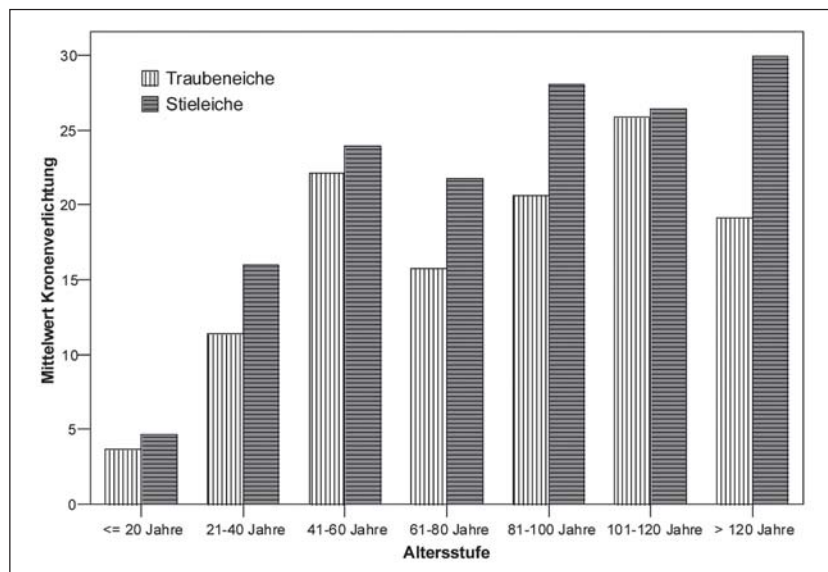


Abb. 2.2.7: Mittlere Kronenverlichtung (1991–2004) der Eichen in der Waldschadenserhebung Brandenburg nach Altersstufen

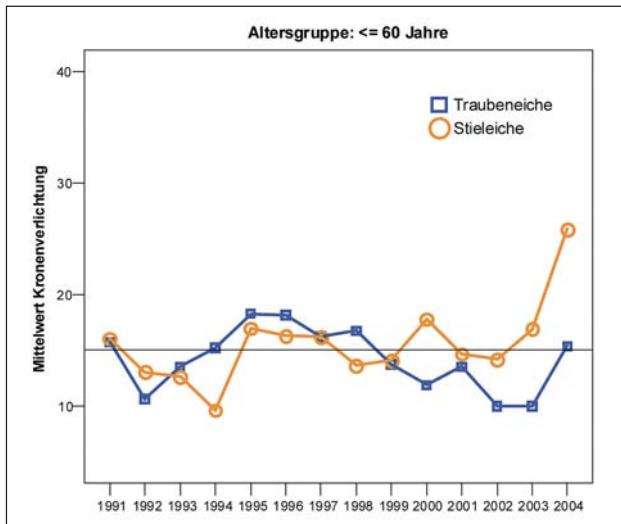


Abb. 2.2.8: Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung von Trauben-Eiche und Stiel-Eiche in der Altersgruppe bis 60 Jahre

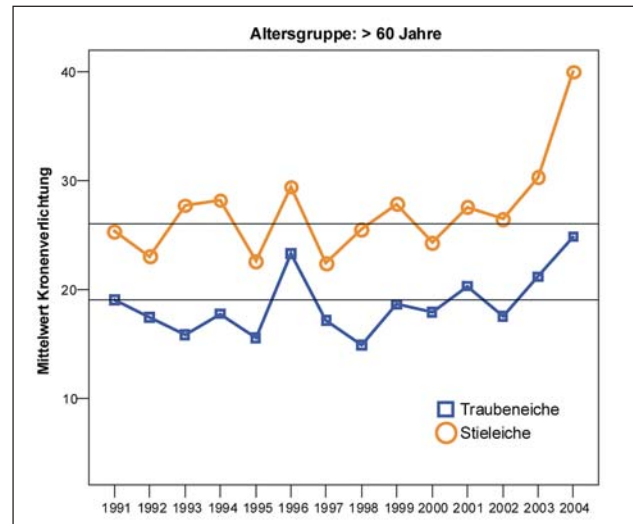


Abb. 2.2.9: Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung von Trauben-Eiche und Stiel-Eiche in der Altersgruppe > 60 Jahre

2.2.5 Regionale Unterschiede der Eichenschäden auf Bestandesebene

Die bisher betrachtete Entwicklung des Kronenzustandes der Eichen ging von der Analyse des statistischen Mittels im Landesmaßstab aus. Die konkrete Schadensituation manifestiert sich allerdings in der Bewirtschaftungseinheit eines Bestandes. Es stellt sich damit die Frage, ob die Kronenschäden in allen untersuchten Beständen oder konzentriert in einzelnen Beständen auftreten.

Von 10 durchgängig beobachteten Beständen der Trauben-Eiche im Altersbereich über 60 Jahre lässt sich an zwei Beständen eine steigende Tendenz der Kronenverlichtung feststellen. An zwei weiteren Beständen (Plot-Nr. 1936, 2087) trat nach einer hohen Kronenverlichtung im Jahr 1991 eine nachhaltige Erholung des Kronenzustandes auf. Die übrigen sechs Bestände zeigen ein unterschiedliches, bei jährlichen wechselnden Belaubbungsdichten aber in der Zeitreihe relativ gleich bleibendes Niveau der Verlichtung (Abb. 2.2.10).

Von den acht Stiel-Eichenbeständen im Altersbereich > 60 Jahre, die seit 1991 permanent beobachtet wurden, ist für fünf Bestände über die gesamte Zeitreihe eine steigende Tendenz der Kronenverlichtung festzustellen. Die übrigen drei Bestände zeigten bis 1998 bzw. 2000 zunächst eine Tendenz zunehmender Belaubbungsdichte, die sich anschließend aber wieder zu zunehmender Verlichtung umkehrte.

Für die Bewirtschaftung der Eichenbestände sind die Risiken der Bestandesentwicklung durch reduzierte Belaubbung nach der aktuellen Stresssituation abzuschätzen. Ab einer auf Bestandesebene mittleren Kronenverlichtung von > 20 % nimmt der Anteil stark geschädigter Bäume (65–100 % Kronenverlichtung) im Bestand deutlich zu (Abb. 2.2.11). Bei 35 % mittlerer Verlichtung sind durchschnittlich 5 % der Eichen stark geschädigt. Bei 45 % mittlerer Verlichtung des Bestandes sind im Durchschnitt etwa 10 % stark geschädigte Bäume zu erwarten.

2.2.6 Vitalitätsdynamik, Grenzen der Regenerationsfähigkeit

Stark geschädigte Eichen haben nach den bisherigen Beobachtungen in der Waldschadenserhebung eine geringe Chance ihre Krone nachhaltig zu regenerieren. Zu dem gleichen Ergebnis kommt der ARBEITSKREIS KRONE (2001). Auch die Auswertung von PAAR et al. (1999) belegt ein erhöhtes Sterbe-Risiko von Alteichen ab einem Kronenverlichtungsgrad von 60 %. Infolge eines gestörten Jahrringaufbaus sind vorgeschädigte Eichen nicht in der Lage, die Wasserleitfähigkeit von der Wurzel in die Blätter aufrecht zu erhalten und den Befall durch Sekundärschädlinge abzuwehren (BLANK, 1997).

Eine Analyse der Kronenzustandsentwicklung von 237 seit Beginn der WSE im Jahr 1991 in der Stichprobe verbliebenen Eichen weist eine relativ große Konstanz ihrer Vitalität aus. In Abb. 2.2.12 wurde die Entwicklung des Kronenzustandes der Eichen nach Klassen der Kronenverlichtung im Jahr 1991 gruppiert. Es zeigt sich über die gesamte Zeitreihe eine diesem Ausgangszustand entsprechende Beibehaltung der Rangfolge der Kronenverlichtung. Während die 1991 bis 30 % relativ gering verlichteten Eichen nahezu konstante Verlichtungsgrade (Ausnahme 1996 mit starken Fraßschäden) bis 2003 aufweisen, steigen die Schäden der bereits 1991 stärker verlichteten Eichen nach zwischenzeitlicher Erholung seit 2002 wieder deutlich an. Sie reagierten besonders empfindlich auf (Trocken-) Stress. Betrachtet man die Entwicklung vom anderen Ende der bisherigen Zeitreihe, ergibt sich das gleiche Bild (Abb. 2.2.13). Die im Jahr 2004 besonders stark verlichteten Eichen waren bereits 1991 im Mittel stärker verlichtet, die 2004 nur gering verlichteten Bäume waren in der gesamten bisherigen Beobachtungsreihe besonders gut belaubt. Als Grenzwert für die Stresstoleranz kann man etwa 40 % Kronenverlichtung annehmen. Bäume mit höheren Verlichtungsgraden weisen auch bei zwischenzeitlicher Erholung eine andauernde höhere Empfindlichkeit, d. h. geringere Vitalität gegenüber Belastungen auf. Das heißt nicht, dass diese Bäume in jedem Fall absterben müssen. Sie

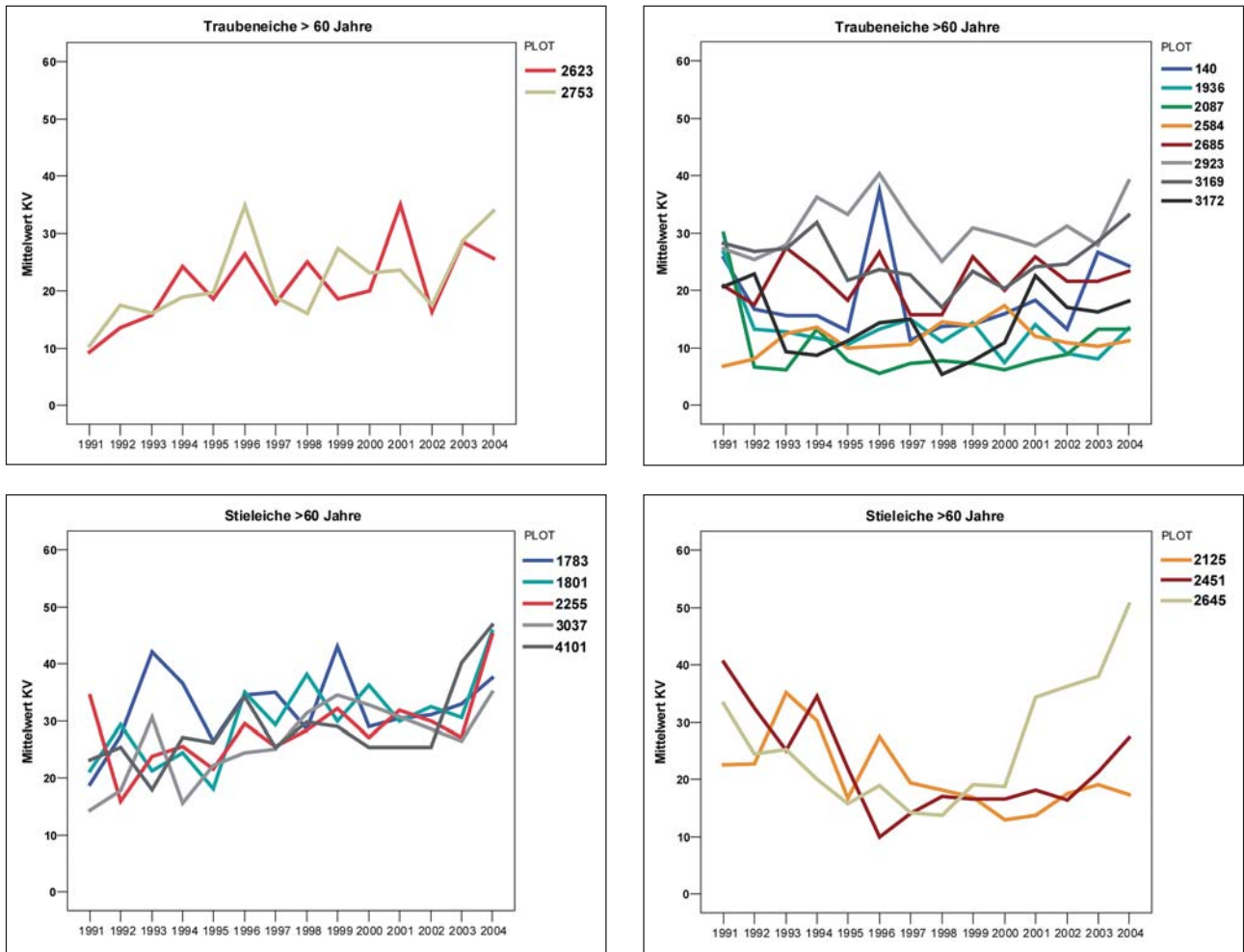


Abb. 2.2.10 Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung von Eichenbeständen im Altersbereich > 60 Jahre im Level I-Messnetz der Waldzustandserhebung Brandenburgs

- a) Trauben-Eiche mit steigender Verlichtungstendenz,
- b) Trauben-Eiche mit gleich bleibender Verlichtung differenzierten Niveaus,
- c) Stiel-Eiche mit steigender Verlichtungstendenz,
- d) Stiel-Eiche mit Trendumkehr

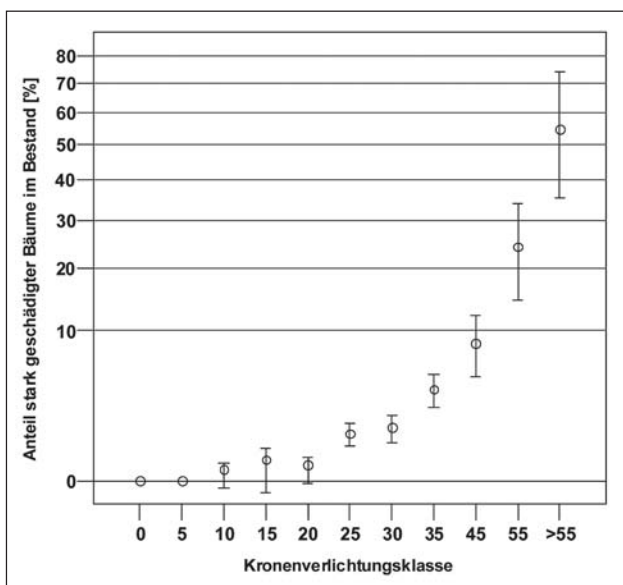


Abb. 2.2.11: Beziehung zwischen der mittleren Kronenverlichtung auf Bestandesebene und dem Anteil stark geschädigter Bäume (> 60 % Kronenverlichtung)

tragen aber ein erhöhtes Risiko für Wachstumseinbußen und Absterberscheinungen. Der Stichprobenumfang der Eichen in der Waldschadenserhebung ist zu gering, um Aussagen zur Mortalität in Relation zur Kronenverlichtung treffen zu können.

In Abb. 2.2.14 wurde die Entwicklung der Kronenverlichtung nach dem Kronenzustand der Eichen im Jahr 1999 (Trockenjahr) gruppiert. Es zeigt sich für die Eichen, die bereits im Jahr 1999 eine Verlichtung über 50 % aufwiesen in den Folgejahren keine Erholungstendenz. Dagegen waren die Bäume mit Verlichtungen im Bereich von > 40–50 % noch in der Lage, sich in den Jahren 2000–2002 zu erholen.

Die Abb. 2.2.15 weist auf den hohen Grad der Prädisposition für die weitere Entwicklung der Kronenschäden durch bereits vorherige Kronenschäden hin. Der Anteil stark geschädigter Bäume im Jahr 2004 steigt mit zunehmender Verlichtungsstufe im Jahr 1991 kontinuierlich an.

Das bestätigt die Bedeutung einer auf gute Kronenentwicklung gerichteten Bestandesbehandlung der Eiche

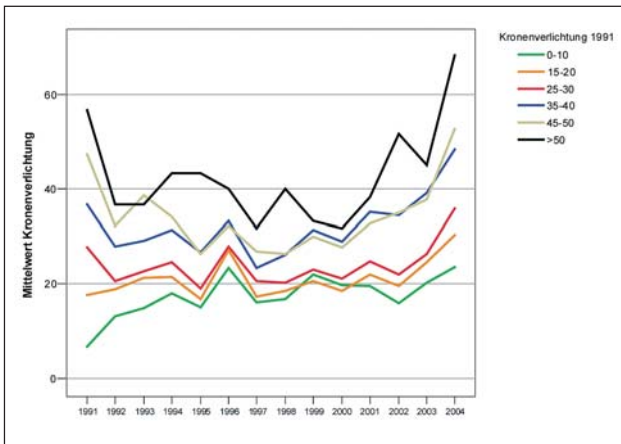


Abb. 2.2.12: Entwicklung der Kronenverlichtung von permanent in der WSE-Stichprobe verbliebenen Eichen nach Gruppen des Verlichtungsgrades im Jahr 1991

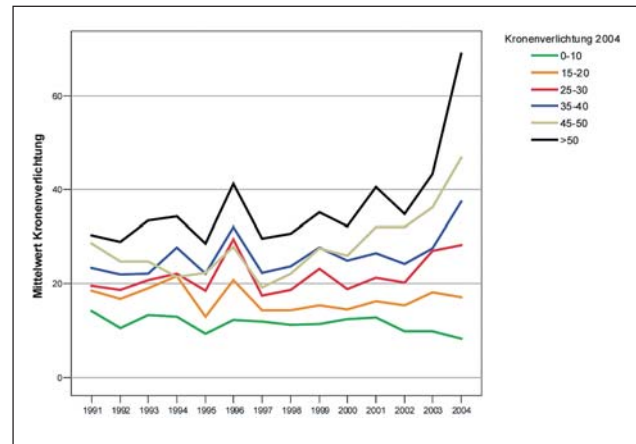


Abb. 2.2.13: Entwicklung der Kronenverlichtung von permanent in der WSE-Stichprobe verbliebenen Eichen nach Gruppen des Verlichtungsgrades im Jahr 2004

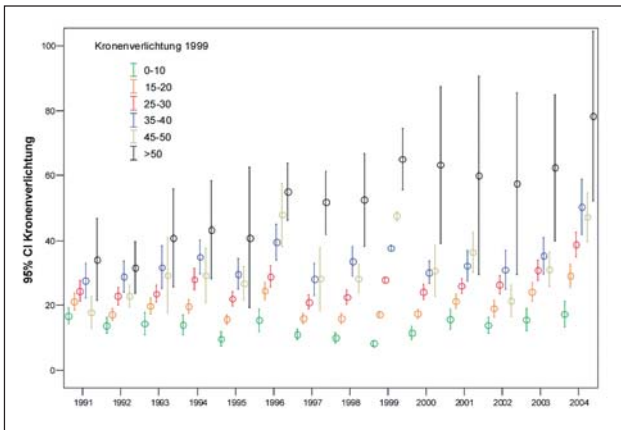


Abb. 2.2.14: Mittlere Kronenverlichtung (95 %-Vertrauensintervall) der Eichen in der WSE-Stichprobe nach Gruppen des Verlichtungsgrades im Jahr 1999

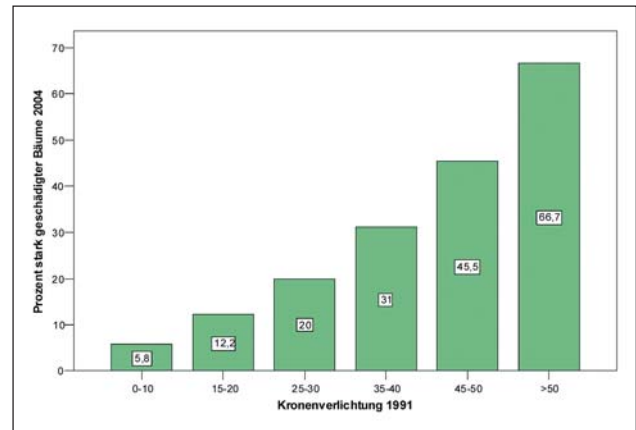


Abb. 2.2.15: Anteil stark geschädigter Eichen im Jahr 2004 nach Gruppen der Kronenverlichtung im Jahr 1991

augenfällig. In die gleiche Richtung weist die über die gesamte Zeitreihe etwa 10 % höhere mittlere Verlichtung von Bäumen der Baumklasse KRAFT 3 gegenüber dem einheitlichen Niveau von KRAFT 1 und 2.

Durch die Analyse der bisherigen Zeitreihe der Kronenzustandsentwicklung wird auf die Nachhaltigkeit von Vitalitätsverlusten der Eichen hingewiesen. Ab mittleren Verlichtungsgraden > 30 % im Bestand steigt der Anteil stark geschädigter Bäume, die in ihrer Vitalität zumindest längere Zeit geschwächt sind. Gerade für jene erheblich verlichteten Bestände müssen zusätzliche Blattverluste durch Insektenfraß im Folgejahr durch Gegenmaßnahmen vermieden werden (BLANK, HARTMANN, 2004).

2.2.7 Einflüsse von biotischen Schäden auf den Kronenzustand der Eichen

Die Insekten- und in geringerem Ausmaß Pilzschäden tragen entscheidend zur Kronentransparenz bei. Die Waldschadenserhebung ist durch die Terminbindung auf den Hochsommer allerdings nicht geeignet, einen um-

fassenden Überblick zur Waldschadenssituation in der Region zu geben. Hierzu sei auf das Kapitel 2.3 verwiesen. Es werden aber an Stamm und Krone erkennbare Merkmale von Pilz- und Insekten Schäden nach Intensitätsstufen des Schadens erfasst.

Beide Eichenarten weisen auf den Rasterpunkten der Waldzustandserfassung zyklische Schwankungen der Intensität von biotischen Schäden (Eichenfraßgesellschaft und Mehltau) auf (Abb. 2.2.16). In den Jahren 1991 bis 1995 nahm der Anteil starker biotischer Schäden bei der Trauben-Eiche relativ gleichmäßig von 10 % betroffenen Bäumen auf 1 % ab, stieg 1996 auf 20 %, war 1997 und 1998 noch leicht erhöht und blieb 2000 bis 2002 bei nur 1 % sehr gering. Im Trockenjahr 2003 wurde wieder ein Anstieg stärkerer biotischer Schäden auf über 10 % der Bäume festgestellt, im Folgejahr blieb das Niveau etwa gleich.

Die Stiel-Eichen der Stichprobe wiesen in den Jahren 1991 bis 1993 im Gegensatz zur Trauben-Eiche zunächst einen Anstieg biotischer Schäden auf, der 1994 und 1995 wieder abklang. Ähnlich wie bei der Trauben-

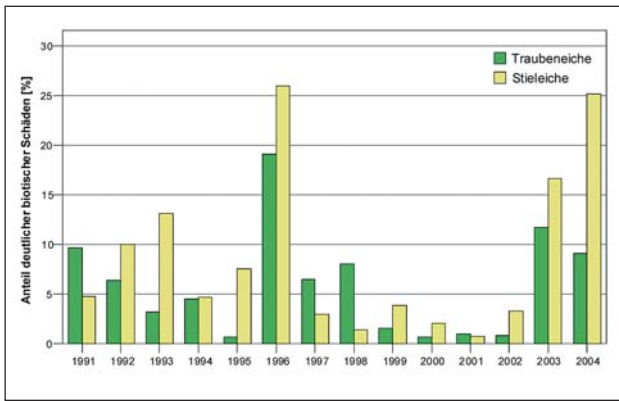


Abb. 2.2.16: Flächenanteil deutlicher biotischer Schäden der Eichenarten

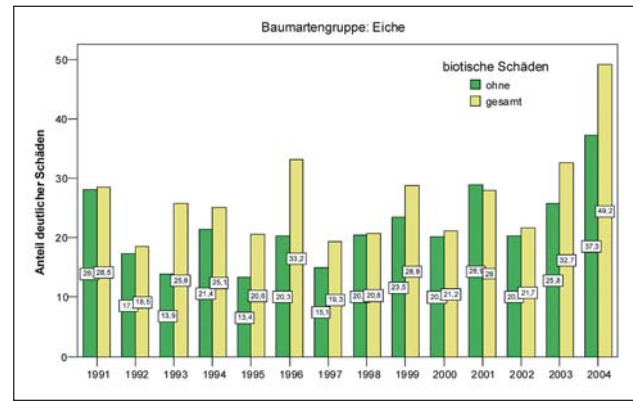


Abb. 2.2.17: Flächenanteile deutlicher Schäden der Eichen ohne biotische Schäden und insgesamt

Eiche erreichten die biotischen Schäden an den Stiel-Eichen einen Höhepunkt im Jahr 1996. Nach einer sich anschließenden Erholungsphase nahm im Jahr 2003 die Häufigkeit deutlicher biotischer Schäden auf über 15 % zu und stieg im Jahr 2004 weiter auf 25 % an. Im Jahr 2004 wurden an 6,7 % der Eichen des Level I-Monitoring-netzes Pilzschäden beobachtet. Der Anteil der Bäume mit Insektenschäden lag mit 46 % deutlich höher. Insbesondere waren in den Jahren 1993 und 1995 (überwiegend Stiel-Eiche), 1996 und abklingend 1997 (beide Eichenarten), 1999 (Stiel-Eiche) und 2003 bzw. 2004 die beobachteten Kronenschäden vorwiegend auf biotische Verursacher zurückzuführen (Abb. 2.2.17).

Allerdings sind die Kronenschäden nicht nur auf biotische Ursachen zurückzuführen. Bei einem erheblichen Anteil der Eichen steigt die Kronentransparenz auch ohne sichtbare biotische Schadensursachen. Fraßschäden an Blättern und Mehltau sind damit als alleinige Ursache der Eichenschäden wenig wahrscheinlich.

2.2.8 Kronenzustandsentwicklung der Eichen in Deutschland und Europa

Die mittlere Kronenverlichtung der Eichen ist in Deutschland seit Beginn der Waldschadenserhebung im Jahr 1984 bis 1996/1997 nahezu kontinuierlich von 16 auf 28 % angestiegen. Bis 2002 war anschließend eine fallende Tendenz der Kronenschäden erkennbar. Mit dem Trockenjahr 2003 wurde diese Erholungsphase beendet. Die Eichenschäden stiegen bis 2004 wieder auf das hohe Niveau von 1996 (Abb. 2.2.19).

Auch im europäischen Maßstab folgt die Baumartengruppe der Trauben- und Stiel-Eichen diesem Trend. Seit 1995 sind die Eichen auch im europäischen Maßstab die am stärksten von Kronenverlichtungen betroffenen Baumarten. Von 1990 bis 1996 nahmen die Kronenschäden kontinuierlich zu. Anschließend folgte eine bis ins Jahr 2002 anhaltende Erholungsphase. Seit dem Jahr 2003 steigen die Kronenverlichtungen wieder an (Abb. 2.2.20).

2.2.9 Fazit

Seit Jahren sind die Eichen die am stärksten geschädigte Baumartengruppe in der Region. Die großen Schwan-

kungen des Kronenzustandes weisen auf eine insgesamt instabile Situation bei dieser Baumartengruppe hin. Mit steigender mittlerer Kronenverlichtung nimmt der Anteil stark geschädigter Bäume im Bestand zu. Bereits ab einem Schwellenwert von ca. 40 % Kronenverlichtung ist die Regenerationsfähigkeit der Kronen eingeschränkt. Gut entwickelte Kronen bleiben auch bei erhöhten (Trocken-)Stressbelastungen bei einem relativ stabilen Kronenzustand bzw. können sich schneller regenerieren.

Die Stiel-Eichen sind seit Beginn der Erhebungen im Jahr 1991 stärker geschädigt als die Trauben-Eichen. Auf Bestandesebene zeigt die Mehrzahl der über 60-jährigen Stiel-Eichenbestände eine steigende Tendenz der Kronenverlichtung, während bei den Beständen der Trauben-Eiche ein gleichbleibender Trend der Kronenverlichtung vorherrscht.

Als Ursachen für diese Instabilität des Kronenzustandes werden vor dem Hintergrund erhöhter Prädisposition durch Luftschadstoffe (Ozon, Stickstoffeinträge, Bodenversauerung) vor allem Witterungsanomalien (Trockenheit, Frost) und biotische Schäden (Insekten, Pilze), Wurzelinfektionen durch *Phytophthora* (JUNG, 1998) und Bodenverdichtungen (WETZEL et al., 1999) diskutiert, die zu einer sogenannten Komplexkrankheit bzw. einem Komplex von Erkrankungen der Eichen führen (Übersicht bei FÜHRER 1998; DUJESIEFKEN et al., 1992) (s. Kap. 2.8).

Die weitgehende Übereinstimmung des Verlaufs der Kronenzustandsentwicklung in Brandenburg mit der in Deutschland und in Europa sowie die ähnliche Entwicklung bei der Buche (in Brandenburg auch der anderen Laubbaumarten) machen überregional wirksame auslösende Faktoren wahrscheinlich.

Die höhere Schädigung der Stiel-Eichen, die häufiger auf grundwasserbeeinflussten bzw. -nahen Standorten stocken und die enge Bindung von Schadfortschritt und Erholung an Trocken- und Feuchtjahre weisen auf einen großen Einfluss der gegenwärtigen Klimaänderung auf die Zustandsentwicklung der Eichen hin (GIEGER, 2002; HANSEN, 2002). Zur Klimaentwicklung in Brandenburg und den Witterungsverlauf in der Beobachtungsperiode wird auf den Waldzustandsbericht 2004 der Länder Brandenburg und Berlin (MLUV Brandenburg, Se-

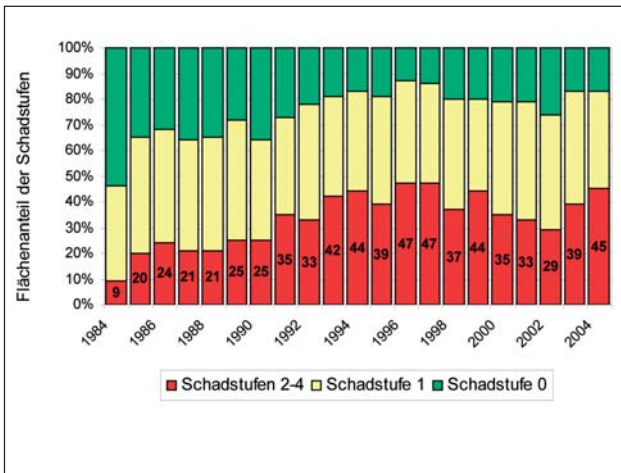


Abb. 2.2.18: Entwicklung der Schadstufenanteile der Eichen in Deutschland (bis 1989 ohne neue Länder)¹

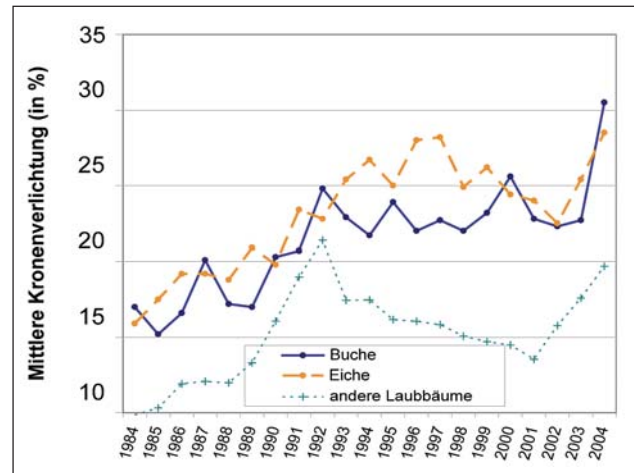


Abb. 2.2.19: Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung bei den Laubbäumen in Deutschland¹

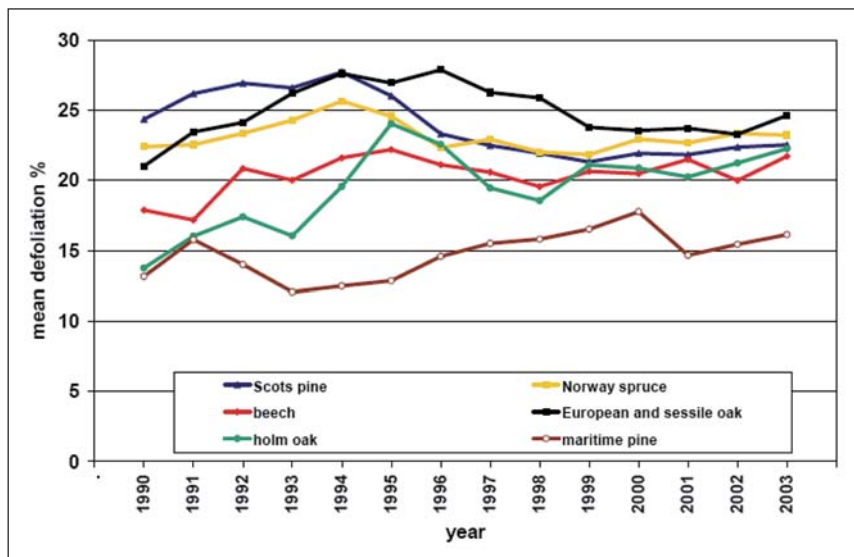


Abb. 2.2.20: Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung der Hauptbaumarten in Europa seit 1990 (Eiche schwarze Linie)²

natsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, 2004) verwiesen.

Die Reaktion auf Witterungsanomalien wird überlagert durch Gradationen von Schadinsekten, deren Fraßintensität im Frühjahr durch anschließenden Regenerationstrieb in der Waldschadenserhebung nur ansatzweise erfasst werden kann. FISCHER (1999) und SCHRÖCK (2001) verweisen auf die in Abhängigkeit von der Fraßintensität erfolgende Regeneration und die Notwendigkeit zusätzlicher Erhebungen des Frühjahrsfraßes für den Nachweis ihres Einflusses auf das Ergebnis der Waldschadenserhebung (s. Kap. 2.3).

Es ist für die Eichen seit 1996 eine besonders ungünstige Konstellation der Einflussfaktoren Witterung (Trockenheit, Frost) und biotische Schaderreger festzustellen. Nach einer Trockenperiode 1988–1992 waren die Schäden in der Eiche bereits stark angestiegen, wie die Beobachtungen in der (West-) Berliner Forsten von 1983–1991 und ab 1991 für Gesamtberlin eindrucksvoll belegen (Abb. 2.2.21). Im Folgejahr auf das trocken-heiße Jahr 1992 stiegen die deutlichen Schäden der Eiche 1993 erstmals extrem auf 50 % deutliche Schäden an.

Auch in Brandenburg wurde ein Anstieg der Kronenschäden der Eichen auf 26 % festgestellt, der aber nicht so extrem ausfiel, da im Jahr 1992 im Norden Brandenburgs deutlich höhere Niederschläge in der Vegetationsperiode fielen. In den Jahren 1994 und 1995 regenerierte sich die Belaubung langsam.

Diese Erholung wurde durch eine Gradation von Frostspanner und Eichenwickler, verbunden mit Schwammspinnerfraß mit dem Höhepunkt im Jahr 1996 beendet.

¹ Quelle: Bericht über den Zustand des Waldes 2004, BMVEL, Dezember 2004

² Quelle: UNECE 2004. LORENZ, M.; BECHER, G.; MUES, V.; FISCHER, R.; ULRICH, E.; DOBBERTIN, M.; STOFER, S.; Forest Condition in Europe – 2004 Technical Report, Geneva

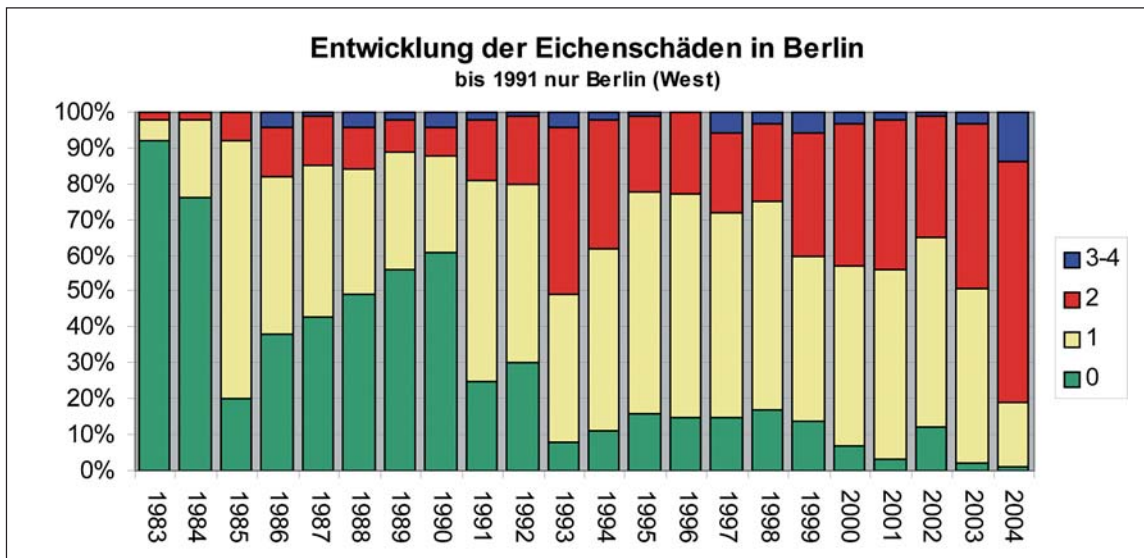


Abb. 2.2.21: Entwicklung des Kronenzustandes der Eichen im Land Berlin

Hiervon waren besonders die Eichen in Brandenburg betroffen. Die deutlichen Schäden stiegen auf 33 % an. Nach kurzer Erholung 1997 und 1998 nahmen die Eichenschäden in Berlin und Brandenburg im trocken-warmen Jahr 1999 wieder stark zu.

Seither ist in Berlin keine und in Brandenburg nur im Jahr 2002 bei besonders feuchter Witterung eine Regeneration erfolgt. Das Jahr 2003 brachte mit 50 % deutlichen Schäden in Berlin und 33 % in Brandenburg einen vorläufig neuen Höhepunkt der Eichenschäden. Die Auswirkungen blieben auch diesmal (wie in Folge des Trockenjahres 1992) nicht auf das Jahr der Trockenstressbelastung beschränkt, sondern setzten sich im Jahr 2004 verstärkt fort.

Im Frühjahr 2004 wurde ein fehlender bzw. verzögerter und sehr geringer Austrieb der Eiche, aber auch anderer Baumarten wie Birke und Buche beobachtet. Die überregionale Verbreitung und die Symptomausprägungen deuten auf eine abiotische Beeinträchtigung der Bäume

hin. Als Ursache werden die Niederschlagsdefizite im Jahr 2003 mit der Folge von Schäden im Feinwurzelbereich angenommen, die sich in Abhängigkeit von den standörtlichen Eigenschaften im physiologischen Zustand der Eichen widerspiegeln. Mit zunehmender Vegetationsdauer hat die Regeneration der Bestände auch in Form von Johannistrieben und Wasserreisern eingesetzt (BMVEL, 2004).

Auch wenn die ungünstige Faktorenkombination die Entwicklung des Kronenzustandes der Eichen in den letzten Jahren recht plausibel beschreibt, bleibt die schlüssige Erklärung ihrer gegenüber den anderen Baumarten geringeren Vitalität weiterhin offen. Die konkreten Faktorenkombinationen, die zu den beobachteten Vitalitätsprobleme der Eichen führen, bedürfen in der Region einer näheren Untersuchung. Letztendlich muss die Frage geklärt werden, welche waldbaulichen Verfahren und Maßnahmen sowie welche Herkünfte geeignet sind, Eichen-(Misch-)Bestände mit geringem Risiko und hoher Stabilität zu erziehen.

2.3 Zur Beteiligung von Insekten am aktuellen Krankheitsgeschehen der Eiche in Brandenburg

KATRIN MÖLLER, KARL-HEINZ APEL †,
ANNETT ENGELMANN

2.3.1 Einleitung

Die Gefährdung der Eiche durch biotische Schaderreger ist in der einschlägigen Fachliteratur umfänglich beschrieben (u. a. PATOČKA, 1980; SCHWERDTFEGER, 1981; HARTMANN, 1995; ALTENKIRCH et al., 2002). Die Bäume können während ihres gesamten, unter günstigen Umständen eindrucksvoll langen Lebens von einer Vielzahl mehr oder weniger stark auf die Eiche spezialisierter Insekten befallen werden. Die Eicheln werden bereits am Baum unter Umständen Opfer von Eichelbohrer (*Curculio glandium* [MARSH., 1802]) (Abb. 2.3.1) und Eichelwickler (*Cydia splendana* [HÜBNER, 1799]). Junge Eichen sind vorwiegend durch Pilze (siehe Kap. 2.4) sowie Mäuse und Wildverbiss gefährdet. Später gewinnen insbesondere die Frühjahrsfraßgesellschaft (auch Eichenwickler-Schadgesellschaft) mit Frostspannerarten (*Operophtera brumata* [L., 1775], *Erannis defoliaria* [CLERCK, 1759]) und Eichenwickler (*Tortrix viridana* [L., 1758]) sowie Schwammspinner (*Lymantria dispar* [L., 1758]) (Abb. 2.3.2) als Einflussfaktoren der Komplexkrankheit an Bedeutung. Die Eichenarten werden von einer Vielzahl holz- und rindenbrütender Insekten besiedelt, zu den physiologisch bedeutsameren unter ihnen zählen in Brandenburg jedoch nur wenige Arten. Es sind dies im Besonderen Prachtkäfer-Arten der Gattung *Agrilus*, der Eichensplintkäfer (*Scolytus intricatus* [RATZ., 1837]) und einige weitere Arten mit sehr lokalem und seltenem Auftreten, wie z. B. Heldbock (*Cerambyx cerdo* [L., 1758]).

BLANK und HARTMANN (2004) weisen im Zusammenhang mit dem im Frühjahr 2004 auffälligen gestörten Austrieb der Eichen, der eingeschränkten Ausbildung der Regenerations- und Johannistriebe und/oder deren Beeinträchtigung durch Eichenmehltau auf die Gefährdung der Eichen durch eine erneute Reduzierung der Blattmassen durch Insekten hin. Im Land Brandenburg wurde im Juli 2004 landesweit eine Bonitur des Austriebs der Eichen veranlasst, um u. a. Zusammenhänge zwischen der weiteren Vitalitätsentwicklung der Eichenbestände und dem Fraßgeschehen blattfressender Insekten zu überprüfen.

Dr. KATRIN MÖLLER
Landesforstanstalt Eberswalde,
Dr. KARL-HEINZ APEL †
Landesforstanstalt Eberswalde,
ANNETT ENGELMANN
Landesforstanstalt Eberswalde



Abb. 2.3.1: Eichelbohrer (*Curculio glandium*),
Foto: MÖLLER



Abb. 2.3.2: Schwammspinner (*Lymantria dispar*),
Foto: MÖLLER

Da infolge der im Jahr 2004 beobachteten „Austriebsdepressionen“ die Fraßgesellschaft an der Eiche in den besonderen Fokus der Waldschutzüberwachung gerückt ist, soll der Schwerpunkt der folgenden Ausführungen auf den Beobachtungen der Beteiligung der Insekten am Schädgeschehen in Brandenburg in den vergangenen Jahren sowie der Vermeidung von Folgeschäden durch holzbrütende Insekten liegen.

2.3.2 Dokumentation der Vitalitätseinschätzung der Eichen über den Waldschutzmeldedienst im Jahr 2004

Die bestandesweise Erhebung der Blattmassereduzierung infolge des beobachteten gestörten Austriebs der Eiche zeigte, dass sowohl Stiel- als auch Trauben-Eichen aller Altersklassen in allen Landesteilen betroffen waren.

Die Kronenbonitur erfolgte auf der Grundlage der Verlichtungsgrade der Waldzustandserfassung (s. Kap. 2.2). Der mit landesweit 8.954 ha größte Teil der Bestände mit reduzierter Belaubung wurde mit Blattmasseverlusten von 26–60 % der Schadstufe 2 zugeordnet. 7.296 ha Eichenbestände zeigten mit einer Kronenverlichtung von 11–25 % vergleichsweise geringe Schäden (Schadstufe 1), 958 ha wurden hingegen mit einer im Durchschnitt um mehr als 60 % reduzierten Belaubung als stark geschädigt eingestuft (Schadstufe 3) (Abb. 2.3.3).

Mehr als die Hälfte der von einer Kronenverlichtung betroffenen Eichenbestände in allen drei Schadstufen zeigten als zusätzlichen Stressor vor allem an den Johanniss- und Regenerationstrieben **Mehltaubefall** als Folge der zum Teil kühl-feuchten sommerlichen Witterung. Dabei waren die Bestände mit einem Blattmasseverlust von mehr als 60 % fast vollständig befallen.

Der für das Jahr 2004 über den Waldschutzmeldedienst erfasste deutliche Anstieg der Schadholzmengen infolge von Absterbeerscheinungen in Eichenbeständen („Eichensterben“) bestätigte die Ergebnisse der Vitalitätseinschätzung (Abb. 2.3.4).

Auffälliges Auftreten von holz- und rindenbrütenden Insekten wurde allerdings im Jahre 2004 über den monatlichen Meldedienst nur vereinzelt gemeldet (Eichen-

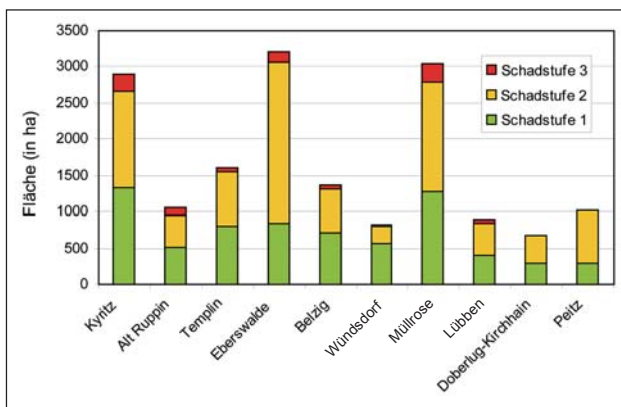


Abb. 2.3.3: Flächenanteile der Schadstufen 1–3 in den Ämtern für Forstwirtschaft 2004 (Gesonderte Erhebung über den Waldschutzmeldedienst)

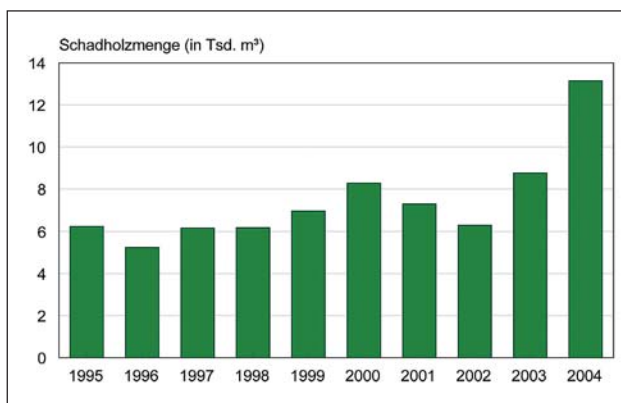


Abb. 2.3.4: Entwicklung der Schadholzmenge beim Eichensterben

prachtkäfer auf 16 Teilflächen mit 35 m³ und Eichensplintkäfer auf 25 Teilflächen mit 240 m³). Für den Zeitraum Januar bis März 2005 liegen zwei Meldungen zum Auftreten von Eichenprachtkäfer vor: Revier Altenhof, AfE Eberswalde mit 15 Teilflächen und 500 m³ Befallsholz sowie BFA Ruppiner Heide mit 3 Teilflächen und 250 m³ Befallsmenge. Auch in den Zusatzmeldungen 2005 wird häufiger als im Jahr 2004 über z. T. flächige Absterbeerscheinungen in Eichenbeständen berichtet.

2.3.3 Die Frühjahrsfraßgesellschaft

Auf die Biologie und Ökologie der häufigen und bekannten Arten soll hier nicht näher eingegangen werden. Umfangreiche Übersichten hierzu liefern u. a. SCHWENKE, 1978, PATOČKA, 1980, ALTENKIRCH et al., 2002 und AMANN, 2003.

Basierend auf den Daten des Waldschutzmeldedienstes wurde im Frühjahr 2004 landesweit eine deutliche Erhöhung des Flächenumfangs der durch Fraß von **Eichenwickler** bzw. **Frostspanner**-Arten geschädigten Eichenbestände dokumentiert, die den Trend der in den vorangegangenen Jahren zunehmenden Fraßschäden an Eiche fortsetzte. Die Ergebnisse zur Vitalitätseinschätzung der Eiche zeigten in allen ÄfF die Beteiligung von Eichenwickler und Frostspanner, aber auch der bis in den Juli hinein fressenden Eichenprozessionsspinner und Schwammspinner an der dokumentierten Kronenverlichtung in allen drei Schadstufen, jedoch mit regional unterschiedlicher Intensität. Für 8.200 ha und damit ca. 50 % der Eichenbestände mit reduzierten Blattmassen wurden durch die Revierleiter Fraßschäden durch Eichenwickler und Frostspanner gemeldet, wobei Bestände der Schadstufe 2 überdurchschnittlich stark betroffen waren. Regionale Schwerpunkte des Auftretens dieser Insektenarten wurden in den ÄfF Kyritz, Eberswalde, Müllrose und Peitz dokumentiert. Die Schäden durch die Frühjahrsfraßgesellschaft waren allerdings nicht eindeutig von den Austriebsdepressionen abzugrenzen. Dazu kommt, dass die vielerorts beobachteten Frühlingseulen zu den Blattmasseverlusten, gleichzeitig aber auch mit hoher Wahrscheinlichkeit zur Dezimierung der Raupendichten von Frostspanner und Eichenwickler beigetragen haben.

Frühlingseulen wie *Orthosia cruda* (DENIS & SCHIFFERMÜLLER, 1775 = *pulverulenta* ESPER, 1784) (Abb. 2.3.5) und *Orthosia miniosa* (DENIS & SCHIFFERMÜLLER, 1775) gelten als stellenweise ziemlich häufig. Sie bevorzugen warm-trockene Standorte. Die recht großen, auffälligen Raupen neigen zu sehr verschwenderischem Blattfraß und zu Kannibalismus (entomophag). *O. pulverulenta* frisst von Mai bis Juni und wird als gelegentlicher Komplexschädling der Eiche angesehen. *O. miniosa* dagegen gilt als häufiger Komplexschädling an Eichen und Begleitart des Schwammspinners. Diese Art frisst von April bis Juni, anfangs zwischen versponnenen Blättern am Triebende. Beide Arten sind gelegentliche Mordraupen (PATOČKA, 1980). Die **Trapezeule** (*Cosmia trapezina* [L., 1758]), die am häufigsten an feuchtwarmen Standorten zu finden ist, frisst von April bis Juni polyphag an Laubgehölzen, bevorzugt an Eiche, Ulme und Ahorn. Sie lebt ebenfalls als Mordraupe und stellt nach PATOČKA (1980) insbesondere Raupen von Eichenwickler und Kleinem Frostspan-



Abb. 2.3.5: Frühlingseule (*Orthosia cruda*),
Foto: HAUSWIRTH



Abb. 2.3.6: Eiräupchen des Eichenprozessionsspinners (*Thaumetopoea processionea*),
Foto: MÖLLER

ner nach. Die Art gehört ebenfalls zu den Komplexschädlingen der Eiche.

2.3.4 Eichenprozessionsspinner *Thaumetopoea processionea* (L., 1758)

Ausgehend von den Ergebnissen der Vitalitätseinschätzung wurden im Sommer 2004 Vorkommen des Eichenprozessionsspinners (Abb. 2.3.6) auf einer Fläche von ca. 900 ha dokumentiert, wobei lokale Befallsherde fast landesweit gemeldet wurden. In den Ämtern für Forstwirtschaft Alt Ruppin, Templin und Peitz wurde das Auftreten dieses hygienisch bedeutsamen Schmetterlings in flächenmäßig größerem Umfang festgestellt. Die Raupenhaare können bei Hautkontakt bzw. Inhalation zu starken allergischen Reaktionen beim Menschen führen. Bereits im Sommer 2003 verursachten die Raupen des Eichenprozessionsspinners lokal erhebliche hygienische Probleme im Raum Dahlen (AfF Belzig). Hohe Eigelege-Zahlen (4–6 Eigelege/10 m Trieb länge) und Schlupfraten der Eiräupchen im Labor deuteten im Untersuchungsgebiet auf ein erneutes massives Auftreten im kommenden Sommer hin, so dass dort im Jahr 2004 Pflanzenschutzmaßnahmen auf einer Fläche von insgesamt 158 ha erforderlich wurden, bei denen das *Bacillus thuringiensis*-Präparat Dipel ES und das Pyrethroid Karate WG Forst zum Einsatz kamen.

2.3.5 Schwammspinner *Lymantria dispar* (L., 1758)

Bereits während der Erhebung der durch die Austriebsdepression induzierten Blattmassereduzierung im Sommer 2004 wurde Schwammspinnerfraß in einem Umfang von insgesamt 1.873 ha mit größeren Anteilen in den Äff Müllrose und Peitz festgestellt. Im Ergebnis der nachfolgend durchgeführten Zählung der Eigelege an jeweils 10 Probestämmen konnten maximale Dichten von bis zu 153 Eigelegen im Raum Jüterbog nachgewiesen werden. In den Oberförstereien Senftenberg und Elsterwerda (AfF Doberlug-Kirchhain) deuteten lokal eng begrenzte Eiablagen im kritischen Bereich ebenfalls auf eine erhöhte Fraßgefährdung im Sommer 2005 hin. Weitere Schwerpunkte des Schwammspinnerauftretens, allerdings mit

Dichten unterhalb kritischer Werte, befinden sich in den Oberförstereien Luckau und Dahme (AfF Lübben) sowie Hohenbucko, Doberlug und Altdöbern (AfF Doberlug-Kirchhain). Damit ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt eine auffallende Konzentration erhöhter Schwammspindichten in den südlichen Teilen Brandenburgs zu erkennen. In Eichenbeständen, die im Frühjahr 2004 besonders deutlich mit einer Blattmassereduktion zeichneten, wurden bisher keine erhöhten Dichten des Schwammspinners dokumentiert.

Im Frühsommer 2004 wurden außerdem lokal und in zumeist geringen Dichten Laubholzwickler (*Archips xylosteana* [L., 1758]), Schwan (*Euproctis similis* [FUESSLY, 1775]), Goldafter (*Euproctis chrysorrhoea* [L., 1758]), Laubholzblattwespen (*Periclista* spec.), Eichenkarmin (*Catocala sponsa* [L., 1767]), Sackträgermotten (*Coleophoridae*) und Grünrüssler (*Phyllobius* spec.) nachgewiesen. Die im Sommer 2004 häufig in den Beständen angetroffenen gelb-braun gefärbten Langhornmotten (*Nemophora* spec.) minieren in krautigen Pflanzen und sind somit für die Eichen nicht von Bedeutung.

2.3.6 Zweifleckiger Eichenprachtkäfer *Agrilus biguttatus* (F., 1777)

Der zweifleckige Eichenprachtkäfer (Abb. 2.3.8) ist mit 10–12 mm Körperlänge eine der größten Arten der Gattung und befällt vornehmlich Stammarten (ab 12 cm Durchmesser) von physiologisch vorgeschädigten Eichen. Die übrigen häufigen Arten der Gattung an Eiche (z. B. *Agrilus sulcicollis* [LACORD, 1835], *A. angustulus* [ILL., 1803]) besiedeln vorrangig den Kronenraum sowie einzelne Äste und tragen damit zur weiteren Auflichtung von geschädigten Kronen bei.

Der Befall durch *Agrilus biguttatus* tritt in der Regel nach Vitalitätsverlusten der Eichen nach Schädigungen während Kalamitäten des Schwammspinners, des Eichenwicklers oder des Eichenprozessionsspinners, aber auch nach Witterungsextremen auf. Sowohl Blattverluste als auch Stress durch Wassermangel schwächen einerseits die Wirtsbäume und schaffen andererseits günstige Bedingungen für die Entwicklung der wärmeliebenden Prachtkäfer. Die Art ist in der Lage, regenerationsfähige Eichen unter günstigen Entwicklungsbedingun-



Abb. 2.3.7: Spechtabschläge in Folge Eichenprachtkäferbefall, Foto: APEL



Abb. 2.3.8: Zweifleckiger Eichenprachtkäfer – *Agrilus biguttatus*, Foto: HAUSWIRTH

gen erfolgreich zu besiedeln und abzutöten. Die Flugzeit erstreckt sich von Ende Mai bis in den August, in dieser Zeit kommt es nach anfänglichem Reifefraß immer wieder zu einem Regenerationsfraß an Eichenlaub. Die Eier werden in kleinen Gruppen in Rindenritzen abgelegt. Die daraus schlüpfenden Larven fressen in der Kambialzone, wobei mit zunehmender Gangbreite (bis zu 3,5 mm) der Splint geschürft wird. Die strahlenförmig von der Eiablagestelle ausgehenden Junglarvengänge verlaufen anfangs zick-zack-förmig, später waagrecht und sind mit zu einem Strang gepressten Bohrmehl gefüllt. Bei Erreichen des letzten Stadiums können die Larven bis 30 mm lang sein. Sie bohren sich zur Überwinterung in die Rinde ein, wo sie sich im darauffolgenden Frühjahr verpuppen und zum Käfer entwickeln. Die Entwicklung kann je nach Beschaffenheit des Brutsubstrates und der Witterung ein- oder zweijährig sein. Weniger stark geschwächte Eichen vermögen unter günstigen Bedingungen den Befall der Junglarven beim Vorliegen einer zweijährigen Generation abzuwehren.

Ein sicheres Merkmal des Befalls mit abgeschlossener Entwicklung sind Spechtabschläge, durch die der Stamm gerötet wird (Abb. 2.3.7), und plötzliche Welke während der Vegetationszeit. Schleimflussflecken sind zur Befallserkennung nicht geeignet, da sie auch durch andere Ursachen hervorgerufen werden.

2.3.7 Eichensplintkäfer *Scolytus intricatus* (RATZ., 1837)

Auf Grund seiner Häufigkeit ist der Eichensplintkäfer in der Lage, durch massive Angriffe Äste und Zweige kränkelnder Eichen zu besiedeln und mit seinem Reifefraß Feinreisigverluste zu induzieren, wodurch es zu Kronenverlichtungen kommen kann. Der Befall jüngerer Bäume, besonders frisch gepflanzter Heister, kann zu größeren Ausfällen und Schäden führen.

Die in der zweiten Aprilhälfte schlüpfenden Jungkäfer führen einen Reifefraß an vorjährigen Eichentrieben aus. Als Brutbäume kommen alle Eichenarten in Frage. Das Brutbild besteht aus einem kurzen (1–3 cm) einarmigen, querlaufenden Muttergang, der den Splint tief schürft. Die bis zu 10 cm langen Larvengänge verlaufen in Faserrichtung und greifen ebenfalls tief in den Splint ein. Die Puppenwiegen befinden sich je nach Rindenstärke in der Rinde oder im Holz. Die Überwinterung erfolgt im Larvenstadium. Bei günstiger Witterung kann es in klimatisch begünstigten Lagen zu einer zweiten Generation mit einem Schwarm Ende August/Anfang September kommen.

2.3.8 Technische Schädlinge

Technische Schädlinge besiedeln frisch abgestorbene oder eingeschlagene Stämme und entwerten diese durch die Anlage z. T. tief ins Holz reichender Gangsysteme. Die dabei übertragenen Ambrosia-Pilze bilden an den Gangwänden Pilzrasen. Typisches Merkmal ist die Schwarzfärbung des Holzes um die Gänge herum.

2.3.8.1 Eichenholzbohrer *Xyleborus monographus* (F., 1792)

Bevorzugte Brutbäume sind Eichenarten, daneben weitere Laubbäume wie Buche, Ahorn, Ulme und Birke. Das Brutbild besteht aus der radialen Eingangsröhre und den von dieser nach beiden Seiten abgehenden Brutröhren, diese können sich selbst ebenfalls nochmals verzweigen. Die Eier werden in Gruppen an den Gangenden abgelegt. Die Larven vollenden ihre Entwicklung in den Gängen, ohne diese zu erweitern. In einem Jahr kommen 2 Generationen mit Flugzeiten im März/April und Juni/Juli zur Entwicklung.

Besiedelt werden absterbende Stämme und Äste, Stöcke und eingeschlagenes Holz. Die hohen Siedlungsdichten

und die tiefreichenden Brutbilder verursachen schwere technische Schäden, daher kommt *X. monographus* eine beachtliche wirtschaftliche Bedeutung zu. Wertvolle Sortimente wie Furnier- oder Sägeholz sind daher, wenn irgend möglich, vor dem ersten Schwarm abzufahren.

Weitere Arten der Gattung wie *X. dispar* und *X. saxeseni* legen ihre Brutsysteme i. d. R. nur im Splint an und verursachen daher keine nennenswerten Schäden.

2.3.8.2 Buchen-Nutzholzborkenkäfer *Xyloterus domesticus* (L., 1758) und Eichen-Nutzholzborkenkäfer *Xyloterus signatus* (F., 1787)

Die Brutbilder beider Arten entsprechen mit ihren typischen Leitersprossengängen denen des Nadelnutzholzborkenkäfers *Xyloterus lineatus* (OL., 1795). Sie haben eine Generation im Jahr und legen keine Geschwisterbruten an. Die Käfer fliegen schon im März. Ein zweiter Schwarmflug von Jungkäfern der Art *X. signatus* führt nicht zur Anlage neuer Bruten, sondern dient dem Aufsuchen von Überwinterungsplätzen, wozu von Anobien ausgelegte Gänge am Stammfuß älterer Bäume benutzt werden. *X. domesticus* überwintert am Brutort.

Beide Arten sind polyphag an nahezu allen Laubbaumarten in den obersten Splintschichten minierende Borkenkäfer. Der starke Bohrmehlauswurf täuscht stärkere technische Schäden vor als in Wirklichkeit bestehen und führt, im Gegensatz zum *Xyleborus*-Befall, zu mitunter ungerechtfertigten großen Preisminderungen. Die Arten sind gelegentlich auch an Heisterpflanzen schädlich geworden. Eine vorbeugende Behandlung furnierfähiger Eichen- und Buchenstämme mit Insektiziden oder besser noch deren Abfuhr aus dem Wald vor dem zeitigen Schwarmflug sind in Befallsgebieten die besten Verfahren, Schäden zu vermeiden.

2.3.8.3 Eichenkernkäfer *Platypus cylindrus* (F., 1792)

Die Art hat in den letzten Jahren deutlich an Häufigkeit zugenommen, möglicherweise infolge des anhaltenden Eichensterbens. Der Schwarm beginnt nicht vor Anfang Juli und erstreckt sich bis in den September. Befallen werden vorzugsweise Eichenarten, seltener andere Laubbäume. Das Männchen legt die radial verlaufende kurze Eingangsröhre an. Der weitere Ausbau des Brutsystems wird nun vom Weibchen übernommen, das Männchen wirft nur noch das dabei anfallende Bohrmehl aus. Die Nagespäne sind grobfaserig und wurstförmig zusammengedrückt (Befallserkennung). Das Brutsystem in Form eines mehrfach verzweigten geweihartigen Ganges liegt in einer Ebene.

2.3.9 Waldschutzmaßnahmen

Eichen sind durch eine gewisse Regenerationsfähigkeit physiologisch an Fraßschäden angepasst. Die Wiederbelaubung erfolgt in der Regel durch den Austrieb ruhender Knospen auch an stärkeren Ästen oder Zweigen direkt nach dem Ende der Fraßaktivität blattfressender Insekten. Unabhängig davon verlängert die Eiche durch

den so genannten Johannistrieb in der zweiten Junihälfte den Maitrieb über die Terminalknospe hinaus. In jedem Fall führen umfangreiche Blattverluste infolge eines Verbrauchs von Reservestoffen zu teilweise langjährigen Vitalitätseinbußen der betroffenen Eichen.

HARTMANN und BLANK (1998) gehen davon aus, dass das Zusammenwirken mehrerer Faktoren Eichensterben auslöst (siehe Kap. 2.4). Befinden sich Eichenbestände in einem kritischen Vitalitätszustand, sollte im Sinne eines Waldschutzkonzeptes folgerichtig versucht werden, einzelne Schadfaktoren auszuschalten. Der einzige kurzfristig beeinflussbare Faktor ist die Entlaubung durch Insekten. Dabei ist bei einem erwarteten Fraß von Arten der Frühjahrsfraßgesellschaft im allgemeinen kein Eingriff in die Populationsdichten notwendig. Bereits durch abiotische oder biotische Schaderreger prädisponierte Bestände reagieren aber wesentlich sensibler, was durch einzelbaumweises Absterben und den Besiedlungserfolg von Sekundärschädlingen sichtbar wird. Insektizide können auch die Anfälligkeit gegenüber Prachtkäferbefall herabsetzen. Im Bienwald registrierte BLOCK (1995) nach Kahlfraß durch den Schwammspinner eine im Folgejahr reduzierte Belaubung, die nochmals dem Schwammspinner zum Opfer fiel. Gleichzeitig wurde starker Mehlaubefall beobachtet. Auf diesen Flächen kam es zu Absterberaten von 31–90 % des Bestandes. Dabei waren stau- und grundnasse Böden stärker betroffen, da eine Vernässung im Frühjahr zur Einschränkung der Transpiration und damit zu einem vermehrten Absterben der Feinwurzeln führte. Bei erwartetem Kahlfraß durch Schwammspinner ist auch nach LOBINGER (1999) ein Pflanzenschutzmittel-Einsatz für den Erhalt der Bestände zu empfehlen. In Bayern wurden nach alleinigem Fraß des Schwammspinners merkliche Absterberaten und eine erhöhte Disposition gegenüber Prachtkäferbefall beobachtet. Kombinationsfraß von Schwammspinner und Eichenwickler führte fast ausnahmslos zu massiver Schädigung der betroffenen Eichen mit Absterberaten von über 50 % (LOBINGER, 1999).

Mit welcher Intensität und welchen Folgen das Geschehen 2004 im Schädigungskomplex des Eichensterbens eingeordnet werden muss, ist zum jetzigen Zeitpunkt schwer zu bewerten (s. Kap. 2.8). Mit hoher Wahrscheinlichkeit muss von einer deutlichen Beeinflussung des Kohlenhydrathaushaltes der Eichen durch eine eingeschränkte Assimilationsleistung ausgegangen werden (siehe Kap. 2.7). FÜHRER (1996) spricht Blattmasseverlusten durch phytophage Insekten einen deutlichen Einfluss im Prozess des Eichensterbens insbesondere bei Verstärkung durch abiotische Faktoren zu. Folgerichtig kommt dem Extremsommer 2003 in der Kette der Einflussfaktoren eine wichtige Bedeutung zu. Inwiefern die Entlaubung durch Blattfresser bzw. die Austriebsstörungen und deren Folgen physiologisch differenziert betrachtet werden müssen, kann derzeit noch nicht eindeutig beurteilt werden. BLANK und HARTMANN (2004) gehen aktuell davon aus, dass Kahlfraß nicht immer, aber im Fall einer gestörten Regeneration und einer erneuten Entlaubung im Folgejahr zu schweren Bestandesschäden führt. Sie haben mit Untersuchungen begonnen, die der Dokumentation von Zusammenhängen zwischen dem – durch eine Vielzahl von Merkmalen zu erfassenden – Regenerationsverhalten der Eichen nach Kahlfraß und der Absterbewahrscheinlichkeit bei erneut

zu erwartenden intensiven Blattmasseverlusten dienen sollen.

In Brandenburg wurden im Herbst 2004 bzw. Winter 2004/2005 zur Prognose zu erwartender Fraßschäden im Frühjahr und Sommer 2005 folgende Überwachungsmaßnahmen empfohlen (Schwerpunkt: Eichenbestände der Schadstufen 2 und 3, wirtschaftlich besonders wertvolle Bestände bzw. Nähe zu Siedlungen u. a. beim Eichenprozessionsspinner):

- Schwammspinner: Eigelegezählung
- Frostspanner: Zählung der Weibchen an Leimringen
- Frostspanner und Eichenwickler: Schlupfkontrollen an Probezweigen
- Eichenprozessionsspinner: Eigelegekontrollen

Erhöhte Populationsdichten von Frostspanner, Schwammspinner und Eichenprozessionsspinner sind nur lokal ermittelt worden. Auf Grund der eingeschätzten Vitalität der betroffenen Eichenbestände und der geringen Schlupfraten an untersuchten Eichenzweigproben wurde 2005 dort auf den Einsatz von Insektiziden verzichtet. In Bereichen, wo erhöhte Raupendichten des Eichenprozessionsspinners erwartet wurden, ist aus hygienischen Gründen die Sperrung betroffener Waldgebiete empfohlen worden. Die weitere Beobachtung der Vitalität der Eichenbestände mit vermindertem Austrieb 2004 und

entsprechend der Überwachungsdaten zu erwartenden intensiven Fraßschäden 2005 ist vorgesehen.

Der weiteren Ausweitung des Befalls durch Eichenprachtkäfer kann über Aushieb und frühzeitige Abfuhr der befallenen Stämme entgegengewirkt werden. Dies ist zugleich ein wirksamer Schutz gegen den Befall durch Holzbohrer und Kernkäfer. Im August/September sollten dazu alle geschädigten Eichenbestände durchmustert werden.

Absterbende, zu entnehmende Stämme sind nach folgenden Kriterien auszuwählen:

- erkennbarer Prachtkäferbefall
- Spechtabschläge („Rötung“) im Stammbereich und unteren Kronenbereich
- einseitig abgestorbene Krone
- rötlichbraun gewordenes Laub, starke Vergilbung
- Totastanteil > 70 % oder Blattverluste > 75 %

Der Spagat des örtlichen Wirtschafters liegt einerseits darin, jede regenerationsfähige Eiche zu erhalten, um einer weiteren Auflichtung des Bestandes Einhalt zu gebieten, andererseits sollte mit dem Einschlag nicht zu lange gezögert werden, um einer Entwertung namentlich wertvoller Sortimente durch holzbrütende Insekten vorzubeugen.

2.4 Pilzliche und pilzähnliche Organismen als Krankheitserreger an Eichen

PAUL HEYDECK

2.4.1 Schwarze Eichelfäule

(Erreger: *Ciboria batschiana* [ZOPF
BUCHWALD])

Ciboria batschiana gilt als „primärer und wichtigster Schaderreger an Eichensaatgut“ (KEHR und SCHRÖDER, 1997). Der Pilz verursacht eine Schwarzfärbung und Fäulnis der gesamten Samenanlage und ist imstande, lagerndes oder bereits ausgebrachtes Eichensaatgut vollständig zu vernichten. Durch das Auftreten der Krankheit kam es nach 1990 auch im Land Brandenburg zu teilweise schwerwiegenden Problemen bei der Anzucht von Eichen in Baumschulen (HEYDECK, 1999). Zeitweise war es außerordentlich schwierig, selbst kleinere Mengen intakter Trauben- oder Stiel-Eicheln zu erwerben. Nur wenige Baumschulen blieben von den teilweise extrem niedrigen Auflaufquoten in den Saaten verschont.

Die Infektion durch Ascosporen findet im Herbst (nach dem Abfallen der Eicheln) statt. Bei der Etablierung des Krankheitserregers kommt es zu einer braunen, später schwarzen Färbung der Samenanlage, wobei die Kotletonen stark einschrumpfen. Im Spätsommer und Herbst des darauf folgenden Jahres entwickeln sich auf dem mumifizierten, tiefschwarz gefärbten Gewebe die unscheinbaren, dunkelbraunen, kelch- bzw. becherförmigen Fruchtkörper des Pilzes. Die größtenteils gestielten Apothecien erreichen einen Durchmesser von maximal 15 bis 20 mm.

Als Gegenmaßnahmen können das frühzeitige Einsammeln der Eicheln, eine sorgfältige Aufarbeitung des Saatgutes und die Schaffung geeigneter Lagerungsbedingungen empfohlen werden (vgl. BUTIN, 1996; SCHRÖDER, 1999). Sind die Eicheln bereits infiziert, besteht noch die Möglichkeit, den Erreger durch eine Heißwasserbehandlung (Thermotherapie) des Saatgutes (2 Stunden bei 41 °C) abzutöten, vgl. BUTIN (1996). Letztgenannte Maßnahme wurde speziell bei der Stiel-Eiche erfolgreich angewandt (GILLE, 1997), ist aber relativ teuer. Notwendig erscheint daher die vorherige Ermittlung der Befallsrate, wozu sich die Infektionsflecken auf den Kotletonen eignen (SCHRÖDER et al., 2004). Daneben wurden alternative Verfahren, insbesondere für die empfindlicheren Trauben-Eicheln, erprobt (vgl. MIDDELMANN, 1997; RÖDER und KNAPPE, 1997; SCHRÖDER, 1999).



Abb. 2.4.1: Symptome der „Schwarzen Eichelfäule“,
Foto: HEYDECK

2.4.2 Wurzelfäule an jungen Eichen

(Erreger: *Cylindrocarpon destructans* [ZINS.]
SCHOLTEN, Teleomorphe: *Nectria radicularis*
GERLACH et NILSSON)

C. destructans ist „sonst ein nichtparasitärer Bestandteil der Rhizosphäre der Eiche sowie anderer Laubbaumarten“ (BUTIN, 1996). Der Pilz kommt normalerweise regelmäßig im Boden sowie an den Wurzeln verschiedener Laub- und Nadelgehölze vor, ohne hier Schäden hervorzurufen. Unter bestimmten Voraussetzungen vermag *C. destructans* jedoch auch pathogen in Erscheinung zu treten (schwacher Parasit). Wirtschaftlich bedeutungsvolle Ausfälle entstehen vor allem in Baumschulen, ferner auch in Jungkulturen und Unterbaupflanzungen. Gefährdet sind besonders Eichen-Arten (*Quercus petraea*, *Q. robur*, *Q. rubra*) sowie Rot-Buche (*Fagus sylvatica*). Geschädigte Pflanzen zeigen im Frühjahr keinen Austrieb oder sterben kurz nach dem Austreiben ab. Als prädisponierende Faktoren kommen meist meteorogene Beeinträchtigungen in Frage. Auch ein zu langer Aufenthalt der Jungpflanzen im Einschlag erhöht das Infektionsrisiko. Zu umfangreichen Pflanzenausfällen in Verbindung mit *C. destructans* kam es im Land Brandenburg zuletzt 1996 und 1997, wobei der Schwerpunkt des Infektionsgeschehens im Jahr 1997 lag (HEYDECK 1999; HEYDECK und DAHMS, 1998, 2001). Betroffen waren vor allem Aufforstungen auf Freiflächen sowie verschulte und eingeschlagene Pflanzen. Voran- und Unterbauten blieben allerdings nicht vollständig verschont. An den Wurzeln geschädigter bzw. abgestorbener Pflanzen fanden sich zahlreich und stetig Konidienlager des Pilzes mit den charakteristischen Konidiosporen. Offenbar wurde

die Prädisposition für den Befall durch extrem niedrige Temperaturen in den langen und kalten Wintern 1995/96 bzw. 1996/97 herbeigeführt. Der vorwiegend sandige Boden war längere Zeit tief gefroren, danach trat vorübergehend Staunässe beim Abtauen auf. *C. destructans* hatte im ostdeutschen Raum bereits im Frühjahr 1985 beachtliche Schäden an jungen Eichen und Rot-Buchen verursacht (KEßLER, 1988), nachdem im Winter 1984/85 strenger Frost aufgetreten war. Zur Vermeidung größerer Ausfälle sollten eingeschlagene Gehölze so schnell wie möglich ausgepflanzt werden. Eine sichere Prognose des Schadauftritts von *C. destructans* ist bislang nicht möglich.

Neben *C. destructans* können gelegentlich weitere Kleinpilze (z. B. *Fusarium* spp., *Rosellinia* spp.) Wurzelfäule an jungen Eichen hervorrufen.

2.4.3 Eichenmehltau (Erreger: *Microsphaera alphitoides* GRIFF. & MAUBL.)

Der zu den Echten Mehltaupilzen gehörende, obligate Parasit wurde in Europa erstmals im Jahr 1907 epidemisch beobachtet (vgl. BUTIN, 1996). *M. alphitoides* befällt vorwiegend die heimischen Eichen-Arten, wobei *Quercus robur* etwas anfälliger ist als *Q. petraea*. Kaum betroffen sind dagegen die aus Nordamerika stammenden Eichen-Arten (z. B. *Quercus rubra*). Das Myzel überzieht die Ober- und Unterseite der Blätter, unter bestimmten Voraussetzungen auch junge Triebe. Intensiver Befall ist namentlich an sonnigen Stellen und bei geringer Luftfeuchtigkeit im Frühjahr zu erwarten. Jede Turgeszenzminderung im Blattgewebe schafft günstige Bedingungen für das Auftreten der Krankheit. Einem hohen Infektionsdruck (massenhafte Konidienbildung) sind besonders die Johannistriebe ausgesetzt (Juli, August). Durch die rasant fortschreitende Konidienproduktion erscheint die Blattoberfläche wie mit Mehl bestäubt. Infizierte junge Blätter erreichen ihre normale Größe nicht, sondern werden deformiert, beginnen zu welken, rollen sich ein, sterben ab und fallen später zu Boden. An erkrankten Trieben kommt es zu Krümmungen und Missbildungen. Schwere Schäden können entstehen, wenn



Abb. 2.4.2: Mehltaubefall an jungen Eichenblättern,
Foto: HEYDECK

die Krankheit in Kombination mit Insektenfraß oder/und abiotischen Beeinträchtigungen (Dürreperioden) auftritt. Das Vorkommen des Eichenmehltaus ist oft mit erheblichen Zuwachsverlusten verbunden. Die betroffenen Bäume werden geschwächt und anfällig für weitere Schaderreger. *M. alphitoides* kann im Rahmen des Eichensterbens bedeutsam sein (vgl. HARTMANN, 1996).

Da Sämlinge und Jungpflanzen akut gefährdet sind, empfiehlt sich in Baumschulen und Pflanzgärten zur Abwehr größerer Schäden die Anwendung zugelassener Fungizide.

2.4.4 Blattbräune der Eiche (Erreger: *Apiognomonia quercina* [KLEB.] HÖHN., Anamorphe: *Discula quercina* [WEST.] ARX = *Gloeosporium quercinum* WEST.)

Der Pilz kommt regelmäßig als Endophyt in vitalen Eichenblättern vor. Gelegentlich tritt er auch pathogen nach einem Befall der Blätter durch gallbildende Insekten auf (besonders *Neuroterus* spp.), wobei die Galle im Zuge der Pilzentfaltung abstirbt. Die bis 2 cm großen, bräunlichen Nekrosen sind unregelmäßig gestaltet und schließen meist Blattadern ein. Mitunter werden auch die Blattstiele befallen. Im darauffolgenden Frühjahr entwickelt sich an überwinterten Blättern die Hauptfruchtform des Pilzes.

Im Blattgewebe von Eichen kommen weitere endophytisch lebende Pilzarten vor. Namentlich *Kabatiella apocrypta* (ELLIS & EV.) ARX und *Tubakia dryina* (SACC.) SUTTON lassen sich mit hoher Stetigkeit nachweisen. Darüber hinaus treten als Erreger von Blattflecken an *Quercus* spp. folgende Spezies in Erscheinung: *Cryptocline cinerescens* (BUBÁK) ARX, *Dichomera saubinetii* (MONT.) COOKE, *Mycosphaerella punctiformis* (PERS.) STARB., *Septoria quercicola* (DESM.) SACC., vgl. BUTIN (1996).

Grau- bis braunschwarze, abwischbare Beläge auf Eichenblättern werden durch so genannte „Schwärzepilze“ verursacht (epiphytisch lebend).

2.4.5 Eichenrindenbrand, *Fusicoccum*- Rindenbrand der Eiche (Erreger: *Fusicoccum quercus* Oudem.)

Der Rindenparasit kann junge Eichen zum Absterben bringen, vor allem in Baumschulen und Jungkulturen (wirtschaftlich spürbare Schäden durch Rindenbrand). Ferner werden auch Triebspitzen älterer Bäume abgetötet. Der parasitische Angriff erfolgt zur Zeit der Vegetationsruhe, vgl. BUTIN, 1981. Sofern die Nekrosen Zweige, Äste oder Sprossachsen vollständig umschließen, kommt es zum Absterben der darüber befindlichen Pflanzenteile. Epidemisch tritt der Pilz aber nur unter bestimmten Voraussetzungen auf (hohes Befallsrisiko auf leichten, sandigen Böden mit geringem Wasserspeichervermögen). Oft wird die Prädisposition für den Befall durch Witterungsextreme herbeigeführt (z. B. nach Dürreperioden oder subletaler Beeinträchtigung der Pflanzen durch Frost). Sonst findet man den Pilz häufig auch saprophytisch auf der Rinde toter Zweige und Äste.

F. quercus gehört in Brandenburg zu den häufigsten an jungen Eichen diagnostizierten Pilzarten (Bedeutung beim Waldumbau), vgl. HEYDECK und DAHMS (2001). Namentlich in der Anwuchsphase besteht ein erhöhtes Befallsrisiko.

HEINSDORF et al. (2000) regen an, bei der Eiche wegen des besseren Wurzelwachstums verstärkt von der Saat Gebrauch zu machen sowie die Möglichkeit der Naturverjüngung zu nutzen. Diese Empfehlung wird auch aus phytopathologischer Sicht unterstützt. In Baumschulen wäre zur Abwehr des Eichenrindenbrandes eine zusätzliche Beregnung von Sämlingen und Jungpflanzen sinnvoll.

Auf Trieben und Rinde von *Quercus* spp. kommen weitere Kleinpilze vor. Verwechslungen sind vor allem mit den sehr ähnlichen, jedoch saprophytisch lebenden Arten ***Phomopsis quercina*** (SACC.) HÖHN. (Teleomorphe: ***Amphiportha leiphaemia*** [FR.] BUTIN) und ***Phomopsis quercella*** (SACC. & ROUM.) DIED. möglich, vgl. BUTIN (1980). *Phomopsis quercina* gilt als Doppelgänger und Begleiter von *Fusicoccum quercus* (mikroskopische Untersuchungen notwendig). Rinde vorgeschädigter Eichen wird häufig durch ***Cytospora***-Arten, darunter ***C. intermedia*** SACC., besiedelt. Zur Bedeutung dieser schwach parasitischen Pilzgruppe beim Eichensterben siehe HARTMANN et al. (1989), HARTMANN und BLANK (1992) bzw. HARTMANN (1996).

Der **Eichen-Schildbecherling (*Colpoma quercinum*** [PERS.: FR.] WALLR.) besitzt als Endophyt und Schwächeparasit Bedeutung bei der natürlichen Astreinigung, vgl. BUTIN und KOWALSKI (1983) sowie BUTIN (1996).

Hinzuweisen wäre schließlich noch auf die nur in wärmeren Regionen vorkommende "Tintenkrankheit" der Eiche (Erreger: ***Phytophthora cinnamomi*** RANDB.), betroffen ist vor allem *Quercus rubra* (ältere Bäume).

Vereinzelt ließ sich in Mitteleuropa auch ***Diplodia mutila*** (FR.: FR.) MONT. (Teleomorphe: ***Botryosphaeria stevensii*** SHOEMAKER) in Verbindung mit kleineren Rindennekrosen nachweisen. Bei mykologischen Untersuchungen zum Eichensterben in Norddeutschland wurde der Pilz aus Zweigen von *Quercus robur* isoliert, allerdings nicht häufig (vgl. KEHR und WULF, 1993). *Diplodia mutila* lebt sonst in wärmeren Ländern auf *Quercus petraea* und *Q. suber*, sie verursacht hier Zopfrocknis und Zweigsterben (vgl. BUTIN, 1996).

2.4.6 Runzeliger Schichtpilz (*Stereum rugosum* [PERS.: FR.] FR.)

S. rugosum kommt sehr häufig als Saprophyt auf zahlreichen Laubhölzern vor (z. B. *Quercus*, *Fagus*, *Carpinus*, *Corylus*, *Padus*, *Betula*, *Alnus*, *Salix*). Auf *Quercus*-Arten lebt der Pilz auch als Rindenparasit („*Stereum*-Krebs“), besonders anfällig ist die Rot-Eiche. Durch den Befall entstehen Kambiumschäden und auffällige Stammdeformationen (lokale Krebsbildung, Einsinken nekrotischer Rindenpartien). Der Runzelige Schichtpilz dringt als Wundparasit (BUTIN, 1996) im unteren Stammbereich über abgestorbene Äste in den Baum ein. Die Erkrankung kann viele Jahre fortbestehen. Der Angriff des Erregers erfolgt im Winterhalbjahr, die Abwehrreaktion des



Abb. 2.4.3: *Stereum*-Krebs an der Stammbasis einer Rot-Eiche, Foto: HEYDECK

Baumes (Wundkallusbildung) in der Vegetationsperiode. *S. rugosum* erregt im besiedelten Holz Weißfäule.

Die lederartig-zähen Fruchtkörper des Pilzes sind krustenförmig gestaltet, können aber auch eine etwas absteigende, oberseits braun gefärbte Hutkante aufweisen. Die glatte oder runzelig-höckerige, blass ockerliche Fruchtschicht verfärbt sich in frischem Zustand bei Verletzung rötlich. Zur Abwehr des *Stereum*-Krebses empfiehlt sich die frühzeitige Entfernung der unteren Äste.

Ein bei Verletzung rötendes Hymenium besitzen auch die Fruchtkörper des **Eichen-Schichtpilzes (*Stereum gausapatum*** [FR.] FR.). Sie sind aber meist hutförmig ausgebildet und weisen eine filzig-zottige Oberseite auf.

2.4.7 *Pezicula*-Krebs der Rot-Eiche (Erreger: ***Pezicula cinnamomea*** [DC.] SACC., Anamorphe: ***Cryptosporiopsis grisea*** [PERS.] PETRAK)

Der *Pezicula*-Krebs tritt vorwiegend an 20- bis 45-jährigen Rot-Eichen auf (BUTIN und DOHMEN, 1981; BUTIN, 1996). In Nordamerika, der Heimat von *Quercus rubra*, wurde die Krankheit bisher noch nicht festgestellt. *P. cinnamomea* ist ein Schwächeparasit (KEHR, 1991). Die Prädisposition für den Befall wird maßgeblich durch Störungen des Wasserhaushaltes der Bäume herbeigeführt (standörtliche Gegebenheiten, meteorogene Beeinträchtigungen). Besonders gefährdet sind Anbauten auf leichten, sandigen Böden. Dringt der Pilz in der Rinde bis zum Kambium vor, tötet er das lebende Gewebe stellenweise ab (Entstehung krebsartiger Rindennekrosen). Die zungenförmigen Nekrosen ziehen sich von der Stammbasis bis in eine Höhe von ca. 2 m empor (oberhalb der Befallsstellen oft dunkle Schleimflussflecken). Die befall-

nen Stammartien verdicken sich allmählich und nehmen eine flaschenförmige Gestalt an (Deformation der Stämme). Auf toter Rinde erscheinen die bis zu 1 mm großen, kreisel- oder scheibenförmigen, orangegelben bis zimtfarbenen Apothecien (Pilz wird deshalb auch „Zimtscheibe“ genannt).

Da die Krankheit nur relativ langsam fortschreitet, bleiben die infizierten Rot-Eichen meist noch lange am Leben. Deshalb sollen nur sehr stark geschädigte Bäume entnommen werden.

2.4.8 Hallimasch (*Armillaria mellea sensu lato*)

Hallimasch-Arten gehören zu den bedeutendsten pilzlichen Krankheitserregern und konnten bisher an mehr als 600 Gehölzarten aller Altersstufen festgestellt werden (vgl. SCHWARZE et al., 1999). Sie verursachen als Schwäche- oder Primärparasiten besonders an Nadelgehölzen, wie Fichten und Kiefern, erhebliche Schäden. Vertreter der Gattung *Armillaria* können aber auch relevante Absterbeerscheinungen an vitalitätsbeeinträchtigten Laubbäumen hervorrufen, z. B. in vorgeschädigten Eichenbeständen. Ein verstärktes Auftreten wurde besonders nach Dürreperioden, Schädlingsbefall, Frost, Mehltau, Immissionseinfluss etc. beobachtet. Kennzeichnend ist das Vorkommen in der Endphase des Eichensterbens, vgl. HARTMANN et al. (1989), HARTMANN und BLANK (1992) bzw. HARTMANN (1996). Forstpathologisch bedeutungsvoll sind vor allem *Armillaria ostoyae* (ROMAGNESI) HERINK (**Dunkler Hallimasch**) und *Armillaria mellea* (VAHL: FR.) KUMMER (**Honiggelber Hallimasch**). *Armillaria* spp. leben sonst vorwiegend als Saprophyten in totem Holz (z. B. Stubben), von wo aus ihr Myzel Rhizomorphen entsendet, die den umgebenden Baumbestand infizieren können. Unter der Rinde befallener Bäume findet man dicke weiße, fächerförmige Myzelhäute, nicht selten auch braunschwarz gefärbte Rindenrhizomorphen.

Die büschelig wachsenden, in Hut und Stiel gegliederten Fruchtkörper erscheinen im Spätherbst (September bis November).

Um ein Erstarken des Myzels im Stubbenholz zu verhindern, wurde in der Vergangenheit oft die Stockrodung empfohlen. Wegen der hohen Kosten greift man heute auf diese Maßnahme aber kaum noch zurück.



Abb. 2.4.4: Rhizomorphen von *Armillaria* sp. unter der Rinde,
Foto: HEYDECK

2.4.9 Riesenporling (*Meripilus giganteus*) [PERS.: FR.] P. KARST.)

Der Riesenporling ist ein relativ häufig vorkommender, wurzelbürtiger Schwächeparasit. Der Weißfäuleerreger besiedelt meist ältere Laubbäume (überwiegend *Fagus sylvatica*, doch auch *Quercus*, *Aesculus*, *Acer*, *Sorbus*, *Tilia* und andere). Sonst lebt *M. giganteus* aber vorwiegend saprophytisch in abgestorbenen Wurzelteilen. Sehr oft findet man den Pilz in Parkanlagen, Gärten oder an Straßenbäumen (nach Wurzelschädigung). Der Riesenporling steigt im Stamm nicht weit empor.

Die zunächst kreiselförmigen, dann halbkreis- bis fächerartig gestalteten, sich dachziegelig überlappenden, einjährigen Fruchtkörper werden bis zu 1 m groß. Sie erscheinen im Spätsommer und Herbst an der Stammbasis, häufig auch an Stubben. Die Oberseite der 20 bis 30 cm breiten Einzelhüte ist gelb- bis dunkelbraun gefärbt (Rand meist gelblich oder weiß abgesetzt). An der derbknohligen Basis findet sich ein seitlich ausgerichteter Stielansatz. Das Hymenophor zeigt kurze, weißliche Röhren mit rundlichen, sehr feinen, auf Druck schwarz verfärbenden Mündungen.

Verwechslungen sind möglich mit dem **Klapperschwamm** (*Grifola frondosa* [DICKS.: FR.] GRAY), der ebenfalls parasitisch im Wurzelbereich von Eichen vorkommt und Weißfäule verursacht. Seine Fruchtkörper sind aber kleiner und schwärzen bei Berührung nicht.

Dem **Riesenporling** sehr ähnlich ist auch der **Bergporling** (*Bondarzewia mesenterica* [SCHAEFF.] KREISEL), der jedoch im Gebirge vorkommt (an Weiß-Tannen, seltener Fichten). Er besitzt größere, auf Druck nicht verfärbende Röhrenmündungen.

2.4.10 Tropfender Schillerporling (*Inonotus dryadeus*) [PERS.: FR.] MURRILL)

Der wurzelbürtige Pilz (SCHWARZE et al., 1999) kommt überwiegend auf *Quercus* spp. vor, nur ausnahmsweise findet man ihn auch auf anderen Baumarten. Er besiedelt die Wurzeln und den unteren Stammteil alter Eichen, wobei er im Holz Weißfäule verursacht. Die einjährigen, knollen-, polster- oder konsolenförmigen, raschwüchsigen Fruchtkörper können eine Größe von 30 cm und mehr erreichen. Sie erscheinen im Sommer nahe der Stammbasis. Die Konsolen sind jung cremefarben bzw. blassgelb und nur schwach feinfilzig-flaumig, bald darauf völlig kahl und mit einer dünnen, orange- bis rotbräunlichen Kruste bedeckt. Auf der Oberseite und am Rand junger Fruchtkörper kommt es zur Ausscheidung rostbrauner Flüssigkeitstropfen (auffälliges Merkmal). Das röhrenförmige, ungeschichtete Hymenophor zeigt blass gelbliche, später rostgelbe, mittelgroße bis enge Poren.

Ähnlich ist der seltene **Eichen-Schillerporling** (*Inonotus dryophilus* [BERK.] MURRILL), der jedoch zu den stammbürtigen Fäuleerregern gehört. Seine Fruchtkörper lassen oberseits eine stärker entwickelte filzige Behaarung und im Schnitt einen weißlich marmorierten Myzelialkern erkennen.

2.4.11 Spindeliger Rübling

(*Collybia fusipes*)

[BULL.: FR.] QUÉL.)

C. fusipes lebt parasitisch im Wurzel- und Stammbasisbereich von *Quercus* spp. (zur Rolle beim Eichensterben siehe HARTMANN, 1996), ferner auch als Saprophyt an Stubben (Weißfäuleerreger). Gelegentlich kommt der Pilz auch auf *Fagus* und anderen Laubbäumen vor. Die sehr zähen, biegsamen Fruchtkörper erscheinen meist in kleinen Büscheln im Sommer und Herbst an der Stammbasis. Der Spindeliger Rübling bildet rotbraune, erst gewölbte, später ausgebreitete und unregelmäßig verbogene Hüte (bis 8 cm Durchmesser). Auf der Hutunterseite erkennt man zunächst weißlich gefärbte, dann fleischrötlich gefleckte Lamellen. Der tief wurzelnde, nach unten zu dunkel rotbraune Stiel ist spindelförmig gedreht und längsfaserig (mit Furchen bzw. Rillen).

2.4.12 Wulstiger Lackporling

(*Ganoderma adspersum*)

[SCHULZER] DONK)

G. adspersum lebt als Schwächeparasit (vgl. JAHN, 1990; BUTIN, 1996) an absterbenden Stämmen, aber auch saprophytisch an Stubben verschiedener Laubbäume, wie *Quercus*, *Tilia*, *Aesculus*, *Fagus*, *Betula*, *Prunus* und anderen. Oft erscheint der Pilz an der Stammbasis lebender Straßen- bzw. Parkbäume, wo er Weißfäule verursacht. Die mehrjährigen, dick-konsolenförmigen Fruchtkörper werden bis zu 40 cm breit und zeigen eine wulstig-höckerige, dunkelbraune Oberseite mit dicker Kruste. Auf der Unterseite erkennt man weiß bis ockergelblich gefärbte, rundliche, sehr enge Röhrenmündungen, die auf Druck bräunlich flecken. Das Sporenpulver zeigt eine intensiv braunrote Färbung.

G. adspersum könnte mit dem häufigeren **Flachen Lackporling** (*G. lipsiense* [BATSCH] ATK.) verwechselt werden, dessen Fruchtkörper aber eine weißstreifige Trama aufweisen (bei *G. adspersum* überall gleichmäßig rotbraun). Außerdem ist der Sporenstaub von *G. lipsiense* nicht braunrot, sondern nur zimt- bzw. lehmfarben gefärbt. Der Flache Lackporling lebt verbreitet saprophytisch, jedoch wurde seine Bedeutung als Schwächeparasit bislang unterschätzt (erhebliche Beeinträchtigung der Standsicherheit befallener Bäume durch intensive Weißfäule im Wurzel- und Stockbereich), vgl. JAHN 1990. Während BUTIN (1996) die *Ganoderma*-Arten zu den stammbürtigen Fäuleerregern zählt, vertreten SCHWARZE et al. (1999) die Auffassung, dass Lackporlinge in der Regel wurzelbürtige Pilze sind, die den Baum nach Verletzung stärkerer Wurzeln besiedeln.

2.4.13 Schwefelporling

(*Laetiporus sulphureus*)

[BULL.: FR.] MURR.)

Der Schwefelporling ist ein stammbürtiger Fäuleerreger, der als Wund- und Schwächeparasit besonders an älteren Eichen umfangreiche Schäden verursacht. Abgebaut wird speziell das Kernholz, in welchem der Pilz eine intensive Braunfäule hervorruft. Befallene Stämme können



Abb. 2.4.5: Fruchtkörper des Schwefelporlings an einer alten Eiche,

Foto: HEYDECK

im Verlauf von Jahren nahezu vollständig „ausgehöhlt“ werden. Oft findet man *L. sulphureus* auch auf anderen Laubbäumen, besonders an solchen mit Farbkern (vgl. SCHMIDT, 1994; BUTIN, 1996). Bemerkenswert häufig befallt der Pilz Straßen- und Parkbäume (z. B. *Robinia*, *Prunus*, *Salix*, *Castanea*). Nadelgehölze werden bei uns nur sehr selten infiziert. Ein Befall bleibt so lange un bemerkt, bis die auffällig orange bis schwefelgelb gefärbten Fruchtkörper erscheinen. Vom Zeitpunkt der Infektion bis zum Einsetzen der Fruchtkörperbildung können viele Jahre vergehen. Die raschwüchsigen, nicht selten sehr groß werdenden, gewichtigen Gebilde sind jung weichfleischig (einjährig) und können sich in beliebiger Höhe am Stamm sowie an starken Ästen entwickeln. Stammwunden und Astabbrüche stellen potenzielle Eintrittspforten für den Pilz dar.

2.4.14 Leberpilz, Ochsenzunge

(*Fistulina hepatica*)

[SCHAEFF.]: FR.)

F. hepatica lebt als stammbürtiger Schwächeparasit an alten Eichen. Der Braunfäuleerreger besiedelt vorzugsweise den unteren Stammbereich, wobei es zu einer braunroten, flecken- bis streifenförmigen oder vollständigen Verfärbung des Kernholzes kommt. Da der Leberpilz das Holz nur sehr langsam zersetzt (Festigkeit bleibt noch längere Zeit erhalten), bezeichnet man diesen Abbaupilz auch als „Hartröte“, vgl. BUTIN (1996), SCHWARZE et al. (1999). Die anfangs knolligen, dann zungen- oder halbkreisförmigen, seitlich kurz gestielten Fruchtkörper werden bis 20 cm breit und erscheinen im Herbst (August bis Oktober). Sie sind weichfleischig-saftig (einjährig) und relativ schwer. Die Oberseite ist braunrot, feinwarzig und klebrig. Unterseits erkennt man das weißlich bis creme gefärbte, bei Berührung rotbraun fleckende Hymenophor. Es besteht aus frei stehenden (nicht miteinander verwachsenen), ca. 1 cm langen, feinen Röhren. Die fleischrote Trama ist faserig strukturiert und sondert einen blutroten Saft ab (Fruchtkörper anschneiden).



Abb. 2.4.6: Kambiumschäden und Weißfäule durch *Phellinus robustus*,
Foto: HEYDECK



Abb. 2.4.7: Labyrinthische Hymenophorstruktur bei *Daedalea quercina*,
Foto: HEYDECK

2.4.15 Eichen-Feuerschwamm (*Phellinus robustus* [P. KARST.] BOURD. & GALZ.)

Der Eichen-Feuerschwamm ist ein relativ häufig vorkommender Wundparasit. Er dringt über Aststummel in das Splint- und Kernholz der Eichen ein und verursacht im Stamm Weißfäule. Außerdem schädigt der Pilz lokal das Kambium, wobei die nekrotischen Rindenpartien einsinken.

Die konsolenförmigen, sehr harten, mehrjährigen Fruchtkörper können bis zu 30 cm breit werden. Meist erscheinen sie in der Nähe von abgebrochenen Ästen oder auf abgetöteter Rinde. Die rostbraune, später graubräunlich bis schwärzlich gefärbte, oft rissige Oberseite erscheint meist durch Algenbesatz grün. Der abgerundete Rand des Fruchtkörpers zeigt im wachsenden Zustand lebhaft gelbbraune Farbtöne. Das röhrenförmig strukturierte Hymenophor ist schräg ausgerichtet oder polsterförmig aufgewölbt.

Anmerkung:

Bisweilen kommt auch der **Zunderschwamm** (*Fomes fomentarius* [L.: FR.] FR.) an Eichen vor (Schwächeparasit, Weißfäuleerreger). Sonst findet man diesen Pilz bei uns überwiegend auf *Fagus* und *Betula*.

2.4.16 Eichen-Wirrling (*Daedalea quercina* [L.] PERS.)

D. quercina kommt meist als Saprophyt auf abgestorbenen Stämmen oder Stubben vor, bei uns ganz überwiegend an *Quercus* spp., im Süden auch an *Castanea*. Nur gelegentlich infiziert der Pilz lebende Bäume (Wundparasit), wobei die Infektion über tiefgehende Stammverletzungen erfolgt. Der Braunfäuleerreger hält bis in die Finalphase der Holzzersetzung aus. Mitunter findet man ihn auch an verbaulichem Holz. Die Oberseite der bis ca. 20 cm breiten, konsolen-, knollen- oder polsterförmigen Fruchtkörper ist uneben (rauh), meist konzentrisch gezont, ocker- bis graubraun gefärbt und ohne fes-

te Kruste. Das Hymenophor besteht aus relativ dicken, derb lamellig-labyrinthischen Elementen. Die Trama ist hell bräunlich (holzfarben), mit korkartiger Konsistenz.

2.4.17 Mosaik-Schichtpilz (*Xylobolus frustulatus* [PERS.: FR.] BOIDIN)

Der zerstreut bis selten vorkommende Mosaik-Schichtpilz ist ein typischer Besiedler des Eichenkernholzes, welches er durch eine Weißlochfäule schädigt. Durch den unterschiedlich starken Abbau von Lignin entstehen im Holz kleine, gleichmäßig verteilte, längliche Löcher, die anfangs noch mit weißer Zellulose ausgefüllt sind („Rebhuhnholz“). Wirtschaftlich relevante Schäden entstehen durch die Zersetzung des Kernholzes alter, noch stehender Eichen. Die weißlich bis grauocker gefärbten, krustenförmigen, bei Trockenheit durch Risse mosaikartig in polygonale Stücke zerteilten Fruchtkörper erscheinen in Rindenrissen oder auf freiliegendem Kernholz. Jährlich wird eine neue Hymenialschicht angelegt, so dass die Fruchtkörper bis zu 8 mm dick werden können (vgl. KREISEL, 1961; BUTIN, 1996). *X. frustulatus* kommt besonders in wärmebegünstigten Gebieten vor (KREISEL et al., 1987).

2.4.18 Berindeter Seitling, Eichen-Seitling (*Pleurotus dryinus* [PERS.: FR.] KUMM.)

P. dryinus lebt als Wundparasit auf zahlreichen Laubbäumen (häufig *Fagus* und *Quercus*), befällt aber auch Koniferen, wie *Picea* und *Abies*. Der Pilz verursacht Weißfäule im Stamm und zerstört das Kernholz. Die Fruchtkörper des Pilzes erscheinen im Herbst, meist einzeln oder in kleinen Büscheln, oft mehrere Meter hoch am Stamm. Nicht selten wachsen sie aus Wundhöhlen hervor (Hut muschelförmig, bis 15 cm im Durchmesser, Oberseite weißlich, creme oder graubräunlich, mit rindenartiger, schuppig aufbrechender Schicht; Lamellen weiß, creme, weit am Stiel herablaufend; Stiel meist exzentrisch, mit vergänglichem Ring).



Abb. 2.4.8: Fruchtkörper des Mosaik-Schichtpilzes an Eichenkernholz,
Foto: HEYDECK



Abb. 2.4.9: Fruchtkörper des Safrangelben Saftporlings an Eichen-Totholz,
Foto: KRAUSE

2.4.19 Striegeliger Schichtpilz (*Stereum hirsutum* [WILLD.: FR.] S. F. GRAY)

Der Striegelige Schichtpilz ist ein sehr häufiger Saprophyt auf totem Laubholz (nur selten Nadelholz). Er besiedelt frisch abgestorbene, noch stehende, gebrochene oder bereits gefällte Stämme sowie Stubben. Seine Fruchtkörper bilden sich oft auf den Schnittflächen. Regelmäßig findet man den Pilz an *Quercus*, er kommt aber auch auf *Fagus*, *Betula*, *Alnus* und zahlreichen anderen Laubgehölzen vor. Im besiedelten Splintholz verursacht *S. hirsutum* Weißfäule. Selten lebt der Pilz auch als Wundfäuleerreger auf verletzten Bäumen und Sträuchern.

Die maximal 3 cm vom Holz abstehenden, lederartig-zähen Fruchtkörper sind fächer- oder muschelförmig gestaltet, relativ dünn und oft dachziegelig-reihig verwachsen. Teilweise sind sie auch krustenförmig ausgebildet. Auf der Oberseite erkennt man einen auffallend striegelig-zottigen, grauockerlichen Filz. Die Ränder und die glatte Unterseite der Fruchtkörper lassen in frischem Zustand eine lebhaft orangegelbe Färbung erkennen.

2.4.20 Schmutzbecherling (*Bulgaria inquinans* [PERS.: FR.]

B. inquinans lebt als Saprophyt an lagernden, berindeten Stämmen und Ästen von *Quercus*, besiedelt ferner auch

Fagus, selten andere Laubbäume. Gelegentlich trifft man den häufig vorkommenden Pilz auf noch stehenden, frisch abgestorbenen Eichen an. Die bis 4 cm breiten, zunächst halbkugelig, dann kreiselförmig gestalteten oder flach ausgebreiteten Fruchtkörper erscheinen im Herbst, meist gruppenweise bzw. büschelig-gedrängt. Ihre in feuchtem Zustand glänzende Fruchtschicht (Innenseite) ist durch reife Ascosporen schwarzbraun bis schwarz gefärbt. Streicht man mit dem Finger darüber, wird dieser geschwärzt (Erkennungsmerkmal).

Der mitunter ähnliche, ebenfalls an Eiche vorkommende **Abgestutzte Drüsling** (*Exidia truncata* FR.: FR.) besitzt auf der Oberseite kleine warzenförmige Erhebungen (Lupe!). Seine Basidiosporen sind farblos (keine Schwarzfärbung der Finger bei Berührung der Fruchtschicht).

2.4.21 Seltene holzerstörende Pilzarten an Eiche

Zu den höchst seltenen holzerstörenden Pilzen an *Quercus* gehören der **Safrangelbe Saftporling** (*Aurantioporus croceus* [PERS.: FR.] KOTL. & POUZAR) und der **Eichen-Zungenporling** (*Buglossoporus pulvinus* [PERS.] DONK). Man findet sie nur an sehr alten, geschwächten Eichen (meist in Naturschutzgebieten).

Relativ selten kommt am Grunde alter Eichen die **Breitblättrige Glucke** (*Sparassis brevipes* KROMBH.) vor.

2.5 Standorte und Ernährungssituation der Eichenbestände im Nordostdeutschen Tiefland

DIETER HEINSDORF

2.5.1 Einleitung

Im Rahmen des Waldumbauprogramms in Brandenburg – Überführung nicht standortgemäßer Kiefernreinbestände in ökologiegerechtere Nadel-Laubholzgemischbestände bzw. Laubholzbestände – ist neben der Buche der Anbau der beiden Eichenarten (TEI, SEI) besonders förderungswürdig, weil auf den meisten terrestrischen Standorten natürliche Buchen- und Eichenwälder vorherrschen und – unter Ausschaltung anthropogener Maßnahmen – auch heute noch dominieren würden.

Nach den Waldzustandsberichten der neunziger Jahre war die Eiche in vielen Ländern der Bundesrepublik die am stärksten geschädigte Baumart. Im Zuge der Ursachenfindung zur Aufklärung der Schäden an Stiel- und Trauben-Eichen wurden im nordostdeutschen Tiefland umfangreiche boden- und ernährungskundliche Untersuchungen in Eichenbeständen durchgeführt. Dabei wurden besonders die Wechselbeziehungen zwischen Standort und Ernährungssituation der SEI- und TEI-Bestände bearbeitet. Die Ergebnisse sind in umfangreichen Forschungsberichten (HEINSDORF, 1993, 1994, 1996) niedergelegt. Die nachstehenden Darlegungen stützen sich vor allem auf diese Arbeiten und einzelne Publikationen (z. B. HEINSDORF, 1999).

2.5.2 Methodik

Nach Auslösung der Forschungsaufträge wurden in den Jahren 1992 bis 1995 insgesamt 105 hundert- bis hundertfünfzigjährige Eichenbestände (SEI- und TEI-Bestände) ausgewählt. Diese „Versuchsbestände“ verteilen sich auf die Länder Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und die Tieflandsgebiete Sachsen-Anhalts. Bei der Auswahl wurde darauf geachtet,

- das Standortsspektrum der Eichen zu erfassen und
- Versuchsbestände auf möglichst einheitlichen Standortformen auszusuchen.

Innerhalb der ausgewählten Bestände wurden jeweils 0,1 ha große Probeflächen ausgeschieden, die bodenkundlich nach einem einheitlichen Verfahren tiefenstufenweise beprobt wurden (Humusaufgabe, 0 bis 5, 5 bis 10, 10 bis 20, 20 bis 30 und 30 bis 40 cm). Die Mischproben je Tiefenstufe wurden nach gängigen chemischen Analyseverfahren untersucht. Dabei wurden auch

die leicht löslichen Nährelementmengen an Phosphor (ALE-Extraktion) bzw. an Kalium, Calcium, Magnesium (NH₄-Cl-Auszug) bestimmt. Von vier bis sechs herrschenden und mitherrschenden Eichen je Probefläche wurden jeweils im August der betreffenden Jahre Blattproben gezogen und deren Nährelementgehalte analysiert.

Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf die Darstellung der Ernährungssituationen der Eichen mit den Hauptnährstoffen N, P, K, Ca und Mg auf den durchschnittlich wasserversorgten Standorten der Nährkraftstufen Z, M, K und R (Standortgruppen Z2, M2, K2, R2 nach KOPP und SCHWANECKE, 1994).

2.5.3 Ergebnisse zur Ernährungssituation

Die Ergebnisse werden in den Abbildungen 2.5.1 bis 2.5.5 dargestellt. Über den fünf Standortgruppen sind die Mittelwerte der Nährelementkonzentrationen (Blattspiegelwerte) mit ihren Streuungen (Sx), getrennt für SEI und TEI, aufgetragen. Für die Bewertung der Blattspiegelwerte sind die Ernährungsstufen der betreffenden Nährelemente (vgl. HEINSDORF, 1999) eingezeichnet. Im unteren Teil der Abbildungen sind die Mittelwerte der leicht löslichen Nährstoffe (Humusaufgabe + Mineralboden 0 bis 40 cm) in kg/ha, ebenfalls mit ihren Streuungen, eingezeichnet, um einen Eindruck von den Variationen der Nährstoffmengen innerhalb der Standortgruppen zu vermitteln.

Stickstoffernährung der Eichenbestände

Nach Abb. 2.5.1 zeigt sich sowohl bei den TEI- als auch bei den SEI-Beständen eine deutliche Zunahme der N-Konzentrationen der Blätter mit steigender Standortstrophie. Das ist plausibel, da die Gesamtstickstoffvorräte im Boden mit zunehmender Nährkraft ansteigen (s. unteren Teil der Abb. 2.5.1). Hinzu kommt, dass auch die Qualität der organischen Bodensubstanz, hier ausgedrückt durch die C : N-Verhältnisse im Mineralboden 0 bis 40 cm, sich deutlich verbessert. Die durchschnittlichen C : N-Verhältnisse verengen sich von 23 (Standortgruppe Z2) auf 14,4 bzw. 13,6 (Standortgruppe R2). Die etwas höheren Stickstoffvorräte unter den SEI-Beständen erklären sich durch die Dominanz der SEI-Bestände in Mecklenburg-Vorpommern (jüngere Vereisungsstadien und günstigere Niederschlagsverhältnisse) gegenüber den TEI-Beständen in Brandenburg und Sachsen-Anhalt.

Bewertet man die N-Blattspiegelwerte anhand der eingezeichneten N-Ernährungsstufen, so wird ersichtlich, dass

- die EI-Bestände der R2- und K2-Standortgruppen eine überaus luxuriöse Stickstoffernährung (N-Ernährungsstufe IV) besitzen,

- die EI-Bestände der M2-Gruppe eine ausreichende bis optimale N-Ernährung (N-Ernährungsstufe III) aufweisen,
- die EI-Bestände der Z2-Gruppe zum Teil ausreichend, zum Teil aber mangelhaft mit N ernährt sind (N-Ernährungsstufe II). Die Z2-Gruppe ist nur durch TEI-Bestände belegt.

Dabei können Einzelbestände wesentlich von den Mittelwerten abweichen. Das gilt für alle Standortgruppen!

Wichtig ist, herauszustellen, dass zwischen den TEI- und SEI-Beständen keine merklichen (signifikanten) Unterschiede in der N-Ernährung bestehen. Das bestätigen frühere Untersuchungen, in denen nachgewiesen wurde, dass bei annähernd gleichen Standortverhältnissen zwischen den Blattspiegelwerten der TEI- und SEI-Bestände keine signifikanten Unterschiede bestehen, so dass gemeinsame Ernährungsstufen entwickelt werden konnten.

Phosphorernährung der Eichenbestände

Im Gegensatz zu den N-Konzentrationen der Eichenblätter lassen die P-Spiegelwerte keinen Einfluss der Böden unterschiedlicher Nährkraft – ausgedrückt durch die Zuordnung zu den einzelnen Standortgruppen – erkennen. Die überwiegende Mehrheit der Eichenbestände weist in den Blättern P-Gehalte auf, die dem Bereich der P-Ernährungsstufe III zuzuordnen sind. Grundlegende Unterschiede zwischen SEI- und TEI-Beständen sind nicht zu erkennen.

Die geringen Differenzierungen zwischen den Standortgruppen finden ihre Erklärung in den ebenfalls geringen Unterschieden der ALE-löslichen P-Mengen der Oberböden. So besitzen die nährstoffreichen Böden der Standortgruppe R2 mit die geringsten leicht löslichen P-Vorräte, obwohl sie z. T. die größten Gesamtphosphorvorräte im Boden ausweisen. Offensichtlich werden beachtliche Teile infolge der höheren pH-Werte (merklich höhere Ca- und Mg-Vorräte!) in schwerer lösliche P-

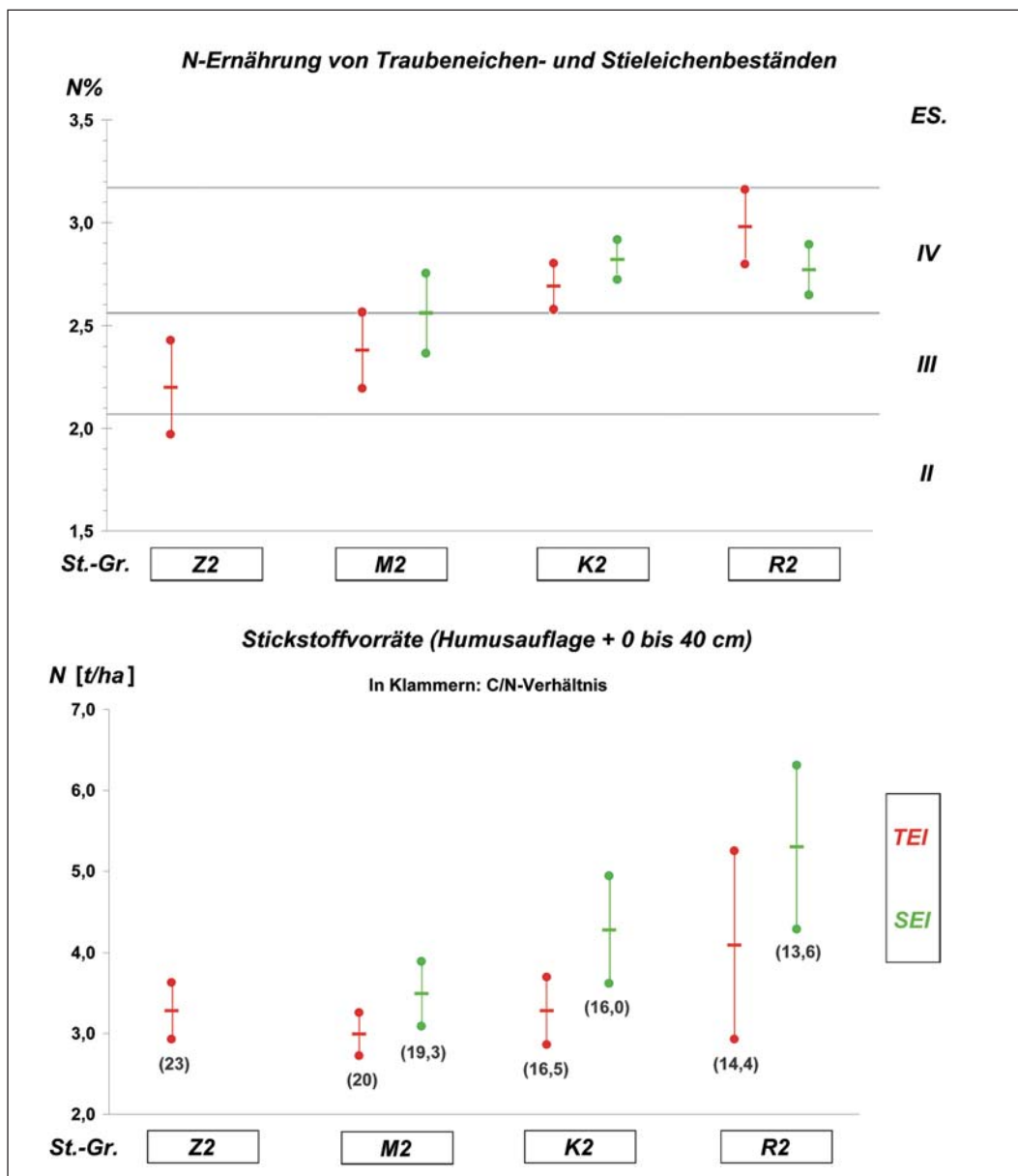


Abb. 2.5.1: Darstellung der N-Blattspiegelwerte über den kartierten Standortgruppen und den N-Vorräten in den Oberböden

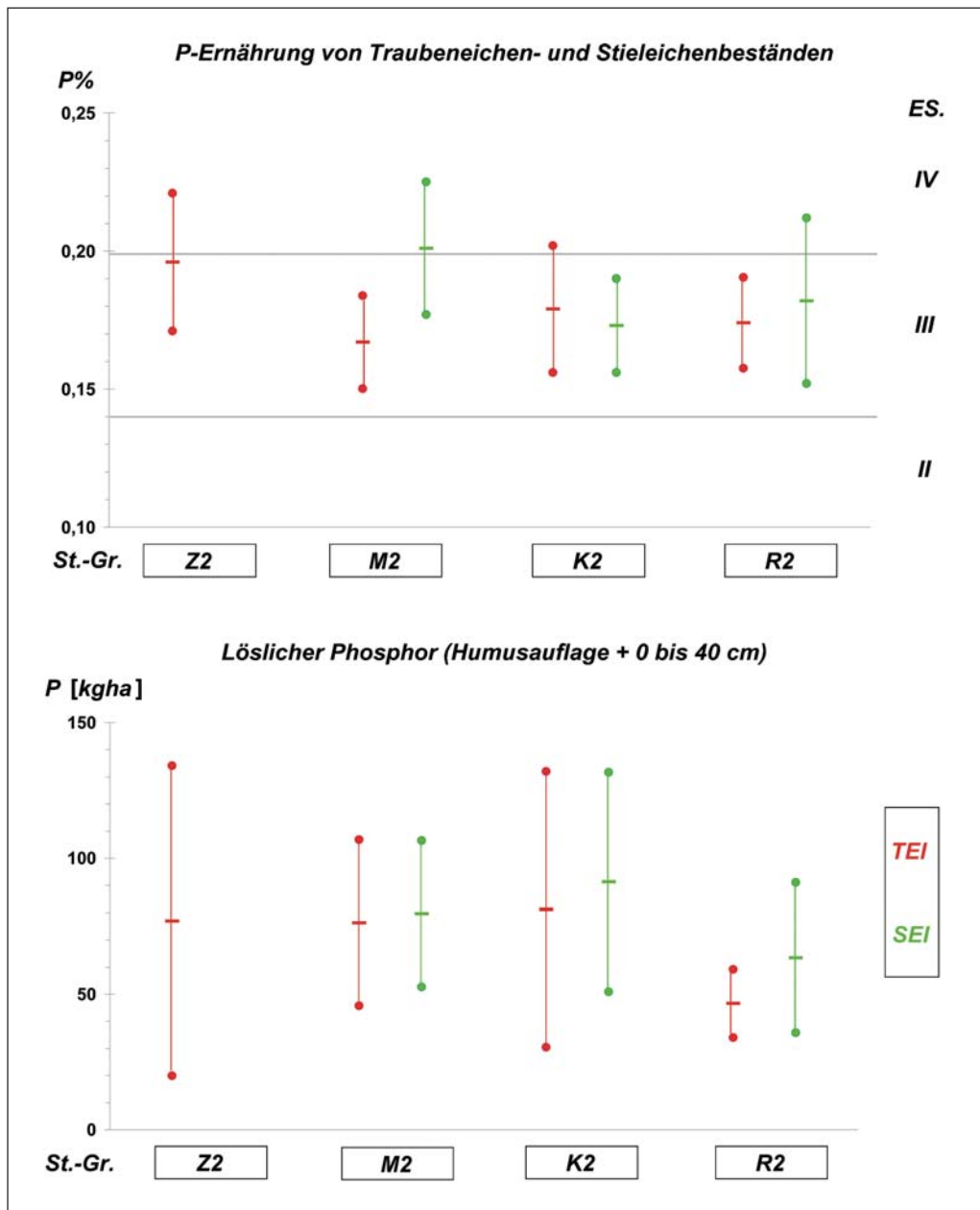


Abb. 2.5.2: Darstellung der P-Blattspiegelwerte über den kartierten Standortgruppen und deren leicht löslichen P-Mengen in den Oberböden

Verbindungen überführt, die von den Eichen nicht direkt aufgeschlossen und aufgenommen werden können.

Zieht man die eingezeichneten P-Ernährungsstufen für die Bewertung der P-Blattspiegelwerte heran, so besitzen die Eichenbestände aller Standortgruppen ausreichende bis gute P-Ernährungszustände. Bei der Mehrzahl der Bestände liegen die P-Gehalte der Blätter im mittleren und oberen Bereich der P-Ernährungsstufe III. Nur in wenigen Fällen wurden P-Konzentrationen analysiert, die in die P-Ernährungsstufe II fallen. Sie waren gewöhnlich mit sehr hohen N-Spiegelwerten korreliert und lagen im Einzugsbereich von N-Emittenten.

Als Fazit lässt sich herausstellen, dass i. d. R. alle Eichenbestände auf Standorten der Nährkraftstufen Z bis R ausreichend mit Phosphor ernährt sind.

Kaliumernährung der Eichenbestände

Ähnlich wie bei den P-Blattspiegelwerten differieren die K-Konzentrationen der Eichenblätter, bezogen auf die Standortgruppen, nur wenig. Sie konzentrieren sich im Bereich der K-Ernährungsstufe IV. Damit sind nahezu alle Eichen sehr gut bis luxuriös mit K ernährt.

Die K-Mangel signalisierenden Ernährungsstufen I und II sind nicht besetzt. Praktisch zu wertende Unterschiede zwischen SEI- und TEI-Beständen sind nicht erkennbar.

Die geringen Differenzierungen zwischen den Standortgruppen sind umso erstaunlicher, wenn man die sehr großen Unterschiede der löslichen Kaliummengen in den Böden zwischen den Standortgruppen gegenüberstellt. Im Durchschnitt besitzen die Oberböden der Standortgruppen K2 und R2 mit Mittelwerten zwischen 400

und 500 kg/ha ein Vielfaches an löslichem Kalium gegenüber den M2- und Z2-Standorten, deren Mittelwerte zwischen 100 und 200 kg/ha liegen! Offensichtlich genügen diese Mengen, um die Eichen vorzüglich mit Kalium zu ernähren.

Andererseits ist durch Untersuchungen in jungen TEI-Kulturen, die auf stark degradierten, ehemals ackerbaulich genutzten Böden (mit ca. 100 kg/ha löslichem Kalium) begründet wurden, bekannt, dass bei K-Konzentrationen um 0,30 % extreme K-Mangelsymptome auftraten und ohne Kalium-Düngungen keine geschlossen aufwachsenden Eichenbestände erzogen werden konnten (vgl. TRILLMICH, UEBEL, 1972).

Kalziumernährung der Eichenbestände

Auch die Ca-Blattspiegelwerte der TEI- und SEI-Bestände lassen keine grundlegenden Unterschiede zwischen den Standorten der Nährkraftstufen Z und R erkennen. Sie gruppieren sich vorzugsweise im oberen Bereich der

Ca-Ernährungsstufe III, die ausreichende bis optimale Ca-Ernährungszustände signalisiert. Die Ca-Mangelstufen II und I sind nicht besetzt. Auch das ist bemerkenswert, weil – ähnlich wie beim Kalium – sich die löslichen Ca-Mengen in den Böden der verschiedenen Standortsgruppen sehr stark unterscheiden. So wurden in den Böden der K2- und R2-Gruppen Mittelwerte um 2000 kg/ha an leicht löslichem Calcium analysiert; in den Böden der Z2- und M2-Gruppen dagegen mit Mittelwerten zwischen 200 und 300 kg/ha erheblich geringere Mengen. Den beiden Eichenarten genügen offensichtlich schon relativ geringe Mengen an pflanzenaufnehmbarem Calcium, um eine ausreichende Ca-Ernährung sicher zu stellen (Abb. 2.5.4).

Magnesiumernährung der Eichen

Im Gegensatz zu den P-, K-, Ca-Blattspiegelwerten lässt sich in der Abbildung 2.5.5 ein deutliches Ansteigen der Mg-Konzentrationen von den Z2- zu den R2-Standorten

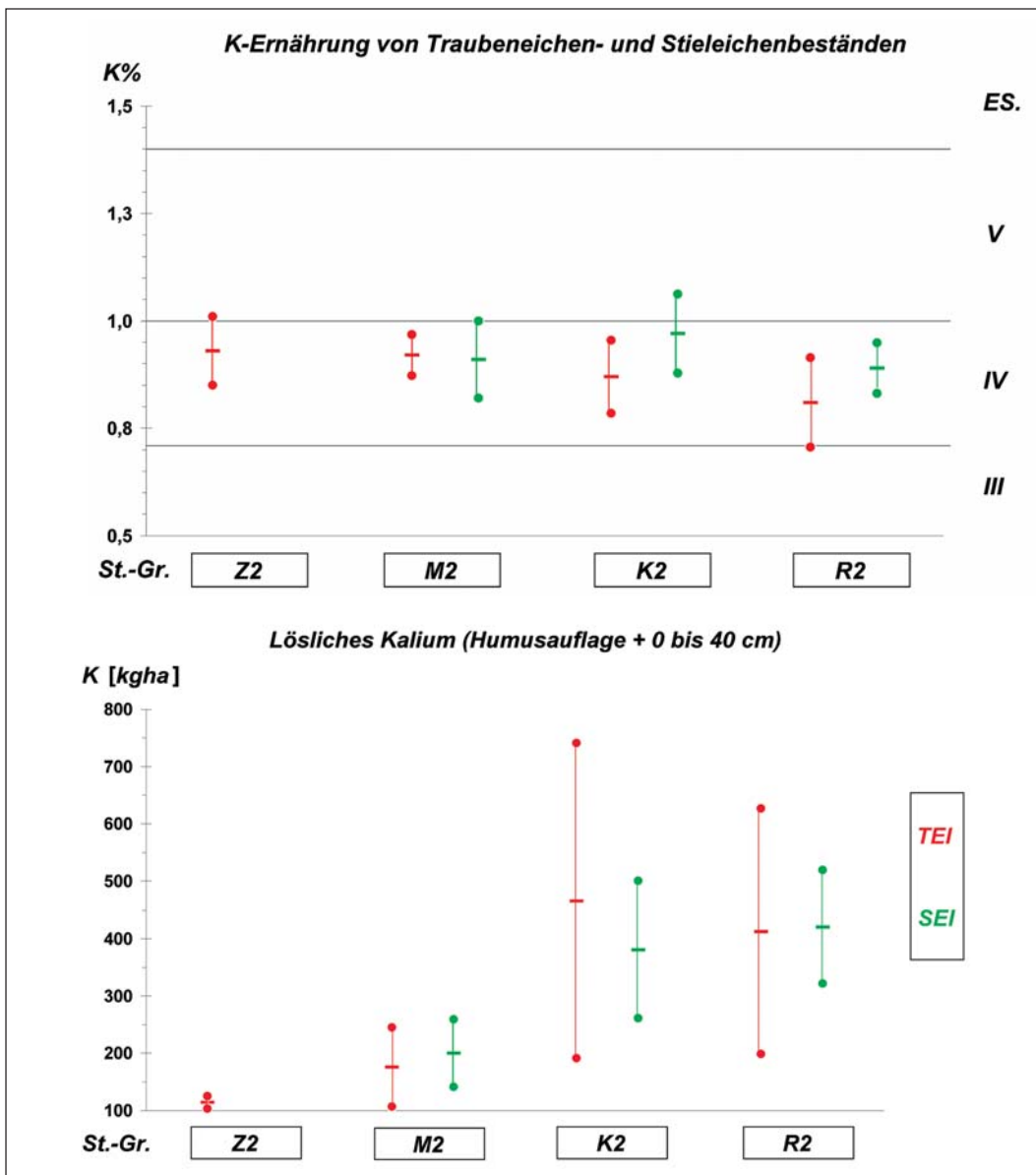


Abb. 2.5.3: Darstellung der K-Blattspiegelwerte über den kartierten Standortsgruppen und deren leicht löslichen K-Mengen in den Oberböden

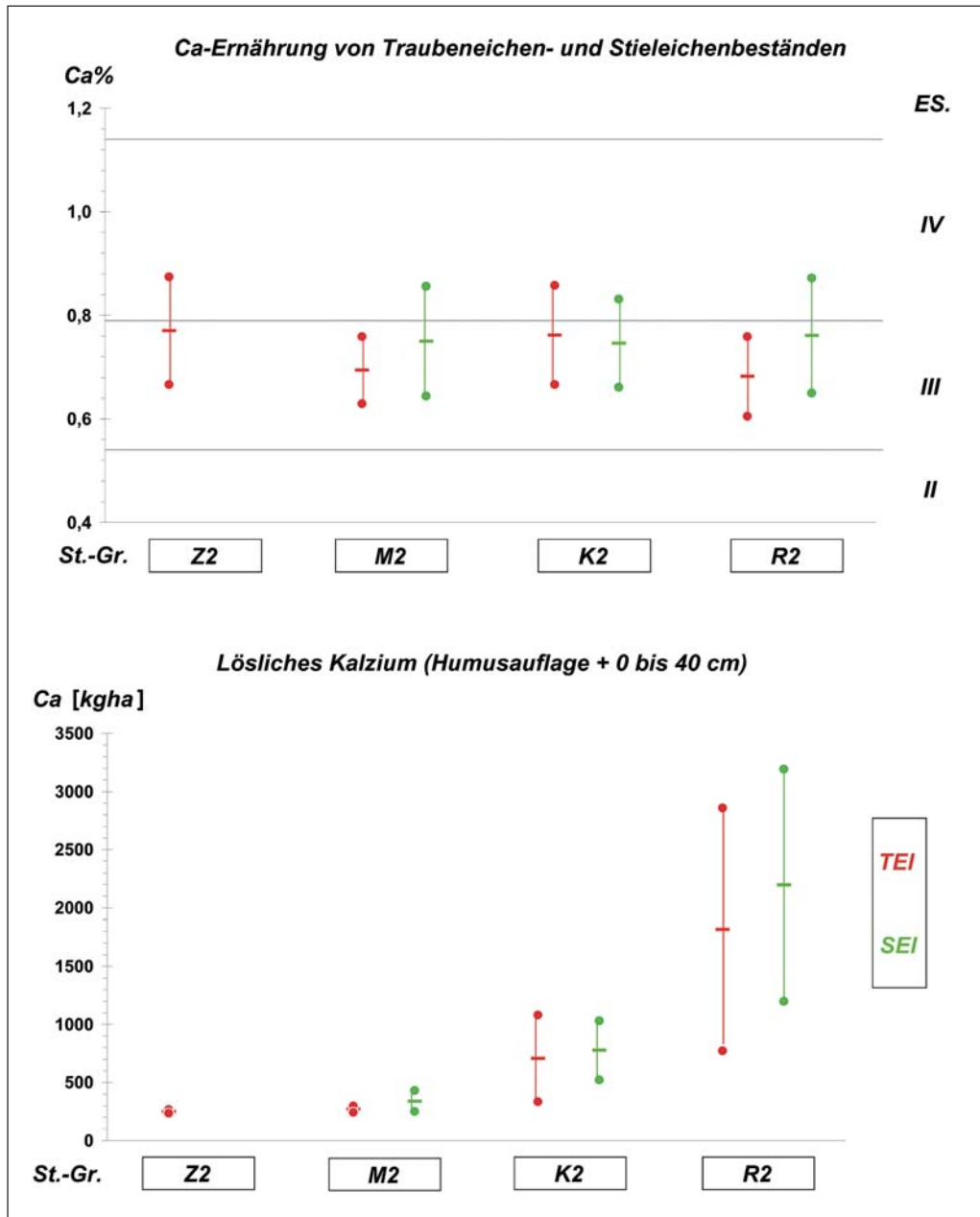


Abb. 2.5.4: Darstellung der Ca-Blattspiegelwerte über den kartierten Standortgruppen und deren leicht löslichen Ca-Mengen in den Oberböden

erkennen. Nahezu die Hälfte der Eichenbestände der Z2- und M2-Gruppen besitzen eine mangelhafte, zumindest eine angespannte Mg-Ernährung (Mg-Ernährungsstufe II). Die Eichen der K2- und R2-Standortsgruppen sind merklich besser mit Mg ernährt. Ihre Blattspiegelwerte gruppieren sich vorzugsweise in den Bereich der Mg-Ernährungsstufe III ein. Auch hier bestehen zwischen den Trauben-Eichen und Stiel-Eichen keine bemerkenswerten Unterschiede, die eine gesonderte Betrachtung hinsichtlich der Mg-Ernährung erfordern. Ähnlich wie beim Kalium sind aber zahlreiche Beispiele bekannt, in denen junge Eichenkulturen auf ärmeren Sandböden extreme Mg-Mangelercheinungen aufweisen (TRILLMICH und UEBEL, 1972), die sich allerdings mit zunehmendem Alter der Kulturen verlieren.

2.5.4 Korrelative Zusammenhänge zwischen Bodenkennwerten und Blattspiegelwerten der Eichenbestände

Aus der Pflanzenphysiologie und der Bodenkunde ist bekannt, dass bestimmte Bodeneigenschaften sich hemmend oder fördernd auf die Nährstoffaufnahme der Pflanzen auswirken können (MENDEL, 1979; SCHEFFERSCHACHTSCHABEL, 1992 u. a.). Dabei können auch Ionenantagonismen die Nährstoffaufnahme merklich beeinflussen. Um etwas nähere Einblicke in das komplizierte Wechselspiel zwischen Nährstoffangebot und Nährstoffaufnahme der Eichenbestände zu bekommen, wurden eine Reihe von Bodenkennwerten mit den Blattspiegelwerten linear korreliert. Als Bodenkenngrößen wur-

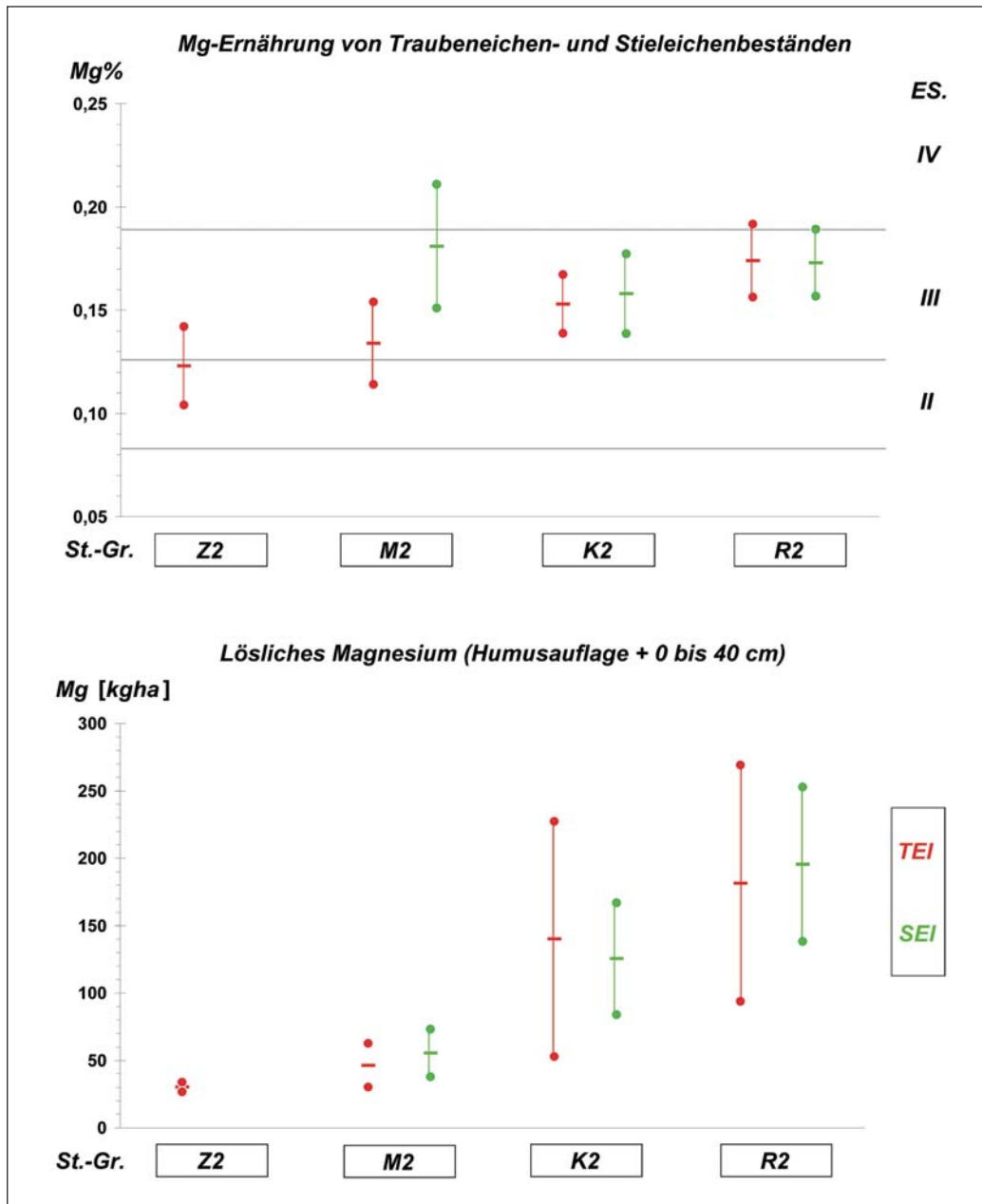


Abb. 2.5.5: Darstellung der Mg-Blattspiegelwerte über den kartierten Standortgruppen und den leicht löslichen Mg-Mengen in den Oberböden

den ausgewählt: pH (KCl), die Gehalte an C und N, die Kationensumme (sbkat in mval/100 g Boden = Summe von basischen und sauren Kationen der Bodenlösung), die Basensättigung (vbkat) sowie die Anteile von Ca, Mg, K und Na an der Basensättigung (VCa, VMg, VK, VNa), die Säuresättigung (vskat) sowie die Anteile von H⁺, Al⁺⁺⁺, Fe³⁺, Mn²⁺ an der Säuresättigung (VH, VAl, VFe, VMn). Die berechneten Korrelationskoeffizienten sind für die Tiefenstufen Humusauflage, 0 bis 5, 10 bis 20 und 30 bis 40 cm in der Tabelle 2.5.1 ausgewiesen.

Zur N-Ernährung:

Zwischen den pH-Werten und den N-Konzentrationen der Eichenblätter bestehen negative Beziehungen, die allerdings nur schwach signifikant sind bzw. knapp un-

terhalb der Signifikanzschwelle liegen. Sie signalisieren, dass sich zunehmende Versauerung – über geringere N-Mineralisierungsraten – negativ auf die N-Aufnahme der Blätter auswirkt. Andere Bodenkennwerte lassen keine Beziehungen erkennen.

Zur P-Ernährung:

Negative Beziehungen zu den P-Blattspiegelwerten deuten sich nur für C-% und N-% in der Humusauflage und für deren Kationensumme sbkat an. In den Mineralbodenschichten sind diese Beziehungen nicht mehr ausgeprägt. Zwischen allen anderen geprüften Bodenkennwerten und den P-Konzentrationen der Eichenblätter lassen sich keine signifikanten Zusammenhänge ausweisen.

Zur K-Ernährung:

Auch zwischen den K-Blattspiegelwerten und den herangezogenen Bodenkennwerten bestehen in allen Bodenschichten keine gesicherten Beziehungen. Lediglich die Korrelationskoeffizienten der K-Sättigung (VK) deuten an, dass die unterschiedliche Belegung der Sorptionskörper mit K-Ionen die K-Ernährung beeinflussen dürfte.

Zur Ca-Ernährung:

Eine ganz andere Situation ergibt sich bei der Ca-Ernährung der Eichen. Hier bestehen bei einer Vielzahl der geprüften Bodenkennwerte hochsignifikante Beziehungen zu den Ca-Blattspiegelwerten. So zeigt sich der hohe Einfluss, den der Gehalt an löslichem Calcium im Boden auf die Ca-Ernährung der Eichen ausübt, in den hohen Korrelationskoeffizienten der Ca-Sättigung (VCa) und den Ca-Blattspiegelwerten, was z. B. in Abbildung 2.5.4 nicht zum Ausdruck kam. Da die Ca-Ionen im Boden die Summe der basischen Kationen – und damit die Basensättigung – wesentlich beeinflussen, sind auch zwischen diesen Bodenkennwerten und der Ca-Ernährung der Eichen hochsignifikante positive Korrelationskoeffizienten ausgeprägt. Das trifft sowohl für die Humusaufgabe als auch für alle beprobten Mineralboden-

schichten zu und zeigt den hohen Wert, den eine ausreichende Bevorratung des Bodens mit leicht löslichem Calcium für die Ernährung der Eichen besitzt. Demzufolge sind auch zwischen den pH-Werten der Böden und den Ca-Spiegelwerten positive Beziehungen erkennbar; die Korrelationskoeffizienten bleiben jedoch unterhalb der Signifikanzschwelle. Das zeigt erneut, dass zur Charakterisierung einer ausreichenden Ca-Ernährung die Ca-Sättigungsverhältnisse besser geeignet sind als die pH-Werte. Zum anderen sollen die ebenfalls signifikanten negativen Korrelationskoeffizienten zwischen den Ca-Blattspiegelwerten und der Summe der sauren Kationen (Vskat) hervorgehoben werden. Sie verdeutlichen, dass mit der Erhöhung der sauren Kationen im Boden die Ca-Aufnahme gehemmt wird. Eine dominierende Rolle spielen dabei in den Mineralbodenschichten die Al-Ionen (VAI). Sie beeinflussen die Ca-Aufnahme der Eichen am stärksten, wesentlich mehr als die H-Ionen, die in der Humusaufgabe dominieren. Der negative Einfluss der Al-Ionen auf die Ca-Aufnahme ist dabei weniger auf eine beginnende Al-Toxizität zurückzuführen, denn es gab bei den Wurzeluntersuchungen keinerlei Hinweise auf eine Erhöhung des Totwurzelanteils. Vielmehr dürften Ionenkonkurrenzen zwischen Al- und Ca-Ionen für die gebremste Ca-Aufnahme verantwortlich sein.

Tab. 2.5.1: Lineare Korrelationskoeffizienten zwischen ausgewählten Bodenkennwerten und Blattspiegelwerten der Eichenbestände

Tiefe cm	p(KCl)	C%	N%	sbkat mval/ 100g	Vbkat %	VK	VCa	VMg	VNa	Vskat %	VH	VAI	VFe	VMn
N-Ernährung (N%)														
Auflage	-0,20	0,12	0,22	-0,15	-0,15	0,01	-0,22	0,14	0,16	0,15	0,23	-0,03	-0,08	-0,03
0-5	-0,26(+)	0,16	0,19	0,25	-0,08	-0,05	-0,11	0,12	-0,06	0,08	0,08	0,05	0,10	0,00
10-20	-0,27(+)	0,07	0,08	0,15	0,02	0,06	-0,03	0,16	0,11	-0,02	0,07	-0,05	0,05	0,10
30-40	-0,23	0,01	0,05	0,08	0,02	0,00	0,01	0,17	-0,12	-0,02	0,10	-0,05	0,13	0,04
P-Ernährung (P%)														
Auflage	-0,17	-0,32+	-0,27	-0,32+	-0,15	-0,20	0,06	-0,23	0,10	0,15	0,09	0,20	0,21	-0,01
0-5	-0,04	0,03	0,02	0,01	-0,09	-0,10	-0,05	-0,16	-0,01	0,09	0,26	-0,03	0,16	0,02
10-20	0,05	0,02	0,04	0,03	-0,04	0,04	-0,02	-0,13	-0,02	0,04	0,17	-0,01	0,20	0,05
30-40	0,07	0,15	0,17	-0,05	0,01	0,23	0,00	-0,05	0,06	-0,01	0,19	-0,04	0,25	0,00
K-Ernährung (K%)														
Auflage	-0,03	0,04	0,05	0,02	0,00	0,12	-0,03	-0,10	-0,08	0,00	0,05	0,07	0,22	-0,17
0-5	0,03	-0,02	0,02	0,04	0,11	0,22	0,11	-0,05	0,02	-0,11	0,05	-0,12	0,08	-0,19
10-20	-0,01	0,03	0,05	0,04	0,05	0,26	0,05	-0,08	-0,06	-0,05	0,09	-0,07	0,14	-0,15
30-40	-0,20	0,07	0,08	-0,07	-0,06	0,18	-0,05	-0,10	-0,07	0,06	0,07	0,06	0,06	0,09
Ca-Ernährung (Ca%)														
Auflage	0,18	-0,20	-0,14	0,07	0,44++	-0,09	0,46++	0,04	0,02	-0,44++	-0,31+	-0,26	-0,19	-0,28
0-5	0,22	-0,05	0,13	0,44++	0,38+	-0,15	0,44++	0,07	-0,20	-0,38+	-0,09	-0,37+	-0,25	-0,08
10-20	0,16	0,18	0,37+	0,43++	0,45++	0,03	0,49++	0,16	-0,16	-0,45++	-0,18	-0,44++	0,23	0,03
30-40	0,25	0,32+	0,43++	0,46++	0,44++	-0,02	0,45++	0,22	-0,27	-0,44++	-0,27	-0,42++	-0,06	-0,03
Mg-Ernährung (Mg%)														
Auflage	-0,02	0,27	0,27	0,31+	0,25	-0,16	0,17	0,35+	0,28	-0,25	-0,06	-0,02	-0,10	-0,48++
0-5	0,01	0,27	0,35+	0,43++	0,29	-0,27	0,27	0,32+	0,04	-0,29	-0,06	-0,22	-0,04	-0,37+
10-20	0,05	0,33+	0,34+	0,36+	0,34+	-0,25	0,32+	0,35+	0,14	-0,34+	0,09	-0,38+	-0,01	-0,26
30-40	-0,01	0,35+	0,33+	0,28	0,28	-0,36+	0,17	0,35+	-0,04	-0,28	0,02	-0,29+	0,18	-0,37+

Zur Mg-Ernährung:

Wie erwartet, ergeben sich zwischen einer Vielzahl der geprüften Bodenkennwerte und den Mg-Gehalten der Eichenblätter mehr oder weniger straff ausgeprägte Korrelationen.

So korrelieren die Summen der basischen Kationen (sbkat) in allen Bodenschichten positiv mit den Mg-Blattspiegelwerten. Am stärksten ist daran die Mg-Sättigung beteiligt. Aber auch die zunehmende Belegung des Sorptionskomplexes mit Ca-Ionen (VCa), die in der Regel mit höheren Mg-Ionen einhergeht, wirkt sich offensichtlich günstig auf die Mg-Aufnahme der Eichen aus.

Die C- und N-Gehalte der Bodenschichten korrelieren – ebenso wie bei der Ca-Aufnahme – relativ eng mit den Mg-Blattspiegelwerten. Steigende Humusgehalte und die Bildung N-reicher Humusstoffe wirken sich günstig auf die Mg-Sorption, und damit auf die Bereitstellung größerer Mengen an pflanzenaufnehmbarem Magnesium im Boden aus.

Andererseits sind zwischen den K-Ionen – vor allem aber zwischen den prozentualen Anteilen an sauren Kationen (Vskat) – signifikant negative Zusammenhänge zu den Mg-Blattspiegelwerten ausgeprägt. Maßgebend hierfür sind die Anteile an Al- und Mn-Ionen in den Bodenlösungen. Die engen negativen Korrelationen der Al- und Mn-Sättigungen zu den Mg-Blattkonzentrationen belegen den hohen Einfluss der Versauerungen auf die Mg-Ernährung der TEI- und SEI-Bestände.

2.5.5 Zusammenfassung

Die ernährungskundlichen Untersuchungen in Stiel- und Trauben-Eichenbeständen des nordostdeutschen Tieflands lassen folgende Aussagen zu:

- Die Eichenbestände der durchschnittlich wasser-versorgten reichen und nährstoffkräftigen Standor-

te sind sehr gut bis luxuriös mit Stickstoff ernährt. Der überwiegende Teil der Eichenbestände auf Standorten mittlerer Nährkraft besitzt eine ausreichende Stickstoffernährung. Dagegen sind viele Eichenbestände der ziemlich nährstoffarmen, grundwasserfreien Böden unzureichend mit Stickstoff ernährt.

- Alle Eichenbestände sind ausreichend bis gut mit Phosphor ernährt. Größere Unterschiede zwischen den Beständen auf Böden der verschiedenen Nährkraftstufen treten nicht auf.
- Letzteres gilt auch für die Kalium- und Calciumernährung der Stiel-Eichen- und Trauben-Eichenbestände.
- Größere Differenzierungen werden bei der Magnesiumernährung sichtbar. Während die Eichenbestände der kräftigen und nährstoffreichen Böden gut mit Magnesium ernährt sind, besitzen viele Eichenbestände der mittleren Standorte einen knappen Magnesiumversorgungszustand. Ein Großteil auf den ziemlich nährstoffarmen Standorten ist mangelhaft mit Magnesium ernährt.

Bei den Hauptnährelementen bestimmt deren pflanzenverfügbarer Anteil den Ernährungszustand der Eichen. Daneben beeinflusst aber auch der Zustand der Bodenlösung die Nährstoffaufnahme merklich. So wird die N-Ernährung durch den Anteil basischer und saurer Kationen mitbestimmt. Zunehmende Säuresättigung reduziert z. B. die N- und K-Aufnahme, fördert dagegen über eine bessere P-Verfügbarkeit die P-Aufnahme. Besonders ausgeprägt sind die Beziehungen zwischen den Ca- und Mg-Blattspiegelwerten und den löslichen Al- und Mn-Mengen der Oberböden. Zunehmende Mn-Sättigungen in den humusreichen Schichten und zunehmende Al-Sättigungen in den humusärmeren Mineralbodenschichten wirken sich hemmend auf die Ca- bzw. Mg-Aufnahme aus.

2.6 Bodenhydrologische Situation wichtiger Eichenstandorte in Brandenburg

WINFRIED RIEK

2.6.1 Einleitung

Der Wasserhaushalt als Standortfaktor ist in den vergangenen Jahren verstärkt in das Interesse der forstwirtschaftlichen Planung gerückt. Gründe dafür sind zum einen Klimaszenarien des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK), wonach zukünftig reduzierte Niederschläge in Nordostdeutschland eine zunehmend angespannte Wasserversorgung in Wäldern erwarten lassen (GERSTENGARBE et al., 2003) und zum anderen langfristige Messreihen, die für weite Teile Brandenburgs ein tendenzielles Absinken des Grundwasserspiegels als Ausdruck der großräumigen Landschaftsentwässerung aufzeigen (MLUR/LFE, 2002). Die beobachteten und prognostizierten Veränderungen bedeuten für die betroffenen Waldstandorte bezüglich der Wasserverfügbarkeit eine Verschlechterung der Wuchsbedingungen und haben Auswirkungen für die Waldbewirtschaftung. Vor diesem Hintergrund soll im vorliegenden Beitrag eine Einschätzung der Wasserhaushaltssituation Brandenburger Eichenstandorte erfolgen.

2.6.2 Ansprüche der Eiche an den Wasserhaushalt

Eine relativ breite Standortsamplitude ist für die Trauben-Eiche (*Quercus petraea*) und in noch stärkerem Maße für die Stiel-Eiche (*Quercus robur*) charakteristisch. Hinsichtlich der Nährstoffversorgung sind beide Eichenarten nicht sehr anspruchsvoll. Gleichwohl wird in der Literatur eine wasserhaushaltsbedingte Arealdifferenzierung beschrieben (DENGLER, 1990; ELLENBERG, 1996; HEGI, 1981; MAYER, 1992; SCHÜTT et al., 2000). Die Trauben-Eiche besiedelt demnach selbst unter den subkontinental trockenen Klimabedingungen Nordostdeutschlands noch bodentrockene Sandstandorte. Sie meidet hoch anstehendes Grundwasser, stagnierende Nässe oder Überschwemmungsgebiete und zeigt optimales Wachstum auf frischen Sand- und lehmigen Sandböden (Braunerden, Podsol-Braunerden). Die Stiel-Eiche bestockt tiefgründige Lehm- und sandige Lehmböden mit oft hohem Grundwasserstand. Mit dichten bzw. verdichteten Böden wie Pseudogley und Stagnogley kommt sie infolge ihrer hohen Wurzelenergie gut zurecht. Solche Böden gelten vielfach als „Zwangsstandorte“ für die Stiel-Eiche. Sie erreicht ihr Optimum in den Auengebieten und verträgt hier auch zeitweilige Überflutung.

Prof. Dr. WINFRIED RIEK
Landesforstanstalt Eberswalde

2.6.3 Kennwerte des Wasserhaushaltes

Die wesentlichen Steuergrößen des Wasserhaushaltes sind Makro-, Meso- und Mikroklima, der Grundwasserflurabstand, physikalische Bodeneigenschaften sowie die Bestandesstruktur. Große Unterschiede bestehen zwischen grundwasserbeeinflussten und grundwasserfernen Böden. Bei der Bilanzierung des Wasserhaushaltes geht man von der Wasserhaushaltsgleichung aus. Danach gilt:

$$N + kA = ETI + S + A_0 +/\Delta R \text{ (mm)}$$

mit N = Niederschlag;

kA = kapillarer Aufstieg aus dem Grundwasser;

ETI = Summe aus Evapotranspiration und Interzeption;

S = Sickerwasserabfluss;

A₀ = Oberflächenabfluss und

ΔR = Änderung des im Boden gespeicherten Wasservorrates.

Zur Ableitung der einzelnen Komponenten des Wasserhaushaltes ist der Einsatz von Simulationsmodellen erforderlich (BMVEL, 2003; MÜLLER, 2001; RIEK und KALLWEIT, 2003).

In der Standortserkundung wird die Wasserversorgung durch die Klima- und Feuchtestufe gekennzeichnet. Dieser Ansatz ist auf die praktische Forstbewirtschaftung, d. h. vor allem auf die waldbauliche Planung (Baumartenwahl) hin ausgerichtet (MLUR, 2004). Die Klimastufe fasst forstökologisch gleich oder ähnlich zu bewertende Großklimabereiche zusammen, wobei zwischen frischen (f), mäßig trockenen (m) und trockenen Klimaregionen (t) differenziert wird. Die Feuchtestufe ist Bestandteil der Standortsformengruppe, in welcher forstökologisch vergleichbare Standortsformen zusammengefasst werden. Es wird zwischen organischen (O) und mineralischen (N) Nassstandorten, wechselfeuchten (W) und terrestrischen (T) Standorten unterschieden. Innerhalb jeder Gruppe wird je nach Grundwasserflurabstand und Lage im Relief weiter differenziert (SCHULZE, 1996).

Die Häufigkeitsverteilung der Eichenbestände in Brandenburg bezüglich ihrer Wasserhaushaltsbedingungen zeigt, dass Klimastufe f mit weniger als 5 % Flächenanteil vorkommt. Die Klimastufen m und t sind lt. Datenspeicher Wald (DSW) mit 45 % bzw. 51 % annähernd gleich häufig vertreten. Über alle Klimastufen hinweg betrachtet befinden sich insgesamt ca. 98 % der Eichenbestände auf mineralischen Nassstandorten (N), terrestrisch frischen (T1) sowie mittelfrischen (T2) Standorten.

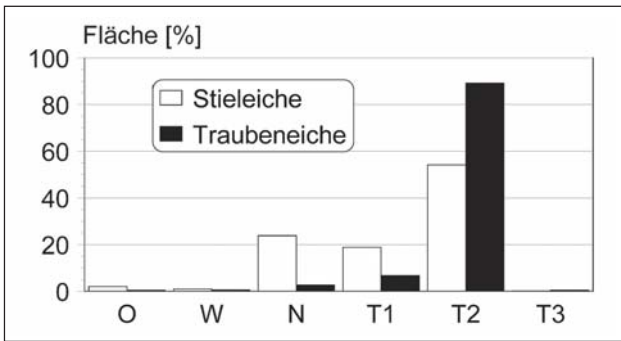


Abb. 2.6.1: Häufigkeitsverteilungen von Stiel- und Trauben-Eiche auf Feuchtestufen in Brandenburg (Datenspeicher Wald)

Dabei nimmt die Stiel-Eiche einen deutlich höheren Prozentanteil auf grundwasserbeeinflussten Standorten (N, T1) ein als die Trauben-Eiche (Abb. 2.6.1). Diese stockt entsprechend ihres natürlichen Vorkommens zu ca. 90 % im grundwasserfernen Bereich (T2) (s. Kap. 1.3.2.3).

2.6.4 Wasserhaushalt grundwasserferner Eichenstandorte

Bei den nicht vom Grundwasser beeinflussten Standorten sind es vor allem die nutzbare Wasserspeicherkapazität im effektiven Wurzelraum sowie die Klimatische Wasserbilanz (Differenz zwischen potenzieller Evapotranspiration und Niederschlag), welche den Wasserhaushalt maßgeblich beeinflussen. Engpässe der Wasserversorgung entstehen auf Standorten mit stark negativer Wasserbilanz in der Vegetationsperiode, geringer Wasserspeicherkapazität des Bodensubstrates bzw. geringer Durchwurzelungstiefe.

2.6.4.1 Pflanzenverfügbares Bodenwasser

Die Ausprägung der nutzbaren Wasserspeicherkapazität von 35 grundwasserfernen Eichenstandorten, die von RIEK und STÄHR (2004) beschrieben werden, zeigt Abb. 2.6.2. Es handelt sich dabei um keine flächenrepräsentative Stichprobe, doch sind die wichtigsten für Eiche relevanten Standortstypen berücksichtigt, so dass größenordnungsmäßig eine Einschätzung der in Brandenburg vorherrschenden Bodenwasserspeichermengen unter Eiche möglich ist.

Die Daten resultieren aus horizontweisen Messungen der Wassergehalte und Saugspannungen mittels pF-Ku-Apparatur bzw. Drucktopftechnik. Auffallend ist, dass die Analysenwerte tendenziell höher liegen als die nach der gebräuchlichen „Bodenkundlichen Kartieranleitung KA4“ aus Korngrößenverteilung, Bodendichte und Humusgehalt abgeschätzten Werte (AG Boden, 1996). Das lässt sich damit begründen, dass der „KA4“ vorwiegend Proben landwirtschaftlicher Böden zugrunde liegen und sich die daraus abgeleiteten Pedotransferfunktionen nur eingeschränkt auf Waldstandorte übertragen lassen. Deren Wasserspeicherkapazität ist offensichtlich in der Tendenz höher anzusetzen (vgl. auch SCHERZER, 2004).

Die prozentuale kumulative Häufigkeitsverteilung in Abb. 2.6.2 weist auf eine annähernde Gleichverteilung der Werte im Bereich von 90 mm bis 350 mm bei einer effektiven Durchwurzelungstiefe von $We = 1,0$ m bzw. 130 mm bis 390 mm für $We = 1,5$ m hin. Der Unterschied zwischen den beiden Kurven, der beim Median 85 mm ausmacht, verdeutlicht die erhebliche Bedeutung der Mächtigkeit des Wurzelraumes hinsichtlich der den Bäumen potenziell zur Verfügung stehenden Bodenwassermengen.

Die Klimadaten der Probepunkte der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) zeigen, dass in den trockensten Waldregionen Brandenburgs im langjährigen Mittel Klimatische Wasserbilanzen (KWB) von < -73 mm im Jahr bzw. < -204 mm in der Vegetationsperiode (IV–IX) auftreten. Diese Werte werden auf 10 Prozent der Waldfläche unterschritten (10-Perzentil der flächenrepräsentativen BZE-Stichprobe).

2.6.4.2 Vergleich von Klimatischer Wasserbilanz und Bodenwasserspeicher

In den Einzeljahren können jedoch noch weit negativere Wasserbilanzen auftreten, wie durch Abb. 2.6.3 verdeutlicht wird. Im rechten Teil der Abbildung sind die kumulativen Wasserbilanzen über die Vegetationsperiode als Mittel aller Standorte der Klimastufe m ($n = 62$) bzw. t

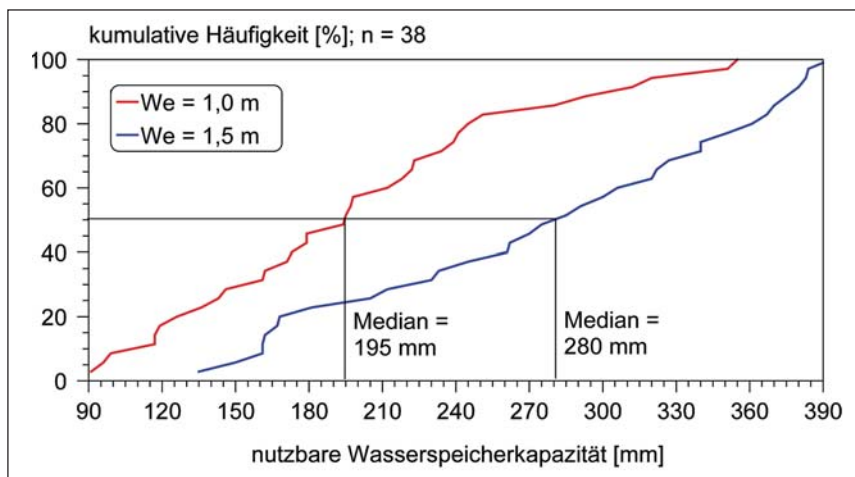


Abb. 2.6.2: Prozentuale kumulative Häufigkeitsverteilung der nutzbaren Wasserspeicherkapazität von 38 Eichenstandorten für effektive Wurzelräume (We) von 1,0 m und 1,5 m (RIEK und STÄHR, 2004)

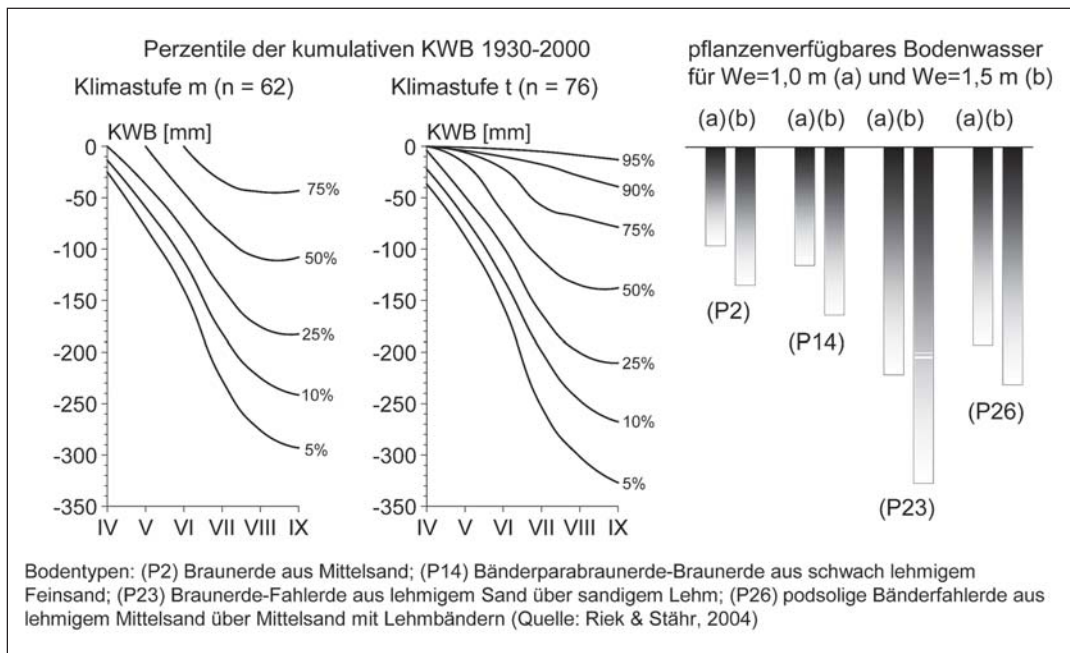


Abb. 2.6.3: Häufigkeitsverteilung der kumulativen Klimatischen Wasserbilanz (KWB) in den Jahren 1930–2000 für die Klimastufen m und t im Vergleich zum pflanzenverfügbaren Bodenwasser unterschiedlicher Bodentypen und effektiver Wurzelräume (We)

(n = 76) dargestellt. Die Perzentile (5-%, 10-%, 25-%, ... 95-%) beziehen sich auf die zeitliche Variation im Zeitraum 1930–2000. Die Kurven der 90- und 95-Perzentile in Klimastufe m liegen im positiven Bereich und sind aus Gründen der Anschaulichkeit nicht dargestellt.

Diesen Klimadaten sind auf der rechten Seite der Abbildung Daten des pflanzenverfügbaren Bodenwassers ausgewählter Eichenstandorte zum Vergleich gegenübergestellt. Die Kennzeichnungen P2, P14, P23 und P26 entsprechen den bei RIEK und STÄHR (2004) verwendeten. Die Bodenwassermengen sind ebenfalls in mm (l/m^2) angegeben und beziehen sich (mit positivem Vorzeichen) auf dieselbe Y-Achse wie die Werte der KWB.

Die pflanzenverfügbaren Bodenwassermengen belegen die Vielfalt der in Brandenburg verbreiteten grundwasserfernen Eichenstandorte. Der Vergleich zwischen Klimatischer Wasserbilanz in der Vegetationszeit und potenziell verfügbarem Bodenwasser zeigt, dass sowohl die bodenphysikalischen Eigenschaften als auch der Witterungsverlauf für den Wasserhaushalt von Bedeutung sind. Für die Ausnutzung der Wasservorräte spielt die Erschließung des Bodenraums durch die Wurzeln eine zusätzliche große Rolle. Die Darstellung belegt, dass zeitliche Witterungsunterschiede, der Bodentyp und die jeweilige Durchwurzelung in ihrem Einfluss auf die Häufigkeit und Ausprägung von Wasserstress innerhalb von Brandenburg als etwa gleichwertig anzusehen sind.

2.6.5 Wasserhaushalt grundwasserbeeinflusster Eichenstandorte

Hierzu zählen im wesentlichen die grundfeuchten N-Standorte mit frühjährlichem Grundwasserflurabstand von 0,5–1,0 m unter Flur (N2) sowie die T-Standorte, bei

denen sich der Grundwasserstand in 1,0–2,0 m Tiefe befindet (T1). Unter grundwasserbeeinflussten Bedingungen kann die nutzbare Wasserspeicherkapazität des effektiven Wurzelraums ganz oder teilweise durch den kapillaren Aufstieg ausgeglichen werden. Die nutzbare Wasserspeicherkapazität ist in diesem Fall weniger für den Wasserhaushalt entscheidend als der Grundwasserflurabstand.

Im Rahmen der Studie „Einfluss des Wasserhaushaltes auf Vitalität und Zuwachs von Eichen im Forstgebiet Zootzen“ (RIEK, 2004) konnte die Abhängigkeit des Dickenwachstums (Jahringbreite) vom Grundwasserflurabstand bzw. vom kapillaren Aufstieg aus dem Grundwasser exemplarisch dargestellt werden. Der Studie liegen Jahrringanalysen von jeweils 10 Eichen auf 4 Teilflächen sowie modellierte Wasserhaushaltskennwerte für den Zeitraum 1962–2000 zugrunde.

2.6.5.1 Kapillarer Aufstieg (Fallstudie)

Aus der hydraulischen Leitfähigkeitsfunktion wurde mit Hilfe der Darcy-Gleichung der kapillare Aufstieg für unterschiedliche Wasserspannungen berechnet. Abb. 2.6.4 zeigt für die im Untersuchungsgebiet Zootzen vorgefundenen feinstsandigen Unterböden die kapillaren Aufstiegsraten bei einer Wasserspannung von 200 hPa bzw. 800 hPa, d. h. bei geringer bzw. verstärkter Oberboden-austrocknung. Die X-Achse stellt den Abstand zwischen der Untergrenze des Wurzelraumes und der Grundwasseroberfläche dar; auf der Y-Achse ist die kapillare Aufstiegsrate in mm/d dargestellt. Aus der Abbildung geht hervor, dass mit einer täglichen Aufstiegsrate von 1 mm zu rechnen ist, wenn der Grundwasserstand 120 cm unterhalb der Untergrenze des effektiven Wurzelraumes liegt und hier eine Saugspannung von 200 hPa herrscht.

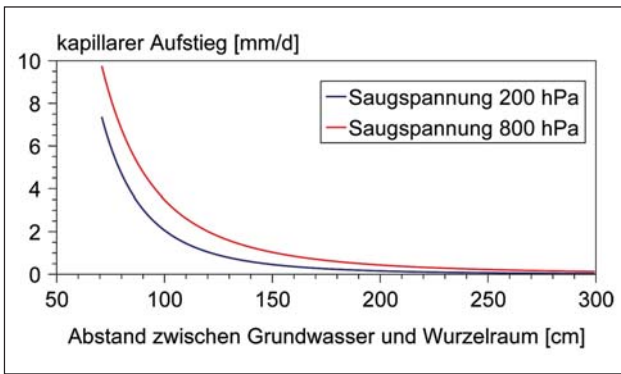


Abb. 2.6.4: Kapillare Aufstiegsrate in Abhängigkeit von Grundwasserstand und Wasserspannung an der Untergrenze des Wurzelraums (200 hPa = geringe Entwässerung; 800 hPa = starke Entwässerung des Oberbodens); Untersuchungsfläche Zootzen

Würde sich der Grundwasserstand < 80 cm unterhalb des effektiven Wurzelraumes befinden, wäre mit einer Aufstiegsrate von > 5 mm/d zu rechnen. In diesem Fall wäre die Wasserversorgung der Bäume weitgehend durch den kapillaren Aufstieg aus dem Grundwasser sicher gestellt. Unter den gegebenen Klimabedingungen einer ausgeprägten negativen Wasserbilanz in der Vegetationszeit (Klimastufe t) zeigt sich eine relativ enge Korrelation zwischen kapillarer Aufstiegsrate und Grundwasserflurabstand (Abb. 2.6.5).

2.6.5.2 Wasserhaushalt und Zuwachs

Zwischen dem Zuwachs der im Forst Zootzen untersuchten Stiel-Eichen und dem standörtlichen Wasserhaushalt besteht eine hochsignifikante Beziehung. Das

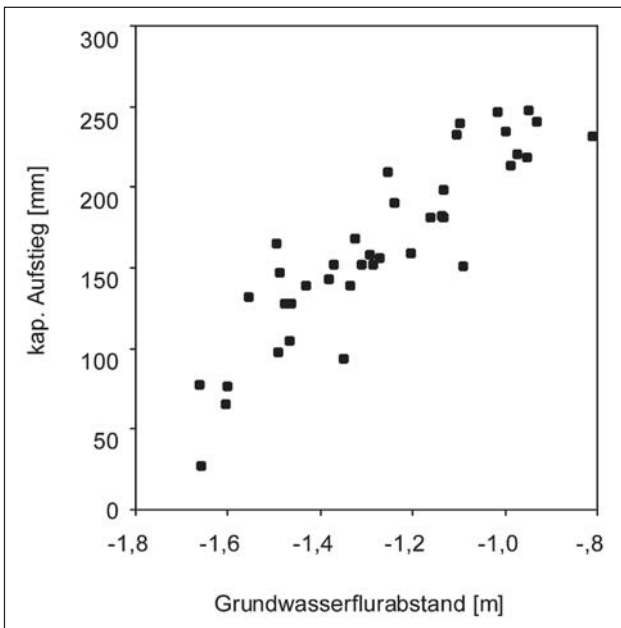


Abb. 2.6.5: Beziehung zwischen kapillarem Aufstieg und mittlerem jährlichem Grundwasserflurabstand im Zeitraum 1962–2000 auf der Untersuchungsfläche Zootzen (Ergebnis der Wasserhaushaltsmodellierung)

Dickenwachstum erwies sich als maximal, wenn das Grundwasser wenige Dezimeter unterhalb des Wurzelraumes ansteht. Dies ist unter den gegebenen Standorts- und Durchwurzelungsverhältnissen bei einem frühjährlichen Grundwasserhöchststand von 0,80 m unter Flur der Fall, welchem im Durchschnitt ein herbstlicher Grundwasserflurabstand von < 1,45 m entspricht. Unter diesen Bedingungen ist von einem jährlichen kapillaren Wasseraufstieg von durchschnittlich 200 mm auszugehen.

Abb. 2.6.6 zeigt die Beziehung zwischen Zuwachs und modellierten kapillaren Aufstiegsraten aus dem Grundwasser. Der verwendete Zuwachsindex beschreibt die prozentuale Abweichung der Jahringbreite vom 7-jährigen gleitenden Mittelwert, der 100 % entspricht. Deutliche Zuwachseinbußen sind zu verzeichnen, wenn der kapillare Aufstieg Werte < 130 mm pro Jahr annimmt. Dies entspricht einem mittleren Grundwasserflurabstand von ca. 1,4 m. Bei hohen kapillaren Aufstiegsraten ist eine größere Streuung der mittleren Zuwachsindizes zu verzeichnen, was vor allem daran liegt, dass in diesem Fall Grundwasserhöchststände erreicht werden, welche bei einzelnen Bäumen nachweislich zu Zuwachsreduktionen führen. Derartige Effekte sind zu verzeichnen, wenn das frühjährliche Grundwasser höher als 0,70 m unter Flur ansteht, wobei diese Tiefe dem an der Profilwand abgeschätzten Wurzelraum entspricht.

Die Wasserhaushaltsberechnungen am Standort Zootzen zeigen, dass selbst bei einem mittleren Grundwasserflurabstand von 1,7 m noch keine extremen Trockenstressbedingungen herrschen dürften. So beträgt die pflanzenverfügbare Bodenwassermenge als Summe der nutzbaren Wasserspeicherkapazität (82 mm) und des kapillaren Aufstiegs (50 mm) in diesem Fall immerhin 132 mm, was einer **mittleren** Wasserversorgung entspricht. Auf einem Standort der Klimastufe t könnte das klimatisch bedingte Wasserdefizit durchschnittlich in je-

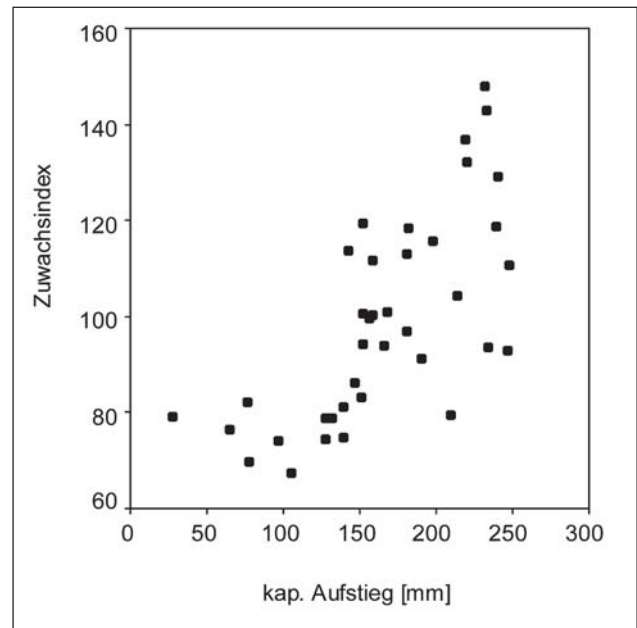


Abb. 2.6.6: Streudiagramm von mittlerem Zuwachsindex [%] der Untersuchungsfläche Zootzen (10 Eichen) und kapillarem Aufstieg aus dem Grundwasser 1962–2000

dem zweiten Jahr durch diese Bodenwassermenge kompensiert werden (vgl. Abb. 2.6.3; 50-Perzentil der KWB). Da unter diesen Bedingungen aber trotzdem klare Wachstumsreduktionen zu beobachten sind, liegt die Vermutung nahe, dass es weniger die absolute Wasserverfügbarkeit ist, die zu Zuwachseinbußen führt, als vielmehr Veränderungen des Grundwasserstandes bzw.



Abb. 2.6.7: Eichenbestand in Auflösung (Revier Zootzen)



Abb. 2.6.8: Eichenbestand stark beschädigt (Revier Zootzen)

der Wasserverfügbarkeit im Vergleich zum Vorjahr, auf die sich die Bäume nicht flexibel einstellen können.

Kurzfristige Grundwasserschwankungen, die das Adaptionspotenzial der Bäume überschreiten und in deren Folge es zu physiologischen Beeinträchtigungen kommt, dürften wesentlich an den im Untersuchungsgebiet zu verzeichnenden schweren Eichenschäden beteiligt sein. Diese Annahme wird auch dadurch belegt, dass in Einzeljahren mit markanten Grundwasserabsenkungen stets signifikante Zuwachseinbrüche der Eichen nachzuweisen sind (vgl. RIEK, 2005).

2.6.6 Fazit

Der vorliegende Beitrag stellt einen Versuch dar, einige Aspekte des Zusammenspiels von Bodenwasserhaushalt, Klima und Pflanzenwachstum auf der Grundlage vorliegender Daten von grundwasserbeeinflussten und -fernen Eichenbeständen in Brandenburg zu skizzieren. In Anbetracht der gegenwärtigen Schadsituation bei der Eiche besteht Forschungsbedarf sowohl hinsichtlich der Unterlegung dieser Befunde mit weiteren Messwerten von Fallstudien – beispielsweise im Rahmen eines Trockenstressmonitorings auf Eichenstandorten – als auch hinsichtlich der Verallgemeinerungsmöglichkeiten der dargestellten Zusammenhänge durch flächenbezogene Modellierung und Regionalisierung aussagekräftiger Trockenstressindikatoren.



Abb. 2.6.9: Bestandesrand mit Entwässerungsgraben (Revier Zootzen)

2.7 Physiologische Reaktionen von Eichen unter Trockenstress

RALF KÄTZEL, SONJA LÖFFLER,
MATTHIAS WENK

Wassermangel beeinflusst alle pflanzlichen Lebensprozesse generell negativ. Wie im Kapitel 2.6 dargestellt wird, kommt daher dem Wasserfaktor im Ursache-Wirkungs-Komplex des „Eichensterbens“ eine zentrale Bedeutung zu. Dies gilt zum einen für Eichenbestände, die auf grundwasserfernen Standorten mit geringer Wasserspeicherkapazität Niederschlagsdefizite tolerieren müssen, und zum anderen für Eichenbestände, die auf ehemals grundwassernahen Standorten Grundwasserabsenkungen ausgesetzt sind. Darüber hinaus können mikrobielle Schädigungen des Feinwurzelsystems (siehe Kap. 2.4 und 2.8) die Wasseraufnahme einschränken und trotz eines scheinbar ausreichenden Wasserangebotes zu Mangelsymptomen im Kronenraum führen. Während im vorangestellten Kapitel die veränderten ökosystemaren Wasserhaushaltsbedingungen beleuchtet wurden, sollen nachfolgend einige pflanzeninterne, baumphysiologische Prozesse der Trockenstressanpassung betrachtet werden.

2.7.1 Anpassung an Trockenstress

Die Ökogramme der beiden heimischen Eichenarten (siehe Kap 4.1) weisen insbesondere für die Traubeneiche auf eine erhöhte Trockentoleranz hin. Ursache hierfür ist ein vergleichsweise hohes physiologisches Anpassungspotenzial, das insbesondere Traubeneichen auf geeigneten Standorten für Waldumbaumaßnahmen im trockneren südlichen Brandenburg prädestiniert.

Zur Vermeidung von pflanzeninternen Wassermangelsituationen tragen zunächst die hoch komplex regulierten Spaltöffnungen (Stomata) bei (Übersicht bei LÖSCH, 2001). Da der Schließvorgang jedoch nicht abrupt erfolgt, sind Landpflanzen artspezifisch an Dehydrationsprozesse angepasst. Die physiologischen Vorgänge, die zu einer zeitlich begrenzten Anpassung führen, laufen kaskadenartig ab und folgen dem allgemeinen dynamischen Phasenmodell einer Stressantwort: Alarmphase, Widerstands- und Adaptationsphase, Erschöpfungsphase, Regenerationsphase oder Tod (SELEY, 1957; LARCHER, 1987; TESCHE, 1995) (siehe Kasten).

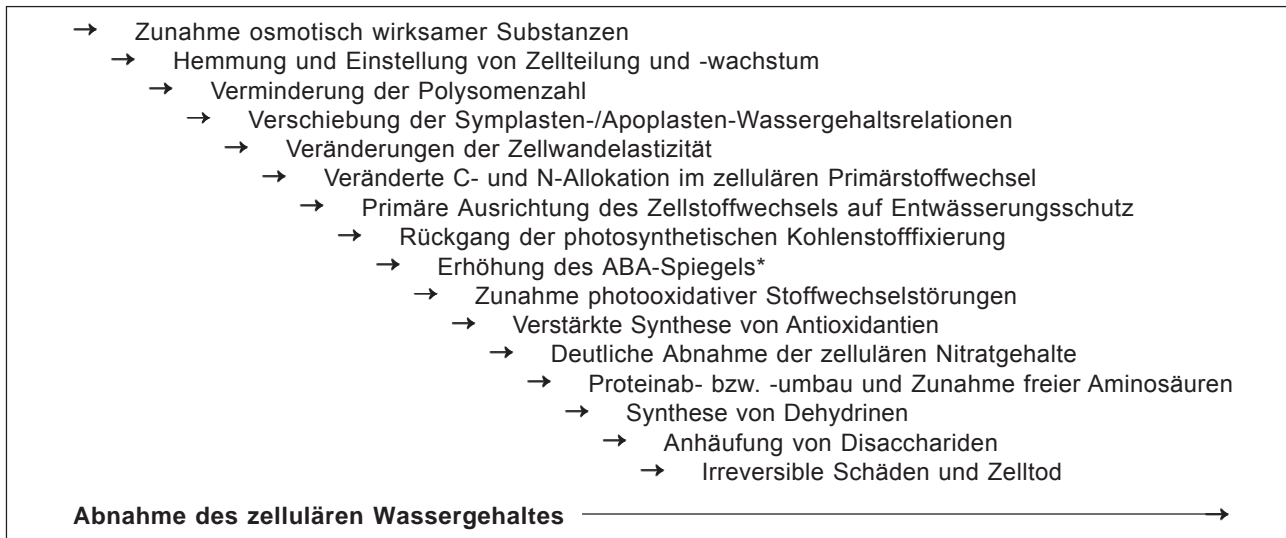
Ein stressauslösender kurzzeitiger Reiz geringer Intensität, der die Möglichkeit der Erholung einschließt, wird als Eustress bezeichnet. Das heißt, unter dem Einfluss des Stressors wird der Organismus zunächst in einen Alarmzustand versetzt. Dem folgt eine Widerstandsphase, die sich durch eine erhöhte Widerstandskraft gegenüber dem auslösenden oder auch anderen Stressfaktoren auszeichnet. Wird die Stressbelastung hinsichtlich der Intensität oder Zeitdauer zu groß, so dass die Adaptations-, Abwehr- und Erholungsmöglichkeiten erschöpft sind, so tritt die Disstressphase ein, die zu nachhaltigen Schäden bzw. zum Tod des Organismus führt (Übersicht bei SCHUBERT, 1991).

Im Falle des Trockenstresses lassen sich die Phasen der Belastung bzw. der Stressantwort anhand von physiologisch-biochemischen Blattinhaltsstoffen (Biomarkern) grob verfolgen. Zunächst versucht die Zelle dem Wasserverlust durch die Anreicherung von osmotisch wirksamen Substanzen entgegenzuwirken. Hierzu tragen insbesondere Kaliumionen, Kohlenhydrate und Aminosäuren bei. Mit der Zunahme der Osmolalität der Zellen soll verfügbares „Restwasser“ in die Zellen „gepumpt“ werden. Misslingt dies, werden „Schutzsubstanzen“ synthetisiert, die besonders sensible Strukturen von Zellen und Molekülen stabilisieren sollen. Hierzu gehören spezifische Proteine („Dehydrine“) und die Aminosäure Prolin (siehe Übersicht 2.7.1).

Bleiben die Stomata bei Wassermangel geschlossen, fällt zwangsläufig die Kohlenstofffixierung im Calvinzyklus aus. Länger anhaltenden Unterbrechungen des Gaswechsels mindern zunächst die Assimilationsleistung der Blätter, was u. a. das kambiale Dickenwachstum reduziert. Eine besondere Stresssituation tritt ein, wenn die Strahlungsintensität bei geschlossenen Stomata hoch ist (was unter Hochsommerbedingungen typisch ist) und die Elektronenakzeptoren (aktivierte Wasserstoffionen NADH_2) nicht mehr regeneriert werden können. Über die lichtgetriebenen Elektronentransportketten werden Elektronen frei und bilden hochreaktive Radikale. Überwiegend entstehen aus der Reaktion mit dem Sauerstoff reaktive Sauerstoffspezies (ROS), die sofort wichtige Zellstrukturen (z. B. Membrane) zerstören würden. Um diese Zerstörungsprozesse zu verhindern, bildet die pflanzliche Zelle eine Reihe von Abwehrsystemen, die die Aufgaben haben, Radikale abzufangen und zu entgiften. All diese „Überlebens“-Reaktionen sowie die Aufrechterhaltung der erworbenen Widerstandsfähigkeit sind mit einem zusätzlichen Energieaufwand verbunden.

Dr. habil. RALF KÄTZEL
Landesforstanstalt Eberswalde,
Dr. SONJA LÖFFLER
Landesforstanstalt Eberswalde,
MATTHIAS WENK
Landesforstanstalt Eberswalde

Übersicht 2.7.1: Abfolge von Veränderungen im Zellstoffwechsel unter dem Einfluss von Trockenheit (verändert nach LÖSCH, 2001)



* ABA = Phytohormon Abscisinsäure

Dieser physiologische Zustand ist folglich ein Kompromiss zwischen einer erhöhten Überlebenswahrscheinlichkeit und dem Verlust an Biomassezuwachs, Reproduktionsfähigkeit etc.. Okular sichtbar führen Trockenstressereignisse zu einem deutlich schmaleren Jahrring während des sekundären Dickenwachstums (s. Kap. 2.7.5). Dies ist für die Eiche von besonderer Bedeutung, da sie das Wasser des Xylemstroms überwiegend über den letzten Jahrring transportiert. Ist dieser extrem schmal bzw. kollabieren die Gefäße, wird die Wasserversorgung der Krone eingeschränkt. In der Folge muss der Baum seine Transpirationsoberfläche, d. h. seine Blattmasse weiter vermindern, was die Biomassebildung immer weiter reduziert.

Die Phasen der Stressbelastung lassen sich durch die resultierenden Stoffwechselveränderungen und eine Reihe charakteristischer physiologischer Parameter gut dokumentieren. Aufgrund ihres bioindikativen Effekts werden physiologische und/oder biochemische Größen, die auf Stoffeinwirkungen oder physikalische und biologische Einflüsse reagieren und auf den verschiedenen Organisationsebenen eines Organismus (Molekül, Zelle, Gewebe, Organ) als Maß für die Exposition, die Wirkung oder die Empfindlichkeit quantifiziert werden können, als Biomarker bezeichnet (ZIMMERMANN, 1996; WIENHAUS et al., 2002; KÄTZEL, 2003). Am Beispiel von Modelluntersuchungen im Amt für Forstwirtschaft Templin sollen die stressphysiologischen Zustände anhand von Biomarkerreaktionen für das Trockenjahr 2003 belegt werden.

2.7.2 Ergebnisse zur physiologischen Stressbelastung von Trauben-Eichen-Beständen in der Oberförsterei Menz (AfF Templin)

Die im Jahr 2001 von den örtlichen Wirtschaftlern beobachteten zunehmenden Schäden an mittelalten Trau-

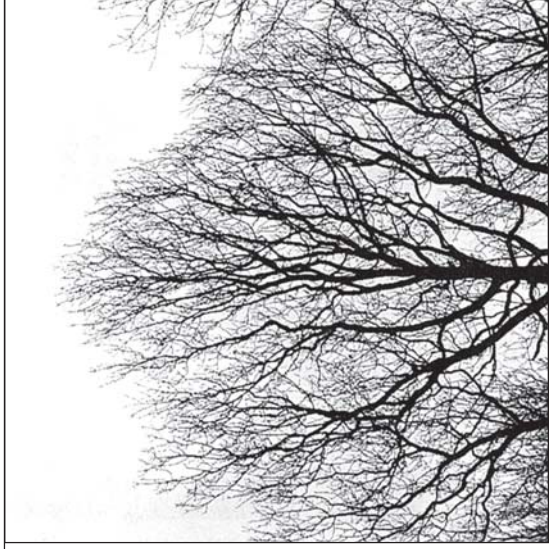
ben-Eichen regten zu intensiven Untersuchungen in den Forstrevieren Dagow (Abt. 4082; Abt. 4089) und Neuglobsow (Abt. 4139) (beide Oberförsterei Menz, Amt für Forstwirtschaft Templin) nahe des Großen Stechlinsees an (Abb. 2.7.1 und 2.7.2). Da es bislang bei Eichen an Frühindikatoren fehlte, die eine Bewertung des physiologischen Anpassungspotenzials zu einem Zeitpunkt ermöglichen, lange bevor Blattverluste sichtbar werden, wurden verschiedene Biomarker an vorherrschenden Eichen mit visuell unterschiedlicher Vitalitätsstufe getestet.

Innerhalb der drei Eichenbestände wurden jeweils 15 vorherrschende Eichen als Probebäume ausgewählt. Der Auswahl vorausgegangen war eine Kronenzustandsbonitur (Kronenstrukturschlüssel nach KÖRVER et al., 1999: Stufen 1 bis 8, Abb. 2.7.3) aller Eichen der jeweiligen Abteilung, so dass der Kronenzustand der Probebäume anteilig den Bestandeszustand zum Untersuchungsbeginn repräsentierte. In den Folgejahren wurde die Bonitur der Kronenstruktur während der Vegetationsruhe im unbelaubten Zustand fortgesetzt. Während des Untersuchungszeitraumes abgestorbene Probebäume wurden durch phänotypisch ähnliche Eichen ersetzt.

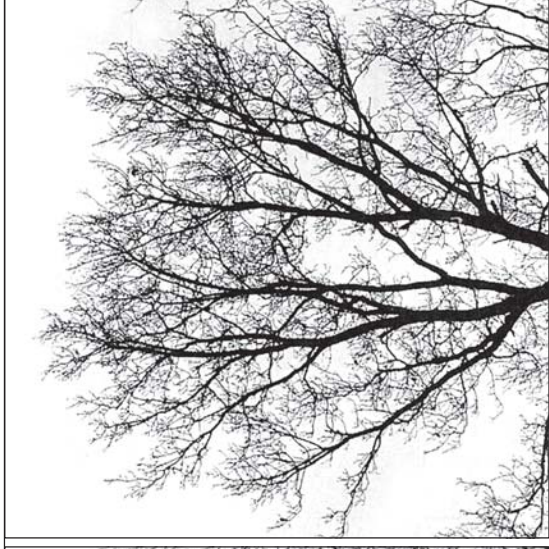
Je Bestand wurden jeweils in der 32. Kalenderwoche Blattproben aus der oberen Kronenperipherie der Probebäume gewonnen und mehr als 20 biochemische Parameter (z. B. Chlorophyll a und b, Carotinoide, Blattfeuchte, Osmolalität, Kohlenhydrate, Stärke, Ascorbat, Aminosäuren, Prolin, Protein, phenolische Inhaltsstoffe) sowie die Mineralstoffgehalte (z. B. N, Mg, K, Ca, P, S) bestimmt. Die Analysemethoden sind bei WIENHAUS et al. (2003) ausführlich beschrieben. Im Vordergrund der statistischen Auswertung stand der Vergleich der Blattinhaltsstoffe zwischen den drei Eichenbeständen sowie die Dynamik der Parameter im Untersuchungszeitraum und unter Berücksichtigung des äußerlich sichtbaren Kronenzustandes.



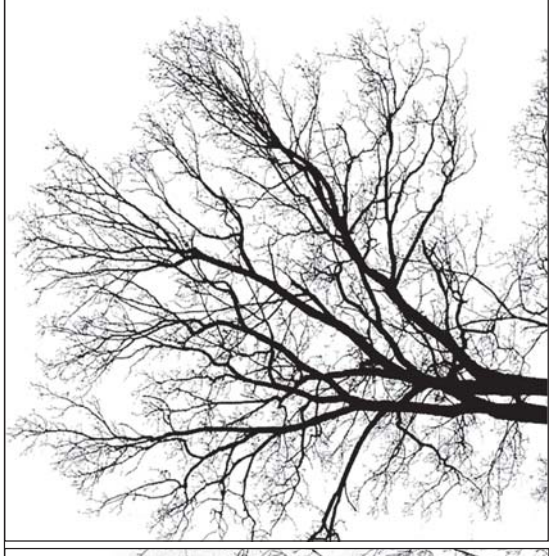
Stufe 1:
Referenz-Stadium



Stufe 2:
Feinast-Stadium



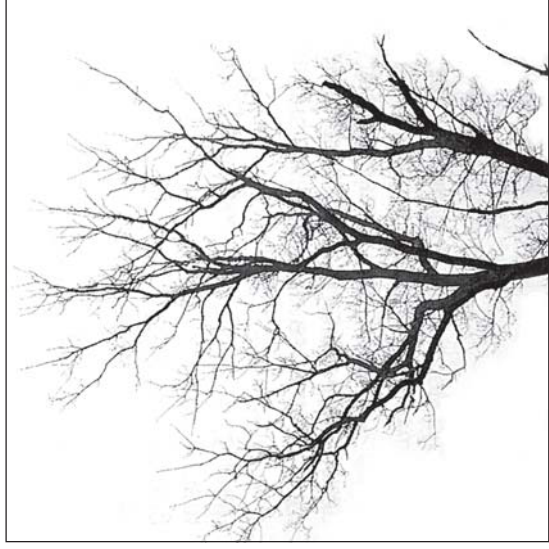
Stufe 3:
Knickwuchs-Stadium



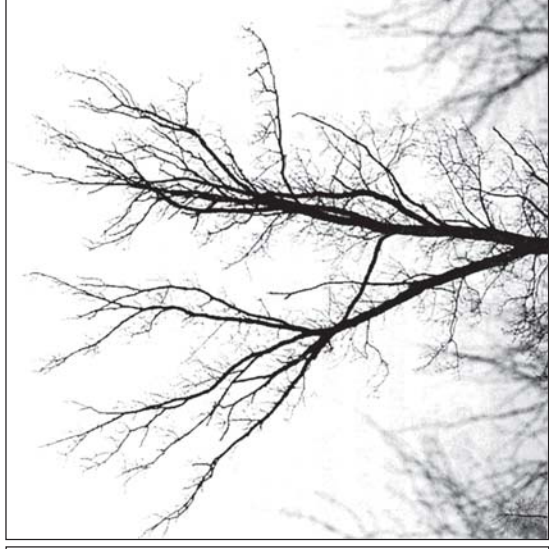
Stufe 4:
Segment-Stadium



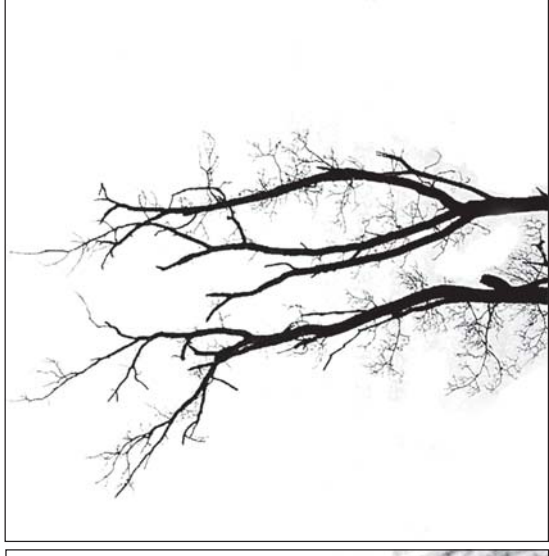
Stufe 5:
Fenster-Stadium



Stufe 6:
Grobast-Stadium



Stufe 7:
Grobast-Stadium mit Sekundärästen



Stufe 8:
Rudiment-Stadium

Abb. 2.7.3: Kronenstrukturschlüssel für Alteleichen nach KÖRVER et al. (1999)



Abb. 2.7.1: Stark geschädigte Trauben-Eiche im Revier Dagow (Abt. 4082)



Abb. 2.7.2: Abgestorbene Trauben-Eiche im Revier Dagow (Abt. 4082)

Die bisherigen Ergebnisse (2001–2004) dokumentieren einen syndromhaften, dramatischen Verlauf des Stressgeschehens. Diese Stressbelastung wurde durch die Sommertrockenheit im Jahre 2003 (siehe Kasten) zusätzlich verstärkt, was sich in den Reaktionsmustern der Eichen widerspiegelt.

Art und Umfang der Dürreschäden werden sowohl vom Zeitpunkt als auch von der Dauer und Intensität der Trockenheit beeinflusst. Im Jahr 2003 lag die gemessene durchschnittliche Niederschlagsjahresmenge im Land Brandenburg bei 385 mm (NITZSCHKE et al., 2003). Die Niederschlagsabweichung betrug rd. 69 % vom langjährigen Mittel (1961–1990). 2003 wurden von Februar bis September Niederschlagsmengen zwischen 5 und 44 mm/Monat gemessen. Lediglich der Januar und der Oktober brachten einen Niederschlagsüberschuss.

Von den insgesamt mehr als 20 biochemischen Blattinhaltsstoffen und Blattparametern zeigten im Sommer 2003 sechs Biomarker deutliche Abweichungen von den bisherigen Verläufen bzw. Referenzbereichen, die unmittelbar bzw. mittelbar im Zusammenhang mit der Sommertrockenheit standen.

Innerhalb des Untersuchungszeitraumes nahmen die stressspezifischen Belastungszustände der repräsentativ für den jeweiligen Bestand ausgewählten Probestämme erheblich zu. Dies wird besonders bei jenen Blattinhaltsstoffen deutlich, die im Zuge von Anpassungsreaktionen auf die Abwehr von Stresszuständen ausgerichtet

sind. Hierbei ist als besonders problematisch herauszustellen, dass nicht spezifische Reaktionsindikatoren auf einen einzelnen Stressor hinweisen, sondern mehrere Biomarker gleichzeitig reagieren, so dass von einer syndromhaften Verschlechterung des Allgemeinzustandes der Eichen auszugehen ist. Die Stressantwort der Bäume war u. a. auf die Entgiftung von Radikalen (Ascorbat, Carotinoide, Procyanidine) und die Stabilisierung des osmotischen Potenzials ausgerichtet.

Als besonders dramatisch muss der Anstieg der freien Aminosäuren angesehen werden (Abb. 2.7.4). Da bei Blatt-Stickstoffgehalten mit einem Mittelwert von 21 mg/g TM eine Stickstoffüberernährung auszuschließen ist und die ebenfalls zunehmenden Kohlenhydratgehalte eine zusätzliche Aminosäuresynthese zu Lasten der Kohlenhydrate unwahrscheinlich machen, ist die Ursache der hohen Gehalte in einem verstärkten Proteinabbau zu sehen. Gleichzeitig stiegen die Gesamtascorbatgehalte als Reaktion auf oxidativen Stress in den Zellen 2003 an. Dies war vordringlich in den Abteilungen 4089 und 4139 zu beobachten (Abb. 2.7.5).

Zusätzlich nahmen insbesondere im Trockenjahr 2003 (flächenspezifisch differenziert) erwartungsgemäß der Gehalt an Kohlenhydraten (Abb. 2.7.6) und innerhalb des Aminosäurespektrums der Prolinanteil signifikant zu (Abb. 2.7.7). Dies korrespondiert mit der Verminderung des Blattwassergehaltes (Abb. 2.7.8).

Lösliche Zucker sind die primären Reaktionsprodukte, die im Ergebnis der Photosynthese oder der Abbauprozesse von Polysacchariden entstehen. Der Kohlenhy-

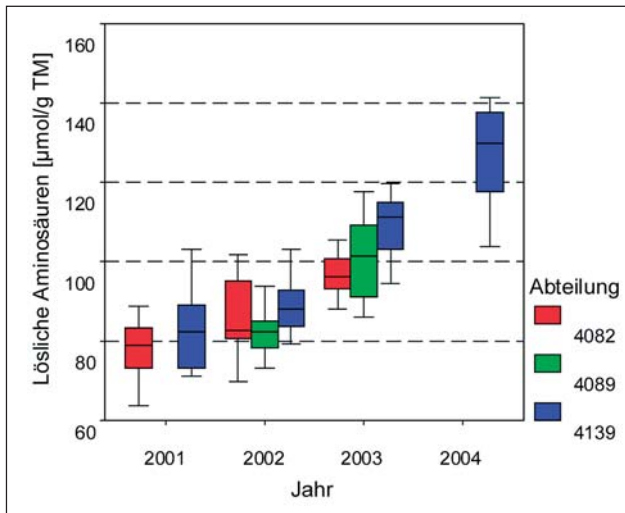
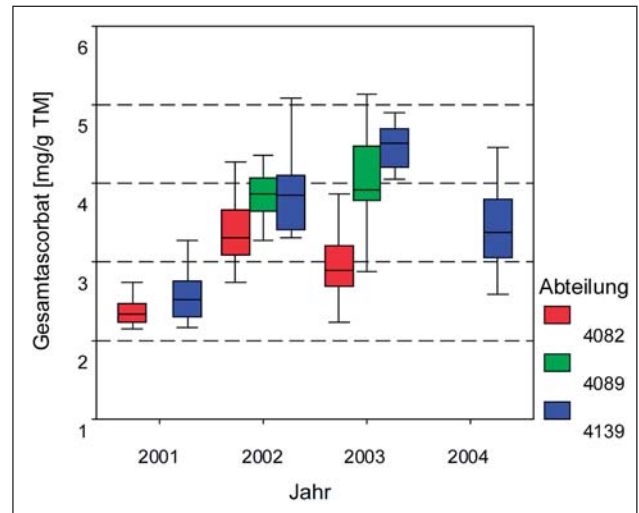


Abb. 2.7.4: Jahresbezogener Vergleich der Gesamtaminosäuregehalte in den Eichenblättern der drei Untersuchungsflächen (2004 nur Abt. 4139)



2.7.5: Jahresbezogener Vergleich der Gesamtascorbatgehalte in den Eichenblättern der drei Untersuchungsflächen (2004 nur Abt. 4139)

dratgehalt der Blätter wird durch zahlreiche Faktoren beeinflusst. So können Wassermangelbedingungen und Ozoneinträge zu einer Hemmung des Assimilattransportes und somit zu einem Anstieg der Kohlenhydratgehalte führen. Eine aktive Akkumulation von Zuckern erhöht gleichzeitig die Osmolalität des Zellsaftes und wirkt einer Austrocknung der Zellen entgegen. Gleichzeitig wird die Stärkespeicherung in den Holzzellen vermindert, was zu syndromhaften Sekundärschäden führen kann (s. u.).

Der Vergleich der Untersuchungsergebnisse mit äußerlich vitaleren Eichen der Level II-Dauerbeobachtungsfläche Fünfeichen machte im Trockenjahr 2003 deutlich, dass die Eichen im Schadgebiet des Stechlinsees darüber hinaus signifikant geringere Blattgewebedichten (= Verhältnis zwischen Blatt-Trockenmasse und Blattfläche) und höhere Gesamtphenolgehalte (Folin-positive Verbindungen) aufwiesen.

Der Vergleich zwischen den Versuchsflächen zeigt, dass sich bezüglich aller untersuchten Parameter die Eichen der Abteilungen 4139 und 4089 im Jahr 2003 in einem besonders kritischen Zustand befanden, während die Bäume der Abteilung 4082 physiologisch besser konditioniert waren.

Da der Kronenzustand, ermittelt an den Verzweigungsstrukturstadien im Winter (KÖRVER et al., 1999), durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst wird, sind Zusammenhänge zwischen dem physiologischen Zustand der Blätter nicht zwingend zu erwarten. Obwohl sich der Stichprobenumfang der untersuchten Bäume für die Unterscheidung von signifikanten Unterschieden zwischen den verschiedenen Kronenstruktur-Stufen als zu gering erwies, zeichneten sich dennoch bei zwei der untersuchten physiologischen Parameter Zusammenhänge ab.

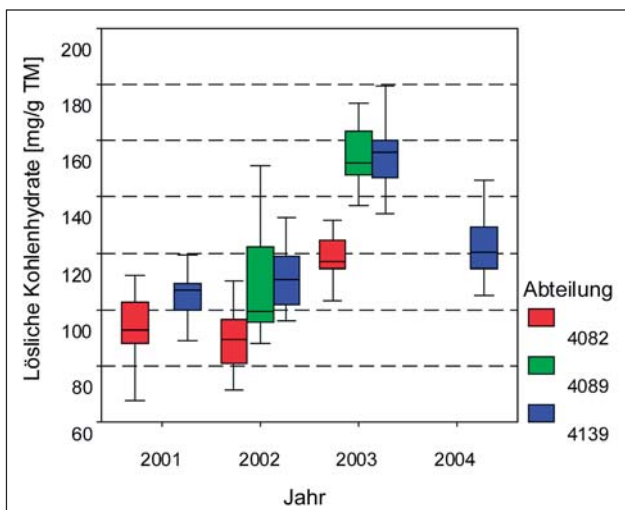


Abb. 2.7.6: Jahresbezogener Vergleich der Gesamtkohlenhydratgehalte in den Eichenblättern der drei Untersuchungsflächen (2004 nur Abt. 4139)

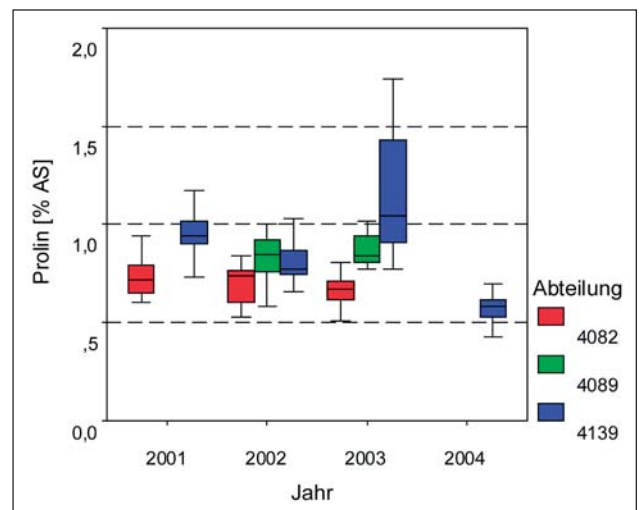


Abb. 2.7.7: Jahresbezogener Vergleich der Prolingehalte in den Eichenblättern der drei Untersuchungsflächen (2004 nur Abt. 4139)

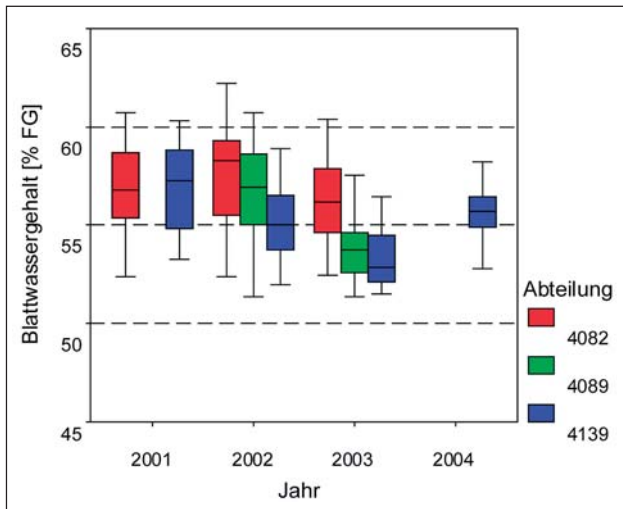


Abb. 2.7.8: Jahresbezogener Vergleich der Blattwasserhalte in den Eichenblättern der drei Untersuchungsflächen (2004 nur Abt. 4139)

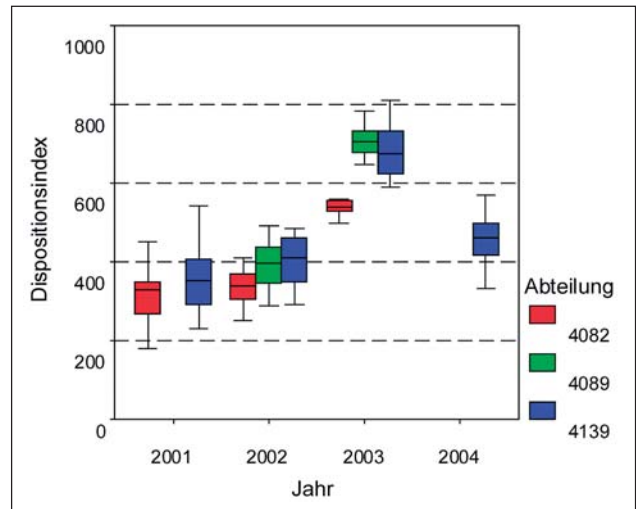


Abb. 2.7.9: Jahresbezogener Vergleich der potenziellen Prädisposition der Eichen für den Befall durch biotische Schaderreger (2004 nur Abt. 4139)

Mit der Verschlechterung des Kronenzustandes nahm bereits ab dem Segment- bzw. Fensterstadium (Stufe 4 bzw. 5) der Chlorophyllgehalt ab. Da der Pigmentgehalt unter dem Primat der Energiebereitstellung bis zu einer bestimmten Stressbelastung aufrechterhalten wird, gilt eine manifeste Verminderung des Chlorophyllgehaltes über die gesamte Krone als zuverlässiger Indikator für die Schädigung des Baumes. Zusätzlich war ein Anstieg der Aminosäure Prolin (bezogen auf die löslichen Aminosäuren) mit den höchsten Gehalten im Mittel- und Grobaststadium (Stufe 6 und 7) nachzuweisen. Die anderen Parameter zeigten keinen Zusammenhang zum Kronenzustand.

Innerhalb des Untersuchungszeitraumes starben sieben Probestämme ab. Bei der Vorjahresbeprobung wiesen diese Bäume deutlich höhere Ascorbat-, Aminosäure- und Prolingehalte im Vergleich zum Gesamtkollektiv auf. Das Chlorophyll-Carotinoid-Verhältnis war dagegen vermindert (KÄTZEL und LÖFFLER, 2004).

2.7.3 Physiologische Folgeschäden bei Wassermangel

Neben den primären biochemischen und physiologischen Reaktionen können Sekundäreffekte das Schadbild verstärken. Die hohen Aminosäuregehalte in Verbindung mit abnehmenden Proteingehalten sowie die geringen Stärkegehalte sind Indikatoren für eine verfrühte Blattseneszenz, die einem zu zeitigen Blattabfall vorausgehen. Gleichzeitig disponieren hohe Aminosäure- und Kohlenhydratgehalte in Verbindung mit abnehmenden Phenolgehalten die Bäume zusätzlich für den Befall durch biotische Schaderreger (s. Kap. 2.4).

Die Konstellation der die Insektenentwicklung fördernden (u. a. Kohlenhydrate und Aminosäuren) und hemmenden Inhaltsstoffe (u. a. phenolische Verbindungen) dokumentiert sich auch in einem ansteigenden Prädispositionsindex (Abb. 2.7.9).

Darüber hinaus können Wassermangelsituationen zu Störungen in den physiologischen Differenzierungspro-

zessen führen, die erst im Folgejahr sichtbar werden. Ein besonders markantes Beispiel sind zeitliche Veränderungen des Austriebs der Eichen, wie sie flächendeckend im Frühjahr 2004 beobachtet wurden.

2.7.4 Hypothesen und Untersuchungen zu Austriebsanomalien der Eichen im Frühjahr 2004

Langjährige phänologische Untersuchungen zum Austriebszeitpunkt der Eichen brandenburgischer Provenienz fehlen bislang (BADECK, mündl. Mitteilung). Süddeutsche Provenienzen der Stiel-Eichen treiben im langjährigen Mittel am 127. (+/-11) Tag aus (SCHABER und BADECK, 2005).

Im Frühjahr des Jahres 2004 verzögerte sich dieser Austrieb um mehrere Wochen. In den Ämtern für Forstwirtschaft Brandenburgs bot sich angesichts des weitgehend normalen Austriebsbeginns anderer Laubbaumarten ein teilweise bedrohliches Bestandesbild. Der zögerliche Austrieb der Eichen war in allen Landesteilen Brandenburgs festzustellen, wobei Unterschiede im Austriebsverhalten zwischen Einzelbäumen und verschiedenen Beständen zu beobachten waren. Da die beobachteten Austriebsanomalien als unmittelbare Folgewirkung des langanhaltenden Niederschlagsmangels im „Jahrhundertsommer“ 2003 gesehen wurden, wurden folgende Hypothesen zur Ursache-Wirkungsbeziehung zwischen Blattaustrieb und Vorjahrestrockenheit entwickelt:

Hypothese 1: Vertrocknung des Knospengewebes

Über die Intensität der Knospenanlage im Jahr 2003 für das Folgejahr liegen keine Angaben vor. Spätere Bonituren im Jahr 2004 zeigten, dass die Knospen schwach entwickelt bzw. bereits vertrocknet waren. Auch jüngere Triebe wiesen Trockniserscheinungen auf. An augenscheinlich intakten Abschnitten älterer Triebe war ein büschelartiger Blattaustrieb feststellbar. Von der Eiche ist allerdings bekannt, dass nur ca. 60 % der Knospen

zum Austrieb gelangen und nur davon die Hälfte Zweige ausbildet (KOZLOWSKI und PALLARDY, 1997).

Hypothese 2: Störungen im Phytohormonstoffwechsel

Trockenstress führt zu komplexen Veränderungen in den stöchiometrischen Verhältnissen der für regulative Prozesse notwendigen Phytohormone. Die meisten Kenntnisse liegen derzeit über trockenstressbedingte Veränderungen der Abscisinsäure (ABA) vor. Die Verengung der Stomata bei einer Erhöhung der einwirkenden ABA-Konzentration unter Wasserverknappung ist eine der wichtigsten und bestuntersuchtsten Wirkungen von Phytohormonen (Übersicht bei LÖSCH, 2001). Im Spross- und Blattbereich führen höhere ABA-Mengen zu Wachstumshemmungen. Von Experimenten an Mais und Sonnenblumen schließen ZHANG und DAVIES (1987), dass gut die Hälfte der Wachstumsstagnationen auf Trockenstress unter Erhöhung der ABA-Konzentration zurückzuführen ist. Gleichfalls erhöht sich bei trockener werdenden Pflanzenteilen die Ethylenbiosynthese. Ethylen gilt als typisches Stresshormon und ist u. a. für den Blattabwurf mit verantwortlich, indem es die Zellulaseaktivität erhöht, was zu Zellwandauflösungen führt.

Hypothese 3: mangelnde Stärkespeicherung als notwendige C-Quelle zur Blattbildung

Für den Blattaustrieb und die damit verbundenen Zellteilungen müssen im Frühjahr große Mengen an Stärke mobilisiert werden. Für diese Aufgabe haben ringporige Baumarten wie die Eiche im Vorjahr große Kohlenhydratreserven (z. B. Mittelwert: 41 mg/g TM) in den äußeren Jahrringen gespeichert. Bei zerstreutporigen Baumarten sind die maximalen Gehalte um die Hälfte reduziert (z. B.

Rot-Buche: Mittelwert: 23 mg/g TM) (BARBAROUX und BREDÁ, 2002). Nach den o. g. physiologischen Untersuchungen könnten die nachweislich verminderten Stärkegehalte in den Holzzellen in Verbindung mit Sommertrockenheit und warmen Winterperioden (verstärkte Atmung!) zur Hemmung des Austriebs führen.

Die Überprüfung der genannten Hypothesen ist Gegenstand laufender Untersuchungen.

2.7.5 Untersuchungen zu trockenstressbedingten Veränderungen im Holz

Wassermangel führt nicht nur zu geringeren Jahringbreiten und Stärkeeinlagerungen, sondern auch zu zytologisch bedingten Strukturänderungen im Holzgewebe (SCHWERDTFEGER, 1981). Nach der Vegetationsperiode ab dem Zeitraum von Oktober bis Februar erfolgt keine Holzbildung (FROMMHOLD, 1993). Der grobporige wasserleitende Frühholzring der Eiche wird vor dem Laubaustrieb mit Hilfe von eingelagerten Reservestoffen angelegt (KONTZOG, 1999).

Das Wasserleitungssystem der Eiche entspricht dem Rhamnus-Bautyp. Bei dem Rhamnus-Bautyp besteht 50 % des Holzgewebes aus abgestorbenem Gewebe (luftgefüllte Tracheiden mit Festigungsfunktion). Durch die Funktionsverteilung der Holzfasern ist lediglich die Hälfte eines Jahrrings für die Wasserversorgung von Nutzen. Das Wasserleitungssystem eines Jahrrings bleibt bei der Eiche maximal anderthalb Jahre funktionstüchtig. In einer Alteiche erfolgt der Wassertransport im Som-

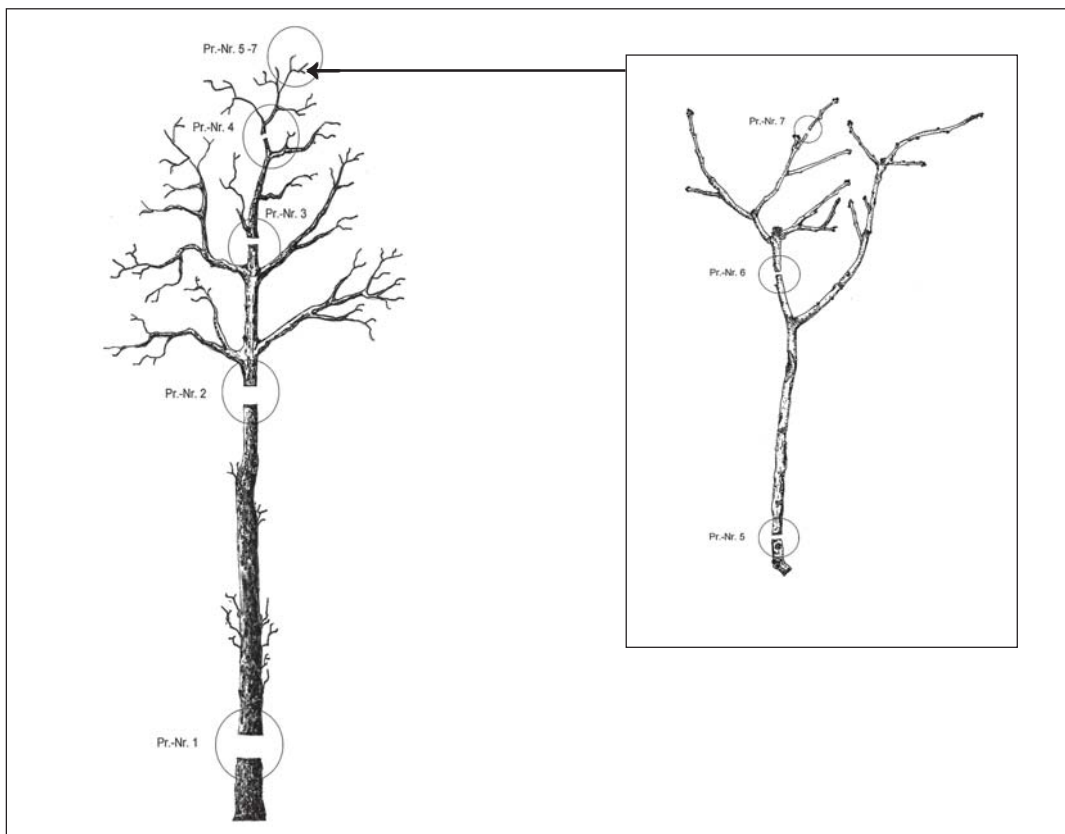


Abb. 2.7.10: Probenentnahme für Gefäßuntersuchungen im Stammbereich und am Seitenzweig

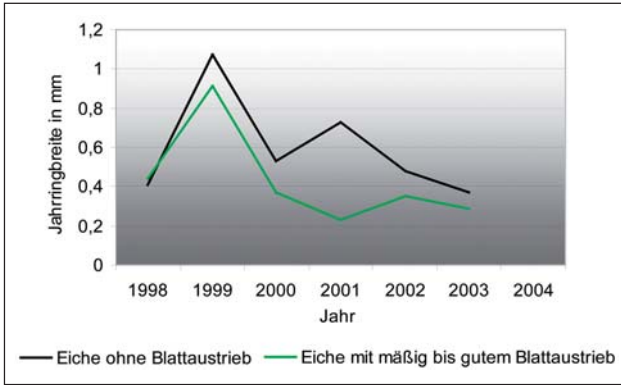


Abb. 2.7.11: Jahringentwicklung bei zwei Stiel-Eichen mit unterschiedlichem Blattaustriebsverhalten 2004

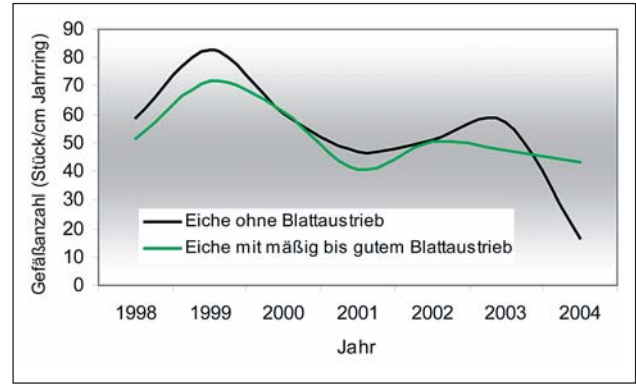


Abb. 2.7.12: Entwicklung des Gefäßanteils von Eichen mit unterschiedlichem Blattaustriebsverhalten 2004

mer nur im äußersten und im Spätholz des vorjährigen Jahrrings (BRAUN, 1980).

Um den Einfluss der Sommertrockenheit des Jahres 2003 auf den Zustand des Hydrosystems der Eichen zu untersuchen, wurden im Revier Senftenthal (Aff Eberswalde) je eine geschädigte („ohne“ Blattaustrieb) und eine ungeschädigte („mäßig bis guter“ Blattaustrieb) Stiel-Eiche (Alter: ca. 65 Jahre) näher untersucht. Die Eichen wurden am 06. Mai 2004 gefällt. An sieben Punkten des Baumes (Abb. 2.7.10) erfolgte die Entnahme von Stammscheiben. Diese befanden sich in Höhe des Brusthöhendurchmessers, des Kronenansatzes (ca. 13 m) sowie im inneren (17 m) und äußeren Kronenbereich (20 m). Im äußeren Kronenbereich konzentrierte sich die Probenentnahme auf die Seitenverzweigung (Abb. 2.7.10). Beprobte wurden 2-jährige und 6-jährige Zweige. Bei jeder Scheibe erfolgte die mikroskopische Ermittlung des Gefäß- und Spätholzanteils sowie der Jahringbreiten. Die Messung der Jahringbrei-

ten wurden unter einem Binokular (Objektiv 4; Okular 10 x 1 SKT = 25 µm) in vier rechtwinklig voneinander verlaufenden Richtungen durchgeführt. Das Auszählen der Gefäße erfolgte an vier dem Jahringverlauf folgenden 1 cm langen Segmenten eines Jahrrings.

Da Auswirkungen von Dürreschäden bei ringporigen Baumarten bereits in der nächsten Vegetationsperiode in Erscheinung treten, wurden die Untersuchungen zur Jahringentwicklung auf den Zeitraum von 1998 bis 2004 begrenzt. Zwischen der Eiche „ohne“ und der mit „mäßig bis gutem“ Austrieb war bis zum Jahr 2000 eine relativ gleichlaufende Jahringentwicklung zu beobachten (Abb. 2.7.11).

Ab dem Jahr 2001 begann sich bei beiden Eichen die Jahringbreite unterschiedlich zu entwickeln. Während die „ohne“ Austrieb eingestufte Eiche ihren jährlichen Durchmesserzuwachs 2001 vergrößerte, begann bei der Eiche mit „mäßigem bis gutem“ Austrieb eine Phase



Abb. 2.7.13: Größere Fehlstellen im äußeren Gefäßring der Eiche „ohne“ Blattaustrieb (Mai 2004)

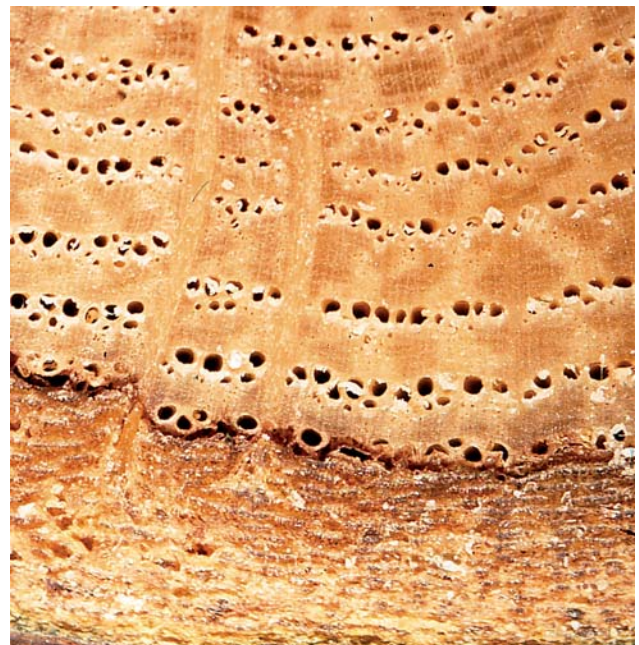


Abb. 2.7.14: Kleinere Gefäßlücken im äußeren Gefäßring der Eiche mit „mäßigem bis gutem“ Blattaustrieb (Mai 2004)

mit geringem Zuwachs, der bis 2003 andauerte. Der jährliche Zuwachs lag zwischen 0,3 und 0,4 mm.

Nach 2001 verringerte sich auch bei der Eiche „ohne“ Austrieb der jährliche Durchmesserzuwachs. Er sank aber nicht auf das Niveau der Eichen mit „mäßigem bis gutem“ Austrieb. Es ist zu vermuten, dass der Stoffwechsel (und die Blattmasse) bei der Eiche „ohne“ Blattaustrieb (= Eiche mit größtem Zuwachs) vor dem Trockenstressereignis deutlich höher war. Die größere Blatt- und damit Transpirationsoberfläche dieses Baumes hat unter den Wassermangelbedingungen offensichtlich zu stärkeren Schäden geführt als bei der Eiche mit „mäßigem bis gutem“ Austrieb (= Eiche mit niedriger Zuwachsentwicklung).

Bei der Eiche „ohne“ Austrieb zeigten die Untersuchungen der zweijährigen Zweige, dass der äußere Gefäßring zum Zeitpunkt des Austriebs noch völlig fehlte. Die sechsjährigen Zweigteile hatten gegenüber dem Vorjahr einen um 72 % geringeren Anteil an Gefäßen gebildet (Abb. 2.7.12).

Im unteren Stammbereich der Eiche „ohne“ Austrieb war der äußere Gefäßring ohne größere Lücken über der gesamten Mantelfläche vorhanden. Es gab jedoch einen Unterschied: während bei den in den Vorjahren angelegten Gefäßringen eine überwiegende Zweireihigkeit zu beobachten war, wurde im Frühjahr 2004 nur ein einreihiger Gefäßring ausgebildet. In den Jahren 1998 bis 2003 hatte die Eiche durchschnittlich 60 Gefäße/cm Mantelfläche gebildet. Im Frühjahr 2004 waren lediglich 17 Gefäße/cm Mantelfläche vorhanden (Abb. 2.7.13).

Die Messungen des 2003 gebildeten Spätholzanteils ergab bei der nicht ausgetriebenen Eiche einen Rückgang zum Vorjahr um durchschnittlich 21 %.

Bei den sechsjährigen Trieben sowie dem Stammbereich der „mäßig bis gut“ austreibenden Eiche wurden durchschnittlich 54 Gefäße/cm Mantelfläche gezählt (Abb. 2.7.14). Im Frühjahr 2004 waren es im Mittel 43 Gefäße/cm Mantelfläche. Die zweijährigen Zweige besaßen durchschnittlich 21 Gefäße/cm.

2.8 Das „Eichensterben“ als Komplexkrankheit

RALF KÄTZEL, SONJA LÖFFLER,
PAUL HEYDECK, REINHARD KALLWEIT,
KATRIN MÖLLER

Vorangestellte Kapitel beleuchten einzelne biotische (Insekten, Mikroorganismen) und abiotische (Wasserhaushalt, Nährstoffe) Faktorenkomplexe, die scheinbar ursächlich in unmittelbarer Beziehung zu Eichenschäden stehen. Keiner dieser Schadfaktoren gibt jedoch für sich eine plausible und allgemeingültige Erklärung für das räumliche Ausmaß und die Geschwindigkeit der Absterbeprozesse. Nur in wenigen Ausnahmefällen erklären Einzelereignisse monokausal das Schadbild (z. B. Grundwasserabsenkungen bei ehemals grundwasserbeeinflussten Stiel-Eichenbeständen). Eine kritische Auseinandersetzung mit den vorhandenen Erklärungsversuchen verlangt daher nach einer komplexen Betrachtungsweise, die zwischen initiiierenden und disponierenden Faktoren unterscheidet sowie pflanzeninterne und ökosystemare Rückkopplungsprozesse einschließt. Dies gelingt z. Z. nur ansatzweise.

Erschwert werden die Untersuchungen u. a. dadurch, dass die pflanzeninternen Abläufe, die zu den bekannten Symptomen führen, einer in-vivo Betrachtung z. Z. noch unzugänglich sind. Bekannt sind nur einige (beobachtbare) Symptome wie Blattverlust, Kronenstrukturschäden, Schleimfluss, Fraß- und Befallsereignisse, Reservestoffmangel, Wurzelschäden, Nährstoffgehalte, Blattinhaltsstoffe, Jahrringveränderungen u. a., die durch möglichst logische Analogieschlüsse in Beziehung gesetzt werden. Die wirklich ablaufenden Prozesse und Beziehungen, die zwischen den Symptomen bestehen, liegen derzeit weitgehend im Dunklen.

Die diskutierten (und publizierten) Erklärungsversuche haben daher nur hypothetischen Charakter. Dies ist für die Wissenschaft und Forstpraxis gleichermaßen unbefriedigend, da Gegenmaßnahmen auf der Grundlage gesicherten Wissens über Ursachen und Prozesse ergriffen werden sollten. Dem berechtigten Ruf der Forstpraxis nach erfolgversprechenden Handlungsempfeh-

lungen zur Schadensprophylaxe und Behandlung der Eiche kann aber derzeit nicht fundiert entsprochen werden. Angebote der Wissenschaft tragen daher Versuchscharakter mit entsprechenden Risiken („Handeln bei Unkenntnis“). Eigene Untersuchungen und Ergebnisse an geschädigten Eichenbeständen in unterschiedlichen Wuchsgebieten Brandenburgs und deren Vergleich mit Literaturbeschreibungen zeigen darüber hinaus, dass leider auch für die so genannte „Eichenkomplexkrankheit“ das „eiserne Gesetz des Örtlichen“ gilt.

Vor dem Hintergrund dieser Vorbemerkungen sollen nachfolgend einige Hypothesen zur Phänomenologie des Eichensterbens erläutert werden.

Ursachen

Von einem „Eichensterben extremer Ausprägung“ ist dann auszugehen, wenn 20 % der Eichenstammzahl des Mittel- und Oberstandes (kleinflächig mehr) auszufallen drohen und mit einer partiellen Bestandesauflösung innerhalb von drei Jahren zu rechnen ist (mod. nach BLANK und HARTMANN, 2004).

Das Phänomen plötzlicher Kronenschäden und Absterbeerscheinungen bei Eichen ist in Deutschland seit dem 18. Jahrhundert wiederholt beschrieben worden (z. B. HAUSENDORFF, 1940; KRAHL-URBAN et al., 1944). Belegt sind größere Schadereignisse im norddeutschen Raum für die Jahre 1739–1748, 1911–1924, 1929–1934 und 1939–1944 (HARTMANN und BLANK, 1992). Die Berichte reichen von kleinflächigen Schäden bis zum überregional verbreiteten Eichensterben.

Die gegenwärtig in mitteleuropäischen Eichenbeständen (*Quercus robur*, *Quercus petraea*) zu beobachtenden Krankheitserscheinungen wurden bereits seit Anfang der 1980er Jahre nachgewiesen und haben sich mit wechselnder Intensität über mehr als zwei Jahrzehnte bis in die Gegenwart fortgesetzt. Anfangs wurde allgemein befürchtet, dass es sich bei dem Eichensterben um eine Gefäßkrankheit (Tracheomykose) handeln könnte. Immerhin musste an eine Einschleppung des Erregers der Amerikanischen Eichenwelke (*Ceratocystis fagacearum* [BRETZ] HUNT) gedacht werden. Trotz intensiver Nachforschungen konnte dieser Pilz in Europa bisher nicht festgestellt werden. Auch die Suche nach einem überdurchschnittlich pathogenen Vertreter aus der eng verwandten Pilzgattung *Ophiostoma* als möglicher Auslöser des europäischen Eichensterbens blieb ohne Erfolg.

Stattdessen deuten die Befunde nahezu aller Autoren auf ein komplexes Krankheitsgeschehen hin, bei dem abiotische und biotische Faktoren zusammenwirken (vgl. SKADOW und TRAU, 1986; BALDER, 1989; HARTMANN

Dr. habil. RALF KÄTZEL
Landesforstanstalt Eberswalde,
Dr. SONJA LÖFFLER
Landesforstanstalt Eberswalde,
Dr. PAUL HEYDECK
Landesforstanstalt Eberswalde,
Dr. REINHARD KALLWEIT
Landesforstanstalt Eberswalde,
Dr. KATRIN MÖLLER
Landesforstanstalt Eberswalde

et al., 1989; HARTMANN und BLANK, 1992, 1998; EISENHAEUER, 1989, 1991; FÜHRER, 1998; DUJESIEFKEN et al., 1992).

Dieser Betrachtungsansatz steht in Übereinstimmung mit der physiologischen Stresstheorie (TESCHE, 1995). Danach wird zwischen **prädisponierenden** (primären) Faktoren (Empfindlichkeit der Eichenherkünfte, Alter, Bestandesaufbau, Wasserhaushalt des Standorts etc.), **schadensauslösenden** (primären) Faktoren (Entlaubung durch blattfressende Insekten, Eichenmehltau, Trockenheit, Überstauung, Winterfrost etc.), **schadensverstärkenden** (sekundären) Faktoren (Prachtkäferbefall, Infektion durch *Armillaria* spp., *Phytophthora* spp., *Collybia fusipes* etc.) und **begleitenden** Faktoren (saprophytische Mikroorganismen und saprophage Insekten an absterbenden und frisch abgestorbenen Bäumen) unterschieden (vgl. auch HARTMANN, 1996).

Auch die forsthistorischen Recherchen zu vorangegangenen großflächigen Absterbeerscheinungen lassen den Schluss zu, dass die Krankheitsentstehung offenbar auf eine besondere Verkettung extremer Witterungsereignisse (Sommertrockenheit, strenge Winterfröste, Spätfröste) mit dem (mehrmaligen) Kahlfraß durch Insekten und anderen biotischen Einflussfaktoren zurückzuführen ist. Nachweislich bestand häufig eine zeitliche Nähe zwischen dem Auftreten von Schadenssymptomen und extremen Winterfrösten, Spät- und Frühfrösten, Temperaturstürzen oder außergewöhnlicher Sommertrockenheit. So starben z. B. nach dem sehr langen Winter 1739/1740 mit Frösten zwischen -30 und -35°C in den nachfolgenden 15 Jahren vermehrt Eichen ab (HAUSENDORFF, 1940). Ähnliche Wirkungen hinterließ der trockene Sommer 1911 unter anderem in Westfalen (HARTMANN und BLANK, 1992).

Großflächige Eichensterben verliefen in der Vergangenheit episodentartig mit zeitlicher Abgrenzung. Sollten die Klimaänderung in den prädisponierenden Ursachen und die Häufung von Witterungsextremen in den schadensauslösenden Ursachen eine Schlüsselstellung einnehmen, besteht gegen das in den letzten Jahrzehnten gehäuft beobachtete Eichensterben Handlungsbedarf. Denn diese Faktoren werden künftig hinsichtlich ihrer Intensität und Häufigkeit an Bedeutung gewinnen. Die außergewöhnlich lange Dauer der gegenwärtigen Probleme der Eichen unterstreicht diese Befürchtung.

Dass überregional wirksame Faktoren einen auslösenden Einfluss haben könnten, zeigen auch die weitgehend übereinstimmenden Verläufe der Kronenzustandsentwicklung in Brandenburg mit denen in Deutschland und in Europa.

In Brandenburg ist für die Eichen seit 1996 eine besonders ungünstige Konstellation der Einflussfaktoren Witterung (Trockenheit, Frost) und biotische Schaderreger festzustellen. Nach einer Trockenperiode 1988–1992 waren die Schäden in der Eiche bereits stark angestiegen, wie die Beobachtungen in den (West-) Berliner Forsten von 1983–1991 und ab 1991 für Gesamtberlin eindrucksvoll belegen. Im Folgejahr auf das trocken-heiße Jahr 1992 stiegen die deutlichen Schäden der Eiche 1993 erstmals extrem auf 50 % an. Auch in Brandenburg wurde ein Anstieg der Kronenschäden der Eichen auf 26 % festgestellt, der aber nicht so extrem ausfiel, da im Jahr 1992 im Norden Brandenburgs deutlich höhere Niederschläge in der Vegetationsperiode fielen. In den

Jahren 1994 und 1995 regenerierte sich die Belaubung kurzzeitig.

Diese Erholung wurde durch eine Gradation von Frostspanner und Eichenwickler, verbunden mit Schwammspinnerfraß mit dem Höhepunkt im Jahr 1996 beendet. Hiervon waren besonders die Eichen in Brandenburg betroffen. Die deutlichen Schäden stiegen auf 33 % an. Nach kurzer Erholung 1997 und 1998 nahmen die Eichenschäden in Berlin und Brandenburg im trocken-warmen Jahr 1999 wieder stark zu. Die Jahre 2003 und 2004 brachten mit 50 % deutlichen Schäden in Berlin und 40 % in Brandenburg einen vorläufig neuen Höhepunkt im Schadensverlauf. Die Auswirkungen blieben auch diesmal (wie in Folge des Trockenjahres 1992) nicht auf das Jahr der Trockenstressbelastung beschränkt, sondern setzten sich im Jahr 2004 verstärkt fort. Auch im Jahr 2005 blieb ein gegenüber 2003 erhöhter Blattverlust bestehen, wobei durch die Regeneration der Belaubung die starken Schäden auf den Level-1-Monitoringflächen leicht zurückgingen.

Während bislang Symptome an Kronen und Stämmen im Vordergrund der Schadensüberwachung standen, ist die Rhizosphäre erst in der jüngeren Vergangenheit in das Blickfeld der Forschung gelangt. Vor wenigen Jahren wurde der Nachweis erbracht, dass auch pilzähnliche Organismen aus der Gattung *Phytophthora* im Faktorenkomplex des Eichensterbens sehr bedeutungsvoll sein können (*P. quercina*, *P. citricola*, *P. cambivora* und andere), speziell auf grundwassernahen und wechselseuchten Standorten (JUNG et al., 1996; JUNG, 1998). Sie zeichnen sich durch eine primärparasitische Lebensweise aus und zerstören die Feinwurzeln der Eichen. Durch vermehrte Thyllenbildung (Verschluss von Gefäßen in verholzten Wurzeln) wird die Wasseraufnahme massiv beeinträchtigt (auch Bildung toxischer Substanzen). Als prädisponierende Faktoren für das epidemische Auftreten der *Phytophthora* spp. werden langfristige und großräumige Umweltveränderungen, wie Klimaerwärmung in Verbindung mit ungünstiger Niederschlagsverteilung, aber auch anthropogene Stickstoffeinträge, diskutiert. BLANK und HARTMANN (2004) ordnen den *Phytophthora*-Befall nunmehr den primären Stressoren zu.

Darüber hinaus sprechen bodenkundliche Untersuchungen dafür, dass die Eiche weitaus sensibler als bislang angenommen auf Oberbodenverdichtungen und Störungen der Bodenbelüftung reagiert (GAERTIG und HILDEBRAND, 2002; GAERTIG et al., 2001). Bei Eichen auf Lehmstandorten in Baden-Württemberg konnten die Autoren nachweisen, dass Bodenstrukturschäden infolge versauerungsbedingter Hemmung der bodenbiologischen Aktivität oder infolge von flächiger Befahrung zu Funktionsverlusten des Feinwurzelsystems führen. Für die Trauben-Eichenstandorte in Brandenburg dürften diese Zusammenhänge aufgrund des überwiegend sandigen Ausgangsmaterials der Bodenbildung allerdings weniger von Bedeutung sein.

Weiterhin unberücksichtigt blieben bisher andere abiotische Einflussfaktoren wie Stickstoffüberernährung in Kombination mit Nährstoffimbalance, Bodenversauerung, Luftschadstoffe (z. B. Ozon) u. a., die regional einen prädisponierenden Einfluss haben können (Abb. 2.8.1). HEINSDORF et al. (1996) halten auf der Grundlage von Untersuchungen in Mecklenburg-Vorpommern, Branden-

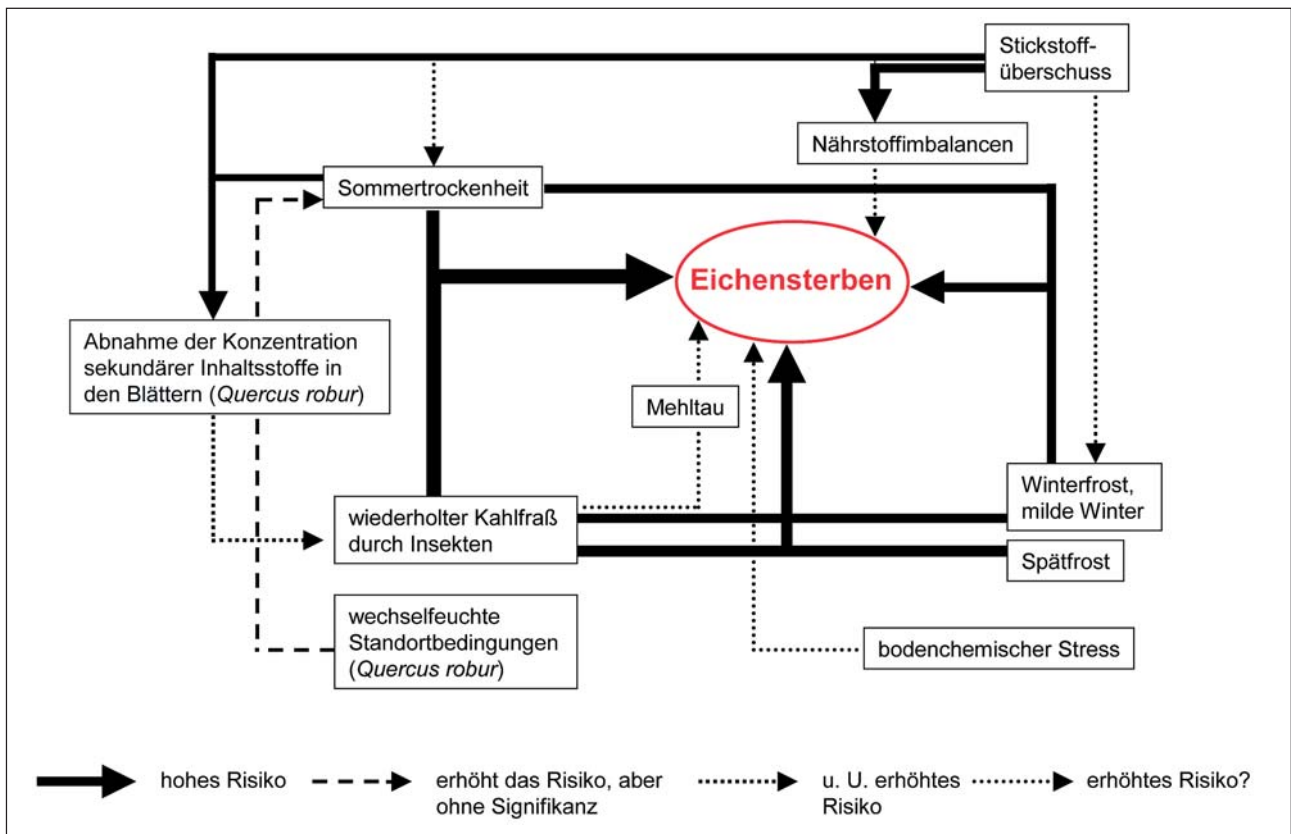


Abb. 2.8.1: Modell der Wechselwirkungen der wichtigsten abiotischen und biotischen Einflussfaktoren für das Eichensterben (verändert nach THOMAS et al., 2002)

burg und Sachsen-Anhalt N-Überernährung bei gleichzeitiger Herausbildung von Mg-Mangel speziell unter Bedingungen forciertter Bodenversauerung für mögliche prädisponierende Schadfaktoren, weisen aber gleichzeitig darauf hin, dass Schäden auch in Beständen auftreten, deren N-Ernährung ausgewogen ist. Das entspricht den Ergebnissen von THOMAS et al. (2002), die auf der Grundlage umfangreicher Literaturlauswertungen resümierten, dass Luftverschmutzung, bodenchemischer Stress (einschließlich überschüssiges Mangan) und stickstoffinduzierte Nährstoffungleichgewichte wahrscheinlich eine eher untergeordnete Rolle spielen.

Wirkungen

Auch die Symptomatik des Krankheitsbildes unterstreicht die Komplexität der Wirkungsmuster. Diese zeigt sich sowohl in der Krone, im Stamm und in der weniger gut zugänglichen Rhizosphäre mit differenzierter Ausprägung. Die Kronen erkrankter Bäume zeigen eine schütterere, büschelförmige Belaubung, auffallend kleine, oft vergilbte Blätter, gehäuft Zweigabsprünge (Cladoptosis) sowie abgestorbene Zweige und Äste mit zunehmender Dimension. Am Stamm findet man Borkenrisse mit dunklen Schleimflussflecken, streifenförmige Bastnekrosen, nicht selten auch eine starke Wasserreiserbildung.

Bereits ab einem Schwellenwert von ca. 40 % Kronenverlichtung ist die Regenerationsfähigkeit der Kronen eingeschränkt. Allerdings konnten sich gut entwickelte Kronen auch bei erhöhten (Trocken-)Stressbelastungen

schnell regenerieren. Dies bietet waldbauliche Spielräume, in denen die stabile Kronenentwicklung im Vordergrund steht. Die Blattmasse entscheidet letztendlich über das Assimilationsvermögen des Baumes. Alle in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen physiologischen Leistungen (Wachstum, Fraß- und Pathogenabwehr, Symbiose mit mykorrhizierenden Pilzen, Frosttoleranz etc.) sind an einen effizienten Kohlenhydrat-haushalt gebunden. Alle äußeren Faktoren, die die Assimilationsleistung mindern (Konkurrenz, Fraß, Zweigverluste, Wurzelschäden, Trockenheit, Spätaustrieb, vorzeitiger Blattverlust), schwächen das physiologische Leistungspotenzial des Baumes. Dabei ist es zunächst unerheblich, ob der Blattverlust durch Fraßereignisse, Ressourcenmangel oder gesteuerten Blattabwurf nach exo- bzw. endogenem Trockenstress ausgelöst wird. Die Folgewirkungen sind für Eichen weitaus erheblicher als für Nadelbaumarten wie die Kiefer.

Wie bereits im Kap. 2.7 beschrieben, reduziert der Assimilatmangel u. a. das kambiale Dickenwachstum, was zu einem deutlich schmaleren Jahrring und somit zu veränderten Holzeigenschaften mit verminderter Wasserleitfähigkeit führt. Im Unterschied zu anderen heimischen Baumarten ist dies für die Eiche von besonderer Bedeutung, da sie das Wasser des Xylemstroms nur über den letzten Jahrring transportieren kann. Ist dieser extrem schmal bzw. kollabieren die Gefäße, muss der Baum seine Transpirationsoberfläche reduzieren, was über die zunehmende Kronentransparenz und Zweigabsprünge sichtbar wird. Zusätzlicher Blattverlust z. B. durch Frühjahrs-Insektenfraß verstärkt den Stressver-

lauf. Dies kann im Folgejahr die Wasserversorgung der Krone weiter einschränken (endogener Trockenstress). Die Stressbelastung wird potenziert, wenn dem Befall Trockenheit (exogener Trockenstress) folgt. Die Ausbildung des Johannistriebes als Regenerationsreaktion der Blattmasse verlangt zusätzliche Ressourcen.

Alternativ kann die Feinwurzelbildung aufgrund des verringerten Assimilatspeichers reduziert sein. Bei Trockenstress kann dies zu einer weiteren Einschränkung in der Wasserversorgung des Baumes führen. Experimentelle Ergebnisse gibt es für beide Kausalketten (GIEGER, 2002). Der in den Vorjahren erzielte Wachstumserfolg der Eiche stellt dabei keine Garantie für die Vitalität und das Überleben dar, da auch Eichen der ersten Ertragsklasse absterben. V. LÜHRTE (1991) fand bei dendroökologischen Untersuchungen in Berlin 19 relativ gleichmäßig über das vergangene Jahrhundert verteilte negative Weiserjahre, in denen mehr als 50 % der untersuchten Eichen eine Zuwachsminderung von mindestens 30 % aufwiesen. Die Mehrzahl der beobachteten Zuwachsreduktionen waren neben Schädlingsbefall und Mastjahren vor allem mit klimatischen Stressereignissen (extremer Frost und Frühjahrs-/Sommertrockenheit) korreliert. Bei schwach bis mittelstark geschädigten Eichen ergab sich kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Kronenverlichtung und dem Zuwachs.

Offensichtlich kann im Falle von akutem Wassermangel eine größere Blattmasse für Eichen sogar von Nachteil

sein. Die kurzfristige Trockenstressanpassung erreicht unter bestimmten (unbekannten) Bedingungen offensichtlich ihre Grenzen. Letztendlich führt der Kohlenhydratmangel zu einer Verminderung der Frosthärte (THOMAS et al., 1996) und des Abwehrpotenzials, so dass z. B. der Befall durch Prachtkäfer die letzte Phase des nun irreversiblen Absterbeprozesses einleitet. Assimilatsynthese und -verteilung (insbesondere in Richtung Sekundärstoffwechsel) sowie Austriebsphänologien unterliegen dabei einer nicht unerheblichen genetischen Variation zwischen Einzelbäumen, Beständen und Herkünften. Dies zeigten Untersuchungen in dem von KRAHL-URBAN im Jahre 1951 begründeten Eichen-Herkunftsversuch, der im Jahre 1996 von Kahlfraß betroffen war. Zwischen dem Austriebsverhalten der 62 Trauben-Eichen- und 57 Stiel-Eichenherkünfte und ihrer Fraßschädigung bestanden signifikante Korrelationen (SVOLBA und KLEINSCHMIT, 2000).

Auch wenn diese Hypothesen den möglichen physiologischen Krankheitsverlauf der Eichen recht plausibel beschreiben, bleibt die schlüssige Erklärung für das hohe Schadausmaß bei den Eichen weiterhin offen. Die konkreten Faktorenkombinationen, die zu den beobachteten Vitalitätsproblemen der Eichen führen, bedürfen in der Region näherer interdisziplinärer Untersuchungen. Letztendlich muss die Frage geklärt werden, welche waldbaulichen Verfahren und Maßnahmen sowie welche Herkünfte geeignet sind, Eichen-(Misch-) Bestände mit geringem Risiko und hoher Stabilität zu erziehen.



Abb. 2.8.2: Einschlag abgestorbener Eichen im Forstrevier Dagow (Obf. Menz, AfF Templin) (Dezember 2005)

3 Zur Verjüngung der Eiche

3.1 Der Einfluss von Verhaltensmustern des Eichelhäfers auf Ankommen und Etablierung von Hähersaaten unter Kiefer

FALK STÄHR und JOACHIM-HANS BERGMANN

3.1.1 Grundsätzliches zur Verbreitung der Eiche durch den Häher

Die Allianz von Eichelhäher und Eichen spielte bereits bei der nacheiszeitlichen Rückwanderung der Eiche aus ihren südeuropäischen Refugien eine Schlüsselrolle. Seither ist die zoochore Verbreitung des Eichensamens durch den Eichelhäher (*Garrulus glandarius* L.) der wichtigste Ausbreitungsmechanismus im Zuge der Eroberung neuer Verjüngungsareale durch die heimischen Eichenarten. Dabei bestimmen insbesondere die biologisch determinierten Verhaltensmuster des Eichelhäfers die Ausbreitungsgeschwindigkeit bzw. -entfernung sowie die räumliche Verteilung des Samens. Demnach beeinflusst der Häher maßgeblich die Verjüngungsdynamik der Eiche in ihrem Verbreitungsareal und das waldbaulich nutz- und lenkbare Verjüngungspotenzial der heimischen Eichenarten.

Grundsätzlich sind für die Verbreitung und Verteilung von Eicheln sowie die Etablierung der angekommenen Hähersaat die lokale Alteichenausstattung, die Verbissbelastung sowie spezielle Bestockungs- und Standortmerkmale wesentlich. So sind auf Freiflächen nur sehr selten Hähersaaten vorzufinden, die nach Individuenzahl, Verteilung und Qualität eine neue, bewirtschaftbare Waldgeneration bilden können (BERGMANN, 1999, 2001, 2003). Demgegenüber entstehen unter einem mehr oder weniger geschlossenen Schirm, vorrangig unter Kiefer, so häufig Unter- und Zwischenstände aus Hähersaat (EISENHÄUER, 1994 a+b), dass sie als wichtiges Element der Waldregeneration, -entwicklung, -strukturierung und -bewirtschaftung bewertet werden müssen. Die besondere Eignung von Kiefernbeständen für Ankommen und Entwicklung von Hähersaaten resultiert in erster Linie aus folgenden Merkmalen:

- vergleichsweise hohe Kronentransparenz und demzufolge hohe Strahlung in Bodennähe
- geringer Einfluss abiotischer (z. B. Frost) und biotischer Schadfaktoren (z. B. Mäuse)
- günstiges Bestandesinnenklima und verjüngungsfreundliche Florenzusammensetzung
- teilweise laubholztaugliche Standorte hinsichtlich Standortstrophie, -frische und -zustand

Besonders bedeutsame Einflussgrößen für das flächenweise differenzierte Ankommen von Hähersaaten und ihr Überleben in den ersten Jahren sind Art, Deckungsgrad und Zustand der Bodenflora. Nachfolgend wird dargestellt, welche Erwartungen sich hinsichtlich des Ankommens und der Etablierung von Eichen aus Hähersaat durch das Ausbreitungs- sowie Saatverhalten des Eichelhäfers in Verbindung mit der Ausprägung der Gras- und Krautflora in Kiefernforsten ergeben.

3.1.2 Einfluss der Biologie des Eichelhäfers auf die Verbreitung und Verteilung der Eicheln

Das Nahrungsspektrum des Eichelhäfers umfasst pflanzliche und tierische Nahrung. Allerdings wandelt es sich erheblich in Abhängigkeit vom Nahrungsangebot, dem Entwicklungsstadium des Eichelhäfers und der Jahreszeit. Während einer Vollmast stellen Eicheln die nahezu einzige Nahrungsquelle dar. Sie decken in dieser Zeit bis zu 96 % der aufgenommenen Nahrung ab, wobei nach BOSSEMA (1979), NILSSON (1985) sowie STIMM und BÖSWALD (1994) die maximale Aufnahme im Frühjahr und während der Wintermonate erfolgt.

Der Eichelhäher zählt zu den „Scatterhoardern“ (STIMM und BÖSWALD, 1994), d. h. er wählt für jeden Samen ein eigenes Versteck und legt den Vorrat mit einmaligem Besuch an. Demgegenüber horten „Larderhoarder“ wie Eichhörnchen und Hamster ihre Vorräte an einer zentralen „Sammelstelle“ oder in einer Vorratskammer, die sie durch häufige Besuche immer weiter auffüllen. Die Verteilung der Eicheln bei den „Scatterhoardern“ verringert das Risiko des Auffindens lebenswichtiger Vorräte durch Nahrungskonkurrenten. Zugleich fördert diese Technik die Ausbreitung der Eiche. Die Saatintensität hängt offenbar von folgenden Faktoren ab:

- Anzahl verfügbarer Samenbäume und deren individuelle Fruktifikationsfreudigkeit,
- Entfernung der Samenbäume vom jeweiligen Bestand,
- Häufigkeit der Mastjahre,
- Vorkommen und Bestand an Eichelhäfern.

Die biologischen Hintergründe für das Verstecken der Eicheln durch den Eichelhäher sind noch nicht zweifelsfrei geklärt. In der Vergangenheit ging man zumeist davon aus, dass der Häher die Samen als Wintervorrat versteckt und während der futterknappen Zeit einen gewissen Anteil der versteckten Eicheln nicht wiederfindet. Diese keimen im Frühjahr und können als Bestandteil der natürlichen Verjüngung Waldbild bzw. -struktur mit

prägen. FISCHER (1933) bezweifelte sogar ein gezieltes Verstecken der Eicheln und ging davon aus, dass die aufgenommenen Samen im Kropf aufquellen und aus diesem unwillkürlich wieder ausgewürgt werden müssen, da ihr Volumen nach dem Quellvorgang das Fassungsvermögen des Kropfes übersteigt. BIER (1937) stellte fest, dass der Häher die Eicheln am liebsten in Kiefernforsten versteckt und vermutet eine gezielte Saat von Eichen und Buchen zum Zwecke der Erweiterung bzw. Verbesserung der Ernährungsgrundlage.

Diese These konnte bislang nicht belegt werden. Verhaltensstudien von BOSSEMA (1979), VULLMER (1993) sowie VULLMER und HANSTEIN (1995) zeigen, dass der Eichelhäher im Frühjahr zur Zeit der Jungvogelpflege die Kotedonen der jungen Eichensämlinge abtrennt und auffrisst. Zudem werden die Jungvögel in den ersten Tagen fast ausschließlich mit einem Futterbrei aus Eichenkotedonen geazt. Die versteckten Eicheln dienen offensichtlich nicht nur als Wintervorrat für den Altvogel, sondern auch als Nahrungsquelle für die Nestlinge. Das Abtrennen der Kotedonen im Frühjahr mindert die Vitalität und das Wachstum des Eichensämlings kaum. Zum einen hängt das Überleben des Keimlings zu diesem Zeitpunkt nicht mehr allein von den Reservestoffen der Kotedonen, sondern insbesondere von der Länge der gebildeten Pfahlwurzel ab (BOSSEMA, 1979). Zum anderen werden kleine Stammverletzungen durch den Schnabel des Eichelhähers rasch überwältigt (VULLMER, 1993). Allerdings vermuten VULLMER und HANSTEIN (1995) einen höheren Lichtbedarf der betroffenen Keimlinge, bedingt durch den Verlust der Kotedonen und die daher fehlenden Reservestoffe.

Untersuchungen von DUPOUEY und LE BOULER (1989), VULLMER (1993) und BORYS (1998) deuten darauf hin, dass der Häher nur Eicheln aufnimmt, die nach Gewicht, Form, Reifegrad und sogar nach Gesundheitszustand befriedigen, wobei letzterer offensichtlich durch Klopfprobe überprüft wird. Vom Eichelbohrer befallene Eicheln werden, vor allem von August bis September, aufgenommen und verzehrt – aber nicht verteilt. Ab Mitte September beginnt der Eichelhäher mit der Aussaat gereifter und gesunder Eicheln.

Für den eigenen Wintervorrat und die Atzung der nächsten Brutgeneration bevorzugt er die schweren Stieleicheln (4-5 g/Stck). Außerdem werden Eicheln mit einer länglich-spitzen Form gegenüber kurzen, dicken Eicheln vorgezogen. Folgende Samen werden in abnehmender Beliebtheit vom Eichelhäher bevorzugt aufgenommen: Stieleicheln, Traubeneicheln, Roteicheln, Haselnüsse und Bucheckern. Die Aussaat der nach Reifegrad und Qualität durch den Häher selektierten Eicheln erfolgt von Anfang September bis Anfang Januar und wird nur durch extreme Witterung, wie starken Frost, unterbrochen. Auch bei reichlichem Angebot an Eicheln und offener, frostfreier Witterung stellt er die Saataktivitäten ab Anfang Januar ein (BORYS, 1998).

Nach DUCOUSO und PETIT (1994) betrug die Geschwindigkeit der nacheiszeitlichen Rückwanderung der Eichen in nördlicher Richtung ca. 7 km/Jahr (s. Kap. 1.3). Sie resultiert in erster Linie aus den Transportleistungen der samenverbreitenden Vögel – insbesondere des Eichelhähers (OTTO, 1996). Die Transportentfernungen bzw. der Aktionsradius des Hähers liegen zumeist bei

1 bis 4 km (CHETTLEBURGH, 1952). SCHUSTER (1950) ermittelte Transportwege bis zu 6 km und OTTO (1996) hält sogar Entfernungen bis zu 10 km für möglich. Neben der Transportentfernung beeinflusst die Anzahl der versteckten Eicheln die Verbreitung der Eichenarten maßgeblich. Nach KEVE (1969) nimmt ein Eichelhäher 17 Eicheln/Tag auf, das entspricht einem Bedarf von 3.000 Eicheln in sechs Monaten. Insgesamt werden durch den Häher beachtliche Transport- bzw. Versteckleistungen realisiert. STEINBACHER (1950) zählte 4.600 Eicheln, die ein einzelner Eichelhäher bis zum Einbruch des Winters als Vorrat versteckte. CHETTLEBURGH (1952) beobachtete in den letzten 10 Oktobertagen, wie 35 Eichelhäher ca. 200.000 Eicheln verteilten. Aufgrund der nachgewiesenen Transportwege und der Anzahl an aufgenommenen Eicheln entsteht durch zoochore Samenverbreitung ein beträchtlicher Verbreitungsdruck zu Gunsten der Eiche.

Die Anzahl der vom Eichelhäher je Flugstrecke transportierten Eicheln richtet sich offenbar nach der Größe der Samen und der Entfernung zum Versteck (SCHUSTER 1950, BOSSEMA 1979). Bei Transportentfernungen ≤ 100 m zwischen Samenbaum und Versteck wird nur jeweils eine Eichel im Schnabel transportiert. Beträgt die Entfernung > 100 m werden mehrere Eicheln gleichzeitig im Kropf und die größte Eichel im Schnabel transportiert. Beobachtungen von SCHUSTER (1950) deuten darauf hin, dass die einzelnen Individuen, je nach Entfernung zwischen Alteiche und Versteck, 2 bis 5 mal (\varnothing 4 mal) pro Stunde ein- und ausfliegen. Aus der Transporttechnik wiederum lassen sich Aussagen zur Verteilung der Eicheln resp. der Eichenkeimlinge auf der Fläche ableiten, welche für die waldbauliche Praxis relevant sind. Durch die Vereinzelung der Samen, die Geländebeschaffenheit und die Ausprägung der Bodenflora variieren die Abstände zwischen den Verstecken stark. Nach STIMM und BÖSWALD (1994) sowie BORYS (1998) können die Einzelverstecke zwischen 0,15 und 15 m voneinander entfernt sein. Oft sind kleine, aus 4 bis 5 Keimlingen im Abstand von 20 bis 30 cm bestehende Gruppen zu beobachten, wobei die Gruppen in großem Abstand, bis zu 10 m, voneinander entfernt sind. Dieses Verteilungsmuster ist auf die Transporttechnik des Eichelhähers zurückzuführen. Zumeist werden 5 bis 6 Eicheln transportiert und in relativ kurzen Abständen abgelegt. Danach erfolgt ein erneuter Anflug und die erneute Verteilung der Samen an einem anderen Punkt. Nach LEDER (1993) reicht die ungleichmäßige Verteilung der Hähereichen auf der Fläche von vereinzelter Einsprengung bis zur Bildung zusammenhängender Gruppen. Mathematisch untersetzte Untersuchungen zur Verteilung von Eichen aus Hähersaat auf der Fläche liegen bislang nicht vor. Auch lässt sich aus dem Verhalten des Eichelhähers die genaue Herkunft der Saateicheln nicht ableiten, so dass keine Sicherheit im Hinblick auf die genetische Beschaffenheit der Hähersaat vorliegt.

3.1.3 Bevorzugte Florenelemente

Für die praktische Forstwirtschaft ist von Bedeutung, welche Standortmerkmale den Eichelhäher zur Aussaat veranlassen. CHETTLEBURGH (1952) stellte hierzu fest, dass der Eichelhäher für seine Aussaat erhöhte Stellen im Gelände bevorzugt, an denen der Mineralboden nur dünn mit Blättern bedeckt ist. Nach STIMM und BÖSWALD

(1994) bevorzugt der Eichelhäher für die Saat offene Bestandteile, Übergänge und Wechsel in der Vegetation und vertikale Strukturen wie junge Bäume und Baumstümpfe. Ergebnisse von Untersuchungen, die auf ehemaligen Truppenübungsplätzen (BERGMANN, 1994, 1997) und speziell in Kiefernbeständen unterschiedlichen Alters gewonnen wurden (BERGMANN, 1999, 2001, 2003, 2005), decken sich nicht mit diesen Aussagen. Hiernach wird der Eichelhäher durch die Höhe des Vorwaldes und die Dichte der Bodenflora zum Verstecken der Eicheln angeregt. So meidet er absolut vegetationsfreie Flächen ohne Schirmbestand. Hat sich auf solchen Flächen eine mehr oder minder dichte Kiefernaturverjüngung eingefunden, so wird die Fläche für ihn interessant und er steckt zwischen die jungen Kiefern Eicheln, die mit den Kiefern aufwachsen. Gleichermaßen wird er von Kiefernknustverjüngungen zur Ablage von Eicheln angeregt. Mit dem Schluss der Verjüngung oder der Kultur verliert er das Interesse an dieser Fläche. Die gesamte Dickungsphase ist somit für den Häher wenig attraktiv. Erst mit dem Eintritt in die Stangenholz- bis weit in die Baumholzphase wird die Kiefer für den Eichelhäher wieder interessant. Sein Trieb, Eicheln zu säen, wird jetzt weitgehend von der Ausprägung der Bodenflora bestimmt. So meidet er auch hier vegetationsfreie Flächen, wie sie zu Beginn der Stangenholzphase der Kiefern auf ziemlich armen Standorten vorzufinden sind. Ein sehr häufig vorkommender Florentyp ist der Moostyp bestehend aus Rotstengel- und Grünstengelmoos (*Hylocomium schreberi* und *Hypnum purum*). Nach Untersuchungen von BOCK (1996) werden vom Häher bereits bei einem Deckungsgrad von 1 % Eicheln abgelegt. Die Anzahl der abgelegten Eicheln steigt jedoch mit dem Deckungsgrad des Mooses stark an und erreicht bei einem Deckungsgrad von 20 % das Maximum, um dann wieder schnell abzufallen. Bei Deckungsgraden von ≥ 50 % sind nur noch wenige Keimlinge zu finden.

Die Blaubeere (*Vaccinium myrtillus L.*) erwies sich für die Aussaat durch den Eichelhäher als besonders günstig (BOCK, 1996) (Abb. 3.1.1). Die Rohhumusschicht stellt für das Durchstoßen der jungen Pfahlwurzel der Eichen kein Hindernis dar. Des weiteren schützt die sich im Mai bildende Belaubung der Blaubeere die Rohhumusschicht vor dem Austrocknen, so dass die Eichenkeimlinge Tro-

ckenperioden unter dem Schutz der Blaubeere gut überdauern können (HOFMEISTER, 1990). Dies bedingt ein Maximum an Eichenkeimlingen bei Deckungsgraden der Blaubeere von 10 % bis 70 %. Erst bei Deckungsgraden von > 80 % werden die Flächen vom Eichelhäher gemieden.

Etwas differenzierter sind die Auswirkungen von Drahtschmielendecken (*Deschampsia flexuosa* TRINIUS) auf die Eichelhähersaaten zu sehen. Bei Deckungsgraden unter 10 % ist kaum mit einer Ansaat zu rechnen. Bei einem Deckungsgrad von 20 % wird bereits ein Maximum erreicht, dass sich auf frischen Standorten bis zu Deckungsgraden von 70 % erstreckt (BORYS, 1998) (Abb. 3.1.2). Auch auf typisch verhagerten Standorten mit Drahtschmielenrasen wird bei einem Deckungsgrad von 20 % ein Maximum an Eichenkeimlingen erreicht; allerdings fällt die Keimlingsdichte bei Deckungsgraden ≥ 30 % schon wieder ab. Offensichtlich treten dann die Eichenkeimlinge mit der Drahtschmiele in eine starke Wasserkonkurrenz.

Das kleinblütige Springkraut (*Impatiens parviflora*) wird nach PASSARGE (1970, 1972) zu den kurzlebigen Pionierkrautarten gerechnet. Dies findet nach BOCK (1996) auch bei der Hähersaat seinen Niederschlag, indem sogar noch bei Deckungsgraden von 90 % eine sehr hohe Anzahl an Eichenkeimlingen erreicht wird (Abb. 3.1.3). BORYS (1998) untersuchte Springkrautflächen an Waldrändern zu bewirtschafteten Feldern und stellte fest, dass diese vom Eichelhäher gemieden wurden. Möglicherweise ist dies auf eine drastische Veränderung des Florenspektrums durch den Einfluss von Mineraldünger, die Nähe zur Offenfläche oder andere, nicht erfasste Geländemerkmale zurückzuführen.

Eigenen Untersuchungen zufolge sind unter den verjüngungsfeindlichen Bodenfloren vor allem Grasdecken aus Sandrohr (*Calamagrostis epigeios* ROTH) und Adlerfarn (*Pteridium aquilinum* KUHN) hervorzuheben (Abb. 3.1.4). Beide Florenausprägungen werden vom Häher nur zaghaft angenommen. Zudem ist die Überlebenswahrscheinlichkeit der ohnehin spärlichen Verjüngung in diesen Floren gering. Durch starke, kaum lichtdurchlässige Verdämmung (vor allem bei Adlerfarn) und extrem hohen Nährstoff- und Wasserentzug (vor allem bei



Abb. 3.1.1: Beerkrautdecken unter Kiefer – ideales Medium für die Hähersaat



Abb. 3.1.2: Drahtschmielendecken begünstigen die Hähersaat, Sandrohr hemmt Ankommen und Etablierung von Eichennaturverjüngung erheblich



Abb. 3.1.3: Bodenfloren aus Pionierkrautarten wie Springkraut werden vom Hähler häufig angeflogen

Sandrohrdecken) werden dem Keimling bereits in der Anwuchsphase essenzielle Grundlagen entzogen.

3.1.4 Waldbauliche Schlussfolgerungen

Aus den Verhaltensmustern des Eichelhäher lassen sich im Hinblick auf das Ankommen und die Etablierung von Eichen aus Hähersaat einige, für die waldbauliche Praxis relevante Schlussfolgerungen ableiten:

- Der Hähler ist insbesondere auf die Früchte der heimischen Eichenarten fixiert.
- Die Hähersaat vollzieht sich -analog der „normalen“ Herbstsaat- in Zeiträumen, die der Keimung der im Boden verbleibenden Samen genügend Zeit lässt, sich als Sämling vollständig zu entwickeln. Eichen aus Hähersaat haben daher im Frühjahr einen Entwicklungsstatus, der mit dem aus Aufschlag stammenden Samen vergleichbar ist.
- Der Keimungsprozess der versteckten Eichel ist im Vergleich zu jenen aus Aufschlag aufgrund der Einbettung der Eichel zwischen Humusaufgabe und mineralischen Bodenhorizonten (zumeist im A-Horizont) begünstigt. Zudem fördert der Verbleib der Eichel in zahlreichen Einzelverstecken die Keimung und Entwicklung der Saateichen.
- Aus der Anzahl der vom Eichelhäher aufgenommenen Eichel und der Transportentfernungen ergibt sich ein hoher Verbreitungsdruck der Eiche. Als Folge des häufig sehr hohen Schalenwildbesatzes ist der Verbreitungsdruck jedoch zumeist nicht sichtbar und damit nicht waldbaulich nutzbar.
- Die hohe Anzahl der vom Hähler versteckten Eichel ist für die Initiierung einer Eichen-Folgegeneration unter Kiefer bzw. die flächenhafte Ablösung der Baumart Kiefer auf laubholzfähigen Standorten im nordostdeutschen Tiefland ausreichend, sofern:
 - eine ausreichende Anzahl fruktifikationsfreudiger Mutterbäume in einem Radius von ca. 200 m von der jeweiligen Fläche vorhanden ist (vgl. Kap. 3.3),
 - im Verjüngungszeitraum Mastjahre liegen,

- ein lockerer Kronenschluss besteht, d. h. Schlussgrad in der Anwuchsphase $\leq 0,8$,
 - Verbisschutz gewährleistet ist.
- Die genetische Herkunft der Saateichen ist zumeist ungewiss. Zudem stammen die versteckten Eichen aus verschiedenen lokalen „Ernte“-Beständen. Das bedeutet:
1. Die Eichen werden aus allen für den Hähler verfügbaren Quellen bzw. Herkünften, unabhängig von deren Standortsangepasstheit, Vitalität und Holzqualität zusammengetragen. Daher kann nicht ausgeschlossen werden, dass die lokale Standortseignung und die Qualitätserwartung der vom Hähler gesäten Eichen geringer sind als bei Kunstverjüngungen aus zugelassenen, an lokale klimatische Voraussetzungen angepassten und qualitativ hervorragenden Herkünften.
 2. Aufgrund der unterschiedlichen Herkünfte der Saateichen kann von einer im Vergleich zur Kunstverjüngung höheren genetischen Vielfalt der Hähereichen ausgegangen werden.

Es gilt daher das Prinzip: Naturverjüngung waldbaulich sinnhaft integrieren, aber Kunstverjüngung nicht vernachlässigen bzw. „das Eine tun ohne das Andere zu unterlassen“.

- Das Gros der Vorratseichen wird in den Kiefernbeständen der Wuchsklassen Anwuchs (bis 1,5 m Höhe), Stangen- (12,0 bis 15,0 m Höhe) und Baumholz (> 15 m Höhe) versteckt. Daraus ergeben sich folgende Optionen für eine sinnhafte Integration der gesäten Eichen in waldbauliche Konzepte:
 - Gemeine Kiefer aus Natur- und/oder Kunstverjüngung und Trauben-Eiche aus Hähersaat wachsen gemeinsam auf, werden gemeinsam bewirtschaftet und sind in der nunmehr aktuellen Waldgeneration gemeinsam am Bestandesaufbau beteiligt (Abb. 3.1.5). Je nach Anzahl, Verteilung und Qualität der Kiefern und Hähereichen muss zwischen einzelstammweiser, trupp- bis horstweiser oder streifenweiser Bewirtschaftung entschieden werden. Die Erfahrungen zeigen, dass aufgrund der inter- und intraspezifischen Konkurrenzverhältnisse in Kiefern-Eichen-Mischbeständen zumeist kleinflächige, trupp- bis gruppenweise Mischungen entstehen.
 - Die Hähersaat etabliert sich unter mehr oder weniger lichtem Kiefernoberstand und bildet zusammen mit den anderen Baumarten aus künstlicher oder natürlicher Verjüngung die Folgegeneration. Das ist auf den laubholzfähigen, jedoch (noch) kiefernbestockten Standorten der Fall. Auf den frischen bis mittelfrischen mäßig nährstoffhaltigen und nährstoffkräftigen, aber häufig degradierten Standorten des nordostdeutschen Tieflandes bilden die aus Hähersaat entstandenen Bestände oft ein Intermediärstadium der Waldentwicklung (Abb. 3.1.6). Das bedeutet, dass sich ausgehend von der vorliegenden Kiefernbestockung über die heranwachsende eichendominierte Generation bis hin zur PNV-nahen Buchenwaldgesellschaft ein stetiger Entwicklungsprozess vollzieht.



Abb. 3.1.4: Geschlossener Adlerfarn hemmt die Entwicklung der natürlichen Verjüngung



Abb. 3.1.5: Vergesellschaftung von Eichen- und Kiefern-Naturverjüngung auf nährstoffarmen und/oder degradierten Böden

- Der angestrebte Verjüngungszeitraum und die wirtschaftliche Zielstellung bestimmen Notwendigkeit und Intensität der aktiven Einflussnahme auf den Verjüngungsfortschritt. Lange Verjüngungszeiträume eröffnen die Möglichkeit, auf weitere Häfersaat oder Naturverjüngung anderer Baumarten zu warten und damit Pflanzen- und Begründungskosten zu sparen. Nachteilig ist in diesem Falle, dass sich erwünschte Mischbaumarten in Ermangelung entsprechender Mutterbäume oft nicht einfinden. Kurze Verjüngungszeiträume können vor allem infolge verjüngungsfeindlicher Bodenfloren, z. B. ausgeprägte Vergrasung mit *Calamagrostis epigeios* oder Hiebsdringlichkeit im Oberstand, z. B. durch forstsanitäre Erfordernisse, zum Zwecke der Wertschöpfung oder aber auch infolge spezieller waldbaulicher Ziele, z. B. Anreicherung mit wirtschaftlich und/oder waldoökologisch besonders leistungsfähigen Mischbaumarten, sinnvoll sein. In diesen Fällen sollten Flächenpartien, die keine (übernahmefähige) Verjüngung aufweisen, je nach standörtlicher Leistungsfähigkeit z. B. mit Douglasie, Winterlinde, Hainbuche, Ahorn oder Kirsche ergänzt werden.



Abb. 3.1.6: Häfersaat auf stark degradierten, mäßig nährstoffhaltigen und nährstoffkräftigen Standorten, meist sukzessionales Intermediärstadium zwischen der aktuellen Kiefernbestockung und den Buchenwaldgesellschaften der heutigen potenziell natürlichen Vegetation

3.2 Eichensaatgutaufkommen und Saatgutqualität

DAGMAR SCHNECK, RALF KÄTZEL

Für die Umsetzung der Waldbaurichtlinie der Landesforstverwaltung Brandenburg (2004) besteht auch bei Ausnutzung des natürlichen Verjüngungspotenzials ein hoher Bedarf an hochwertigem Vermehrungsgut. Eine entscheidende Voraussetzung für die individuenreiche Etablierung und die Anpassungsfähigkeit der künftigen Bestände besteht bei natürlichen Verjüngungsmaßnahmen in einer ausreichenden Anzahl von geeigneten Samenbäumen in der näheren Umgebung der Verjüngungsfläche. Die Übernahme von Verjüngungen von einzelnen, wenigen Alteichen ist aus genetischer Sicht unbedingt zu vermeiden. Hochwertiges Vermehrungsgut aus zugelassenen Erntebeständen ist daher eine unabdingbare Voraussetzung für die ertragreiche und ökologische stabile Mehrung des Eichenanteils in großflächigen Nadelholzreinbeständen.

3.2.1 Erntebestände

Sollen Eicheln als Vermehrungsgut geerntet und in den Verkehr gebracht werden, sind die Bestimmungen des Forstvermehrungsgutgesetzes (FoVG, 2002) zu beachten. Da im Landeswald das Ziel besteht, qualitativ hochwertige Bestände zu erzielen, sind auch bei der eigenen Verwendung des Vermehrungsguts diese Bestimmungen analog anzuwenden, d. h. eine Saatgutgewinnung kann nur in zugelassenen Beständen erfolgen.

Eine Zulassung als Erntebestand ist bei Stiel- und Trauben-Eiche ab einem Bestandesalter von 70 Jahren möglich. Auf einer Fläche von mindestens einem Hektar (bei Stiel-Eiche 0,5) müssen dabei wenigstens 40 fruktifikationsfähige Bäume stocken. Es muss sich um phänotypisch bewährte, wüchsige Bestände handeln. In unmittelbarer Umgebung dürfen keine phänotypisch schlechten Bestände angrenzen. Die Zulassungseinheiten müssen bei ausreichender Homogenität an die herrschenden ökologischen Bedingungen angepasst sein und sich durch einen guten Gesundheitszustand und eine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber Schadorganismen und – einflüssen auszeichnen. Der Holzvolumenzuwachs liegt über dem Mittelwert vergleichbar bewirtschafteter Bestände unter ähnlichen ökologischen Bedingungen. Die Bäume in den Erntebeständen zeichnen sich durch besonders gute phänotypische Merkmale wie Geradschaf-



Abb. 3.2.1: Trauben-Eichen-Saatgutbestand im AfF Müllrose

tigkeit, Wipfelschäftigkeit und Schaftrundheit, gute Verzweigung und Feinastigkeit aus (FoVZV, 2002). Die Abbildung 3.2.1 zeigt einen zugelassenen Saatgutbestand im AfF Müllrose.

Untersuchungen zur Mischung von Stiel- und Trauben-Eiche in zugelassenen Erntebeständen von MÜLLER und SCHNECK (1997) zeigten, dass nur ca. ein Drittel der Saatgutbestände in Brandenburg „artrein“ (s. Kap. 1.1) ist. Im größeren Teil der Bestände ist die jeweils andere Eichenart mit unterschiedlichen Häufigkeiten vertreten.

Die Zulassung nach phänotypischer Beurteilung erfolgt in der Kategorie „Ausgewählt“. Darüber hinaus ist eine Zulassung von Eichensamenplantagen in der Kategorie „Qualifiziert“ und von Beständen und Samenplantagen nach erfolgreicher Nachkommenschaftsprüfung in der Kategorie „Geprüft“ möglich. In beiden zuletzt genannten Kategorien ist z. Z. in Brandenburg kein Ausgangsmaterial zugelassen.

Erste Nachkommenschaftsprüfungen für die langfristige Bereitstellung von „Geprüftem Vermehrungsgut“ bei Eiche wurden in den Jahren 1998 und 2000 in den ÄfF Doberlug-Kirchhain, Müllrose, Templin und Kyritz auf insgesamt neun Flächen angelegt. Insgesamt sind 16 Stiel-Eichen- und 38 Trauben-Eichen-Nachkommenschaften vertreten.

Die Erntebestände werden im Zulassungsregister des Landes geführt. Insgesamt stehen für die Beerntung von Stiel-Eichen 219 Bestände auf einer Fläche von 602 ha

Tab. 3.2.1: Anzahl und Fläche der Zulassungseinheiten bei Stiel- und Trauben-Eiche in den Ämtern für Forstwirtschaft

Amt für Forstwirtschaft	Trauben-Eiche		Stiel-Eiche	
	Anzahl der Zulassungseinheiten	Fläche (ha)	Anzahl der Zulassungseinheiten	Fläche (ha)
Kyritz	5	12,3	20	49,3
Alt Ruppin	3	5,2	6	18,1
Templin	79	265,1	76	219,1
Eberswalde	77	344,4	25	110,2
Belzig	23	85,9	40	71,0
Wünsdorf	5	46,0	13	38,1
Müllrose	67	399,0	11	46,9
Lübben	6	18,8	11	15,6
Doberlug-Kirchhain	6	30,4	16	32,8
Peitz	42	391,9	1	0,8
Gesamt:	313	1.599,0	219	601,9

und von Trauben-Eichen 313 Bestände auf einer Fläche von 1599 ha zur Verfügung (Stand 31.07.04). Die Tabelle 3.2.1 gibt einen Überblick über die Anzahl der Zulas-

sungseinheiten und die zugelassene Fläche in den ÄfF über alle Eigentumsarten. 74 % der zugelassenen Trauben-Eichen-Bestände (Flächenanteil) und 43 % der Stiel-Eichen-Bestände befinden sich im Landeswald.

Die Verwendung von Saatgut aus zugelassenen Beständen sichert nicht nur die genetische Qualität des Verjüngungsbestandes. Zur Erhaltung der langfristigen Anpassungsfähigkeit an die spezifischen standörtlichen, insbesondere klimatischen Besonderheiten sind die Saatgutquellen der Eichenarten in unterschiedliche Herkunftsgebiete unterteilt. Für die Trauben-Eiche sind deutschlandweit 13 und für die Stiel-Eiche 9 Herkunftsgebiete auf der Grundlage der ökologischen Grundeinheiten festgelegt. Das Bundesland Brandenburg scheidet die Herkunftsgebiete Ostdeutsches Tiefland (-04) und Mitteldeutsches Tief- und Hügelland (-05) (Abb. 3.2.2).

3.2.2 Ernte und Aufbereitung

Die Eichen, insbesondere die Trauben-Eichen, fruktifizieren in Brandenburg häufig und reichlich. Seit 1993 sind nur die Jahre 1996, 1999, 2002 und 2004 als Fehl-mastjahre einzustufen. In Mastjahren übersteigt der Samen-anfall den Bedarf. Die Abbildung 3.2.3 zeigt die Erntemengen der letzten Jahre, wobei Daten für den Zeitraum von 1990 bis 1992 fehlen.

Mit dem Fruchtabfall ist unter den Brandenburger Bedingungen ab Mitte September bis Ende Oktober zu rechnen. Dabei können Schwankungen zwischen den Erntejahren auftreten. Während bei der Buchenernte die Hand-sammlung in den letzten Jahren vollständig durch Netz-

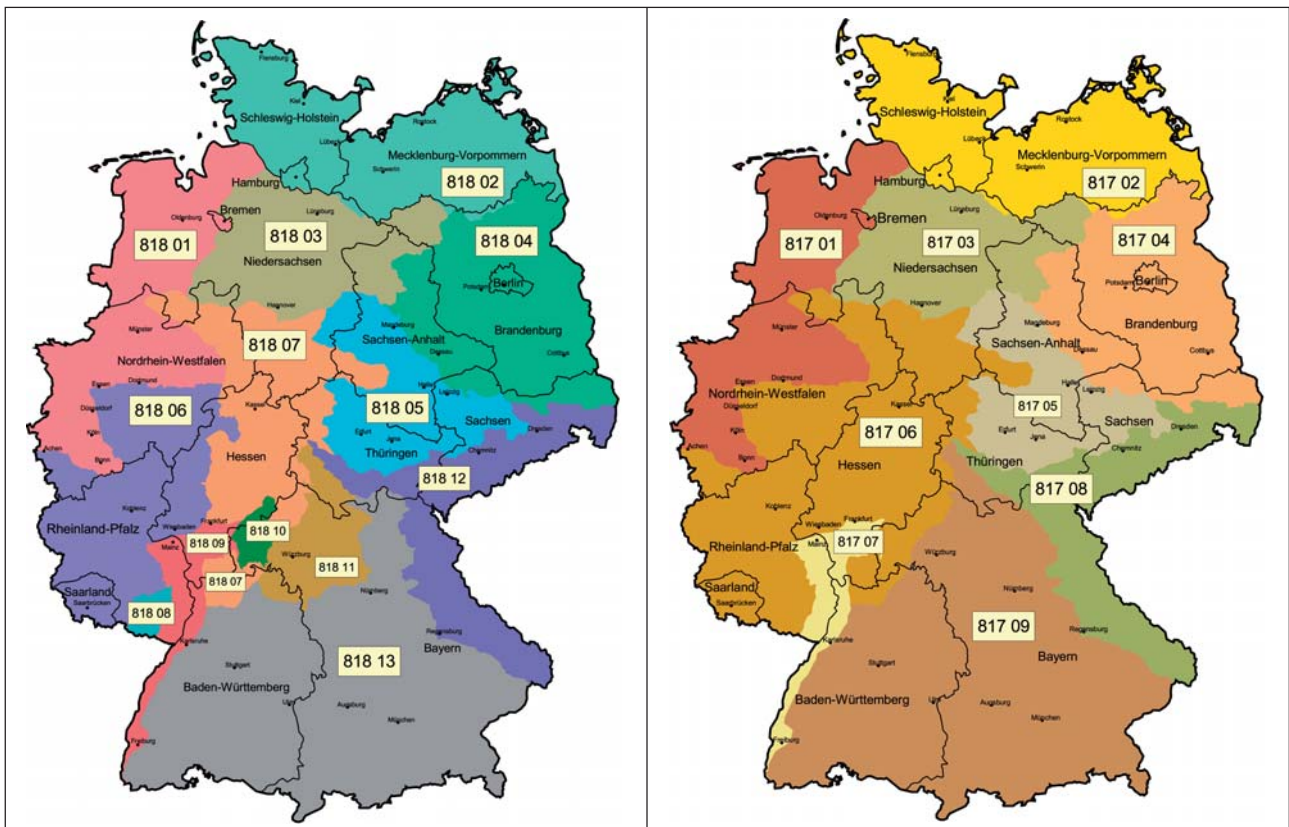


Abb. 3.2.2: Herkunftsgebiete der Trauben (a)- und Stiel-Eiche (b) in Deutschland

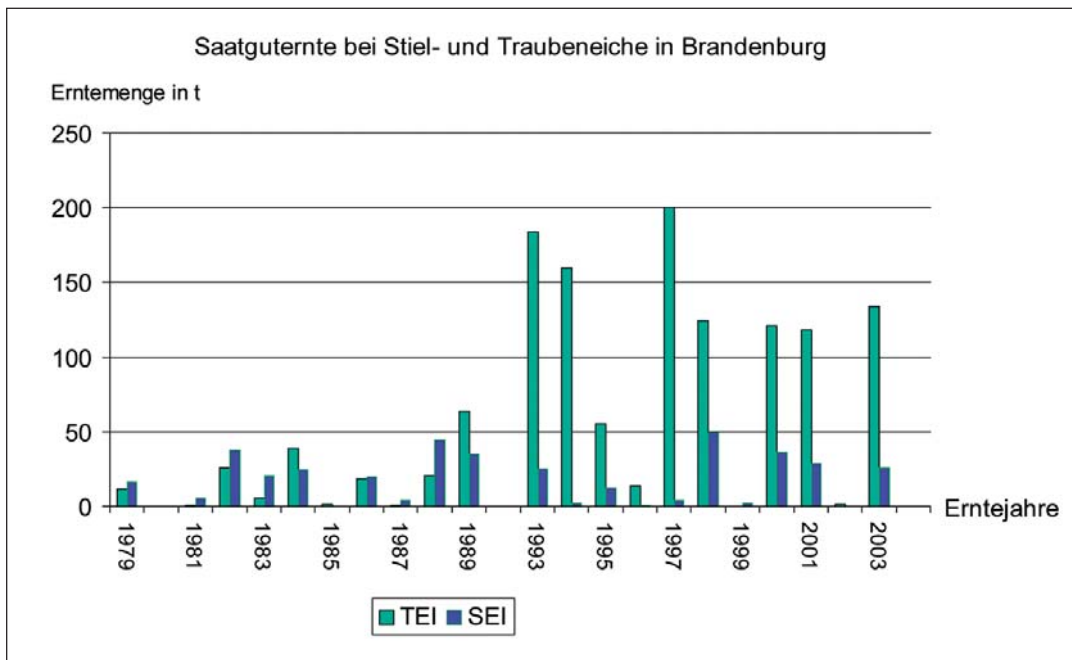


Abb. 3.2.3: Erntemengen in Brandenburg in den Jahren 1979 bis 2003

ernten verdrängt wurde, ist sie bei den Eichen nach wie vor das bevorzugte Verfahren. Ein wichtiger Vorteil dieses Verfahrens ist der geringe Anteil von Verunreinigungen in der Saatgutpartie. Nicht zufriedenstellend getrennt werden können dabei gesunde von geschädigten Früchten. Hierzu sollte unabhängig von der weiteren Verwendung ein Abschweimen der insektenbefallenen Früchte erfolgen. Bei Befall mit Eichenschwarzfäule *Ciboria batschiana* ist eine Thermotherapie bei 41°C für 2 Stunden zu empfehlen.

Bei Verwendung des Erntegutes für den Eigenbedarf kann ein Schnitttest schnell Auskunft über die Saatgutqualität geben. Schließt sich ein Inverkehrbringen des Saatgutes an, ist eine Saatgutprüfung bei einer zugelassenen Prüfstelle zu veranlassen. Darüber hinaus ist der Anteil von Beimengungen der jeweils anderen Eichenart zu ermitteln und anzugeben. Eine Anleitung hierzu findet sich in den Empfehlungen für forstliches Vermehrungsgut für das Land Brandenburg (2005).

3.2.3 Lagerung

Die Früchte der Eichen als die forstlich wichtigsten Arten mit gemäßigt rekazitranthem Charakter bereiten bei der Lagerung besondere Schwierigkeiten (SCHUBERT, 1999). Die Tabelle 3.2.2 gibt einen Überblick über die Grenzen der natürlichen Lebensfähigkeit.

Trotz intensiver Forschungsarbeiten in den 1990er Jahren (GUTHKE, 1992, SCHRÖDER und WULF, 1999) konnte, abgesehen von einigen Verbesserungen, kein endgültiger Durchbruch bei der Erarbeitung geeigneter Lagerverfahren erreicht werden. Aus wirtschaftlicher Sicht ist auch heute nur eine einmalige Überwinterung sinnvoll. Dazu trägt bei, dass die Eiche sehr häufig fruktifiziert. Zweimal überwinteretes Vermehrungsgut, insbesondere

das der Trauben-Eiche, ist in seiner Keimfähigkeit und Vitalität stark eingeschränkt. Gibt es frisches Erntegut, ist das gelagerte praktisch nicht vermarktbar. Darüber hinaus gibt es genügend waldbauliche Möglichkeiten, eine einmalige Fehlmast zu überbrücken.

Die einmalige Überwinterung besitzt dagegen durchaus ihre Berechtigung. Auch wenn gegenwärtig in vielen Baumschulen nur mit Herbstsaaten gearbeitet wird, kann es in sehr strengen Wintern zum Totalausfall der Herbstsaaten wie 1995/96 kommen. Für die Überwinterung kommen neben den bereits bei VON SCHÖNBORN (1964) zusammenfassend beschriebenen traditionellen Verfahren auch Kühlhauslagerungen in Frage. So werden nach GILLE und NOWAG (1993) die Eicheln in der Forstsaatgutberatungsstelle Oerrel bei -3°C in offenen, nicht luftdicht verschlossenen Fässern überwintert. Ein Austrocknen der Früchte ist dabei zu verhindern.

Tab. 3.2.2: Grenzen der natürlichen Lebensfähigkeit von Stiel- und Trauben-Eicheln

	Stiel-Eiche	Trauben-Eiche
Feuchtegehalt (bezogen auf Frischmasse) (v. SCHÖNBORN, 1964)	min. 40 %	min. 40 %
max. möglicher Quellungszustand (MESSER, 1960)	max. 55 %	max. 62 %
Temperaturbereich	-2°C bis 44°C	-2°C bis ca. 41°C
Sauerstoffzufuhr erforderlich (GILLE u. NOWAG, 1995)	gering	reichlich

3.3 Räumliche Verteilung und waldbauliche Nutzung des Naturverjüngungspotenzials von Stiel- und Trauben-Eiche im Land Brandenburg

FALK STÄHR, THOMAS PETERS,
DIRK-ROGER EISENHAUER

3.3.1 Waldbaulicher Hintergrund

Angesichts hoher finanzieller Aufwendungen erfordert eine wirtschaftlich erfolgreiche Betriebsführung den Verjüngungsaufwand zu reduzieren, **ohne** hierdurch die waldbaulichen Ziele in Frage zu stellen. Das sind die Produktion von Eichenwertholz auf den laubholzfähigen und heute von der Kiefer dominierten Standorten sowie die Verbesserung der Stabilität von Kiefern-Forstökosystemen auf Standorten, auf denen auch künftig die Wirtschaftsbaumart Kiefer dominieren wird.

Informationen über die regionale Verteilungsdichte von potenziellen Samenbäumen standortgerechter Baumarten sind hierbei eine wesentliche Voraussetzung für die lokal differenzierte, zielorientierte Rationalisierung des Verjüngungsaufwandes. Für den brandenburgischen Teil des nordostdeutschen Tieflands vermittelt der folgende Beitrag derartige Informationen am Beispiel von Stiel- und Trauben-Eiche.

3.3.2 Inventur der Eichenunterstände im Land Brandenburg

Nach der quantitativen und qualitativen Erfassung des Eichenunterstandes in Kiefern- und Kiefern-Birkenbeständen der Beeskow-Lindenberger Platte und des Fürstenwalder Spreetals (EISENHAUER, 1994a) wurde diese Initiative auf alle Ämter für Forstwirtschaft (ÄfF) des Landes Brandenburg ausgedehnt. Die Erfassungsergebnisse wurden stichprobenartig kontrolliert. Auf der Grundlage von überprüften Inventurdaten liegen damit regionalisierte Informationen (Wuchsbezirke, ÄfF) über den etablierten, d. h. dem Verbissbereich bereits entwachsenen Eichenunterstand vor. Insgesamt konnte in Kiefernbeständen auf ein Mindestpotenzial von ca. 12.500 ha Eichenunterstand verwiesen werden, davon 93 % aus Naturverjüngung. Für die Überführung in wirtschaftlich leistungsfähige Eichenbestände sind hiervon ca. 7.000 ha geeignet (EISENHAUER, 1994b, 1996). Legt man für einen Hektar Eichen-Voranbau incl. Wildschutzmaßnahmen

Begründungskosten von 8.000 bis 10.000 Euro zu Grunde, wird auch ohne die Berücksichtigung von waldbaulichen Folgeaufwendungen deutlich, welches enorme waldbauliche Rationalisierungspotenzial in Gebieten mit einem höheren Anteil adulter Eichenvorkommen realisiert werden kann.

Der zeitliche Entstehungsschwerpunkt des heute etablierten Eichenunterstandes in den Kiefernbeständen des Landes Brandenburg liegt zwischen 1940 und 1970 (EISENHAUER, 1994 c, 1996). Seither haben sich die Ausbreitungsbedingungen für die Eiche durch die Verbesserung der Oberbodenzustände erheblich verbessert (KOPP und KIRCHNER, 1992; KONOPATZKI et al., 1998). Dieser Fakt erhöht die Dringlichkeit der Erfassung von Eichennaturverjüngungspotenzialen und ihrer gezielten Integration in regionale Waldbaukonzepte.

3.3.3 Verteilung potenzieller Samenbäume

3.3.3.1 Datengrundlage

Folgende Quellen dienen als Grundlage für die Analyse der Verteilung von adulten Eichenvorkommen im brandenburgischen Teil des nordostdeutschen Tieflands:

1. Eicheninventur mit Inventurdaten aus 515 Revieren,
2. Kartierung der Straßengehölze an Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen im Land Brandenburg (BRODDE, 2001; LBVS, 2001: nur Alleen bzw. Alleeschnitte, mit einem Eichenanteil von mindestens 50%),
3. Datenspeicher Wald.

Als adult können Eichen ab einem Alter von 70 Jahren gelten (KRAHL-URBAN, 1959; THOMASIIUS und HARTIG, 1989). Diese Angabe deckt sich mit dem Mindestalter der inventarisierten Eichen. In den Abbildungen dienen ≥ 80 -jährige Bestände und Einzelexemplare als sichere Aussage für das Vorhandensein fruktifikationsfähiger Eichen. Stockausschläge und Eichen im Freiland blühen wesentlich zeitiger, so dass mit der vorgegebenen Erfassungsgrenze der Einfluss des Diasporenangebots von Einzeleichen und Eichenalleen auf die Sukzession in umliegenden Kiefernbeständen eher unterschätzt wird. Selbst in 50-jährigen Trauben-Eichenbeständen wurde Aufschlag beobachtet.

3.3.3.2 Regionale Verteilung adulter Eichen

Im Gegensatz zu adulten Eichenbeständen kommen Baumgruppen und einzelne Überhälter als potenzielle Samenbäume in fast allen Revieren des Landes Brandenburg vor (Abb. 3.3.1). In der Häufigkeit der bestandesweise auftretenden über 80-jährigen Alt-Eichen wird

FALK STÄHR
Landesforstanstalt Eberswalde,
THOMAS PETERS
Landesforstanstalt Eberswalde,
DIRK-ROGER EISENHAUER
Landesforstpräsidium Sachsen, Pirna, OT Graupa

ein Nord-Süd-Gradient deutlich (Abb. 3.3.2). Er resultiert zum einen aus der vergleichsweise besseren Trophie und Wasserkapazität der Standorte in den nördlichen Revieren bzw. im Bereich der Grundmoränen und Niederungen im mittleren Brandenburg. Zum anderen begünstigen die höheren mittleren jährlichen Niederschlagssummen in den nördlichen Landesteilen (KOPP und SCHWANECHE, 1994) den Laubholzanbau. Ausgehend von diesen standortkundlichen Kennwerten erfuhr die Eiche eine regional differenzierte Förderung im Zuge der Waldbewirtschaftung. Ihr Anteil an der jeweiligen Revierfläche ist daher im Süden des Landes deutlich geringer als in den nördlichen Revieren. Eine vergleichbare Situation zeigt die Verteilung des etablierten Eichenunterstandes in Kiefernbeständen (EISENHAUER, 1994b, 1994c, 1996).

Die Eichenvorkommen im Wald werden ergänzt durch potenzielle Samenbäume, die als Alleen an den Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen kartiert wurden (Abb. 3.3.3). Dabei zeichnet sich ein Schwerpunkt in der Prignitz, im Nordwesten Brandenburgs, ab. Ursprung dieser Eichenalleen könnten Wegebepflanzungen in einer durch den Großgrundbesitz geprägten, vorrangig

landwirtschaftlich genutzten Kulturlandschaft sein. Im Nordosten hingegen zeigen die Kartierungsergebnisse eine sehr geringe Präsenz der Eiche als Straßengehölz. Die verbleibende Landesfläche weist eine mehr oder weniger gleichmäßige Verteilung der Eichenalleen auf.

Aus der Verschneidung der Kartierungsquellen Eicheninventur und Straßengehölzerfassung ergibt sich insgesamt die in Abb. 3.3.4 dargestellte Verteilung adulter Eichenvorkommen. Lediglich **in 6 von 515 Revieren** kamen **adulte Eichen weder auf forstlich bewirtschafteten Flächen noch als Straßengehölz** vor!

3.3.3.3 Regionale Verteilung der inventarisierten Eichenunterstände

Die regional differenzierte Dichte potenzieller Samenbäume spiegelt sich im Flächenanteil von Kiefernbeständen mit Eichenunterstand wider. Begründet durch das Potenzial an Mutterbäumen, die standörtliche Ausstattung (Abb. 3.3.5) und die aktuellen Bestockungsstrukturen liegen die meist aus Hähersaat hervorgegangenen Eichenun-

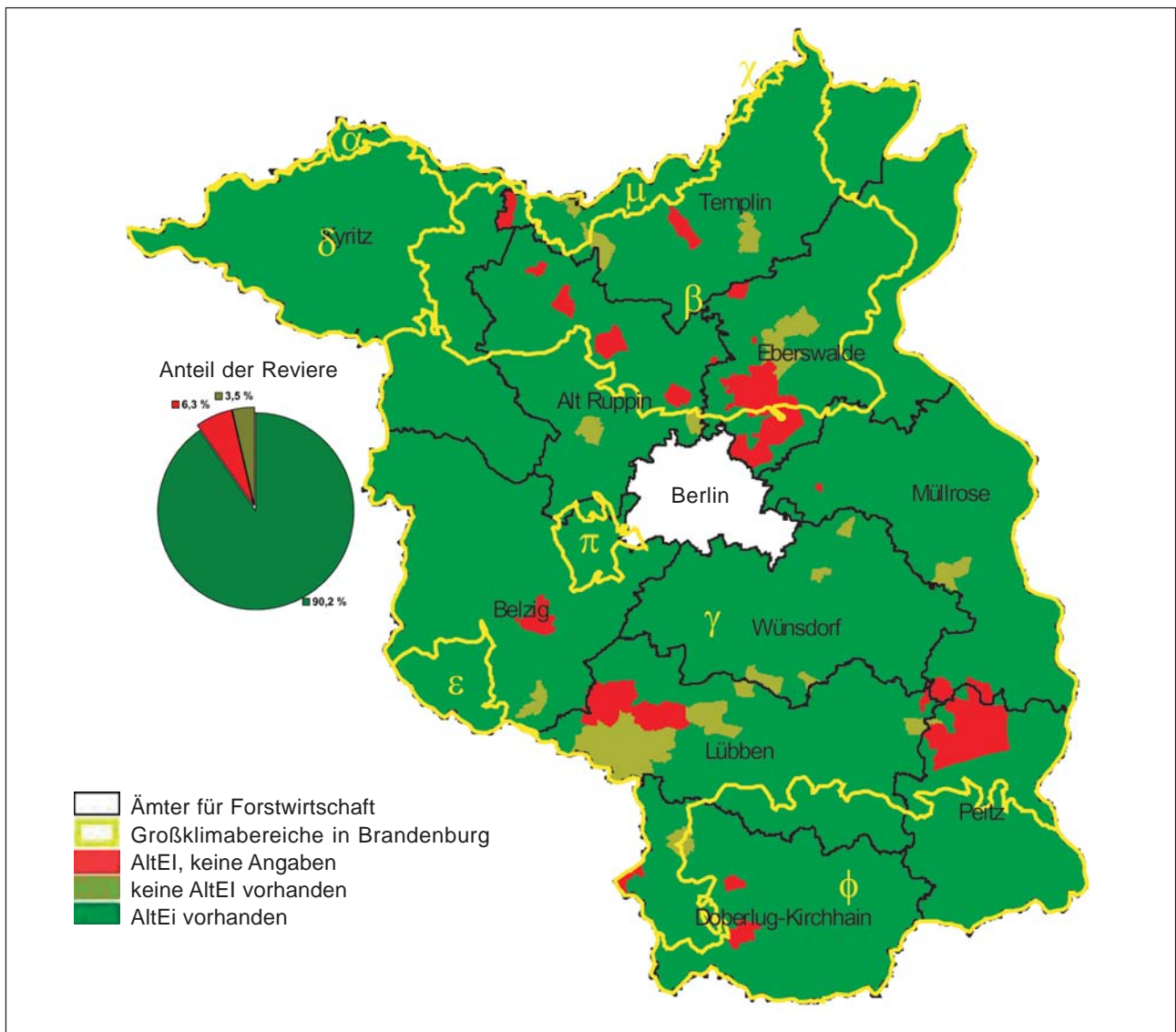


Abb. 3.3.1: Vorkommen adulter Eichen (Alt-Eichen) als Überhälter, Einzelbäume und Restvorräte auf Waldflächen im Land Brandenburg; Bezug Revierebene; Abgrenzung nach ÄfF und Großklimabereichen

ter- und -zwischenstände vor allem in der nördlichen Hälfte des Landes (Abb. 3.3.6; EISENHAUER, 1994b, 1996).

In der Südhälfte ist der Anteil von Revieren, in denen im Rahmen der Eicheninventur flächige Hähereichenvorkommen nachgewiesen wurden, wesentlich geringer. Erst unter dem Einfluss günstigerer Standortbedingungen im Bereich der Endmoränen (z. B. Trebendorfer Hochfläche, Muskauer Faltenbogen) und pseudoatlantischer Klimaprägung sowie einem eigentums- und nutzungsgeschichtlich bedingten Erhalt der Alteichenvorkommen (GROSSER, 1964) zeichnet sich eine nennenswerte Zunahme von Kiefernbeständen mit Eichenunter- und -zwischenstand aus Hähersaat ab. Gleiches gilt für die grundwasserbeeinflussten Niederungen (EISENHAUER, 1994b, 1996; KRETSCHMER, 2003).

3.3.4 Waldbauliche Diskussion

Die Integration der Eiche in den Umbau von Kiefernbeständen in Kiefern-Eichen-, Eichen- oder Laubmischbestände im nordostdeutschen Tiefland bezieht sich auf ein

relativ weites Standortsspektrum. Mit abnehmender Trophie und geringerer Wasserkapazität des Bodens, von den Tieflehmfahlerden über die Bänder-Sandbraunerden bis zu den Sand-Podsolen, verlagert sich die waldbauliche Bedeutung der Eiche von der Wirtschaftsbaumart zu einer Baumart, die unter Beibehaltung der Dominanz der Kiefer zur Stabilität dieser Waldökosysteme beiträgt (WAGENKNECHT et al., 1956; ERTELD, 1962; JÄKEL et al., 2004). Dementsprechend sind auch Hähersaaten auf der Grundlage von standörtlich differenzierten waldbaulichen Zielen zu beurteilen. Die weitere Entwicklung der Hähersaaten wird durch die standortspezifische natürliche Waldentwicklung bestimmt, die jedoch mit den waldbaulichen Zielen nicht zwangsläufig deckungsgleich sein muss.

Anhand der Inventur der Alteichenvorkommen (Abb. 3.3.1 bis 3.3.4) und des etablierten Eichenunterstandes (Abb. 3.3.6) wird deutlich, dass sich Wuchsbezirke mit einer Standortsausstattung, die in erheblichem Umfang eine Ausweisung von Eichen-Bestandeszieltypen ermöglicht, durch eine hohe Dichte potenzieller Samenbäume auszeichnen. Demgegenüber weisen Wuchs-

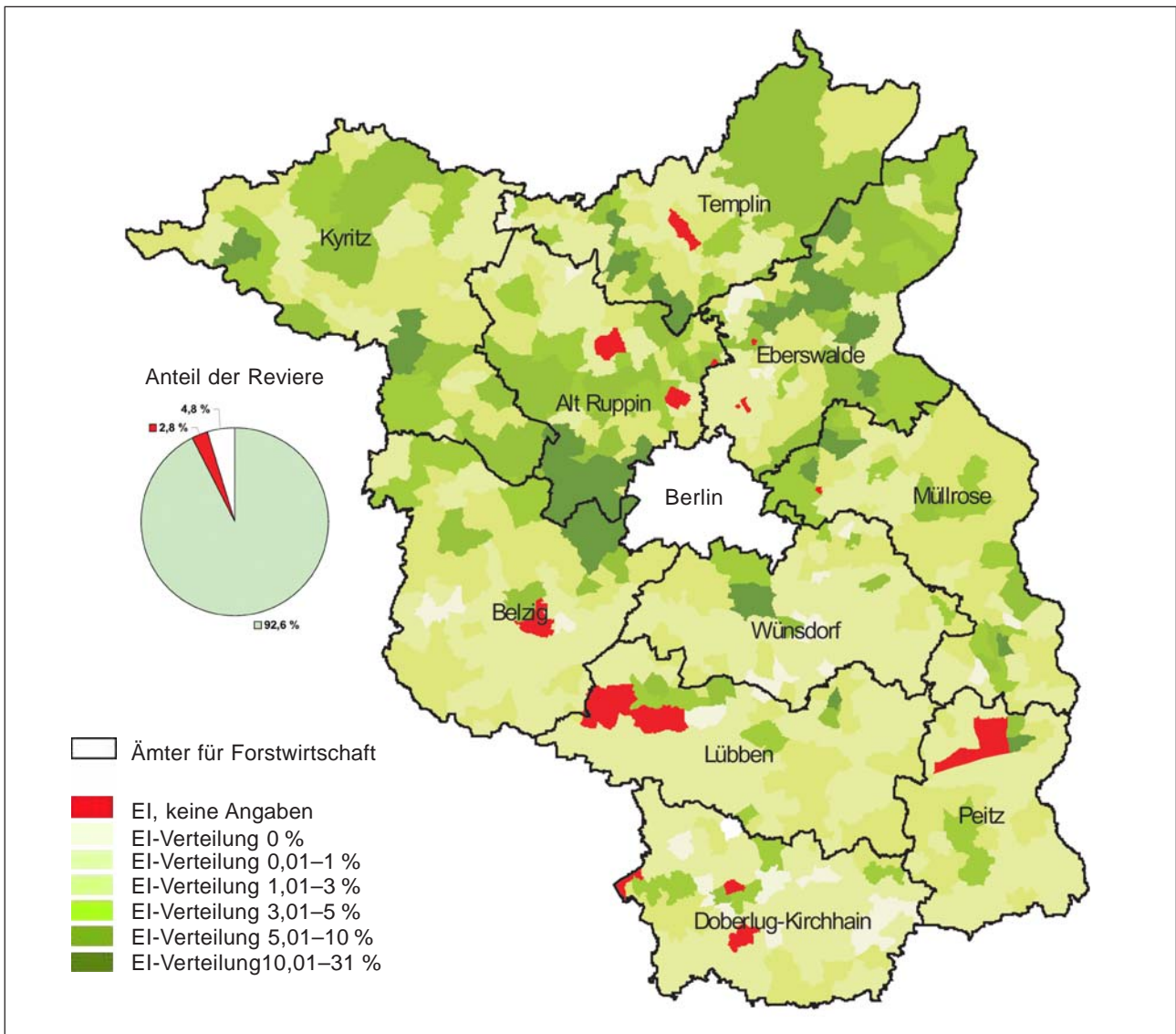


Abb. 3.3.2: Verteilung adulter Eichenbestände im Land Brandenburg; Bezug Revierebene [% der Holzbodenfläche]; Abgrenzung nach ÄfF

bezirke, in denen auf Grund der Standortsausstattung auch künftig die Kiefer die dominierende Wirtschaftsbaumart bleiben sollte, eine deutlich geringere Dichte potenzieller Samenbäume auf. Allerdings kann auch hier ohne weitere Aufwendungen von einer langfristigen Ausbreitung der Eiche in den Kiefernbeständen ausgegangen werden (Abb. 3.3.5, 3.3.6). Der aktive Waldumbau mit der Eiche hat auf den nährstoffarmen Standorten wegen unbefriedigender Ertrags- und Wertleistungen keine Relevanz. Gleichwohl wird ihr eine bodenmeliorative und damit systemstabilisierende Funktion auf den nährstoffarmen, häufig oberbodendegradierten Standorten zuerkannt. Die aktuelle Höhe der Schalenwildbestände schließt jedoch derzeit eine Walddynamik, die auf Erneuerung ökologischer Stabilität gerichtet ist, weitestgehend aus (DEGENHARDT, 2005).

Aus den bisher vorliegenden Ergebnissen folgt die Möglichkeit einer nach Regionen differenzierten Investitionsintensität in den Waldumbau. Demzufolge wären die absolut höchsten waldbaulichen Rationalisierungspotenziale in der Nordhälfte Brandenburgs und im Bereich der Grundmoränen und Niederungen im mittleren Branden-

burg gegeben. Lokal ist auf der Grundlage bestandesweiser Analysen eine an den konkreten Standorts- und Bestockungsmerkmalen orientierte Untersetzung solcher Rahmenvorgaben notwendig. Letzteres ist **keine** Aufgabe der Forsteinrichtung, sondern der örtlichen Wirtschaftler. In diesem Zusammenhang wird ein Prüfschema vorgeschlagen (Abb. 3.3.7), welches auf der Grundlage bereits erprobter methodischer Ansätze (v. GADOW und MESKAUSKAS, 1997; EISENHAUER und STÖVER, 2000; DEGENHARDT, 2005) zu einem für die örtlichen Wirtschaftler praktikablen Verfahren weiterentwickelt werden sollte. Ziel ist die Unterstützung des örtlichen Wirtschaftlers bei der optimalen waldbaulichen Gestaltung des Verjüngungsprozesses.

Für eine algorithmische Bewertung von Naturverjüngungspotenzialen bei der gezielten waldbaulichen Integration natürlicher Verjüngungsabläufe sprechen folgende Gründe:

- Ein naturnaher, an walddökologischen Prozessen orientierter Waldbau muss bei der Integration der Bestandessukzession in Verjüngungsentscheidungen zu wirtschaftlichen, in Volumen **und** Wert leis-

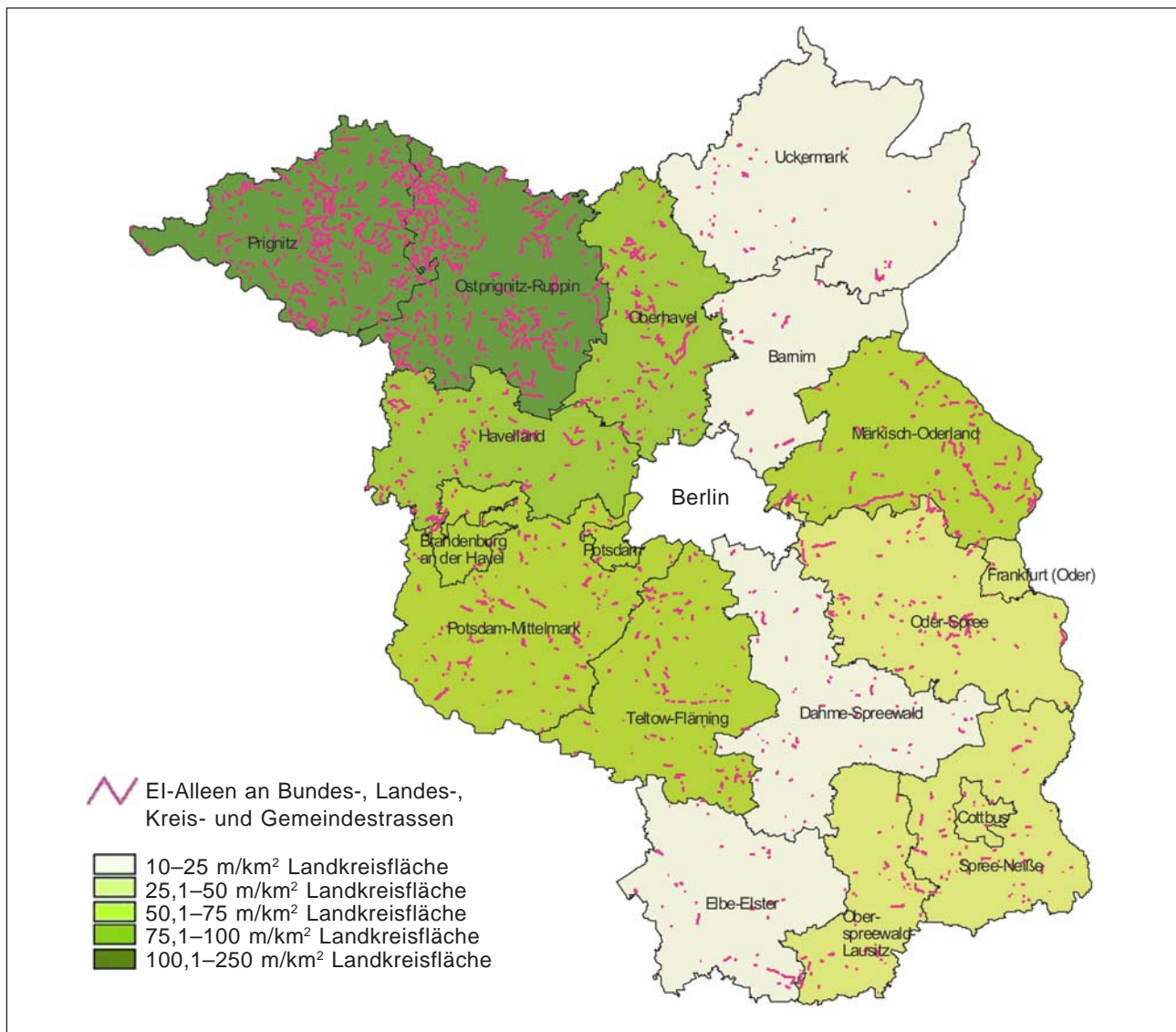


Abb. 3.3.3: Verteilung der Eichenalleen an Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen im Land Brandenburg; Bezug Landkreisfläche

tungsfähigen Folgebeständen führen. Die Vernachlässigung dieser an sich simplen Forderung im Kontext zu einem steigenden Holzbedarf hat bereits in den 1950er bis 1960er Jahren zum Scheitern der Ära der so genannten „Vorratspflege“ beigetragen.

- Eine zielgerichtete waldbauliche Steuerung von Verjüngungsprozessen erfordert kleinstandörtlich differenzierte Informationen über qualitative und quantitative Entwicklungspotenziale der Verjüngung einschließlich ihrer horizontalen Verteilungsmuster. Das betrifft die Integration der Bestandessukzession in den Waldumbau weitaus häufiger als die gezielte Naturverjüngung des Mutterbestandes.
- Zur Absicherung einer weit in die Zukunft reichenden waldbaulichen Entscheidung ist ein relativ geringer analytischer Aufwand notwendig, der etwa 3–4 Stunden/ha einschließlich Auswertung nicht überschreiten sollte (vgl. v. GADOW und MESKAUSKAS, 1997).
- Der analytische Aufwand wird auf jene Standorte und Bestandessituationen beschränkt, die ausgeprägte Rationalisierungsmöglichkeiten erwarten lassen.

- Verbale Forderungen nach einer Reduzierung des Verjüngungsaufwandes werden auf diese Weise objektiviert, was vor allem zur Sicherung künftiger Holzträge beiträgt.

Der erhebliche Einfluss der örtlichen **Dichte und Verteilung der Samenbäume** auf die Verjüngungsdynamik wird daran deutlich, dass die Verjüngungsdichte der Eiche mit dem Abstand von der Samenquelle sehr schnell abnimmt. Wurden bis zu einer mittleren Entfernung von 200 m von den Alteichenhorsten im Mittel 825 St./ha gefunden, waren es bei einem Abstand von 600 m nur noch ca. 230 St./ha. Dies ist ein Hinweis, dass selbst bei einer Distanz, die deutlich unter der maximalen Entfernung von bis zu 10 km liegt, über die der Eichelhäher die Eicheln transportiert (STIMM und BÖSWALD, 1994; OTTO, 1996) nicht zwingend waldbaulich relevante Verjüngungsstrukturen erwartet werden können. Zudem ist aus waldbaulicher Sicht wichtig, dass die Anzahl der lokal vorhandenen Eichen-Samenbäume für die Anzahl der Hähner nicht entscheidend ist. Bereits wenige Alteichenexemplare können beachtliche Pflanzenzahlen in der

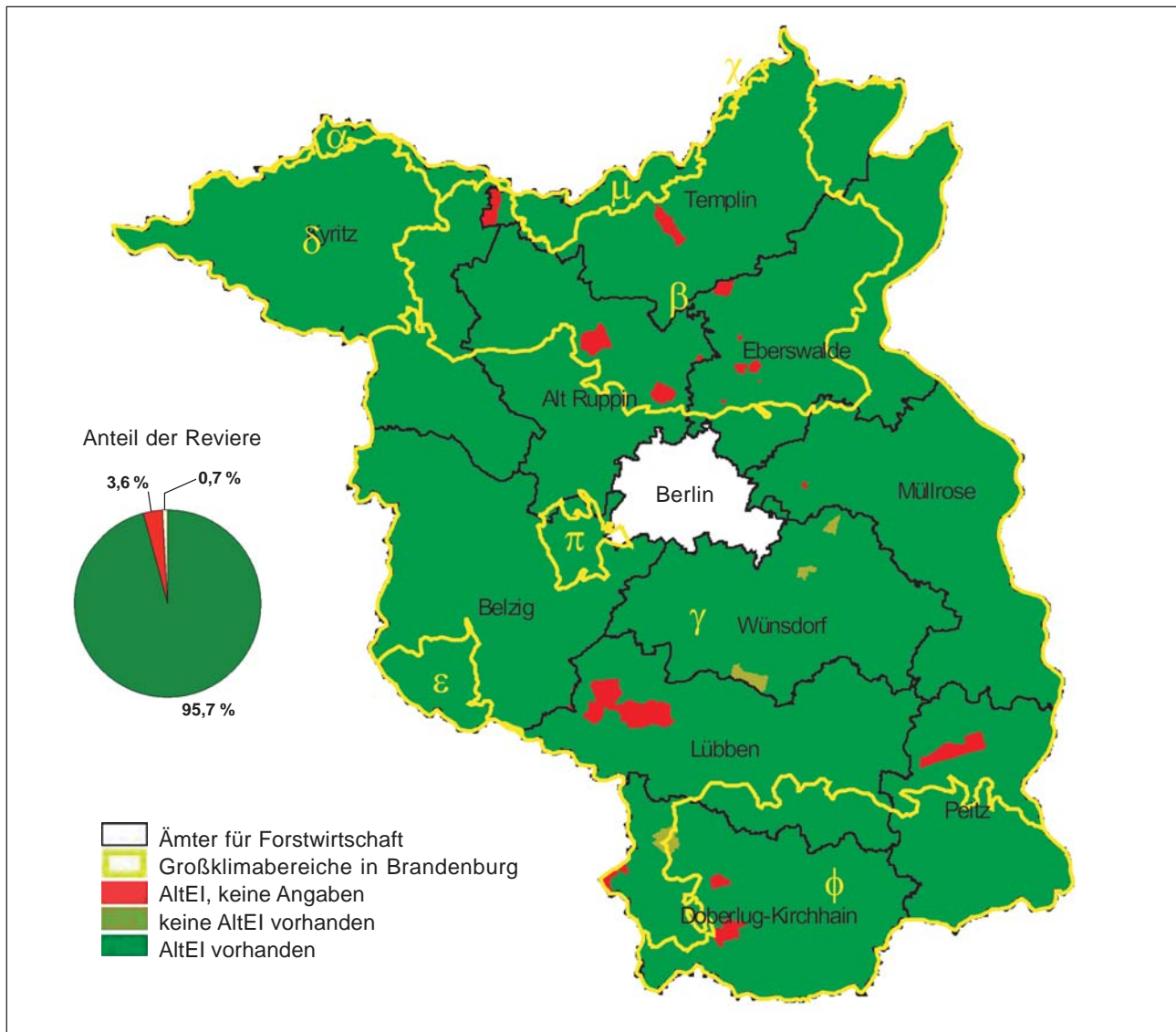


Abb. 3.3.4: Vorkommen von Eichenalleen an Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen im Land Brandenburg und von Alteichen im Wald; Bezug Revierebene; Abgrenzung nach ÄfF und Großklimabereichen

Folgegeneration initiieren (BERGMANN et al., 2000; STÄHR und PETERS, 2000). Ein großes Mutterbaumkollektiv sichert aber eine hohe genetische Variabilität und Diversität in der nachwachsenden Eichengeneration.

Neben der räumlichen Verteilung des Diasporenangebotes ist der vorgesehene **Verjüngungszeitraum** für die waldbauliche Bewertung der natürlichen Verjüngung maßgeblich. Auf den Verjüngungszeitraum von Kiefernbeständen (max. 30 Jahre) entfallen 2–5 Vollmasten und bis zu 7 Sprengmasten (THOMASIU und HARTIG, 1989). Allerdings ist zu beachten, dass mit der zunehmenden Auflockerung der horizontalen Konkurrenz des Kiefernbestandes auch die Ausbreitung von verdämmend wirkenden Arten der Bodenvegetation zunehmen kann. Vor allem bei Einwanderung des Sandrohrs (*Calamagrostis epigeios*) ebbt der natürliche Verjüngungsprozess rapide ab, so dass bis zu diesem Zeitpunkt eine ausreichende Anzahl bewirtschaftbarer Eichen verfügbar sein sollte. Starke Durchforstungseingriffe, die bereits in mittelalten Kiefernbeständen zu einer dauerhaften Unterbrechung der horizontalen Konkurrenz führen, bewirken eine oft exzessive Ausbreitung von verdämmenden Arten der Bo-

denvegetation (EISENHAUER et al., 2004) und damit eine Verkürzung der Zeitspanne für die natürliche Ausbreitung standortsgerechter Gehölze.

Die Entwicklung von waldbaulich akzeptabler natürlicher Eichenverjüngung nach Anzahl, Qualität und Vitalität auf den für die Bewirtschaftung der Eiche geeigneten Standorten hängt demnach von drei Faktoren ab: dem Samenangebot, dem Verbissdruck und der vom Nutzungs- und Verjüngungsfortschritt determinierten Durchforstung.

Die stichprobenbasierte Inventur lokaler Verjüngungsvorkommen der Eiche und anderer standortsgerechter Zielbaumarten, die dem Verjüngungs- und Produktionsziel entsprechen, ergibt Verjüngungs- und Bejagungsschwerpunkte. Die waldoökologisch begründete Bejagung der wiederkäuenden Schalenwildarten ist unabdingbare Voraussetzung für die Eichen(natur)verjüngung und muss deutlich über den Bereich der standörtlich geeigneten Ausbreitungsschwerpunkte (HEINSDORF et al., 2000; BERGMANN und STÄHR, 2003) hinaus erfolgen. Zudem ist die Schalenwildregulierung auf Bestandesstruk-

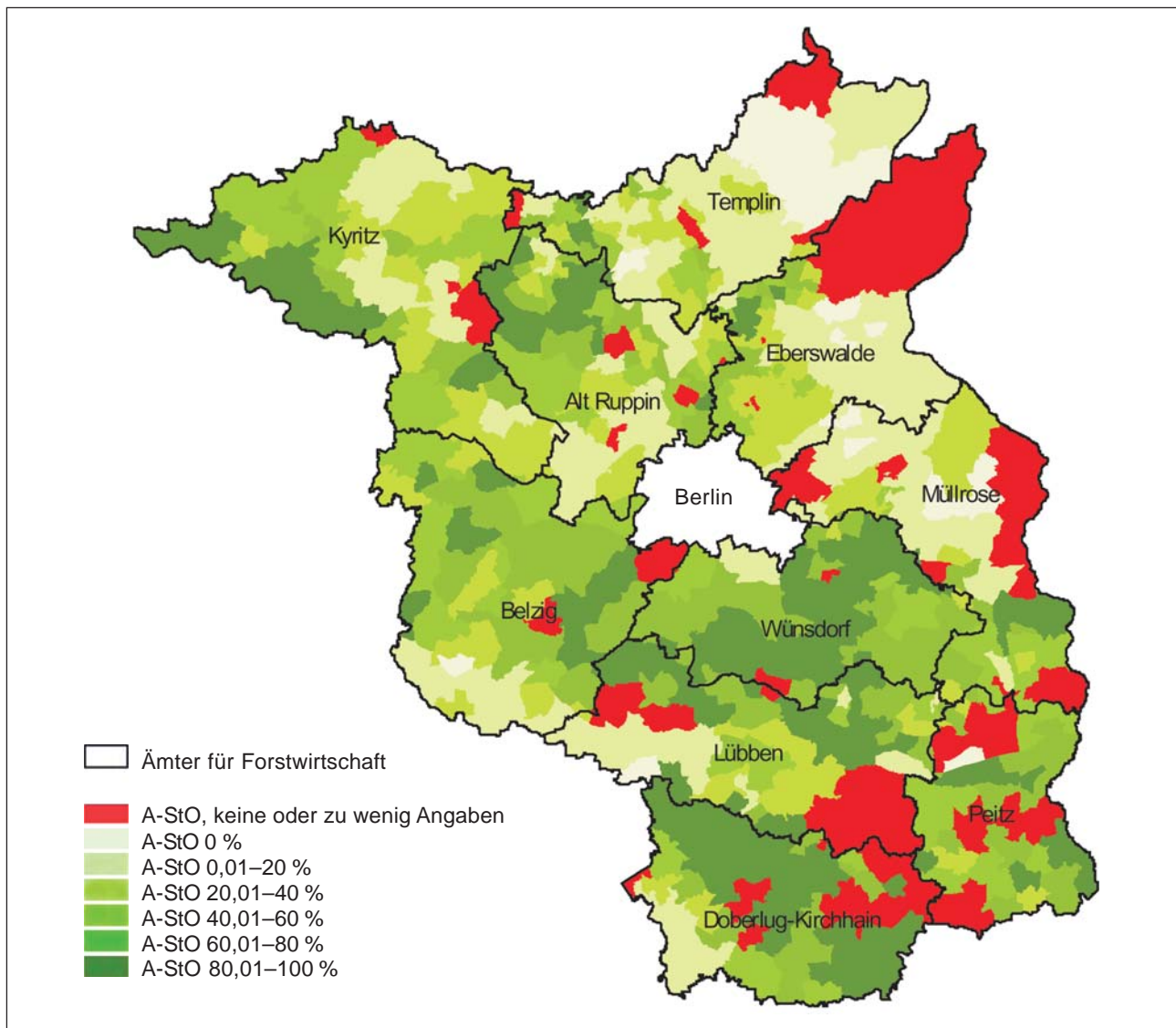


Abb. 3.3.5: Verteilung der armen Standorte (A-StO) im Land Brandenburg; Bezug Revierebene [% der Holzbodenfläche]; Abgrenzung nach ÄfF

turen (Baumarten-, Alters-, Vertikalstruktur) zu konzentrieren, die das Aufwachsen der Eichenverjüngung begünstigen (WÖLFEL et al., 2001). Im Focus der jagdlichen Aktivitäten müssen insbesondere lokale Bejagungsschwerpunkte stehen, die sich aus der Verjüngungsinventur ergeben und an denen innerhalb des Verjüngungszeitraumes das jagdliche Hinwirken auf besonders „wildarme“ Teilareale, vor allem das Rehwild betreffend, über den Verjüngererfolg entscheidet.

Der im Entscheidungsalgorithmus vorzunehmende ergänzende Voranbau dient der Auffüllung lokaler Verjüngungsdichten von < 3.000 St./ha auf mindestens 5.000 St./ha, ausgeprägtes Ankommen und Aufwachsen von Begleitbaumarten bzw. -gehölzen vorausgesetzt. In Verjüngungssituationen ohne nennenswerte Potenziale an Begleitgehölzen sind 7.000 Pflanzen je ha anzustreben.

Die Daten aus den Verjüngungsinventuren im Bereich der Alteichenvorkommen könnten als eine der notwendigen Eingangsinformationen genutzt werden, um die Ausbreitung der Eiche in die Kieferbestände zu modellieren. Dies wäre zunächst von wissenschaftlichem Interesse.

Die Ergebnisse könnten jedoch unter Berücksichtigung differenzierter waldbaulicher Ziele erheblich zur Unterbreitung einer räumlichen und zeitlichen Optimierung des Waldumbaus beitragen.

Offen ist die Frage, wie Hähersaaten – vor allem solche, die auf Alleen oder gruppen- bis horstweise Einzelvorkommen zurückgehen – genetisch zu bewerten sind. In diesem Zusammenhang sind z. B. Beziehungen zwischen genetischer Struktur und Vitalitätsverlusten in Eichenbeständen (ZASPEL und HERTEL, 1996) von besonderem Interesse. Eine Bewertung nach dem Phänotyp erlaubt erste Schlüsse auf die (Schaft-)Qualität der Folgegeneration (STÄHR und PETERS, 2000). Kronenstrukturmerkmale (ROLOFF, 1989) sind nicht nur ein Indikator für die noch zu erwartende Samenproduktion. Wo die Kronenstruktur nicht zu stark von der interspezifischen Konkurrenz geprägt wurde oder auf eine altersbedingte Seneszenz geschlossen werden kann, sind auch erste Aussagen zur Anpassung an die bisherigen und aktuellen Standortbedingungen möglich. Die Ergänzung von Hähersaaten kann folglich wegen der ungeeigneten Herkunft lokaler Eichenvorkommen oder im Fall einer Ver-

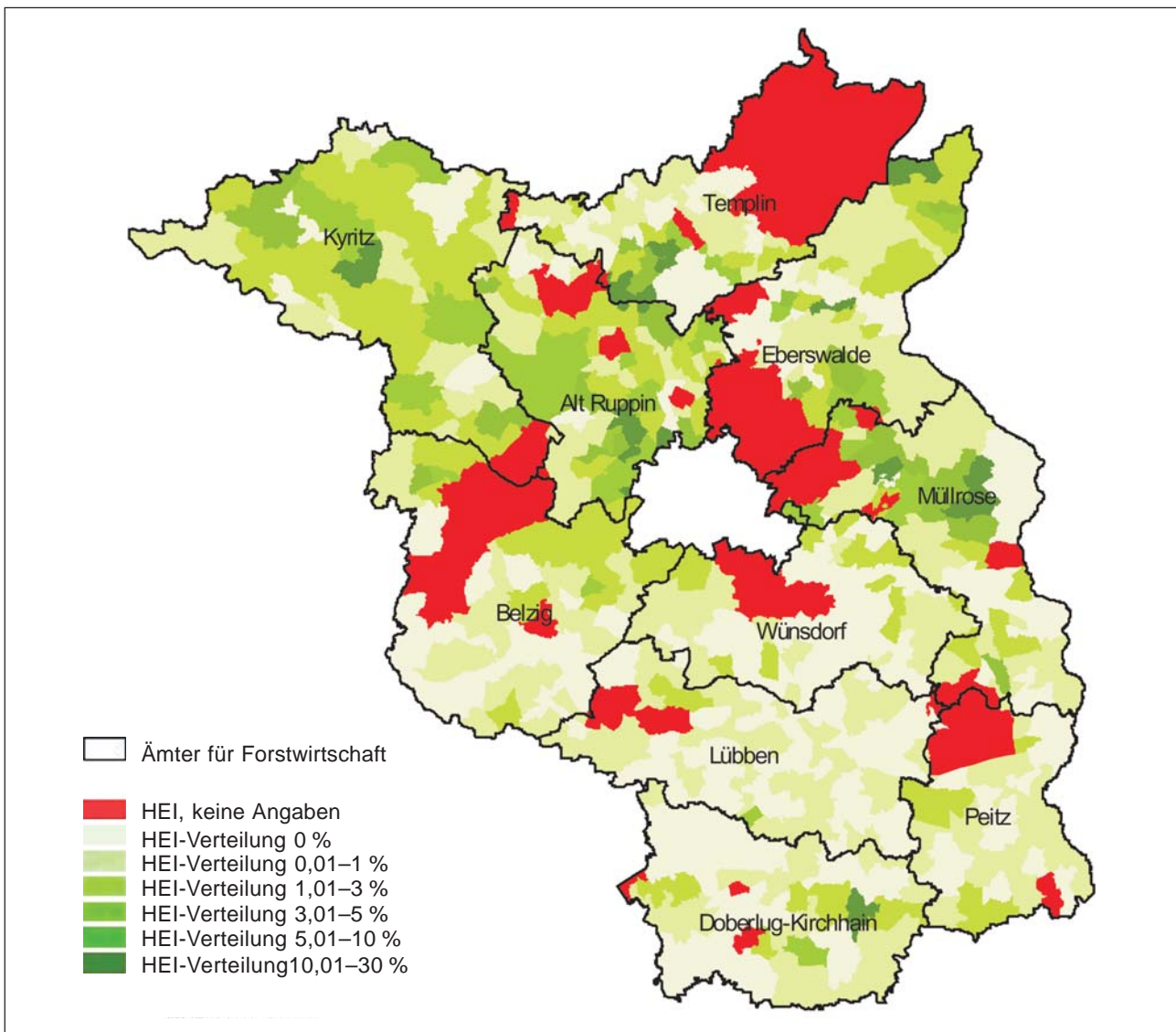


Abb. 3.3.6: Verteilung der erfassten, aus Hähersaat entstandenen Eichenunter- und -zwischenstände im Land Brandenburg (Eicheninventur 1993); Bezug Revierebene [% der Holzbodenfläche]; Abgrenzung nach ÄfF

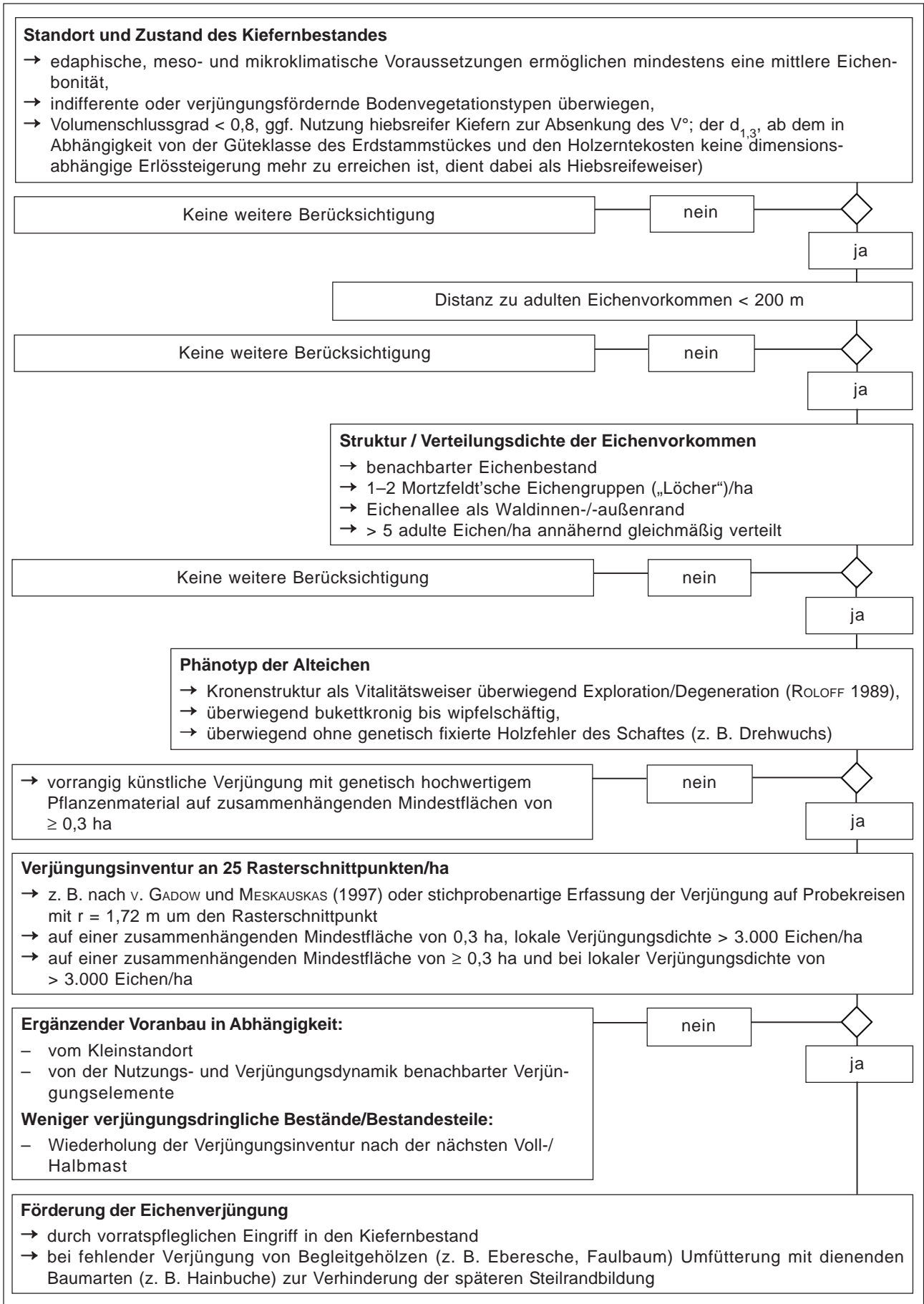


Abb. 3.3.7: Entscheidung über die Durchführung von Verjüngungsinventuren in Kiefernbeständen zur Analyse des Potenzials an (Eichen-)Naturverjüngung einschließlich ihrer horizontalen Verteilung

jüngungsdichte, die vermutlich nicht zu einem leistungsfähigen Folgebestand führt, notwendig sein. In diesem Zusammenhang sei darauf verwiesen, dass Waldumbau eine für lange Zeit einmalige Chance für einen erheblichen genetischen Input beinhaltet, der auf die Verbesserung von ökologischer Stabilität und wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit gerichtet sein muss.

3.3.5 Zusammenfassung

1. Im brandenburgischen Teil des nordostdeutschen Tieflands kommen in nahezu allen Revieren unabhängig vom Standort Alteichen als Samenbäume für die Ausbreitung der Eichen in Kiefernbestände vor. Die Vorkommensdichte nimmt mit der Trophie und der Wasserversorgung der Standorte von Norden nach Süden ab. Alteichen-Straßengehölze ergänzen im Fall ihrer genetischen Eignung die Alteichenvorkommen auf den Waldflächen in waldbaulich beachtenswertem Maße.
2. In den Kiefern-Althölzern kommt unter der Einwirkung von Fremdstoffeinträgen, einer infolge von Hiebsmaßnahmen regional zunehmenden Konkurrenz verdrämmender Arten der Bodenvegetation sowie aufgrund des erheblichen Verbissdrucks der natürliche Verjüngungsprozess oft zum Erliegen.
3. Um Eichennaturverjüngung, insbesondere Häher- und Hähersaat, zielorientiert in den Waldumbau integrieren zu können, wird die Entwicklung eines praxistauglichen Verfahrens zur bestandesweisen Erfassung der Struktur und Übernahmefähigkeit natürlicher Verjüngung vorgeschlagen. Der damit verbundene Aufwand steht in einem akzeptablen Verhältnis zur zu treffenden Investitionsentscheidung.
4. Anzahl und Verteilung der erfassten Alteichen- und Hähereichenvorkommen verdeutlichen, dass die Beachtung von Mutterbäumen und die Ausnutzung wirtschaftlich akzeptabler Häher- und Hähersaaten wesentliche Kriterien bei der waldbaulichen Planung des Umbaus der Kiefernforsten sein müssen.

4 Waldbauliche Fragen der Eichenbewirtschaftung

4.1 Eichen-Bestandeszieltypen und ihre standörtlichen Grundlagen

MARTIN GRÜLL*

Im Zusammenhang mit der Neuausrichtung des Waldbaus im Landeswald wurden die Bewirtschaftungsgrundsätze der wichtigsten Hauptbaumarten in der Waldbau-Richtlinie 2004 („Grüner Ordner“) zusammengefasst. Die Zuordnung der Hauptbaumarten zu Standorten erfolgte im Grünen Ordner in Form von Ökogrammen, die den anbaueigneten Klima-, Nährkraft- und Feuchtebereich stark komprimiert darstellen.

Diese Darstellungsform wurde bewusst auch für die nachfolgenden Tabellen gewählt, um die Einpassung der verschiedenen Eichen-Bestandeszieltypen in das in Brandenburg vorkommende Standortsspektrum zu veranschaulichen. Die Trennung in drei Tabellen 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3 folgt der forstlichen Regionalgliederung Brandenburgs in drei Klimastufen Tiefland trocken (Tt), Tiefland mäßig trocken (Tm) und Tiefland feucht (Tf).

Die Klimafeuchte, vor allem das langjährige Jahresmittel der Niederschläge, ist für die natürliche Verbreitung der Trauben-Eiche auf terrestrischen, grundwasserfernen Standorten in Brandenburg bestimmender als die Nährkraft. Auch für die Stiel-Eiche ist die Nährkraft von geringerer Bedeutung; ihre standörtliche Verbreitung wird jedoch stark von der Substrat- bzw. Bodenfeuchte beeinflusst. Wegen dieser Bindung an Grund- oder Stauwasserstandorte treten von der Stiel-Eiche geprägte natürliche Schlusswaldgesellschaften, unabhängig vom Regionalklima, in allen drei Klimastufen auf.

Von der Trauben-Eiche dominierte natürliche Schlusswaldgesellschaften treten regional bedeutsam nur in Klimastufe Tt auf! In Klimastufe Tf tritt die Rot-Buche auf vergleichbaren, terrestrischen Standorten im Hauptwaldstadium konkurrenzstark in den Vordergrund. Die Klimastufe Tm nimmt eine Übergangsstellung mit deutlicher Rot-Buchen-Dominanz in der Schlusswaldgesellschaft, aber noch hohem Trauben-Eichenanteil im Zwischenwald- und frühen Hauptwaldstadium ein.

Beachtenswert sind die für Brandenburg prognostizierten, unterschiedlichen Klimafolgenszenarien, die eine Flächenausweitung der Klimastufe Tt zu Lasten der Klimastufe Tm sehr wahrscheinlich werden lassen. Im Ergebnis dieser an sich negativen Entwicklung ist langfristig eine Vergrößerung des Trauben-Eichen-Areals in Brandenburg zu erwarten.

Eichen-Bestandesziele können in die natürliche Waldentwicklungsdynamik der derzeit in Brandenburg noch großflächig vorherrschenden Kiefern-Bestände (Vorwaldstadium) sehr gut eingepasst werden. Auf derzeit mit Kiefer bestockten, potenziell natürlichen Rot-Buchenstandorten kommt der Trauben-Eiche als Leitbaumart des Zwischenwaldstadiums eine nicht nur waldbölogisch, sondern auch wirtschaftlich interessante Schlüsselfunktion zu (Von der Kiefer über die Eiche zur Buche!).

Durch die stetige Waldentwicklungsdynamik in Richtung Rot-Buche erhöht sich in den Klimastufen Tm und Tf mit zunehmender Nährkraftstufe jedoch der waldbauliche Steuerungsaufwand zur Verwirklichung langfristig ausgerichteter Eichen-Produktionsziele. Die waldbauliche Entscheidung für ein Eichen-Bestandesziel im natürlichen Verbreitungsgebiet der Rot-Buche sollte daher in Abhängigkeit vom aktuell vorliegenden Waldentwicklungsstadium und dem über den Standort bestimmbareren Klimaxstadium wohl überlegt werden.

Die Überarbeitung der Bestandeszieltypen und deren Zuordnung zu anbaueigneten Standorten erfolgte für alle Hauptbaumarten nach den Kategorien grundsätzlich standortsgerecht, vorrangig wirtschaftszielorientiert, möglichst naturnah. Durch das Primat der Standortsgerechtigkeit kann im Regelfall auch der Interessenkonflikt zwischen Naturnähe- und Wirtschaftszielorientierung entschärft werden. Der aus heutiger Sicht als waldbauliche Fehlentwicklung beurteilten, nadelholzorientierten Höchstertragskonzeption der DDR-Forstwirtschaft, aber auch der Anfang der 1990er Jahre einsetzenden, laubholzorientierten Waldumbau-Euphorie wird daher konsequent das bereits in den 50er Jahren entworfene, nach wie vor gültige Leitbild der standortsgerechten Forstwirtschaft entgegengestellt.

Im Zeitraum 1990–2005 wurden von der Standortserkundung im Rahmen von Wiederholungskartierungen deutliche Veränderungen von (grund)wasserbeeinflussten Standorten festgestellt, die zu einer Neubewertung der Grund- und Stauwasserformen führten. Die Bildung neuer bzw. verfeinerter Stamm-Feuchtestufen hat maßgebliche Bedeutung für die standörtliche Trennung von Trauben-Eiche und Stiel-Eiche bzw. für die Standortseignung von Bestandeszieltypen mit führender oder beigemischter Trauben- oder Stiel-Eiche. Die in den Ökogrammen

(Tabelle 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3) verwendeten, teilweise neuen Kurzzeichen der Stamm-Feuchte- und Stamm-Nährkraftstufen können mit Hilfe der Tabelle 4.1.4 in die entsprechenden Bezeichnungen der Stamm-Standortsgruppen (Standortseinheiten) „übersetzt“ werden.

Gerade bei den beiden heimischen Eichenarten Trauben- und Stiel-Eiche, deren derzeitiger Baumartenanteil im Gesamtwald Brandenburgs von < 4 % im markanten Gegensatz zum potenziell natürlichen Flächenanteil eichendominierter Waldgesellschaften von > 45 % steht, stellt sich bei der Entscheidung für ein langfristiges Bestandesziel die Kernfrage nach dem „ökonomischen“ (wirtschaftszielorientierten) oder dem „ökologischen“ (biologisch-meliorativen, ökosystemstabilisierenden) Waldumbau. Um hierfür eine Entscheidungshilfe zu geben, wird in den Ökogrammen (Tabelle 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3) der jeweilige Stellenwert der Eiche durch die Zusatz-Kennzeichnung als bestandeszielbestimmende Hauptbaumart (Fettdruck) oder als nachgeordnete Mischbaumart (Normaldruck) zu einer leistungsstärkeren (z. B. Kiefer) oder naturnäheren (z. B. Rot-Buche) Hauptbaumart gekennzeichnet. Bestimmte Standortseinheiten, denen BZT mit Eiche als Hauptbaumart, aber auch als Mischbaumart zugeordnet sind (z. B. M2f mit **TEI**-RBU und **RBU**-TEI),

verdeutlichen den waldbaulichen Steuerungsaufwand zu Gunsten der Eiche gegen die Konkurrenzstärke einer anderen Baumart.

Da einige Standortseinheiten (Stamm-Standortsgruppen) – insbesondere die M2-Standorte – ein breites Standortformenspektrum umfassen, sollten vor der Entscheidung für ein bestimmtes Eichen-Bestandesziel nach Möglichkeit zusätzliche standortkundliche Detailinformationen genutzt werden. Die in der Standortskarte in der sog. Feinbodenform (Lokalbodenform) enthaltenen Informationen zu Boden- und Substrattyp, Ton-/Schluffgehalt im Ober- und Unterboden sowie Vorkommen und Tiefe von Kalziumkarbonat sind für die Entscheidungsfindung, gerade beim kostenintensiven Waldumbau mit Eiche, eine große Hilfe.

Auch die wichtige Frage nach sog. Grenzstandorten für die aktive Eicheneinbringung lässt sich nicht ausschließlich und absolut über die Stamm-Standortsgruppe beantworten! Ob ein Z2-Standort nur für den extensiven „ökologischen“ Waldumbau mit Trauben-Eiche geeignet ist oder evtl. eine langfristige wirtschaftliche Zielerwartung besteht, kann mit Hilfe der Standortskarte (Feinbodenform, Grund-/Stauwasserform, Humusform) im Regelfall schnell und eindeutig beurteilt werden.

Tab. 4.1.1: Eichen-Bestandeszieltypen-Ökogramm für die Klimastufe Tt (trockenes Tieflandsklima) Hauptbaumart in Fettdruck; Mischbaumart in Normaldruck

Stamm-Feuchte-stufe	Stamm-Nährkraftstufe							
	Reich	Kräftig	Mittel +	Mittel	Ziemlich arm +	Ziemlich arm	Arm +	Arm
Ü...0								
Ü...1	RER-EDL mit SEI	RER-EDL mit SEI						
Ü...2	SEI-EDL/ SEI-RER/ SEI-WLI-HBU/ EDL-SEI	SEI-EDL SEI-WLI-HBU/ SEI-RER/ EDL-SEI		SEI-RER/ SEI-WLI-HBU				
O...2								
O...3	EDL-SEI	EDL-SEI		RER-MBI mit SEI		MBI-GKI mit SEI		
O...3 ü								
O...4	EDL-SEI	EDL-SEI		SEI-RER, BI, RBU, WLI-HBU		SEI-RBU, BI		
O...4 w	EDL-SEI	EDL-SEI		SEI-RER, BI, WLI-HBU		SEI-BI		
O...4 ü	EDL-SEI	EDL-SEI		SEI-RER, BI, WLI-HBU		SEI-BI		
N...0								
N...1	EDL-SEI	EDL-SEI		SEI-BI/ SEI-RER		SEI-BI		GKI-SEI
N...2	SEI-EDL/ SEI-RER/ EDL-SEI	SEI-EDL/ SEI-RER/ SEI-WLI-HBU/ EDL-SEI		SEI-WLI-HBU, RER, BI		SEI-BI		GKI-SEI
N...3	SEI-EDL/ EDL-SEI/ RBU-SEI	SEI-RBU/ SEI-EDL/ SEI-WLI-HBU/ RBU-SEI		SEI-RBU/ SEI-WLI-HBU/ RBU-SEI		SEI-BI/ GKI-SEI		GKI-SEI

Fortsetzung Tab. 4.1.1: Eichen-Bestandeszieltypen-Ökogramm für die Klimastufe Tt

Stamm-Feuchte-stufe	Stamm-Nährkraftstufe							
	Reich	Kräftig	Mittel +	Mittel	Ziemlich arm +	Ziemlich arm	Arm +	Arm
N...1 w	SEI-EDL/ SEI-RER/ EDL-SEI	SEI-EDL/ SEI-RER/ EDL-SEI		SEI-RER, BI		SEI-BI		
N...2 w	SEI-EDL/ SEI-RER/ EDL-SEI	SEI-EDL/ SEI-WLI-HBU/ SEI-RER/ EDL-SEI		SEI-WLI-HBU, RER, BI		SEI-BI		
T...1 w	SEI-EDL/ SEI-RBU/ EDL-SEI/ RBU-SEI	SEI-RBU/ SEI-EDL/ SEI-WLI-HBU/ TEI-RBU/ TEI-WLI-HBU/ TEI-EDL/ RBU-SEI		TEI-RBU/ TEI-WLI-HBU/ SEI-RBU/ SEI-WLI-HBU		SEI-BI/ GKI-SEI		
(T)...1	EDL-SEI/ TEI-WLI-HBU/ TEI-EDL	TEI-RBU/ TEI-WLI-HBU/ TEI-EDL		TEI-RBU/ TEI-WLI-HBU/		TEI-GKI GKI-TEI		
(T)...2 g	TEI-WLI-HBU/ TEI-EDL	TEI-WLI-HBU/ TEI-RBU		TEI/ TEI-GKI/ TEI-WLI-HBU/ GKI-TEI		GKI-TEI		
(T)...2	TEI-WLI-HBU/ TEI-EDL	TEI-WLI-HBU/ TEI-RBU	TEI/ TEI-WLI-HBU	TEI/ TEI-GKI/ TEI-WLI-HBU/ GKI-TEI	TEI/ TEI-GKI/ GKI-TEI	GKI-TEI		
(T)...3	TEI/ TEI-WLI-HBU/ TEI-EDL	TEI/ TEI-WLI-HBU		TEI/ TEI-GKI/ GKI-TEI		GKI-TEI		

Erläuterungen: Die einer Standortseinheit (Stamm-Standortsgruppe) zugeordneten, möglichen Bestandeszieltypen sind durch Schrägstrich voneinander getrennt.

Die einer fettgedruckten Hauptbaumart nachgestellten Baumarten in Normaldruck, die durch Komma voneinander getrennt sind, stellen mögliche Mischbaumarten dar, d. h. die Hauptbaumart kann mit jeder aufgezählten Mischbaumart einen eigenständigen Typ bilden.

Tab. 4.1.2: Eichen-Bestandeszieltypen-Ökogramm für die Klimastufe Tm (mäßig trockenes Tieflandsklima)

Stamm-Feuchte-stufe	Stamm-Nährkraftstufe							
	Reich	Kräftig	Mittel +	Mittel	Ziemlich arm +	Ziemlich arm	Arm +	Arm
Ü...0								
Ü...1	RER-EDL mit SEI	RER-EDL mit SEI						
Ü...2	SEI-EDL/ SEI-RER/ SEI-WLI-HBU/ EDL-SEI	SEI-EDL/ SEI-WLI-HBU/ SEI-RER/ EDL-SEI		SEI-RER/ SEI-WLI-HBU/				
O...2								
O...3	EDL-SEI	EDL-SEI		RER-MBI mit SEI		MBI-GKI mit SEI		
O...3 ü								
O...4	EDL-SEI	EDL-SEI		SEI-RER, BI, RBU, WLI-HBU		SEI-RBU/ SEI-BI		
O...4 w	EDL-SEI	EDL-SEI		SEI-RER, BI, WLI-HBU		SEI-BI		

Fortsetzung Tab. 4.1.2: Eichen-Bestandeszieltypen-Ökogramm für die Klimastufe Tm

Stamm- Feuchte- stufe	Stamm-Nährkraftstufe							
	Reich	Kräftig	Mittel +	Mittel	Ziemlich arm +	Ziemlich arm	Arm +	Arm
O...4 ü	EDL-SEI	EDL-SEI		SEI-RER, BI, WLI-HBU		SEI-BI		
N...0								
N...1	EDL-SEI	EDL-SEI		SEI-RER/ SEI-BI		SEI-BI		SEI-BI/ GKI-SEI
N...2	SEI-EDL/ SEI-RER/ EDL-SEI	SEI-EDL/ SEI-RER/ SEI-WLI-HBU/ EDL-SEI		SEI-WLI-HBU, RBU, RER, BI		SEI-RBU/ SEI-BI		SEI-BI/ GKI-SEI
N...3	EDL-SEI/ RBU-SEI	RBU-SEI		SEI-RBU/ RBU-SEI		SEI-RBU/ SEI-BI/ RBU-SEI/ GKI-SEI		GKI-SEI
N...1 w	SEI-EDL/ SEI-RER/ EDL-SEI	SEI-EDL/ SEI-RER/ EDL-SEI		SEI-RER/ SEI-BI		SEI-BI		
N...2 w	SEI-EDL/ SEI-RER/ EDL-SEI	SEI-EDL/ SEI-WLI-HBU/ SEI-RER/ EDL-SEI		SEI-WLI-HBU/ RER, BI		SEI-BI		
T...1 w	SEI-EDL/ SEI-RBU/ EDL-SEI/ RBU-SEI	SEI-RBU/ SEI-EDL/ SEI-WLI-HBU/ RBU-SEI		SEI-RBU/ SEI-WLI-HBU/ RBU-SEI		SEI-RBU/ SEI-BI/ GKI-SEI		
(T)...1	RBU-SEI/ EDL-SEI	RBU-SEI		TEI-RBU/ TEI-WLI-HBU/ RBU-TEI/ RBU-SEI		TEI/ TEI-RBU/ TEI-GKI/ GKI-TEI/ GKI-SEI		
(T)...2 g		TEI-RBU/ TEI-WLI-HBU/ RBU-TEI		TEI-RBU/ TEI-WLI-HBU/ TEI-GKI/ RBU-TEI/ GKI-TEI		GKI-TEI		
(T)...2		TEI-RBU/ TEI-WLI-HBU/ RBU-TEI	TEI-RBU/ TEI-WLI-HBU/ RBU-TEI	TEI-RBU/ TEI-WLI-HBU/ TEI-GKI/ RBU-TEI/ GKI-TEI	TEI-RBU/ TEI-GKI/ RBU-TEI/ GKI-TEI	GKI-TEI		
(T)...3	TEI-RBU/ TEI-WLI-HBU/ TEI-EDL/ RBU-TEI	TEI-RBU/ TEI-WLI-HBU/ RBU-TEI		TEI/ TEI-RBU/ TEI-GKI/ GKI-TEI		GKI-TEI		

Erläuterungen: Die einer Standortseinheit (Stamm-Standortsgruppe) zugeordneten, möglichen Bestandeszieltypen sind durch Schrägstrich voneinander getrennt.

Die einer fettgedruckten Hauptbaumart nachgestellten Baumarten in Normaldruck, die durch Komma voneinander getrennt sind, stellen mögliche Mischbaumarten dar, d.h. die Hauptbaumart kann mit jeder aufgezählten Mischbaumart einen eigenständigen Typ bilden.

Tab. 4.1.3: Eichen-Bestandeszieltypen-Ökogramm für die Klimastufe Tf (feuchtes Tieflandsklima)

Stamm-Feuchte-stufe	Stamm-Nährkraftstufe							
	Reich	Kräftig	Mittel +	Mittel	Ziemlich arm +	Ziemlich arm	Arm +	Arm
Ü... 0								
Ü... 1	RER-EDL mit SEI	RER-EDL mit SEI						
Ü... 2	SEI-EDL/ SEI-RER/ SEI-WLI-HBU/ EDL-SEI	SEI-EDL/ SEI-WLI-HBU/ SEI-RER/ EDL-SEI		SEI-RER/ SEI-WLI-HBU				
O... 2								
O... 3	EDL-SEI	EDL-SEI		RER-MBI mit SEI		MBI-GKI mit SEI		
O... 3 ü								
O... 4	EDL-SEI	EDL-SEI		SEI-RER, BI, RBU, WLI-HBU		SEI-RBU/ SEI-BI		
O... 4 w	EDL-SEI	EDL-SEI		SEI-RER, BI, WLI-HBU		SEI-BI		
O... 4 ü	EDL-SEI	EDL-SEI		SEI-RER, BI, WLI-HBU		SEI-BI		
N... 0								
N... 1	EDL-SEI	EDL-SEI		SEI-RER/ SEI-BI		SEI-BI		SEI-BI/ GKI-SEI
N... 2	SEI-EDL/ SEI-RER/ EDL-SEI	SEI-EDL/ SEI-RER/ SEI-WLI-HBU, RBU/ EDL-SEI		SEI-WLI-HBU, RBU, RER, BI		SEI-RBU/ SEI-BI		SEI-BI/ GKI-SEI
N... 3	EDL-SEI/ RBU-SEI	RBU-SEI		SEI-RBU/ RBU-SEI		SEI-RBU/ SEI-BI/ RBU-SEI		GKI-SEI
N... 1 w	SEI-EDL/ SEI-RER/ EDL-SEI	SEI-EDL/ SEI-RER/ EDL-SEI		SEI-RER/ SEI-BI		SEI-BI		
N... 2 w	SEI-EDL/ SEI-RER/ EDL-SEI	SEI-EDL/ SEI-WLI-HBU/ SEI-RER/ EDL-SEI		SEI-WLI-HBU, RER, BI		SEI-BI		
T... 1 w	SEI-EDL/ EDL-SEI/ RBU-SEI	SEI-RBU/ SEI-EDL/ SEI-WLI-HBU/ RBU-SEI		SEI-RBU/ SEI-WLI-HBU/ RBU-SEI		SEI-RBU/ SEI-BI/ RBU-SEI		
(T)... 1	RBU-SEI/ EDL-SEI	RBU-SEI		TEI-RBU/ RBU-TEI/ RBU-SEI		TEI-RBU/ TEI-GKI/ RBU-TEI/ GKI-TEI, GKI-SEI		
(T)... 2 g	RBU-SEI	RBU-SEI		TEI-RBU/ RBU-TEI		GKI-TEI		
(T)... 2	RBU-SEI	RBU-SEI	TEI-RBU/ RBU-TEI	TEI-RBU/ RBU-TEI	TEI-RBU/ TEI-GKI/ RBU-TEI/ GKI-TEI	GKI-TEI		
(T)... 3	TEI-RBU/ TEI-EDL/ RBU-TEI	TEI-RBU/ RBU-TEI		TEI/ TEI-RBU/ TEI-GKI/ GKI-TEI		GKI-TEI		

Erläuterungen: Die einer Standortseinheit (Stamm-Standortsgruppe) zugeordneten, möglichen Bestandeszieltypen sind durch Schrägstrich voneinander getrennt.

Fortsetzung Tab. 4.1.3: Erläuterungen

Die einer fettgedruckten Hauptbaumart nachgestellten Baumarten in Normaldruck, die durch Komma voneinander getrennt sind, stellen mögliche Mischbaumarten dar, d. h. die Hauptbaumart kann mit jeder aufgezählten Mischbaumart einen eigenständigen Typ bilden.

Tab. 4.1.4: Übersicht der Stamm-Standortsformengruppen (Neufassung der Standortserkundungsanleitung 2005)

Stamm-Feuchtestufe		Stamm-Nährkraftstufe							
Bezeichnung	Kurzzeichen	Reich R	Kräftig K	Mäßig nährstoffhaltig M	Ziemlich arm Z	Arm A			
(T) ... → Terrestrische Standorte									
trocken	T...3	R3	K3		M3		Z3		A3
mittelfrisch (grundwasserfern)	T...2	R2	K2	M2+	M2	Z2+	Z2	A2+	A2
mittelfrisch (grundwasserbeeinflusst)	T...2g	R2g	K2g		M2g		Z2g		A2g
frisch	T...1	R1	K1		M1		Z1		A1
(T) ... w → Terrestrische Standorte mit Wechselfrische									
wechselfrisch	T...1w	R1w	K1w		M1w		Z1w		
N ... w → Mineralische Nassstandorte mit stark wechselnden Wasserständen									
wechselfeucht	N...2w	NR2w	NK2w		NM2w		NZ2w		NA2w
wechsellass	N...1w	NR1w	NK1w		NM1w		NZ1w		NA1w
N ... → Mineralische Nassstandorte									
dauerfrisch	N...3	NR3	NK3		NM3		NZ3		NA3
dauerfeucht	N...2	NR2	NK2		NM2		NZ2		NA2
dauernass	N...1	NR1	NK1		NM1		NZ1		NA1
dauersumpfig	N...0	NR0	NK0		NM0		NZ0		NA0
O ... → Organische Nassstandorte									
wechselfeuchte	Trockenbrücher	O...4w	OR4w	OK4w		OM4w		OZ4w	OA4w
überflutungsfeuchte		O...4ü	OR4ü	OK4ü		OM4ü		OZ4ü	OA4ü
dauerfeuchte		O...4	OR4	OK4		OM4		OZ4	OA4
überflutungsnasse Brücher		O...3ü	OR3ü	OK3ü		OM3ü		OZ3ü	OA3ü
dauernasse Brücher	O...3	OR3	OK3		OM3		OZ3		OA3
Sümpfe	O...2		OK2		OM2		OZ2		OA2
Offensümpfe	O...1		OK1		OM1				OA1
Ü ... → Überflutungsstandorte (Auenstandorte)									
überflutungsfeucht	Ü...2	ÜR2	ÜK2		ÜM2				
überflutungsnass	Ü...1	ÜR1	ÜK1		ÜM1				
überflutungssumpfig	Ü...0	ÜR0	ÜK0		ÜM0				

Erläuterung: Zusatz zur Nährkraftstufe ... + = ... mit reichem Untergrund

4.2 Wachstum und Entwicklung vorangebauter Trauben-Eichen in Kiefernbeständen des Nordostdeutschen Tieflandes

MATTHIAS NOACK

4.2.1 Einleitung

Ökologischer Waldumbau und rationelle Forstwirtschaft im Nordostdeutschen Tiefland verlangen fundierte wissenschaftliche Erkenntnisse zum standortsdifferenzierten Wachstum und zur Entwicklung der Trauben-Eiche. Im Gegensatz zum sehr gut untersuchten Buchenunterbau als waldbauliche Pflegemaßnahme nimmt der Eichenvoranbau in Kiefernbeständen des Nordostdeutschen Diluviums noch heute eine Sonderstellung ein. Seit der Mitte des 19. Jahrhunderts als ausgesprochene Verjüngungsmaßnahme mit wirtschaftlichem Schwergewicht auf dem Folgebestand bekannt, wurde der Voranbau jedoch nur in einer mit dem Unterbau nicht vergleichbaren, überdies wechselnden Intensität untersucht und im Wald praktiziert. So fehlten bislang exakte Informationen über die Zusammenhänge zwischen Standort, Überschildung und Eichenwachstum im kahlschlagsfreien Voranbauverfahren unter schirmartig aufgelichteten Kiefernbeständen.

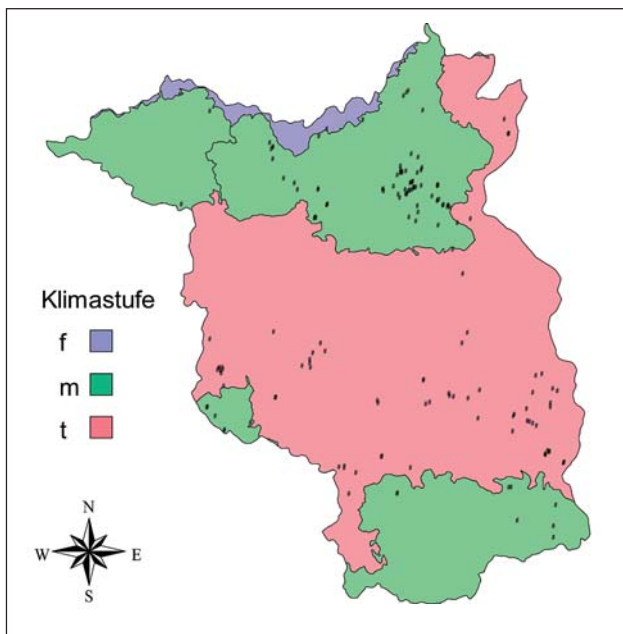


Abb. 4.2.1: Probeflächenverteilung im Land Brandenburg mit Darstellung der Klimastufen

Um zur Optimierung der ökologischen und ökonomischen Leistungsfähigkeit dieses zweischichtigen Verjüngungsverfahrens beizutragen, erfolgte eine waldwachstumskundliche Analyse des Höhen- und Durchmesserwachstums vorangebauter Trauben-Eichen auf boden- und standortkundlicher Grundlage (NOACK, 2005), deren wichtigste Ergebnisse hier vorgestellt werden. Das der Arbeit zugrunde liegende Datenmaterial entstammt 165 Probeflächen im Land Brandenburg (siehe Abbildung 4.2.1) und wurde mit modernen mathematischen Methoden ausgewertet. Untersuchungsgegenstand waren 7 bis 14-jährige Trauben-Eichenkulturen auf den Stamm-Standortsformen *TZ2*, *TM2* und *TK2* im mäßig trockenen [*Tm*] und trockenen Tieflandsklima [*Tt*]. Die Kiefernsterne wiesen Überschildungsprozente \bar{U} von $21 \leq \bar{U} (\%) \leq 92$ auf.

4.2.2 Soziologischer Entwicklungsstand der Voranbaukulturen

In Freiflächenkulturen beginnt gewöhnlich die Herausbildung soziologischer Baumklassen nach KRAFT (1884) zum Ende der Dickungsphase. Die dann fortschreitende Differenzierung in einen herrschenden Hauptbestand und einen beherrschten Nebenbestand äußert sich in den Häufigkeitsverteilungen der Baumhöhen und -durchmesser in Form einer sich immer deutlicher herausbildenden Zweigipfligkeit der Verteilungskurven. Um den Entwicklungsstand der überschilderten Trauben-Eichenverjüngungen zu ermitteln und den Einfluss des Kiefernsterne auf den Differenzierungsfortschritt zu überprüfen, wurden die empirischen Höhen- und Durchmesserverteilungen mit ihren theoretischen Normalverteilungen verglichen.

Dabei konnte nachgewiesen werden, dass die stetigen Eichenmerkmale Höhe H [cm] und Wurzelhalsdurchmesser $d_{0,10}$ [mm] im gesamten untersuchten Altersbereich normalverteilt sind. Die Kurvenverläufe ihrer empirischen Häufigkeitsverteilungen entsprechen somit grundsätzlich eingipfligen GAUSS'schen Glockenkurven.

Für die in Abbildung 4.2.2 dargestellte Höhenverteilung (Alter: 10 Jahre) belegt der χ^2 -Anpassungstest (WEBER, 1961) mit

$$\hat{\chi}^2 = 2,57 < \chi^2_{0,05;5} = 11,1$$

und für die Durchmesserverteilung (Alter: 9 Jahre) mit

$$\hat{\chi}^2 = 1,66 < \chi^2_{0,05;3} = 7,81$$

statistisch sehr gut gesichert, dass sich die empirischen Verteilungen nicht erheblich von ihren theoretischen Normalverteilungen unterscheiden.

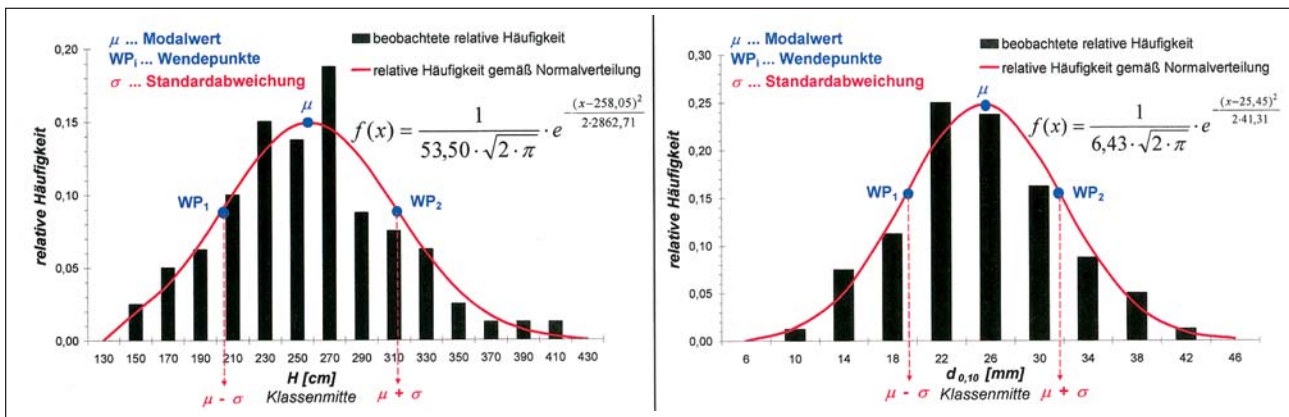


Abb. 4.2.2: Vergleich der empirischen Höhen- und Durchmesserverteilungen mit ihren theoretischen Normalverteilungen

Weil sich die Klassenhäufigkeiten beider Merkmale symmetrisch nur um jeweils einen Modalwert anordnen, kann zuverlässig davon ausgegangen werden, dass der inter- und intraspezifische Konkurrenzkampf um die Standortfaktoren bislang keine wesentliche soziologische Differenzierung bewirkte. Das bedeutet, dass sich die überschirmten Trauben-Eichen noch nicht ansatzweise in Haupt- und Nebenbestand aufgliedern lassen.

Die untersuchten Voranbaubestände befinden sich demzufolge in einem nicht fortgeschrittenen Differenzierungsstadium als vergleichbare altersgleiche Freiflächenkulturen. Eine wesentliche Beschleunigung des natürlichen Ausleseprozesses innerhalb der Eichenkultur durch den Konkurrenzdruck des Kieferschirmes ist somit nicht nachweisbar. Deshalb müssen alle in diesem Entwicklungsstadium stattfindenden Pflegemaßnahmen ausschließlich negativen Auslesecharakter haben und sich auf die Entnahme schädigender Vorwüchse sowie nutzholzuntauglicher Individuen beschränken. Die gegenwärtig noch fehlende Erkennbarkeit des sich entwickelnden Hauptbestandes und seiner besten Zuwachsträger ermöglicht keinen frühzeitigeren Übergang zum positiven Ausleseprinzip.

4.2.3 Eichenwachstum unter Kieferschirm in Abhängigkeit von der Klimastufe

Die Kiefernertragstafel für das Nordostdeutsche Tiefland (LEMBCKE u. a., 1975) weist u. a. wegen klimastufenbedingter Zuwachsunterschiede spezielle Ertragsniveaus aus. Auch unter Kieferschirm heranwachsende Rot-Buchen zeigen im Gegensatz zu den Klimastufen m und f in der Klimastufe t instabile Bonitätsentwicklungen und auf Z-Standorten sogar Bonitätsabsenkungen (DITTMAR & KNAPP, 1988).

Zur Klärung der Frage, ob vorangebaute Trauben-Eichen ebenfalls klimastufenbedingte Wachstumsunterschiede entwickeln, wurden die Mittelhöhen und -durchmesser aller Probestellen nach Stamm-Nährkraftstufen (Faktor A), Klimastufen (Faktor B) und Pflanzenalter (Faktor C) stratifiziert und mehrdimensionalen Varianzanalysen unterzogen.

Die Anwendungsvoraussetzungen für Varianzanalysen lagen vor, weil alle Beobachtungswerte unabhängige, normalverteilte Zufallsvariablen sind, die Stichproben konstante Varianzen aufweisen und zwischen den Faktoren A, B und C Additivität herrscht. Unter Berücksichtigung der Freiheitsgrade m_i , der Irrtumswahrscheinlichkeit α und den folgenden statistischen Schlussweisen

$$f_A = 50,04 > F_{2,37; 0,001} = 8,41 \rightarrow H_A \text{ ablehnen (+++)}$$

$$f_B = 3,79 < F_{1,37; 0,05} = 4,11 \rightarrow H_B \text{ annehmen (-)}$$

$$f_C = 10,99 > F_{7,37; 0,001} = 4,55 \rightarrow H_C \text{ ablehnen (+++)}$$

kann statistisch gesichert davon ausgegangen werden, dass im Gegensatz zu Bodennährkraft und Pflanzenalter die Höhenentwicklung vorangebauter Trauben-Eichen nicht von den Klimastufen beeinflusst wird. Zu den gleichen Ergebnissen führte die Varianzanalyse der Wurzelhalsdurchmesser $d_{0,10}$ [mm]:

$$f_A = 21,53 > F_{2,37; 0,001} = 8,41 \rightarrow H_A \text{ ablehnen (+++)}$$

$$f_B = 0,26 < F_{1,37; 0,05} = 4,11 \rightarrow H_B \text{ annehmen (-)}$$

$$f_C = 11,53 > F_{7,37; 0,001} = 4,55 \rightarrow H_C \text{ ablehnen (+++)}.$$

Weil somit die Witterungsunterschiede der Klimastufen m und t das Höhen- und Durchmesserwachstum unter Kieferschirm heranwachsender Eichenjungwüchse nicht signifikant beeinflussen, darf das Wachstum vorangebauter Trauben-Eichen im Nordostdeutschen Tiefland mindestens bis zum Eintritt in die Dickungsphase statistisch gut gesichert unabhängig von den genannten Klimastufen betrachtet werden. Diese Erkenntnis begründet keine Handlungsunterschiede für den Eichen-voranbau. Für die Gestaltung des Kieferschirmes hinsichtlich Überschirmungsprozent und Schirmdauer sind die klimastufenbedingten Witterungsunterschiede nicht relevant.

Einerseits lässt sich das klimastufenunabhängige Eichenwachstum wegen der nur geringfügigen Temperatur- und Niederschlagsdifferenzen zwischen den Klimastufen während der letzten Vegetationsperioden nachvollziehen (siehe NOACK, 2005). Andererseits können die ausbleibenden Wachstumsunterschiede auch durch die beträchtlichen Interzeptionsverluste des Kieferschirmes

hervorgerufen werden. JENSSEN (in ANDERS u. a., 2002) quantifizierte die unproduktive Verdunstung nordostdeutscher Kiefernbestände mit im Jahresmittel 290 l/m² Kronenschirmfläche. Weil somit fast 50 % der Jahresniederschlagsmenge bereits durch das Kronendach abgefangen werden, erscheinen die Homogenisierung der geringfügigen Niederschlagsunterschiede im Bestandesinneren und in der Folge die nicht gefundenen Wachstumsdifferenzen zwischen den Klimastufen auch plausibel.

4.2.4 Eichenwachstum unter Kieferschirm in Abhängigkeit von Standort und Überschirmungsprozent

Der Einfluss des Kieferschirmes auf das Höhen- und Durchmesserwachstum vorangebauter Trauben-Eichen wurde mit Hilfe zweifaktorieller Varianzanalysen (RASCH u. a., 1978) untersucht. Getrennt nach Stamm-Nährkraftstufen erfüllen die nach Überschirmungsprozent (Faktor A) und Pflanzenalter (Faktor B) klassifizierten Beobachtungsdaten alle Verfahrensvoraussetzungen; sie sind mit konstanten Varianzen normalverteilt und wirken additiv.

Die in Tabelle 4.2.1 zusammengefassten Analyseergebnisse bestätigen für die Stamm-Nährkraftstufen M und K, dass sowohl das Überschirmungsprozent des Kieferschirmes als auch das Eichenalter signifikant die Höhen- und Durchmesserleistung der unterständigen Trauben-Eichen beeinflussen. Allein für das Höhenwachstum auf Z-Standorten lässt sich weder ein gesicherter Einfluss des Kieferschirmes noch des Pflanzenalters nachweisen. Hingegen hängt das Durchmesserwachstum der vorangebauten Trauben-Eichen auf diesem Standort statistisch gesichert von beiden Faktoren ab.

Nach der Klärung der grundsätzlichen Zusammenhänge zwischen dem Wachstum vorangebauter Trauben-Eichen und den wichtigsten Einflussfaktoren mit Hilfe

mehrdimensionaler Varianzanalysen, bestätigten einfache Varianzanalysen als Linearitätstests (WEBER, 1961), dass zur Beschreibung der funktionalen Abhängigkeiten zwischen den Eichen-Wachstumsgrößen und dem Kiefern-Überschirmungsprozent \bar{U} [%] einerseits sowie dem Eichenalter A [a] andererseits jeweils Linearität angenommen werden darf.

Auf Grundlage der statistischen Schlussweisen für die Pflanzenhöhe: $f = 0,11 < F_{0,05; 12,6} = 4,00 (+)$ sowie den Wurzelhalsdurchmesser: $f = 0,20 < F_{0,05; 12,6} = 4,00 (+)$

und der vergleichsweisen Berechnung nichtlinearer Regressionsmodelle lassen sich die stochastischen Zusammenhänge zwischen dem Pflanzenalter und beiden Wachstumsgrößen im Altersbereich 7 bis 14 Jahre am besten mit Hilfe linearer Regressionen mathematisch beschreiben. Zum gleichen Ergebnis führten die Linearitätsuntersuchungen der Beziehungsgefüge zwischen dem Überschirmungsprozent und der

Pflanzenhöhe: $f = 0,05 < F_{0,05; 15,6} = 3,94 (+)$ bzw. dem Wurzelhalsdurchmesser: $f = 0,13 < F_{0,05; 15,6} = 3,94 (+)$.

Bei Vernachlässigung des Pflanzenalters verdeutlichen die in Abbildung 4.2.3 dargestellten einfach linearen Ausgleichsfunktionen der arithmetischen Mittelhöhen und -durchmesser sehr anschaulich die Wirkungsrichtung des Eichenwachstums bei ansteigenden Überschirmungsprozenten sowie das standortsspezifische Leistungsniveau der Wachstumsgrößen.

Die bereits okular erkennbare und auf unterschiedliche Nährkraftverhältnisse zurückzuführende Verschiedenheit der das Höhen- und Durchmesserwachstum beschreibenden Regressionsgeraden wird durch Signifikanztests nach STORM (2001) fundiert. Die Standortsgüte beeinflusst demzufolge das Trauben-Eichenwachstum unter Kieferschirm sehr entscheidend und statistisch gut gesichert (++) . Dabei sind auf Nährkraftabnahme zurückzuführende

Tab. 4.2.1: Statistische Schlussweisen der zweifaktoriellen Varianzanalysen zum Höhen- und Durchmesserwachstum vorangebauter Trauben-Eichen unter Kieferschirm; nach Stamm-Nährkraftstufen

Merkmal Standort	$f_{\text{empirisch}}$	$F_{m_1, m_2; \alpha}$	Signifikanzurteil
H	$f_A = 17,95$	$> F_{2,10; 0,001}$	Einfluss signifikant +++
K	$f_B = 15,38$	$> F_{5,10; 0,001}$	Einfluss signifikant +++
H	$f_A = 5,57$	$> F_{2,14; 0,05}$	Einfluss signifikant +
M	$f_B = 3,62$	$> F_{7,14; 0,05}$	Einfluss signifikant +
H	$f_A = 0,73$	$< F_{2,10; 0,05}$	Einfluss nicht signifikant –
Z	$f_B = 1,53$	$< F_{5,10; 0,05}$	Einfluss nicht signifikant –
$d_{0,10}$	$f_A = 6,73$	$> F_{2,10; 0,05}$	Einfluss signifikant +
K	$f_B = 17,50$	$> F_{5,10; 0,001}$	Einfluss signifikant +++
$d_{0,10}$	$f_A = 17,45$	$> F_{2,14; 0,001}$	Einfluss signifikant +++
M	$f_B = 6,26$	$> F_{7,14; 0,001}$	Einfluss signifikant ++
$d_{0,10}$	$f_A = 4,98$	$> F_{2,10; 0,05}$	Einfluss signifikant +
Z	$f_B = 5,89$	$> F_{5,10; 0,001}$	Einfluss signifikant ++

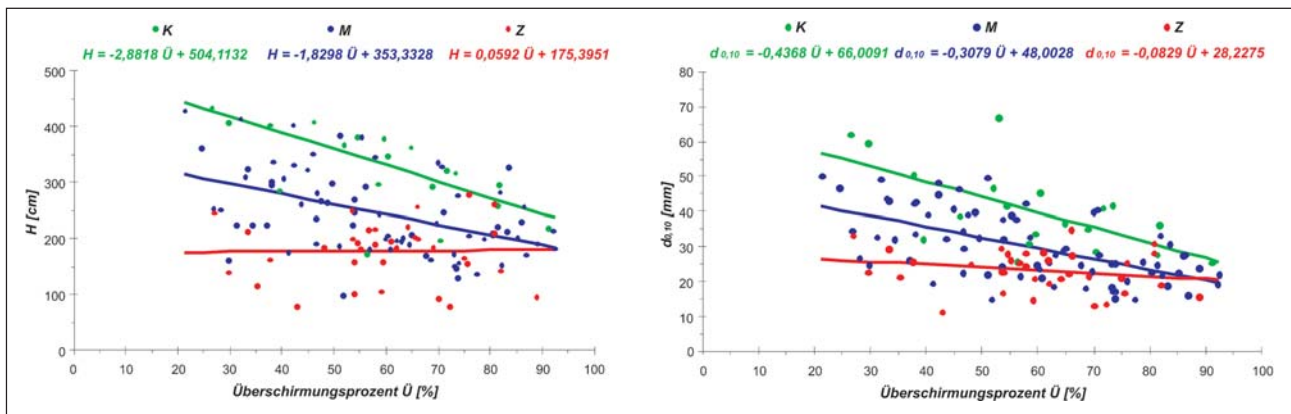


Abb. 4.2.3: Arithmetische Mittelhöhen [cm] und Mitteldurchmesser [mm] in Abhängigkeit vom Überschirmungsprozent; differenziert nach Stamm-Nährkraftstufen mit linearen Regressionsfunktionen

Zuwachsverluste bei geringen Überschirmungsprozenten am stärksten ausgeprägt. Mit zunehmendem Überschirmungsprozent verringern sich diese standortsbedingten Differenzen kontinuierlich. Bewirken zunehmende Überschirmungsprozente auf *M*- und *K*-Standorten noch eine deutliche Abnahme der Höhen- und Durchmesserleistung, so verläuft die Entwicklungslinie beider Wachstumsgrößen auf *Z*-Standorten annähernd parallel zur Abszissenachse. Demzufolge kann durch die Regulierung der Kieferschirmdichte auf *Z*-Standorten das Eichenwachstum nicht mehr mit der den *M*- und *K*-Standorten typischen Wirksamkeit beeinflusst werden.

Eine Präzisierung dieser einfaktoriellen Betrachtungsweise stellt die gleichzeitige Berücksichtigung des Eichenalters (*A*) sowie des Kiefern-Überschirmungsprozentes (\bar{U}) bei der Regressionsanalyse dar. Sie gestattet die Konstruktion dreidimensionaler Wirkungsflächen, um das mittlere Durchmesser- und Höhenwachstum vorgebauter Trauben-Eichen im Nordostdeutschen Tiefland detailliert und wahrheitsgetreu abbilden zu können. Die Termini der nach der Methode der kleinsten Quadrate konstruierten zweifach linearen Regressionsfunktionen sind in Tabelle 4.2.2 genannt und ihre Wirkungsflächen in Abbildung 4.2.4 grafisch dargestellt. Sie beziehen sich auf die Definitionsbereiche

- 7 ≤ Eichenalter *A* [a] ≤ 14 und
- 20 ≤ Kiefern-Überschirmungsprozent \bar{U} [%] ≤ 90.

Die Signifikanzprüfungen ihrer Multiplen Bestimmtheitsmaße $B^*_{y,x}$ (RASCH, 1973) mit Hilfe von F-Tests ergaben, dass bis auf Gleichung 1.3 alle Funktionen gesicherte Abhängigkeiten zwischen dem Eichenwachstum und dem Faktorenkomplex aus Alter und Überschirmungsprozent beschreiben. Nur das Höhenwachstum von Eichen auf *Z*-Standorten wird nicht wesentlich von den genannten Faktoren beeinflusst. Die Ergebnisse der zweifachen Varianzanalyse (Tabelle 4.2.1) und der einfaktoriellen Regressionsanalyse (Abbildung 4.2.3) werden somit bestätigt.

Im Zusammenhang mit den Regressionskoeffizienten b_1 und b_2 aus Tabelle 4.2.2 zeigen die dreidimensionalen Nomogramme an, dass die Höhen- wie auch die Durchmesserentwicklung mit dem Pflanzenalter *A* standortunabhängig in einem positiv linearen Verhältnis stehen. Altersfortschritt bewirkt somit eine gleichmäßige Zunahme beider Wachstumsgrößen. Die Abhängigkeit des Eichenwachstums vom Kiefern-Überschirmungsprozent \bar{U} hat hingegen einen negativ linearen Charakter. Das heißt, ansteigende Überschirmungsprozente führen zu einer kontinuierlichen Reduzierung des Höhen- und Durchmesserwachstums.

Aus den Regressionsfunktionen ergibt sich weiterhin, dass bei Alterskonstanz jede Erhöhung des Überschirmungsprozentes um 10 % zu standortsdifferenzierten Höhenzuwachsverlusten von 17,9 cm (*K*), 17,7 cm (*M*) und 0,7 cm (*Z*) sowie Durchmesserzuwachsverluste von 2,6 mm (*K*), 3,0 mm (*M*) und 1,1 mm (*Z*) führt. Ein jährlicher Altersfortschritt ist bei konstantem Überschirmungs-

Tab. 4.2.2: Zweifach lineare Regressionsfunktionen mit Mehrfachen Bestimmtheitsmaßen $B^*_{y,x}$

		$y = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2$	$B^*_{y,x}$	Signifikanz
1. Höhe <i>H</i> [cm]				
1.1	<i>K</i>	$H = 135,9726 + 28,4325 \cdot A - 1,7939 \cdot \bar{U}$	0,55	++
1.2	<i>M</i>	$H = 160,5027 + 18,8767 \cdot A - 1,7777 \cdot \bar{U}$	0,37	+++
1.3	<i>Z</i>	$H = 100,8167 + 8,7401 \cdot A - 0,0724 \cdot \bar{U}$	0,01	–
2. Durchmesser $d_{0,10}$ [mm]				
2.1	<i>K</i>	$d_{0,10} = 7,5052 + 4,5184 \cdot A - 0,2639 \cdot \bar{U}$	0,70	+++
2.2	<i>M</i>	$d_{0,10} = 22,0730 + 2,5383 \cdot A - 0,3009 \cdot \bar{U}$	0,51	+++
2.3	<i>Z</i>	$d_{0,10} = 13,0822 + 1,7749 \cdot A - 0,1097 \cdot \bar{U}$	0,25	+

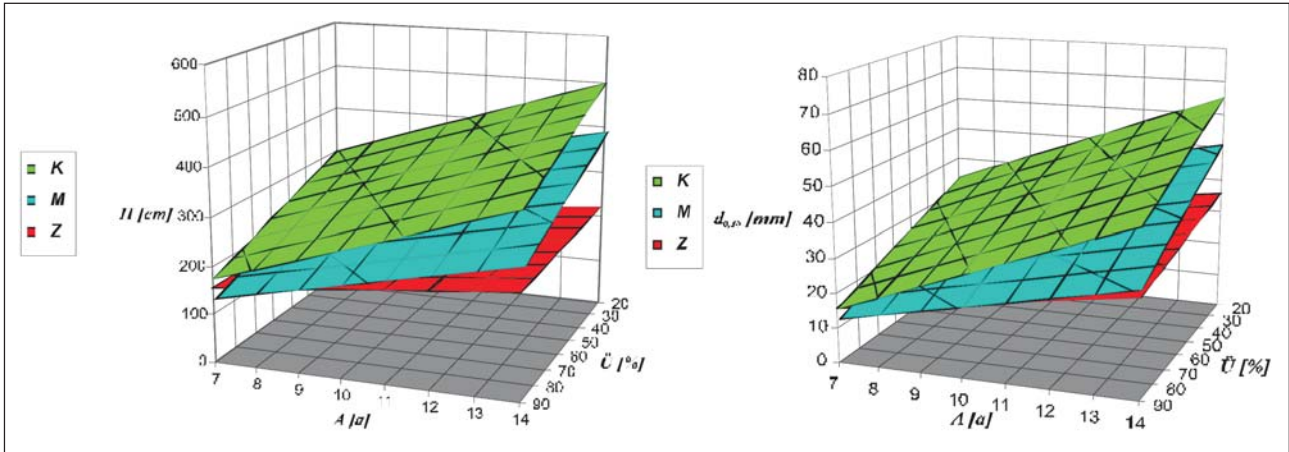


Abb. 4.2.4: Standortdifferenzierte Entwicklung der arithmetischen Mittelhöhen und Mitteldurchmesser vorangebauter Trauben-Eichen unter Kiefernschirm in Abhängigkeit vom Überschirmungsprozent

prozent mit einer standortdifferenzierten Höhenzunahme von 28,4 cm (K), 18,9 cm (M) und 8,7 cm (Z) bzw. einer Durchmesserzunahme von 4,5 mm (K), 2,5 mm (M) und 1,8 mm (Z) verbunden.

Durch Absenkung der Überschirmungsprozente von 90 % auf 20 % entwickeln sich demzufolge auf M-Standorten um 124 cm größere Mittelhöhen sowie um 21 mm größere Mitteldurchmesser. Auf K-Standorten betragen diese Differenzen 126 cm und 19 mm. Die schirmbedingten Wachstumsunterschiede vorangebauter Trauben-Eichen auf M- und K-Standorten sind somit sehr erheblich und wirtschaftlich relevant. Eine Verringerung der Überschirmung trägt hier entscheidend zur Erhöhung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit der Voranbaukulturen bei.

Weil auf Z-Standorten die beschriebene Auflichtung des Kiefernschirmes nur einen Zuwachsgewinn von 5 cm (H) bzw. 8 mm ($d_{0,10}$) bewirkt, muß auf diesen Standorten die Zuwachsstimulation durch bis auf 20 % verringerte Überschirmungsprozente als forstwirtschaftlich bedeutungslos bewertet werden. Eine wesentliche Verbesserung des Höhenwachstums setzt nicht ein. Der Durchmesserzuwachs wird zwar signifikant und doch nur sehr geringfügig gefördert.

Die Beispielzahlen der Tabelle 4.2.3 verdeutlichen das schlechte Wachstum auf Z-Standorten vorangebauter Trauben-Eichen im Vergleich zu M- und K-Standorten. Das Höhen- und Durchmesserwachstum der Eichen erreicht hier nur ein erheblich geringeres Niveau und stellt aus ertragskundlicher Sicht absolut nicht zufrieden. Mit zunehmendem Alter erhöhen sich die standortsbedingten Wachstumsunterschiede. Werden die

Tab. 4.2.3: Standortdifferenzierte Wachstumsgrößen bei einem Überschirmungsprozent \bar{U} von 60 %

Alter [a]	K		M		Z	
	\bar{H} [cm]	$\bar{d}_{0,10}$ [mm]	\bar{H} [cm]	$\bar{d}_{0,10}$ [mm]	\bar{H} [cm]	$\bar{d}_{0,10}$ [mm]
7	227	23	186	22	158	19
14	426	55	318	40	219	31

Wachstumswerte 14-jähriger Eichen auf Z-Standorten bei 60 %iger Überschirmung als Basis angenommen, entwickeln Trauben-Eichen auf M-Standorten um 45 % größere Mittelhöhen (\bar{H}) und um 29 % größere Mitteldurchmesser ($\bar{d}_{0,10}$). Auf K-Standorten steigt dieser Wuchsvorsprung sogar um 95 % (\bar{H}) bzw. um 77 % ($\bar{d}_{0,10}$).

Die enorme wirtschaftliche Relevanz des Kiefernschirmes für das Wachstum vorangebauter Trauben-Eichenkulturen geht ebenfalls aus dem in Abbildung 4.2.5 dargestellten Beispiel-Nomogramm für M-Standorte hervor.

Wachsen Trauben-Eichen ab der Kulturbegründung unter einem flächigem Kiefernschirm mit einem Überschirmungsprozent in Höhe von 80 %, ist zu erwarten, dass die arithmetische Mittelhöhe des Jungwuchses im Alter 11 Jahre 226 cm beträgt. Wird hingegen nur mit einem Frostschutz gewährleistenden Überschirmungsprozent von 30 % gearbeitet, so erhöht sich die arithmetische Mittelhöhe um 89 cm (40 %!) auf 315 cm. Parallel dazu wird auch das Durchmesserwachstum forciert. Statt 26 mm unter dem dichten Kiefernschirm beträgt der arithmetische Mitteldurchmesser 11-jähriger Eichen bei der lichten Variante bereits 41 mm, was einem Mehrzuwachs von 15 mm (58 %!) entspricht.

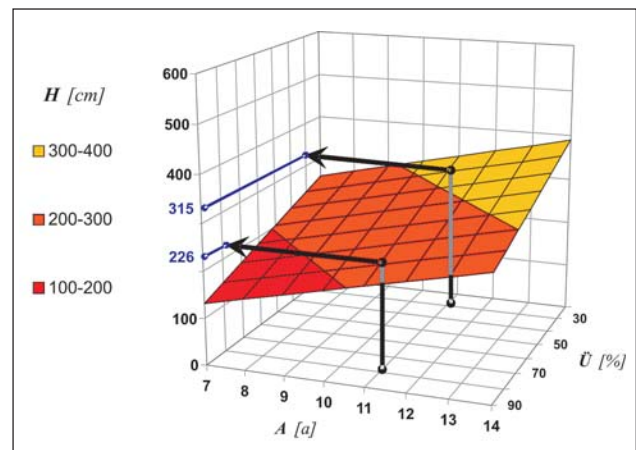


Abb. 4.2.5: Wirkungsfläche der Höhenentwicklung in Abhängigkeit vom Überschirmungsprozent und Pflanzenalter auf Stamm-Nährkraftstufe M

Tab. 4.2.4: Entwicklung des Mehrzuwachses der Eichenhöhen und -durchmesser auf *M*-Standorten bei Absenkung des Kiefern-Überschirmungsprozentes \dot{U} von 90 % auf 20 %

Alter <i>A</i> [a]	Höhe <i>H</i> [cm]			Durchmesser <i>d</i> _{0,10} [mm]		
	\dot{U} [%]		Mehrzuwachs [%]	\dot{U} [%]		Mehrzuwachs [%]
	90	20		90	20	
7	133	257	+ 94	13	34	+ 165
8	152	276	+ 82	15	36	+ 138
9	170	295	+ 73	18	39	+ 118
10	189	314	+ 66	20	41	+ 103
11	208	333	+ 60	23	44	+ 92
12	227	351	+ 55	25	47	+ 83
13	246	370	+ 51	28	49	+ 75
14	265	389	+ 47	31	52	+ 69

Das Höhenwachstum vorangebaute Trauben-Eichen erhöht sich durch die Absenkung des Überschirmungsprozentes von 90 % auf 20 % am Beispiel der *M*-Standorte altersspezifisch um 47 bis 94 %, das Durchmesserwachstum sogar um 69 bis 165 % (siehe Tabelle 4.2.4). Demzufolge ist davon auszugehen, dass das Durchmesserwachstum vom Kiefernschirm stärker beeinträchtigt wird als das Höhenwachstum.

Dieser Sachverhalt wirkt sich entscheidend auf die Stabilitätsentwicklung vorangebaute Trauben-Eichenkulturen aus. Während die *H/d*_{0,10}-Verhältnisse der jungen Trauben-Eichen bei 90 %iger Überschirmung im Bereich 87 bis 104 liegen, betragen diese bei 20 %iger Überschirmung konstant 75.

Die Erziehung optimaler *H/d*_{0,10}-Verhältnisse von 70 bis 80 bereits im Kultur- und Jungwuchsstadium lässt sich demzufolge am besten durch die Gewährleistung relativ lichter Kiefernfilme erreichen. Mit zunehmender Überschirmung steigen die Schlankheitsgrade kontinuierlich

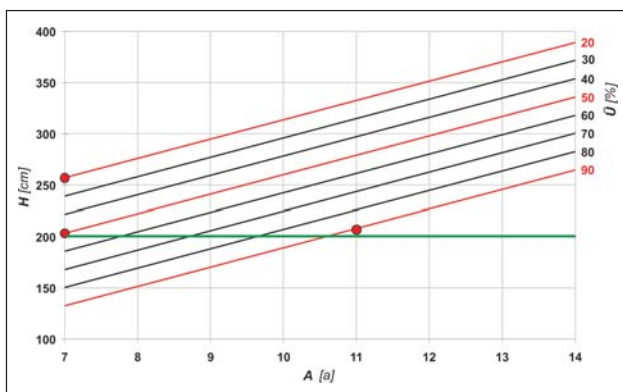


Abb. 4.2.6: Zweidimensionales Nomogramm zur Darstellung der Höhenentwicklung [*H*] vorangebaute Trauben-Eichen in Abhängigkeit von Pflanzenalter [*A*] und Überschirmungsprozent [\dot{U}], Stamm-Nährkraftstufe *M*

an. Die unterständigen Trauben-Eichen werden instabiler und somit anfälliger gegenüber physischen Belastungen wie z. B. Schneedruck.

Das zweidimensionale Höhen-Nomogramm für *M*-Standorte in Abbildung 4.2.6 dokumentiert den wirtschaftlichen Nutzen der Steuerungsmöglichkeit des Eichenwachstums durch die Regulierung der Kiefernschirmdichte aus einer weiteren Perspektive. Wird eine Maximalverbisshöhe für Rotwild von 200 cm vorausgesetzt (grüne Linie), überschreiten Trauben-Eichen unter einem Überschirmungsprozent von 90 % diese Höhe frühestens im Alter 11 Jahre. Bei einer Überschirmung von nur 50 % wird diese Verbissgrenze bereits 4 Jahre früher überschritten. Unter einem Kiefernschirm mit einem Überschirmungsprozent von 20 % weisen die Trauben-Eichen im Alter 7 Jahre bereits eine arithmetische Mittelhöhe von 257 cm auf und erreichen somit die Maximalverbisshöhe noch zeitiger.

Auf *K*-Standorten überschreiten vorangebaute Trauben-Eichen die genannte Verbissgrenze selbst bei Überschirmungsprozentsen von 90 % schon im Alter 8 Jahre. Im Gegensatz dazu verzögert sich dieser Vorgang auf *Z*-Standorten mehr oder weniger unabhängig vom Überschirmungsprozent bis zum Alter 12 Jahre (siehe NoACK, 2005).

Die Beachtung dieses schirm- und standortabhängigen Eichenwachstums kann deshalb entscheidend die Kostenentwicklung von Verbisschutzmaßnahmen beeinflussen. Zaunstandzeiten und die damit verbundenen Unterhaltungskosten lassen sich durch ein beschleunigtes Eichenwachstum unter lichten Kiefernfilmen spürbar minimieren.

4.2.5 Leistungsstufen für vorangebaute Trauben-Eichen

Kann das Wachstum von nicht überschrömt Eichenstangen- und -baumhölzern auf der Grundlage von Waldwachstumsmodellen und -simulatoren relativ zuverlässig und objektiv beurteilt werden, erfolgte die Bewertung vorangebaute Eichenjungwüchse bislang ausschließlich gutachtlich und somit unvermeidbar subjektiv. Revierförster und Waldbesitzer verfügten über keinen wissenschaftlich fundierten Beurteilungsmaßstab für das Wachstum unterständiger Trauben-Eichen. Um

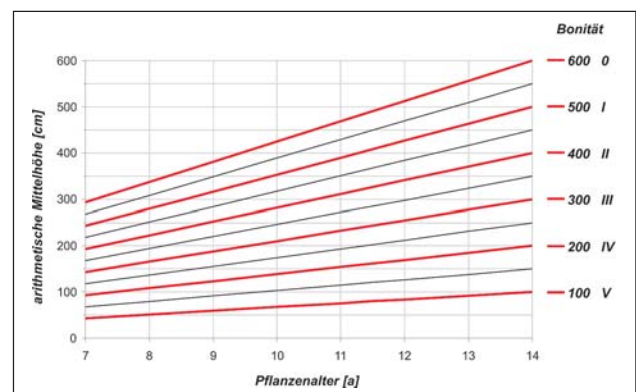


Abb. 4.2.7: Mittelhöhen-Bonitierungsfächer für vorangebaute Trauben-Eichen unter Kiefernschirm

Tab. 4.2.5: Wertetabelle der Leistungsstufen für vorangebauter Trauben-Eichen unter Kieferschirm

\bar{H}_{14}	relativ	0		I		II		III		IV		V	
	absolut	600		500		400		300		200		100	
Alter [a]	\bar{H} [cm]	$\bar{d}_{0,10}$ [mm]	\bar{H} [cm]	$\bar{d}_{0,10}$ [mm]	\bar{H} [cm]	$\bar{d}_{0,10}$ [mm]	\bar{H} [cm]	$\bar{d}_{0,10}$ [mm]	\bar{H} [cm]	$\bar{d}_{0,10}$ [mm]	\bar{H} [cm]	$\bar{d}_{0,10}$ [mm]	
7	293	36	243	30	193	24	143	19	93	13	43	7	
8	337	41	280	34	223	28	165	21	108	15	51	8	
9	381	46	316	38	252	31	188	24	124	16	59	9	
10	425	51	353	42	282	34	210	26	139	18	67	10	
11	468	56	390	47	311	38	233	29	154	20	76	11	
12	512	61	427	51	341	41	255	31	169	22	84	12	
13	556	66	463	55	370	44	278	34	185	23	92	13	
14	600	71	500	59	400	48	300	36	200	25	100	14	

das durch den Kieferschirm und den forstlichen Standort differenzierte Trauben-Eichenwachstum bewertbar zu machen, entwickelte der Autor erstmals Leistungsstufen für die Beurteilung des Wachstums vorangebauter Trauben-Eichen im Nordostdeutschen Tiefland.

Mit Hilfe der in Abbildung 4.2.7 und Tabelle 4.2.5 dargestellten Leistungsstufen können Jungwüchse auf zahlenmäßiger und standörtlicher Grundlage bonitiert werden. Die zuverlässige Leistungseinschätzung des Höhen- und Durchmesserwachstums vorangebauter Trauben-Eichen ermöglicht zukünftig eine objektive Dosierung und Bewertung wachstumsregulierender Maßnahmen, wie Nachlichtungen, Bodenbearbeitungen oder Düngungen.

Die Leistungsstufen stellen ein wirkungsvolles Steuerungs- und Revisionsinstrument dar, um den hauptsächlich mit öffentlichen Geldern finanzierten Waldumbau mit der Trauben-Eiche im Voranbauverfahren erfolgreich und wirtschaftlich effektiv zu gestalten.

Den Leistungsstufen liegt ein sehr umfangreiches und repräsentatives Primärdatenmaterial zugrunde. Sie basieren auf den statischen Befunddaten von 11.594 unter Kieferschirm aufgewachsenen Trauben-Eichen im Altersbereich von 7 bis 14 Jahre. Ihre Plausibilität wird

durch dynamische Daten aus Stammanalysen von Unterstandseichen bestätigt.

Die Bonitierung der Voranbaukulturen erfolgt mittels Alter A [a] und arithmetischer Mittelhöhe H [cm] nach einer absoluten, gleichmäßig abgestuften Höhenbonitätsskala, welche die im Pflanzenalter 14 Jahre erreichte arithmetische Mittelhöhe \bar{H}_{14} [cm] angibt. Zur besseren Anwendbarkeit wurden auch relative Höhenleistungsstufen ausgedrückt.

4.2.6 Wachstumsvergleich zwischen Freifläche und Voranbau

Eine umfassende und diskussionsfähige Bewertung des Eichenwachstums unter Kieferschirm erfordert unbedingt den Wachstumsvergleich mit Freiflächenkulturen gleichen Alters bei konstanter Standortgüte. Diesbezüglich stellt Abbildung 4.2.8 die auf M -Standorten beobachteten arithmetischen Mittelhöhen und -durchmesser von Freiflächen- und Voranbaukulturen mit ihren linearen Regressionsgeraden dar.

Auf Grundlage des dreistufigen Signifikanztests nach STORM (2001) unterscheiden sich die arithmetischen Mittelhöhen H [cm] der Freiflächenkulturen mit

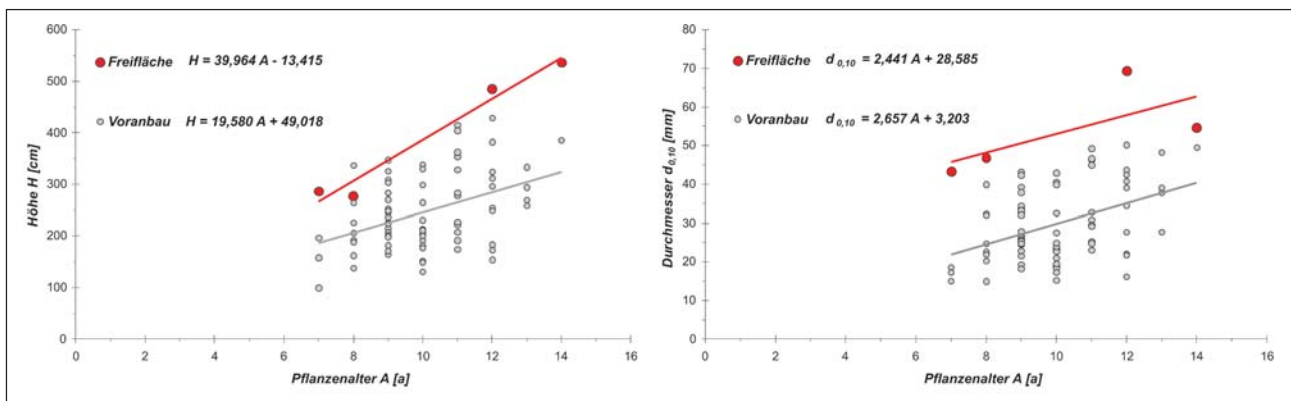


Abb. 4.2.8: Arithmetische Mittelhöhen und -durchmesser von Freiflächen- und Voranbaukulturen auf M -Standorten mit Regressionsgeraden

$$f_r^{(a)} = 4,29 > t_{75; 0,9995} = 3,44 \text{ (+++)}$$

und die arithmetischen Mitteldurchmesser $d_{0,10}$ [mm] mit

$$f_r^{(a)} = 5,09 > t_{75; 0,9995} = 3,44 \text{ (+++)}$$

statistisch sehr gut gesichert im Wachstumsniveau von den entsprechenden Vergleichswerten vorangebauter Trauben-Eichen.

Die Leistungsunterschiede zwischen Voranbau- und Freiflächenkulturen sind demzufolge nicht zufällig. Im Freiland entwickeln Trauben-Eichen auf *M*-Standorten erheblich größere Höhen und Durchmesser als unter Kieferschirm.

Tabelle 4.2.6 zeigt für die Stamm-Nährkraftstufe *M*, dass die Wachstumsgrößen der Freiflächenkulturen die Mittel- und sogar die Maximalwerte der Voranbaukulturen deutlich überschreiten. Höhen und Wurzelhalsdurchmesser der im Freiland erwachsenen Trauben-Eichen stellen im Vergleich zu den Voranbaukulturen ausschließlich Spitzenwerte dar.

Diese Feststellungen sind auf die Stamm-Nährkraftstufen *Z* und *K* übertragbar. Hervorzuheben ist, dass die untersuchten Freiflächenkulturen auf *Z*-Standorten einen besonders großen Leistungsvorsprung gegenüber vergleichbaren Voranbaukulturen zeigten (NOACK, 2005).

4.2.7 Schaft- und Kroneneigenschaften vorangebauter Trauben-Eichen

Die standortgerechte Eichenwirtschaft im Nordostdeutschen Tiefland dient vorwiegend der Erziehung wertvollhaltiger Bestände. Neben dem Ertrag, der Stabilität, der Vitalität und den ökologischen Wirkungen zählen deshalb Qualitätsmerkmale zu den wichtigsten Beurteilungskriterien von Eichenbestockungen.

Aufgrund der Langfristigkeit der Eichenwertholzzucht stellt das Kultur- und Jungwuchsstadium den ersten und vor allem relativ kurzen Entwicklungsabschnitt dar. Die Qualitätsleistung der Eichen während dieser Phase ist für die weitere Bestandesentwicklung nur schwer interpretierbar, weil die wachstumsintensiven Lebensphasen noch bevorstehen. Erst während den aufeinander folgenden Kulminationszeiten von Höhe, Durchmesser,

Tab. 4.2.6: Wachstumsgrößenvergleich zwischen Freifläche und Voranbau auf *M*-Standorten

Alter [a]	Voranbaukulturen		Freiflächenkulturen	
	Mittelwert	Maximalwert	Mittelwert	% vom Maximalwert der Voranbaukultur
7	152	197	286	145
8	214	337	277	82
12	276	429	485	113
14	386	386	537	139
Alter [a]	arithmetischer Mitteldurchmesser $d_{0,10}$ [mm]			
7	17	19	43	233
8	26	40	47	117
12	34	50	69	138
14	50	50	55	110

Grundfläche und Volumen differenzieren sich die Einzelbaumqualitäten hauptsächlich heraus. Trotz dessen entscheidet die Kulturqualität darüber, ob ausreichend Bäume mit zufrieden stellenden Kronen- und Schaftformen in die entscheidenden, plastischen Entwicklungsphasen einwachsen.

Um gesicherte Aussagen zur Qualität vorangebauter Trauben-Eichen im Nordostdeutschen Tiefland herzuleiten, wurden die Auswirkungen des Kieferschirmes, der Standortgüte und der Stammzahlhaltung auf die Kronen- und Schaftformen der Eichen mit Hilfe des Ansprachemusters von GOCKEL (1994) untersucht. Die Signifikanzprüfung der stochastischen Zusammenhänge zwischen den Einzelbaumqualitäten und den genannten Einflussfaktoren erfolgte durch χ^2 -Homogenitätstests. Beispielhaft wird die signifikante Abhängigkeit der Qualitätsentwicklung unterständiger Trauben-Eichen von der Standortgüte durch den in Abbildung 4.2.9 dargestellten Vergleichsfall eindeutig belegt. Demnach entwickelten

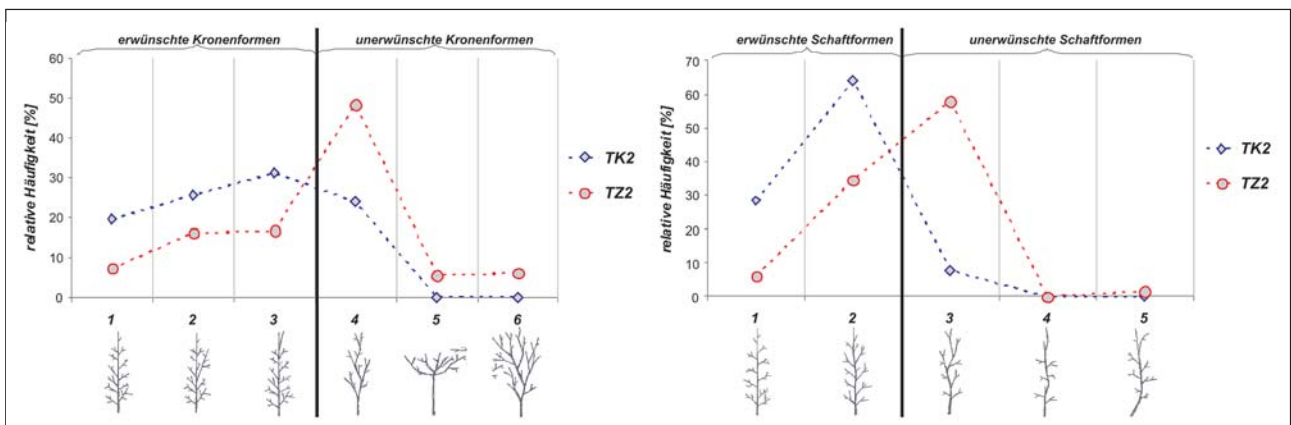


Abb. 4.2.9: Häufigkeitsvergleich der Kronen- und Schaftformen 10-jähriger vorangebauter Trauben-Eichen unter Kieferschirm der Stamm-Nährkraftstufen TK2 und TZ2; $\bar{U} < 50 \%$

die Trauben-Eichen auf *K*-Standorten einen um 36,1 % höheren Anteil erwünschter Kronenformen und einen sogar um 51,7 % höheren Anteil erwünschter Schaftformen als auf *Z*-Standorten.

Die beobachteten relativen Häufigkeitsunterschiede sind für die Kronenformen mit

$$\chi^2_b = 49,78 > \chi^2_{0,001; 3} = 16,3 \rightarrow H_0 \text{ ablehnen}$$

und für die Schaftformen mit

$$\chi^2_b = 113,16 > \chi^2_{0,001; 2} = 13,8 \rightarrow H_0 \text{ ablehnen}$$

statistisch sehr gut gesichert (+++).

Der gesicherte Einfluss der Stamm-Nährkraftstufe auf die Entwicklung des Phänotyps vorangebauter Trauben-Eichen wird auch durch den in Abbildung 4.2.10 dargestellten Qualitätsvergleich von Eichenkulturen auf *M*- und *Z*-Standorten bestätigt.

Die 11-jährigen Voranbaukulturen auf *M*-Standorten weisen im Vergleich zu den auf *Z*-Standorten herangewachsenen Trauben-Eichen einen um 29,7 % höheren Anteil erwünschter Kronenformen und einen um 33,1 % höheren Anteil erwünschter Schaftformen auf.

Diese erheblichen Unterschiede zwischen den relativen Häufigkeitsverteilungen sind für die Kronenformen mit

$$\chi^2_b = 106,75 > \chi^2_{0,001; 4} = 18,5 \rightarrow H_0 \text{ ablehnen}$$

und für die Schaftformen mit

$$\chi^2_b = 64,26 > \chi^2_{0,001; 3} = 16,3 \rightarrow H_0 \text{ ablehnen}$$

wiederum statistisch sehr gut gesichert (+++).

Nach dem der qualitätsfördernde Einfluss zunehmender Standortsgüte auf Grundlage einer sehr umfangreichen und repräsentativen Datenbasis eindeutig nachgewiesen wurde, sind auch die empirischen Häufigkeitsverteilungen der Kronen- bzw. Schaftformen von Freiflächen- und Voranbaukulturen auf signifikante Unterschiede geprüft worden. Die angestellten Homogenitätstests belegen zweifelsfrei, dass alle untersuchten Freiflächenkulturen einen wesentlich höheren Anteil erwünschter Kronen- und Schaftformen aufweisen als ansonsten merkmalsgleiche Voranbaukulturen.

Die in Abbildung 4.2.11 dargestellten Freiflächenkulturen verfügen selbst im Vergleich zu nur gering überschirmten Kulturen ($\ddot{U} < 50 \%$) über einen um 25,8 % höheren Anteil erwünschter Kronenformen und einen um 35,3 % höheren Anteil erwünschter Schaftformen.

Aufgrund der statistischen Schlussweisen für die Kronenformen

$$\chi^2_b = 29,56 > \chi^2_{0,001; 3} = 16,3 \rightarrow H_0 \text{ ablehnen}$$

und für die Schaftformen

$$\chi^2_b = 61,82 > \chi^2_{0,001; 1} = 10,8 \rightarrow H_0 \text{ ablehnen}$$

kann mit 99,9 %iger Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass die beobachteten Qualitätsunter-

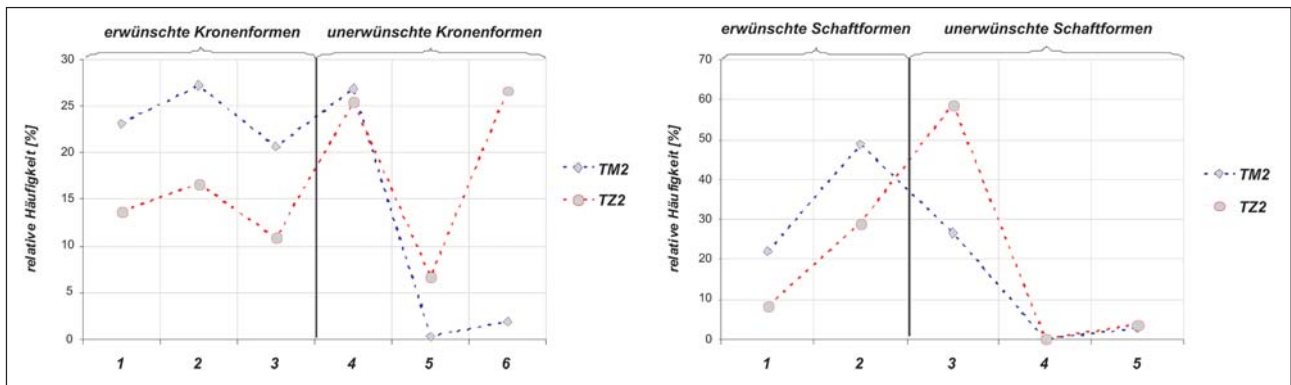


Abb. 4.2.10: Häufigkeitsvergleich der Kronen- und Schaftformen 11-jähriger vorangebauter Trauben-Eichen unter Kiefernschirm der Stamm-Nährkraftstufen TM2 und TZ2; $\ddot{U} > 70 \%$

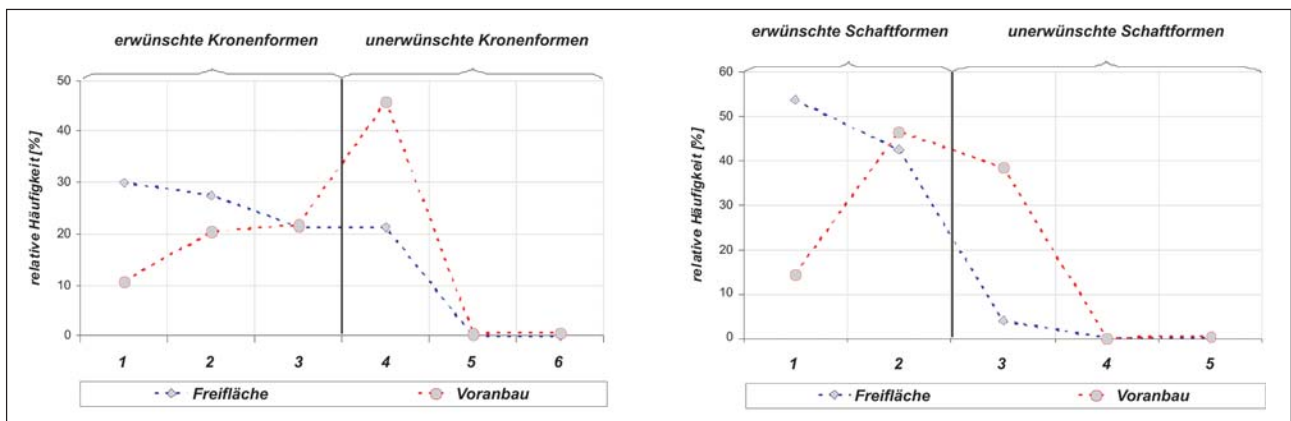


Abb. 4.2.11: Häufigkeitsvergleich der Kronen- und Schaftformen 12-jähriger Trauben-Eichen auf der Freifläche und unter Kiefernschirm ($\ddot{U} < 50 \%$); Stamm-Nährkraftstufen TM2

schiede nicht zufällig sind. Schirmfreie Trauben-Eichen entwickeln gesetzmäßig häufiger bessere Kronen- und Schaffformen als vorangebaute Eichen unter Kieferschirm.

Die Stammzahlhaltung stellt insbesondere bei der Eichenwirtschaft eine oft und kontrovers diskutierte Problematik dar. Um zur Versachlichung waldbaulicher Entscheidungen beizutragen, wurde auch die Qualitätsleistung stammzahlreicher ($7.000 \leq N$ [Stück/ha] ≤ 10.000) und stammzahlärmerer Voranbaukulturen ($N < 7.000$ Stück/ha) miteinander verglichen.

Dabei zeigte sich, dass unabhängig vom Kiefern-Überschirmungsprozent vorangebaute Trauben-Eichen mit Stammzahlen von 7.000 bis 10.000 Stück/ha statistisch sehr gut gesichert einen höheren Anteil erwünschter Kronen- und Schaffformen entwickeln.

Im Kultur- und Jungwuchsstadium weisen stammzahlreiche Kulturen gesetzmäßig mehr Bäume mit symmetrischen, kegelförmigen und wipfelschaftigen Verzweigungsmustern sowie zweischnürigen Schaffformen auf als stammzahlarme Kulturen.

Die nach dem Überschirmungsprozent differenzierten statistischen Schlussweisen der χ^2 -Homogenitätstests lauten bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,1$ % und Beachtung der Freiheitsgrade für die Kronenformen:

$\bar{U} < 60$ %

$$\chi^2_b = 42,43 > \chi^2_{0,001; 5} = 20,50 \rightarrow H_0 \text{ ablehnen bzw.}$$

$\bar{U} > 60$ %

$$\chi^2_b = 54,21 > \chi^2_{0,001; 5} = 20,50 \rightarrow H_0 \text{ ablehnen}$$

und für die Schaffformen:

$\bar{U} < 60$ %

$$\chi^2_b = 28,21 > \chi^2_{0,001; 3} = 16,30 \rightarrow H_0 \text{ ablehnen bzw.}$$

$\bar{U} > 60$ %

$$\chi^2_b = 52,24 > \chi^2_{0,001; 3} = 16,30 \rightarrow H_0 \text{ ablehnen.}$$

4.2.8 Zusammenfassung und waldbauliche Schlussfolgerungen

Im Nordostdeutschen Tiefland entwickelt sich das Höhen- und Durchmesserwachstum vorangebauter Trauben-Eichen unter Kieferschirm während des Jungwuchs- und Dickungsstadiums unabhängig von den Klimastufen m und t , aber in signifikanter Abhängigkeit von der Standortsgüte und vom Überschirmungsprozent.

Auf M - und K -Standorten zeigen die unterständigen Trauben-Eichen zwar noch ein wirtschaftlich relevantes Höhen- und Durchmesserwachstum, das jedoch grundsätzlich deutlich schwächer ist als auf der Freifläche. Ansteigende Überschirmungsprozente wirken sich negativ auf das Wachstum aus und führen standortsdifferenziert zu empfindlichen Zuwachs- und somit Zeitverlusten.

Auf Z -Standorten hingegen stagniert das Wachstum vorangebauter Trauben-Eichen selbst unter sehr lichten Kieferschirmen auf einem aus forstwirtschaftlicher Sicht nicht zufrieden stellenden Niveau. Weil sich schirmfreie Eichenjungwüchse auf Z -Standorten erheblich besser

und dynamischer entwickeln, muss davon ausgegangen werden, dass sogar eine sehr geringe Überschirmung auf Z -Standorten extrem wachstumsbegrenzend auf die unterständigen Trauben-Eichen wirkt.

Mit zunehmender Standortsgüte und abnehmender Überschirmungsdichte steigt der Anteil erwünschter Kronen- und Schaffformen statistisch gesichert an.

Voranbaukulturen mit 7.000 bis 10.000 Eichen je Hektar weisen unabhängig vom Kieferschirm ebenfalls einen signifikant höheren Anteil erwünschter Eigenschaften auf als stammzahlärmere Kulturen.

Statistisch sehr gut gesichert entwickeln stammzahlreiche Freiflächenkulturen bei vollem Lichtgenuss wesentlich mehr Bäume mit symmetrischen, wipfelschaftigen Kronen sowie zweischnürigen Schäften als überschirmte Voranbaukulturen.

Neben dem besseren Zuwachsverhalten und der zahlreicheren Entwicklung erwünschter Phänotypen hat der Trauben-Eichenvoranbau unter lichten Kieferschirmen auch den bedeutenden Vorteil, dass die jungen Eichen infolge optimaler Schlankheitsgrade deutlich stabiler aufwachsen als unter dichten Kieferschirmen.

Unter Beachtung all dieser Zusammenhänge muss die wachstumshemmende sowie qualitäts- und stabilitätsmindernde Wirkung des Kieferschirms auf vorangebaute Trauben-Eichen klar herausgestellt werden. Jede im Oberstand verbleibende Kiefer stellt im Wettstreit um den vorteilhaftesten Strahlungs-, Wasser- und Nährstoffgenuss einen entbehrlichen Konkurrenten für ein zuwachsstarkes und hochwertiges Eichenwachstum dar.

Die Untersuchungsergebnisse berechtigen deshalb zu der Schlussfolgerung, dass sich nur eine kurzfristige Überschirmung mit der Erziehung leistungsfähiger, wertvoller und vitaler Eichenverjüngungen vereinbaren lässt. Sobald auf die Frostschutzfunktion eines nur lockeren Kieferschirmes verzichtet werden kann, muss dessen zügige Räumung, vorzüglich in einem Hieb, die ungehinderte Entwicklung der Trauben-Eichenkultur ermöglichen. Dadurch wird nicht nur die Maximierung der kulminierenden Höhen- und Durchmesserzuwächse gewährleistet, sondern vor allem den mit fortschreitender Zeitdauer größeren Fällungsschäden im Eichenunterstand vorgebeugt. Diese Tatsache ist nicht zu unterschätzen, weil die in der Eichenkultur zu erwartenden Fällschäden regelmäßig das Ausmaß ausgeprägter Frostschäden deutlich übersteigen.

Die Herstellung möglichst lichter Kieferschirme für einen relativ kurzen Zeitraum darf die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit des Kiefernoberstandes nicht beeinträchtigen. Aus diesem Grund wird empfohlen, vor allem in wertholzhaltigen Kiefernbeständen den Voranbau grundsätzlich nicht vor der Kulmination des durchschnittlichen Gesamtzuwachses an Derbhohlvolumen (DGZD [m³/ha]) einzuleiten. Jeder frühzeitigere Voranbaubeginn führt zu unvermeidbar hohen Zuwachsverlusten im Kiefernbestand und verringert dadurch das Betriebsergebnis der gesamten Waldumbaumaßnahme.

Der Eichenvoranbau unter Kieferschirm sollte mindestens auf *M*-Standorten erfolgen. Hat hier die Begründung zuwachsstarker und wertvoller Eichenbestände oberste Priorität, ist auf der Grundlage örtlicher Erfahrungen nur der zur Frostabwehr unbedingt erforderliche Kieferschirm auf der Fläche zu belassen. Dieser wird sich in der Regel auf Überschirmungsprozente von 20 bis 40 % beschränken. Die verbliebenen Schirm-Kiefern sind vorsichtig zu entfernen, sobald die Eichen der Frostzone entwachsen sind. Weil die dafür erforderlichen Mindesthöhen von 150–200 cm auf *M*- und *K*-Standorten gewöhnlich bereits nach 5 Kulturjahren überschritten werden, kann relativ zeitig auf den Kieferschirm als Frostschutzelement verzichtet werden.

Auf *Z*-Standorten sollte der Baumartenwechsel zur Trauben-Eiche grundsätzlich nicht unter Kieferschirm erfolgen. Die Nachteile des Schirmes überwiegen hier deutlich seine erwünschten Vorteile. Unter dem Kronendach der Kiefern drohen den Trauben-Eichen hartnäckige Wuchsdepressionen und in der Folge unvermeidbar lange Zaunstandzeiten.

Für eine langfristige vertikale Strukturierung von mittelalten Kiefernbeständen ist der Voranbau der Lichtbaumart Trauben-Eiche aus waldwachstumskundlicher Sicht ungeeignet. Diese ökologische Aufwertung der Kiefernbestände sollte besser durch schattentolerantere und im Unterstand leistungsfähigere Baumarten erfolgen. Das mit dem Alter steigende Lichtbedürfnis der Trauben-Eichen würde für ein wirtschaftliches Heranwachsen solche Nachlichtungen im Kieferschirm erfordern, die unvermeidbar hohe Zuwachsverluste im Kiefernbestand zur Folge hätten. Unterblieben diese, stellten sich wiederum im Eichenunterstand nachhaltige Volumen-, Wert- und Stabilitätsverluste ein.

Beim Trauben-Eichenvoranbau als klassische Begründungsmaßnahme muss die Regulierung der Kieferschirmfläche als integraler Bestandteil der Kultur- und Jungwuchspflege angesehen werden. Sie dient der zielgerechten und rationellen Steuerung des Wachstums der Folgekultur und bereitet somit spätere Läuterungs- und Durchforstungsmaßnahmen mit positivem Auslesecharakter vor.

4.3 Wie viel Licht braucht die Eiche – unter besonderer Berücksichtigung der Initialphase des Voranbaus?

ECKHARD HEUER, RALF KÄTZEL,
SONJA LÖFFLER

4.3.1 Einleitung

„Das Bedürfnis nach Licht hat aber seine untere Grenze; innerhalb dieser Grenzen muss eine Stufe der Lichtwirkung liegen, welche die am meisten das Wachstum fördernde betrachtet werden muss, und die man sohin als die dem normalen Lichtbedarf entsprechende bezeichnen kann. Dieser normale Lichtbedarf ist nun bei unseren Holzarten relativ ein sehr verschiedener, aber über das absolute Maß desselben wissen wir so gut wie nichts. Unsere Kenntnis beschränkt sich also allein auf den relativen Lichtbedarf der Holzarten, und selbst in dieser Hinsicht bestehen unter den Forstmännern noch abweichende Absichten.“

(CARL GAYER, 1886)

Über einhundert Jahre später hat sich wenig an der Aktualität der Ausführungen von GAYER geändert. Neben der Kiefern naturverjüngung ist die Frage, welcher Lichtbedarf für Eichen der günstigste sei, eine zentrale Frage fast jeder waldbaulichen Diskussion an den „Grünen Tischen“ der Forstamtstuben, auf Exkursionen im nordostdeutschen Tieflandswald. Selbst die Forstpolitik kommt an diesem Thema nicht vorbei (HEINSDORF, 2003; HEUER und WALTER, 2003). Für den ökologischen Waldumbau im subkontinentalen Klimabereich ist die Frage, wie viel Licht Eichen benötigen um zu gedeihen, von zentraler Bedeutung. An ihr entscheidet sich, ob der Waldumbau ohne die gravierenden Folgen von Kahlschlägen möglich ist und welche Mischungen der als Lichtbaumarten geltenden Eiche und Kiefer geeignet, also ökologisch und ökonomisch befriedigend sind.

Bereits KRAHL-URBAN (1959) wies darauf hin, dass DENGELER (1935) das außerordentlich große Schattenertragnis von Eichenjungwuchs in Rumänien auffiel, was er selbst für Trauben- und Stiel-Eiche auch für Slowenien bestätigte. Nach späteren Untersuchungen von KOSS (1995) bestehen bei gepflanzten Eichen unter Überschirmungen zwischen 30 % und 70 % RLG (Relativer Lichtgenuss zur Freifläche) keine Wachstumsunterschiede. In einer umfangreichen Studie an gesäten und gepflanzten

Eichen konnte HAUSKELLER-BULLERJAHN (1997) zwischen 30 % und 60 % des im Freiland gemessenen Lichtes ebenfalls keine signifikanten Unterschiede im Höhenwachstum nachweisen. Die jungen Eichen reagierten mit vermindertem Höhenzuwachs erst bei einer relativen Beleuchtungsstärke unterhalb 30 %. Im Gegensatz zum Höhenwachstum verringerte sich der Durchmesser der dort untersuchten Eichen bei abnehmendem Strahlungsangebot. Selbst beim Vergleich überschirmter und nicht überschirmter 37-jähriger Eichenbestände ließen sich keine Unterschiede in der Höhenwuchsleistung der Bestände erkennen. Der Befund der Autorin, dass die bei tonig-lehmiger Bodenart erreichten Wuchsleistungen bei gleicher Altbestandsdichte deutlich über den Werten der Vergleichskollektive auf Sand liegen, unterstreicht die Bedeutung der Wasserversorgung in niederschlagsarmen Gebieten auf Standorten von begrenzter Wasserhaltekapazität nicht nur für das Ankommen (WITTICH, 1955), sondern auch für das Wachstum der Verjüngungspflanzen.

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse und waldbaulichen Erfahrungen über die Schattentoleranz von Eichen sind im subkontinentalen Klimabereich im Wesentlichen auf Beobachtungen und Untersuchungen über natürlich verjüngte Hähereichen und wenige Voranbauten begrenzt:

- DANCKELMANN (1871) berichtete, dass sich natürlich verjüngte Eichen unter Kiefernschirm ansammlen und kräftig entwickelten.
- Vom Vermögen der Trauben-Eiche im nordostdeutschen Tiefland auch längeren Schirmdruck zu ertragen, berichteten BODEN (1892, 1931) und TANGERMANN (1932): In den Eichen-Buchen-Mischbeständen des Reviers Freienwalde nordöstlich von Berlin wurden Trauben-Eichen vorwiegend unter schwacher Schirmstellung horst- bis gruppenweise natürlich verjüngt. Erst nachdem die Jungwüchse 1–1,5 m Höhe erreicht hatten und ihnen somit keine Gefahr mehr durch Fröste drohte, wurde der Altbestand über den Eichen vollständig abgeräumt. Kiefernreinbestände wurden in Freienwalde durch Entnahme von 40–50 % des aufstockenden Holzvorrates in lockere Schirmstellung gebracht und darunter Eichen gesät oder gepflanzt. Erst nach 5–6 Jahren wurde der Altbestand ohne vorherige Lichtungshiebe abgetrieben.
- OLBERG (1940) beschrieb erfolgreiche Voranbauten mit Trauben-Eiche im Revier Chorin im nordöstlichen Brandenburg. Er baute die Eiche grundsätzlich unter Schirm – zumeist von Buchen, seltener von Kiefern – an, da auf Grund der hohen Spätfrostgefährdung der Eiche (siehe MEYER, 1875; HAUSENDORF, 1940) Freiflächenkulturen oft misslungen waren. Nach OLBERG

Dr. ECKHARD HEUER
MLUV – Referat Nachhaltige Entwicklung, Umweltpartnerschaft, Verbandsangelegenheiten,
Dr. habil. RALF KÄTZEL
Landesforstanstalt Eberswalde,
Dr. SONJA LÖFFLER
Landesforstanstalt Eberswalde

(1940) muss „... in den ersten 3 bis 4 Jahren, bis die Eiche ordentlich Fuß gefasst hat (...), der Schirm so dunkel sein, dass die Vergrasung locker bleibt“.

- STÄHR und PETERS (2000) nahmen Qualität und Vitalität von 32–64 Jahre alten Eichenhärsäaten unter Kieferschirm in Nordostbrandenburg auf. Sie erachteten einen Bestockungsgrad der Kiefern von 0,8 als ausreichend für ein Gedeihen der unterständigen Eichen. Wasser und Nährstoffe müssten jedoch ausreichend zur Verfügung stehen.
- BERGMANN et al. (2001) werteten ertragskundliche Daten von > 40 Jahre alten Trauben- und Stiel-Eichen unterbauten unter Kieferschirm im subkontinental geprägten östlichen Brandenburg aus. Sie wiesen erhebliche Unterschiede im Wachstum der über mehrere Jahrzehnte überschirmten Eichen in Abhängigkeit von den Nährstoffverhältnissen und der Wasserverfügbarkeit nach. Auf armen Standorten fielen die unterbauten Eichen in der Ertragsleistung gegenüber jenen auf mittleren und kräftigen Standorten deutlich zurück.
- In Brandenburg wurden Hähereichenjungwüchse unter Kieferschirm auf ca. 12.500 ha kartiert, die, obgleich sie in der Vergangenheit höchstens als behindernde Vegetation und nicht verwertbarer Unterstand eingestuft wurden, teilweise gute Qualitäten aufwiesen (BIEBERSTEIN, 1983; EISENHAUER, 1994a+b, 1996; FUCHS, 1996; HEINSDORF und FUCHS, 1999; STÄHR und PETERS, 2000). EISENHAUER (1994b) wertete zahlreiche Aufnahmen von unterständigen, vorwiegend aus Hähersaat erwachsenen Eichen unter Kiefer im östlichen Brandenburg aus. Er wies auf die Regenerationsfähigkeit der Eiche selbst nach einer Phase längerer Überschirmung hin.

Die für den angewandten Waldbau wichtige Frage, wie vorangebaute Eichen auf welchem Standort auf unterschiedlich dichten Schirm reagieren, wurde in jüngerer Zeit insbesondere nur im submaritim geprägten Klimabereich westlich gelegener Gebiete bzw. im Nürnberger Reichswald untersucht:

- v. LÜPKE (1982) gab 20 % Freilandhelligkeit als Minimum für das Gedeihen von Trauben-Eichenjungwüchsen an. 8 Jahre nach Versuchsbeginn wies er auf einer Femellücke (0,2 ha) in einem Buchenbestand bei Göttingen mit 45 % Freilandhelligkeit kein eingeschränktes Höhenwachstum der als 2-jährig gepflanzten Trauben-Eichen gegenüber jenen auf der Freifläche nach. Auch fielen auf einer Femellücke weniger Pflanzen aus als auf der Freifläche. Deutlich reduziertes Höhenwachstum zeigten die Trauben-Eichen jedoch unter einer Schirmfläche mit 11 % Freilandhelligkeit (v. LÜPKE, 1987).
- Im Nürnberger Reichswald wurden Eichen unter mittelalte Kiefern gesät und gepflanzt. Selbst dichten Kieferschirm – mit einem Bestockungsgrad von 0,7–0,9 – ertrugen die Eichen hier gut (SINNER, 1990, 1995; PREUHLER et al., 1994).
- KUPER (1994) untersuchte in den Niederlanden den Eichenunter- und -zwischenstand in alten Kiefernwäldern. Er stellte keine signifikante Reaktion des Höhenwachstums der Eichen unter unterschiedlich

dichten Kieferschirm fest. Auch ältere Eichen zeigten anhaltendes Wachstum. Darüber hinaus registrierte er vitale Eichenjungwüchse unter dichtem Kieferschirm.

- WAGNER (1994) hingegen stellte im subkontinentalen östlichen Niedersachsen höhere Ausfälle und geringeres Wachstum von unterbauten Stiel-Eichen unter Kieferschirm gegenüber Anbauten auf der Freifläche fest.
- Bei weiteren Freilandversuchen wies v. LÜPKE (1995) auf frischen bis mäßig-frischen mesotrophen Böden reduziertes Höhen- und Durchmesserwachstum von Eichen voranbauten unter Buchenschirm erst bei Strahlungswerten von unter 50 % Freilandhelligkeit nach. Mit zunehmendem Alter reagierte das Höhenwachstum empfindlicher auf Beschattung. Er berichtete, dass gesäte und gepflanzte Trauben-Eichen auf verschieden dichtem Kieferschirm mit Freilandhelligkeiten von 30–70 % weder im Höhen- noch im Durchmesserwachstum reagierten.
- PETERSEN und WAGNER (1998) kamen nach Auswertung von Voranbauversuchen im östlichen Niedersachsen zu dem Schluss, dass die Lichtverhältnisse unter einem geschlossenen Kieferschirm (Bestockungsgrad 0,8) für das Wachstum von jungen Eichen ausreichen.
- SCHIRMER et al. (1999) wiesen im Nürnberger Reichswald nur geringfügig reduzierte Höhenwuchsleistungen von 8 Jahre alten Stiel- und Trauben-Eichensäaten bei zunehmender Beschattung nach. Jedoch war die Überschirmung des Kiefernaltbestandes mit Bestockungsgraden von 0,7–0,9 auf allen untersuchten Parzellen sehr dicht.
- Eine umfassende Literatursicht über die Lichtbedürftigkeit von Eiche findet sich bei HAUSKELLER-BULLER-JAHN (1997). Sie führte sowohl Schattierungsexperimente als auch Freilanduntersuchungen durch und stellte auf Versuchsflächen im östlichen Niedersachsen eine Mortalitätsgrenze von 2-jährigen vorangebauten Trauben-Eichen unter Buchen- und Kieferschirm bei 15 % Freilandhelligkeit fest. Ferner belegte sie eine Zunahme der Lichtbedürftigkeit mit steigendem Alter der Pflanzen. Sie erachtete einen Bestockungsgrad von 0,8 des Kieferschirmes für einen erfolgreichen Eichenvoranbau für ausreichend.

Sowohl die Untersuchungen über die Hähereichen im subkontinentalen Klimabereich als auch jene zum Anbau von Eichen unter Schirm in subatlantisch geprägten Regionen bestätigen die o. g. Beobachtung DENGLERS (1935), dass Eichen, zumindest in ihrer Jugend, ein höheres Maß an Schatten zu ertragen vermögen als dies für die „Lichtbaumart“ Eiche im allgemeinen angenommen wird. Nicht geklärt war aber die Frage, ob diese gewisse Schattenertragnis auch unter den Standortbedingungen des nordostdeutschen Tieflands gilt und für den ökologischen Waldumbau genutzt werden kann.

Die Morphogenese der Bäume und damit auch ihr wirtschaftlicher Wert wird – je nach genetischer Reaktionsnorm und ontogenetischem Stadium – qualitativ und quantitativ sehr unterschiedlich vom Faktor Licht beeinflusst. Dies kommt besonders in der Reaktion des Schaf-

tes (Mono- und Polikormie) und der Krone (Akro- und Exotonie) auf Licht zum Ausdruck (THOMASIUŠ, 1991). Auf Standorten mit vergleichbarem und ausgeglichenem Wasser- und Nährstoffangebot kommt daher dem Überschildungsgrad und damit der Steuerung der Strahlungsintensität eine maßgebliche Bedeutung für das Pflanzenwachstum zu (v. LÜPKE, 1995).

Für den angewandten Waldbau im Brandenburg interessierten u. a. die folgenden Fragen:

- Wie reagieren vorangebaute Trauben-Eichen auf unterschiedlich dichten Kieferschirm?
- Wie ändern sich wachstumsrelevante Ökosystemparameter durch differenzierte Auflichtung des Kiefern oberstandes?
- Welche Auswirkung hat die Auflichtung des Kiefern oberstandes auf die Entwicklung der Bodenvegetation einschließlich der natürlichen Verjüngung?

Diese Fragestellungen waren Ausgangspunkt für den Aufbau von Freilandversuchen im subkontinentalen und submaritimen Klimabereich des nordostdeutschen Tieflands. Die Untersuchungen sollten wesentliche Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen dem Gradienten der Auflichtung des Kiefern oberstandes, dem Eichenvorbanbau und dem Faktorenkomplex Licht-Temperatur-Wasser-Nährstoffversorgung sowie den Konkurrenzbedingungen der Bodenvegetation aufzeigen. An dieser Stelle sollen einige ausgewählte Ergebnisse zweier Versuchsanlagen, die insbesondere die Initialphase von Eichenvorbanbauten beleuchteten, vorgestellt werden.

4.3.2 Zum Lichtbedarf von Eichenvorbanbauten in der Initialphase im Nordostdeutschen Tiefland

Versuchsanlagen

Im nördlichen und südlichen Brandenburg sowie im Berliner Raum wurden auf Standorten der Nährkraftstufen Z und M jeweils geschlossene Kiefernaltbestände verschieden stark aufgelichtet bzw. Lochhiebe mit einem Durchmesser von 30 m geschlagen. Auf den Versuchspartellen mit unterschiedlicher Überschildung wurden Trauben-Eichen-Kleinpflanzen praxisüblich in Pflugstreifen gesetzt und mehrere Jahre ihr Wachstum beobachtet. Auf der Fläche bei Berlin wurden auch Traubeneichen-Heister gepflanzt und auf der nördlichen und südlichen Versuchfläche wurde zusätzlich das Wachstum von Trauben-Eichen untersucht, die in unbearbeitetem Boden bzw. in Frässtreifen gepflanzt wurden. Die Humusform auf den Standorten war überwiegend rohhumusartiger Moder. Die Kenndaten der Versuchflächen sowie des Pflanzmaterials sind in der Tab. 4.3.1 dargestellt. Die Abb. 4.3.1 zeigt die Versuchfläche im Revier Neusorgefeld nach den Eingriffen in den Kiefern oberstand.

Neben den Datenerhebungen an den Jungwüchsen wie Überlebensraten, Trockenschäden, Sprossbasisdurchmesser, Länge des Gipfeltriebes, Blattflächenindex, Blattgewebedichten und Reservestoffgehalte in den Wurzeln wurden auch die kleinklimatischen Bedingungen

Tab. 4.3.1: Charakteristische Kenndaten der Versuchflächen

	Fläche Nord	Fläche Mitte (Berlin)	Fläche Süd
Wuchsgebiet	Mittelmecklenburger-Jungmoränenland	Mittelbrandenburger Talsand- und Moränenland	Düben-Niederlausitzer Altmoränenland
Stammstandorts-Formengruppe	M2	M2; Z2	Z2
Natürliche Waldgesellschaft	Flattergras Buchenwald	Blaubeer-Kiefern-Trauben-Eichenwald	Blaubeer-Kiefern-Trauben-Eichenwald
Bestockungsgrade (ca.) Lochhiebe	0,8; 0,6; 0,4	0,8; 0,6; 0,4 Lochhiebe (D 30 m)	0,8; 0,6; 0,4
Vorbanbau	TEI 2+0	TEI 2+0; TEI Heister	TEI 2+0

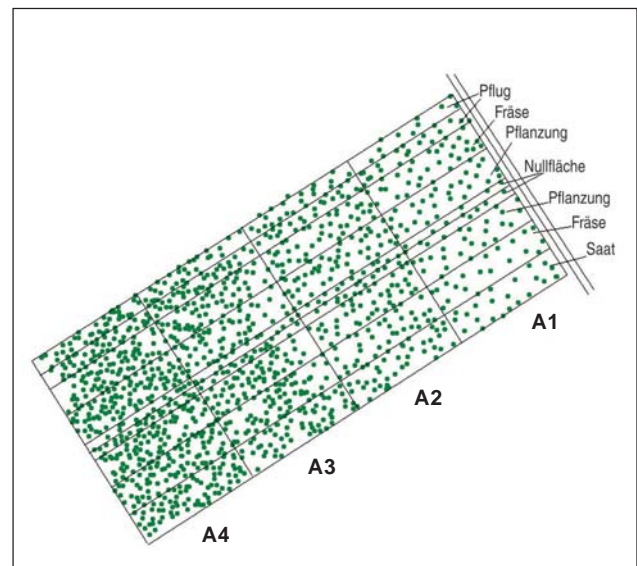


Abb. 4.3.1: Kiefern-Stammverteilung und Parzellen der Versuchsanlage im Revier Neusorgefeld (AfF Lübben) (Anm.: Die Parzellenbezeichnungen entsprechen den Zielbestockungsgraden: A1 = 0,4; A2 = 0,6; A3 = 0,8; A4 = 1,0)

wie Lichtangebot, Niederschlag, Temperatur, und Bodenfeuchte gemessen und statistisch ausgewertet.

Ergebnisse

Kleinklimatische Verhältnisse auf den Versuchspartellen

Die Strahlungsmengen, die den Vorbanbauten auf den verschiedenen Versuchspartellen zur Verfügung standen, sind in Tab. 4.3.2 dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass sich an Tagen mit wolkenlosem Himmel Licht- und Schattenflecken ausbilden, die nicht ortsfest sind und in Abhängigkeit von der Sonnenstandshöhe, der räumlichen Struktur des Kronendachs und der Größe der Lücken im Kronendach variieren. Darüber hinaus sind

in Tab. 4.3.2 die Niederschläge auf den Versuchspartzellen am Beispiel vorgestellt.

Tab. 4.3.2: Mittelwert der photosynthetisch aktiven Strahlung (bezogen auf die Freiflächenstrahlung) und der Bestandesniederschläge (bezogen auf die Freiflächenstrahlung) am Beispiel der Versuchspartzellen in Südbrandenburg (B° 0,4 bis B° 0,8) und im Raum Berlin (Lochhieb)

	B° 0,8	B° 0,6	B° 0,4	Lochhieb
Photosynthetisch aktive Strahlung (PAR) [% der Freifläche]	25	42	63	50
Bestandesniederschlag [% der Freifläche]	60	66	73	93

Die photosynthetisch aktive Strahlung (PAR) ist jener Teil des Spektralbereichs innerhalb der Gesamtstrahlung, der von den Pflanzen genutzt werden kann. Zunehmender Bestockungsgrad des Oberstandes vermindert erwartungsgemäß die PAR. Ebenso verhält es sich mit den Unterkronenniederschlägen. So gelangten auf den Partzellen mit geschlossenem Schirm (B° 0,8) lediglich 60 % des Niederschlages einer Freifläche auf den Waldboden. Die Strahlungs- und Niederschlagsmengen variierten innerhalb der Lochhiebs erheblich. Auf der südlichen Lochhiebshälfte standen den Eichen auf Grund der Beschattung des Bestandesrandes erheblich weniger Licht zur Verfügung als auf der Nordseite. Die Niederschlagsmengen erhöhten sich ausgehend vom Rand der Löcher zu deren Mittelpunkt stetig. Auf Grund der vorherrschenden Westwinde lagen die Niederschläge in der Westhälfte des Loches geringfügig niedriger als auf der Osthälfte.

Im Bestandesraum und speziell in dichten Waldbeständen ist der Tages- und Jahresgang der Lufttemperatur wesentlich schwächer als außerhalb des Bestandes. Der Dämpfungseffekt auf die Bestandesinnentemperatur wird besonders an Hand der Temperaturamplituden deutlich. Die Temperaturmessungen auf den Versuchspartzellen ergaben eine deutliche Dämpfung der Temperaturminima- und -maxima mit zunehmenden Bestockungsgrad. Die wöchentlichen Maximal- und Minimaltemperaturen waren in den weniger dicht bestockten Varianten höher als in den Varianten mit geschlossenem Schirm. Die Temperaturunterschiede blieben nicht auf die bodennahen Luftschichten beschränkt. Selbst in 70 cm Bodentiefe lagen die Temperaturen auf den Partzellen mit geschlossenem Schirm (B° 0,8) im Winter um 0,5 bis 1,1 Grad Celsius niedriger als auf Partzellen mit lockerem Schirm (B° 0,4).

Die Strahlung und die Temperatur bestimmen zusammen mit der Luftfeuchte und der Windgeschwindigkeit die wichtige klimatische Kenngröße, die Verdunstung. Abb. 4.3.2 gibt einen Überblick über den Jahresverlauf der potenziellen natürlichen Verdunstung auf der Versuchsfäche im Süden Brandenburgs.

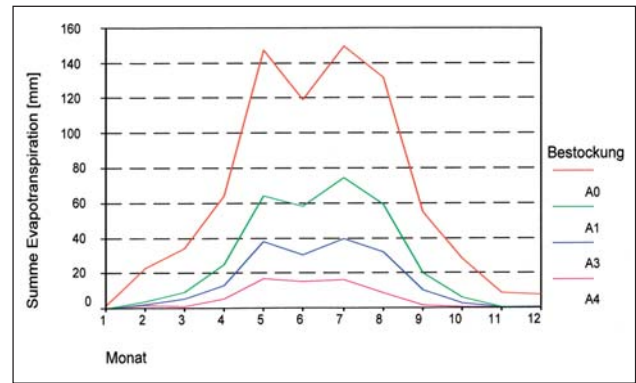


Abb. 4.3.2: Potenzielle Evapotranspiration Epot in Abhängigkeit von der Überschirmung

(Anm.: Die Partzellenbezeichnungen entsprechen den Bestockungsgraden: A0=Freifläche; A1 = 0,4; A3 =0,8; A4 = 1,0)

Mit zunehmender Auflichtung des Bestandes stieg die potenzielle Verdunstung stark an. So erhöhte sie sich bei einer Auflichtung des vollbestockten Bestandes auf B° 0,4 auf das vierfache. Andererseits führte bereits eine geringe Bestandesdichte von B° 0,4 zu einer Reduzierung der potenziellen Evapotranspiration für den Unterstand auf 30 % im Vergleich zur Freifläche.

Reaktionen der vorangebauten Eichen auf die Überschirmungsdichte

Die Anpassungsprozesse an das unterschiedliche Lichtangebot vollzogen sich in der Initialphase zunächst auf der Ebene des Einzelblattes. Bereits die ersten blattmorphologischen Untersuchungen zeigten unmittelbar nach der Frühjahrspflanzung im Jahre 1999 eine sofortige Anpassung an die am jeweiligen Standort herrschenden Lichtverhältnisse. Besonders deutlich wurde dies an der Blattgewebedichte, die sich aus dem Verhältnis der Blatt-Trockenmasse zur Blattfläche definiert. Auf beiden Umbauflächen differenzierte sich die Gewebedichte in Abhängigkeit vom Bestockungsgrad des Oberstandes, wobei die Pflanzvarianten unter den dichtesten Bestockungen (A4 und A3) signifikant geringere Blattgewebedichten im Vergleich zu den Bestockungsvarianten A2 und A1 erreichten. Ab dem Jahr 2000 waren die Unterschiede zwischen allen vier Varianten signifikant (Abb. 4.3.3). Höhere Überschirmungsdichten führten zu höheren Blattflächen bei insgesamt geringeren Einzelblatt-Trockenmassen.

Diese Befunde stehen u. a. in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von ESCHRICH et al. (1989), WETLANDER und OTTOSON (1997). Mit zunehmender Auflichtung erhöhte sich auch die spezifische Blatttrockenmasse. Die Pflanzen unter dem am dichtesten bestockten Oberstand (A4) bildeten typische großflächige, aber dünnere Schattenblätter aus, was ebenfalls Ergebnisse anderer Autoren entspricht (ABRAMS und KUBISKE, 1990; KULL und NIINEMETS, 1993; ARANDA et al. 2001). Großflächigere Schattenblätter besitzen relativ mehr Chlorophyll b, mehr Granathylakoide und mehr Light-Harvesting-Chlorophyll-Protein-Komplexe des Photosystems II. Damit können sie das gerin-

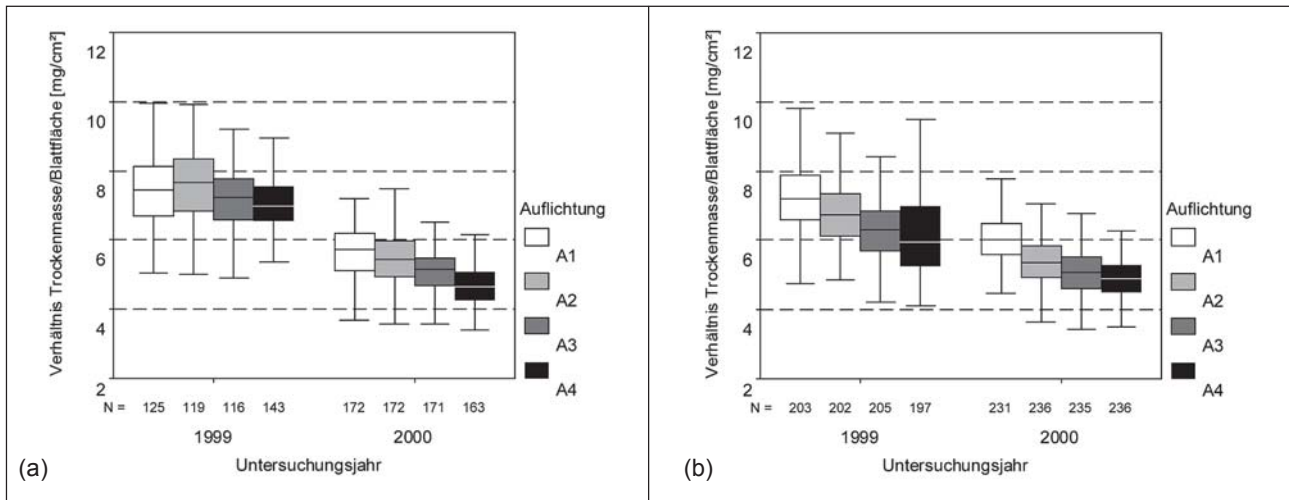


Abb. 4.3.3: Blattgewebedichte in Abhängigkeit vom Auflichtungsgrad des Oberbestandes auf der nördlichen (a) bzw. südlichen Umbaufläche (b)

(Anm.: Die Parzellenbezeichnungen entsprechen den Bestockungsgraden: A1 = 0,4; A2 = 0,6; A3 = 0,8; A4 = 1,0)

ge Lichtangebot besser ausnutzen als Sonnenblätter, die ihrerseits eine höhere Atmung besitzen und erst bei höheren Lichtintensitäten die Nettophotosynthese der Schattenblätter übertreffen (LICHENTHALER et al., 1981). Die (Sonnen-)Blätter der Lichtvarianten A1 und A2 waren dem gegenüber kleiner und schwerer. Trotz ihrer unterschiedlichen ökologischen Ansprüche zeigen Buchen und Eichen in der Initialphase hier große Übereinstimmungen. Unter den vergleichsweise günstigen Witterungsbedingungen des Untersuchungszeitraumes konnten die großblättrigen Pflanzen in der Dunkelvariante den Lichtverlust weitgehend kompensieren.

Im folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse des Einflusses der Überschirmung auf die weitere Entwicklung der Trauben-Eichen zusammengefasst.

Einfluss der Überschirmung auf die Überlebensraten:

- Je dichter die Überschirmung war, desto niedriger waren im allgemeinen auch die Überlebensraten der



Abb. 4.3.4: Sechsjähriger Eichenvoranbau (Bestockungsgrad 0,6) im Forstrevier Neusorgefeld (AfF Lützen)

Trauben-Eichen. Statistisch absichern ließen sich jedoch nur die Überlebensraten der Pflanzen im Loch bzw. unter lichtem Schirm ($B^\circ 0,4$) auf der einen Seite, von jenen unter geschlossenem Schirm ($B^\circ 0,8$) auf der anderen Seite.

Einfluss der Überschirmung auf die Höhenzuwächse:

- Die Überschirmung hatte einen höchst signifikanten Einfluss auf die Summe der Höhenzuwächse. Je geringer die Dichte der Überschirmung war, desto höher war der Gesamthöhenzuwachs. Auf den Versuchspartellen im Norden von Brandenburg war die-



Abb. 4.3.5: Zweijährige Eiche unter Kieferschirm (Bestockungsgrad 0,6) ohne Bodenbearbeitung (Juni 2000)

se Tendenz geringer ausgeprägt, als auf den Parzellen im mittleren und südlichen Brandenburg.

- Unter geschlossenem Schirm ($B^\circ 0,8$) wuchsen die Trauben-Eichen statistisch gesichert weniger zu als auf den übrigen Parzellen. Ebenso ließen sich die hohen Gesamthöhenzuwächse im Loch von jenen der übrigen Parzellen gegeneinander absichern. Zwischen den Gesamthöhenzuwächsen der Pflanzen unter lichtem ($B^\circ 0,4$) und lockerem Schirm ($B^\circ 0,6$) hingegen bestand kein signifikanter Unterschied.
- Der Einfluss der Überschirmung auf die Höhenzuwächse verstärkte sich von Jahr zu Jahr.

Einfluss der Überschirmung auf die Sprossbasisdurchmesser:

- Der Einfluss der Überschirmung auf die Durchmesserzuwächse an der Sprossbasis war höchst signifikant. Die Trauben-Eichen reagierten auf zunehmend dichte Überschirmung mit verringerten Zuwächsen an der Sprossbasis. Unter lockerem ($B^\circ 0,6$) und lichtem Schirm ($B^\circ 0,4$) sowie im Loch lagen diese mindestens doppelt so hoch wie unter geschlossenem Schirm ($B^\circ 0,8$).
- Die Unterschiede zwischen den Zuwächsen an der Sprossbasis unter lockerem ($B^\circ 0,6$) und lichtem Schirm ($B^\circ 0,4$) ließen sich nur auf den Parzellen im mittleren und südlichen Brandenburg nachweisen.

Einfluss der Überschirmung auf die Trockenschäden:

- Die Überschirmung hatte einen signifikanten Einfluss auf die Anzahl der Trauben-Eichen mit Trockenschäden. Unter geschlossenem Schirm ($B^\circ 0,8$) wirkten sich die Trockenphasen am stärksten aus. Aber auch unter lichtem Schirm ($B^\circ 0,4$) litten die Traubeneichen-Heister verstärkt unter Trockenschäden.

4.3.3 Eichennaturverjüngung in Abhängigkeit von der Überschirmung

Im Rahmen der o. g. Untersuchungen wurden ebenfalls natürlich verjüngte Pflanzen erfasst. Hierzu wurde in den vier Überschirmungsvarianten [$B^\circ 0,4$ (A1) bis $B^\circ 1,0$ (A4)] innerhalb des Zaunes auf jeweils einer unbearbeiteten und unbepflanzten Nullfläche die Laubholz-Naturverjüngung dauerhaft markiert und jährlich aufgenommen.

Auf der Nordfläche kamen sieben und auf der Südfläche fünf verschiedene Laubholzarten in der Naturverjüngung vor. Die Zielbaumart Eiche [Ei] (*Quercus robur/petraea*) wurde auf beiden Flächen nachgewiesen (Tab. 4.3.3). Während jedoch der Anteil der Eiche an der Laubholz-Naturverjüngung im Norden (AfF Templin) bei 16,7 % lag, betrug er auf der Versuchsfläche im Süden (AfF Lübben) herausragende 76,8 %. Diese deutlichen Differenzen sind u. a. auf das lokale Vorhandensein von fruktifizierenden Eichen-Mutterbäumen und auf die standörtlichen Unterschiede (einschließlich Klimamerkmale) zurückzuführen. (Anm.: Folgerichtig war die Rot-Buche auf der Nordfläche (AfF Templin) mit einem Anteil von 16,9 % ebenfalls vertreten, auf der Südfläche (AfF Lübben) hingegen nicht präsent.)

Tab. 4.3.3: Laubholz-Naturverjüngungsbaumarten und ihr prozentualer Anteil auf den Umbauflächen im nördlichen und südlichen Brandenburg im Aufnahmejahr 2003

Laubholzart	Nord		Süd	
	(Anzahl /ha)	(%)	(Anzahl /ha)	(%)
Bergahorn, <i>Acer pseudoplatanus</i>	4	0,2		
Sandbirke, <i>Betula pendula</i>	984	56,2	90	7,4
Rotbuche, <i>Fagus sylvatica</i>	296	16,9		
Traubekirsche, <i>Padus serotina</i>	12	0,7		
Aspe, <i>Populus tremula</i>			3	0,3
Eiche, <i>Quercus robur/petraea</i>	292	16,7	937	76,8
Roteiche, <i>Quercus rubra</i>			30	2,5
Weide, <i>Salix cinerea</i>	4	0,2		
Eberesche, <i>Sorbus aucuparia</i>	160	9,1	160	13,1

Die nicht weiter differenzierten Eichenarten (überwiegend handelte es sich um *Q. petraea*) zeigten aufgrund des vergleichsweise hohen Lichtbedarfes erwartungsgemäß auf beiden Untersuchungsflächen in den lichtesten Bestockungsvarianten A1 die höchsten Verjüngungszahlen. Im Norden waren sie mit 441 (1999) bis 576 (2003) Individuen/ha mehr als doppelt so hoch wie in den Varianten A2 bis A4.

Wie auf der Versuchsfläche im Norden Brandenburgs nahmen auch auf der Südfläche die Pflanzenzahlen nach der Auflichtung des Oberstandes in allen Varianten zu, so dass 1999 auf allen Versuchspartellen die geringste Anzahl an Naturverjüngungspflanzen registriert wurde (Abb. 4.3.6). Allerdings zeichnen sich über den gesamten Beobachtungszeitraum keine nennenswerten Unterschiede hinsichtlich Anzahl und Struktur der Naturverjüngung in den Lichtvarianten A1 bis A3 ab. Im Untersuchungszeitraum wurden 1200 bis 1600 Laubholzverjüngungspflanzen pro ha nachgewiesen. Möglicherweise entstand unter den gegebenen Standortbedingungen und Bestockungsstrukturen in dieser Verjüngungsdichte ein „natürlicher Sättigungszustand“. Nur in der Variante A4 stellte sich die Naturverjüngung deutlich spärlicher ein. Das signalisiert, dass der dort hergestellte Bestockungsgrad (0,87) eine Lichtmangelsituation für die Hauptbaumart in der Verjüngung, die Eiche, ergibt. Die selektive Betrachtung der Eiche (Abb. 4.3.7) bestätigt diese Aussage und verdeutlicht die drastische Verringerung der Eichenverjüngung in der Variante A4. So hatten sich 2003 in den Parzellen A1 bis A3 durchschnittlich 1.050 Eichen/ha etabliert, in der Variante A4 wurden hinge-

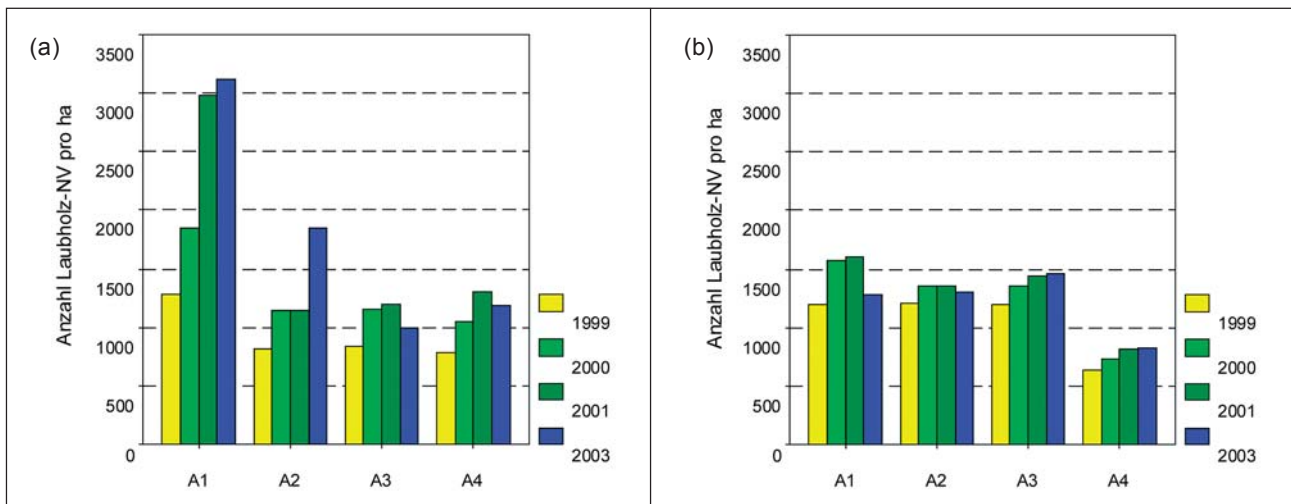


Abb. 4.3.6: Anzahl der Laubholz-Naturverjüngungspflanzen in den vier Lichtvarianten auf der nördlichen (a) bzw. südlichen Fläche (b)

gen nur noch 670 Eichen/ha erfasst. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass Bestockungsgrade von $\geq 0,9$ kein ausreichendes Lichtdargebot für die Eiche gewährleisten, um die Etablierung einer nach Anzahl und vermutlich auch Qualität befriedigenden Eichenfolgegeneration zu sichern. Die Unterschiede zwischen den Eichen-Pflanzenzahlen der Varianten A1 und A2 sind insgesamt marginal. Bei $B^\circ \leq 0,6$ sind keine höheren Pflanzenzahlen bei der Baumart Eiche feststellbar. Eine Auflichtung des Bestandes unter einen Bestockungsgrad von 0,6 begünstigt somit nicht die Etablierung von Eichen-Naturverjüngung.

Bei Bestockungsgraden $> 0,85$ ist die Anzahl der Eichen in der Naturverjüngung deutlich geringer. Offenbar deckt diese Auflichtung nicht mehr die lichtökologischen Anforderungen der Eiche.

4.3.4 Waldbauliche Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen

Mit der Regulation des Kronenschlussgrades verfügt die Forstpraxis über ein Steuerungselement, um maßgebliche Wachstumsfaktoren wie Strahlung, Temperatur, Wasser- und Nährstoffangebot für den Voranbau sowie den Deckungsgrad konkurrierender Pflanzen zu beeinflussen. Daher stellt sich bei der Anlage von Voranbauten immer wieder die Frage, wie für die jeweilige Baumart zum einen die Licht- und Temperaturverhältnisse optimal gestaltet und zum anderen die überschildernden Altbestände noch möglichst lange im Produktionsprozess gehalten werden können.

Unter optimalen Wachstumsbedingungen, die unter Freilandbedingungen jedoch selten gegeben sind, würden Bäume ihre höchste Assimilationsleistung bei relativ hohem Lichtgenuss erreichen. Da jedoch ein hoher Lichteinfall während der Vegetationsperiode häufig auch mit Hitze und Trockenheit verbunden ist, werden die Spaltöffnungen der Blätter geschlossen und der Gasaustausch eingeschränkt. Die erhöhte Strahlungsenergie kann nun nicht mehr für die photosynthetische Assimilation

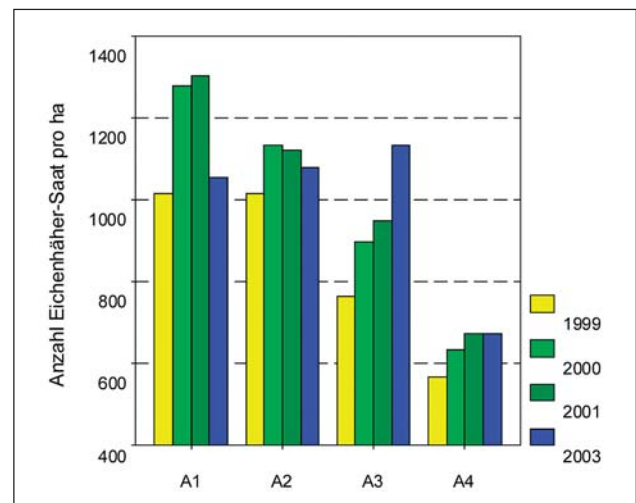


Abb. 4.3.7: Pflanzenzahl der Eichen-Naturverjüngung auf der südlichen Fläche in Abhängigkeit vom Licht

genutzt werden und aktiviert als Stressfaktor das antioxidative Abwehrsystem der Pflanzen (POLLE et al., 1997).

Auf ökosystemarer Ebene führen hohe Lichtintensitäten, so z. B. auf Kahlflächen, neben der verstärkten Austrocknung des Bodens und der Aufheizung der bodennahen Luftschicht mit Spätfrösten und zunehmender Konkurrenz durch die Bodenvegetation zu weiteren Risiken. Andererseits ist eine deutliche Verminderung der Strahlungsintensität baumartenspezifisch mit einer Reduzierung der Stoffproduktion verbunden.

Die vorliegenden Ergebnisse der eigenen Untersuchungen basieren auf wenigen Versuchspartellen in Kiefernaltbeständen. Sie sollten daher nicht pauschal auf andere Standorte und Klimastufen des nordostdeutschen Tieflandes übertragen werden. Für die weit verbreiteten Standorte mittlerer und ziemlich armer Nährkraft im subkontinentalen Klimabereich liefern sie aber Anhaltspunkte

te für einen kahlschlagslosen Umbau der Kiefernreinbestände durch den Voranbau von Trauben-Eichen. Die nachfolgenden Empfehlungen gelten nur für die frühe Jungwuchsphase:

- Auf ziemlich armen und mittleren Standorten ist der Umbau der Kiefernreinbestände im nordostdeutschen Tiefland ohne Kahlschlag möglich.
- Die Kiefernaltbestände sollten jedoch mindestens bis zu einem Bestockungsgrad von 0,6 aufgelichtet werden. Bei dichter gehaltenen Kronenschirmen ist mit erhöhtem Pflanzenausfall, beträchtlichen Wuchstockungen und erheblichen Qualitätsminderungen zu rechnen. Zwar überleben Trauben-Eichen auch bei dichter Überschirmung, sie werden dann aber voraussichtlich nur ökologische Funktionen erfüllen können. Auch HERING et al. (1999) erachteten für das Kieferngebiet Nordsachsens einen Bestockungsgrad von 0,4 bis 0,5 für erforderlich, um gute Wuchsbedingungen für Voranbauten zu schaffen.
- Erheblich stärkere Auflichtungen (Bestockungsgrad < 0,4) bringen bei Kleinpflanzen, zumindest in den ers-

ten Jahren nach der Pflanzung, keine nennenswerten Wuchsvorteile. Bei Heisterpflanzen erhöhten stärkere Auflichtungen ab etwa einem Bestockungsgrad von 0,3 sogar die Gefahr von Trockenschäden in Dürreperioden.

- Größere Lücken mit etwa einem Durchmesser von 30 m sind für die Einbringung von Trauben-Eichen-Kleinpflanzen und -Heistern in Kiefernaltbeständen sehr gut geeignet. Bei den häufig auftretenden Sommerdürren im nordostdeutschen Tiefland sind Lücken mit elliptischer Form in West-Ost-Ausrichtung, welche eine geringe Fläche mit direkter Sonneneinstrahlung aufweisen, günstig, um Trockenschäden zu vermeiden.

Die vorgestellten Untersuchungen waren gezielt auf die Entwicklung von Eichenvoranbauten unter Kiefernaltholzschirm ausgerichtet. Nach den nun vorliegenden Ergebnissen regt die Versuchsanstellung zu einer Fortführung der Untersuchungen u. a. zur alters- und umweltabhängigen Lichtanpassung und zu intra- und interspezifischen Konkurrenzbeziehungen an.

4.4. Wirkung von Randeinflüssen auf die Qualität von Eichen in Horsten und Gruppen

GERNOD BILKE

4.4.1 Einleitung

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 (MORTZFELDT, 1896). Die Mehrzahl dieser Lochbestände ist heute zwischen 90 und 130 Jahre alt.

Im Jahr 2001 wurde ein vom BMBF finanziertes Gemeinschaftsprojekt des Waldbau – Instituts der Universität Freiburg und der Landesforstanstalt Eberswalde initiiert, bei dem die waldbauliche Eignung von gruppen- und horstweisem Eichenanbau für den Waldumbau Nordostdeutschland am Modellobjekt „MORTZFELDTsche Löcher“ evaluiert werden sollte.

4.4.2 Fragestellungen der Untersuchung

Auf Grund des geringen Wissensstandes war eines der wichtigsten Teilgebiete bei den Untersuchungen zur Beurteilung der waldbaulichen Eignung die Qualität der Eichen im Lochbestand im Vergleich zu Eichenreinbeständen.

Da die interspezifischen Konkurrenzbeziehungen zwischen Eichen und Kiefern bzw. Buchen von den intraspezifischen Beziehungen zwischen Eichen abweichen, könnten als Folge davon auch die Qualitäten der Eichen am Rand von denen im Zentrum von Beständen abweichen. Im Vergleich zu Reinbeständen aus Eichen könnte ein anderer Anteil von Randbäumen 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 Wirteltiefe der am Rand gegenüber dem Zentrum veränderten Umweltbedingungen in den Lochbestände ab.

Daraus ergaben sich zwei Fragestellungen:

- Führen die an den Rändern der Eichenbestände auftretenden Umweltbedingungen zu veränderten Qualitäten der Eichen?



Abb. 4.4.1: Mit Eichen bepflanzte MORTZFELDTsche Löcher in einem Kiefernreinbestand (AfF Lübben, Obf. Woltersdorf, Rev. Lüdersdorf)

- Wie tief in den Lochbestand hinein wirkt dieser Einfluss auf die Qualität der Eichen?

4.4.3 Untersuchungsmethodik

Zur Entwicklung der Untersuchungsmethodik wurden drei zentrale Grundthesen postuliert:

- 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 der Güte C oder schlechter nach der Handelsklassensortierung (HKS) handelt.
- Die Wirkungen von umgebenden Kiefern auf die Qualität der Eichen müssten sich von umgebenden Buchen unterscheiden.

Auf Grund dieser Thesen wurde folgende Untersuchungsmethodik gewählt:

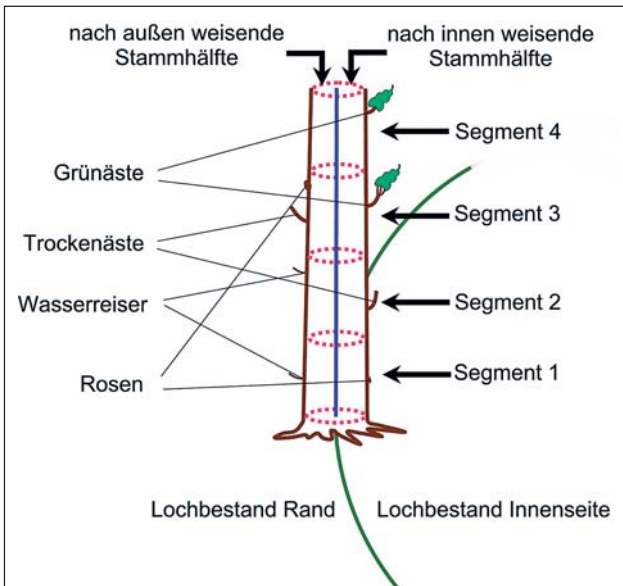


Abb. 4.4.2: Unterteilung des Stammes in eine Außen- und Innenseite sowie in Teilsegmente, auf denen die Qualitätsmerkmale Rosen, Wasserreiser, Trockenäste und Grünäste erhoben wurden

In 40 Lochbeständen, 20 Lochbestände mit umgebenden Kiefern und 20 Lochbestände mit umgebenden Buchen, 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. In den Segmenten wurde jeweils die Anzahl der Rosen, Wasserreiser, Grün- und Trockenäste gezählt (s. Abb. 4.4.2).

4.4.4 Ergebnisse in Lochbeständen mit umgebenden Beständen aus Kiefern

In Tab. 1 sind 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.

Aus Tab. 4.4.1 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

Tab. 4.4.1: 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	
		Mittel- wert Stk./ 2 m	Sig. des Unter- schieds	Mittel- wert 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	

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.

Die Anzahl der Astmerkmale der äußeren Baumreihe war höchst signifikant höher als die Anzahl der Astmerkmale der folgenden Baumreihe.

Die getrennte Auswertung der einzelnen Merkmale (Rosen, Wasserreiser, Trockenäste und Grünäste) bestätig-

te das in Tab. 4.4.1 dargestellte Bild. So war in allen Fällen ein signifikanter Unterschied zwischen der Merkmalsanzahl auf der Außenseite zur Innenseite nur für die äußere Baumreihe nachweisbar (BILKE, 2004).

4.4.5 Ergebnisse in Lochbeständen mit umgebenden Beständen aus Rot-Buchen

In Tab. 4.4.2 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.

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.

Im Unterschied zu den mit Kiefern umstandenen Eichen unterscheidet sich die Anzahl der Merkmale auf der Innenseite der äußeren Reihe nicht von der Anzahl der Merkmale auf den beiden Seiten der folgenden Reihen. Der Randeinfluss auf die Qualität bleibt bei den mit Buchen umstandenen Eichen ausschließlich auf die äußere Seite der äußeren Reihe begrenzt.

4.4.6 Zusammenfassung

Die Qualität der Eichen in Lochbeständen wird durch Randeinflüsse beeinträchtigt. Insgesamt sind die Stärke und die Wirkungstiefe der Beeinträchtigung in den Lochbestand hinein aber nur gering. So war in mit Kiefern umgebenen Lochbeständen die Randwirkung nur für die Eichen der äußeren Reihe und in mit Buchen umgebenen Lochbeständen nur für die äußere Seite der Randeichen nachweisbar.

Die geringen Beeinträchtigungen können durch die Wahl geeigneter waldbaulicher Verfahren noch weiter verringert werden. So wurden die Lochbestände in der Phase der Verjüngung des umgebenden Hauptbestandes freigestellt. Wird am Rande bestehender Eichenhorste der umgebende Bestand bei langfristiger Schirmstellung verjüngt, so sollte durch die andauernde Beschattung der Randeichen die Qualitätsabsenkung der Randeichen weiter verringert werden.

Tab. 4.4.2: 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	
		Mittel- wert Stk./ 2 m	Sig. des Unter- schieds	Mittel- wert 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	

4.5 Der Naturwald Möncheichen – Kiefer, Eiche und Rot-Buche im Spiegelbild der Bestockungsgeschichte

INES HÖHNE, STEFAN PANKA,
OLAF RÜFFER, STEFFEN SCHMIDT

Entspräche die heutige Waldbestockung in Brandenburg der des Hauptwaldstadiums der Potenziellen Natürlichen Vegetation, würden die Waldgesellschaften mit den Baumarten Eiche und Buche den größten Flächenanteil einnehmen (HOFMANN UND POMMER, 2004). In Bezug zur Baumart Kiefer bedeutet dies eine Umkehrung der aktuellen Verhältnisse (vgl. MLUR, 2004). Das Brandenburger Waldprogramm proklamiert wiederholt einen Waldumbau mit der Wiederherstellung der natürlichen Standortpotenziale sowie den „Erhalt und die Entwicklung gemischter und gestufter Wälder in Anlehnung an die natürlichen Waldgesellschaften“ (MLUR, 2004). Inwieweit und vor allem wie (z. B. unter bewusster Ausnutzung der Gratskräfte der Natur) sich der Bestandaufbau der heutigen kieferndominierten Waldbestände, ihre standortsabhängigen Baumartenanteile, Mischungsarten und -formen unter betriebswirtschaftlichen Anforderungen dem natürlichen Waldbild annähern lassen, ist eine bisher unzureichend beantwortete Frage. Im Rahmen des Konzeptes über die Betreuung und Untersuchung von aus der Bewirtschaftung entlassenen Naturwäldern (STÜBNER et al., 2001) sollen langfristige Beobachtungen der Waldentwicklungsdynamik dazu beitragen, darauf Antworten zu geben. Solche Untersuchungen schließen zur Analyse des Ausgangszustandes einer beginnenden Zeitreihe neben der Standortfeinkartierung und der Erfassung der Bestandesstruktur die Dokumentation der Bestandesentstehung ein. Mit Hilfe dieser Methodik lassen sich wichtige waldkundliche Fragen z. B. nach dem Alter des Waldstandortes, nach dem Waldentwicklungsstadium und der Waldentwicklungsphase des darauf stockenden Waldbestandes beantworten, die ihrerseits unabdingbar zur Klärung der Ursachen vorhandener Baumartenanteile, Mischungsformen, Schaftqualitäten oder auch Totholz mengen sind. Dies erscheint umso bedeutsamer, da der Mensch seit Generationen das heutige Waldbild geprägt hat. Beispielfhaft soll dies anhand des Naturwaldes Möncheichen, gelegen im Schutzwald „Menzer Heide“ (Land Brandenburg, 2004), beschrieben werden.

INES HÖHNE
Landesforstanstalt Eberswalde,
STEFAN PANKA
Landesforstanstalt Eberswalde,
OLAF RÜFFER
Landesforstanstalt Eberswalde,
STEFFEN SCHMIDT
Landesforstanstalt Eberswalde

Der knapp 68 Hektar große Naturwald Möncheichen liegt im Norden Brandenburgs zwischen den Städten Rheinsberg und Fürstenberg/Havel – am Nord-West-Ufer des Großen Stechlinsees, gehört administrativ zum Amt für Forstwirtschaft Templin, Oberförsterei Menz, Revier Neuglobsow und besteht aus den Forstadressen 4211a¹–a³, 4211b, 4212a³ und 4213a¹. Der Naturwald, mit dessen wissenschaftlicher Bearbeitung im Jahre 2000 begonnen wurde, ist eingebettet in ein kompaktes Waldgebiet, welches zum südlichen Teil der naturräumlichen Haupteinheit Mecklenburgische Seenplatte gehört (forstlicher Wuchsbezirk 0601 – Rheinsberg Mirower Seenmoräne, Wuchsgebiet 06 – Mittelmecklenburger Jungmoränenland), siehe Abbildung 4.5.1.

Für Brandenburg sind mit dem hier herrschenden Mürztklima (m) in der Klimastufe feucht die klimatisch für das Wachstum der Rot-Buche günstigsten Wuchsbedingungen zu finden, die nach KRAUSCH (1962) wie folgt charakterisiert werden können:

- Jahresmitteltemperatur (1901–1950): 7,9 °C
- Jahresschwankung der Lufttemperatur (1901–1950): 18,4 °C
- Mittlere Jahresniederschlagssumme (1901–1950): 615 mm/Jahr

Die Lage auf einer Endmoräne des Frankfurter Stadiums der Weichselvereisung und die unmittelbare Nähe zum 425 Hektar großen Stechlinsee bewirken zusätzlich ein lokal feucht-kühles Geländeklima. Niedrige Kuppen (69,1 m ü. NN als höchste Erhebung) wechseln ab mit kleinen Mulden, um schließlich auf 59 m ü. NN am Seeufer des Großen Stechlin abzufallen. Die forstliche Standortserkundung hat in den 90er Jahren ein kleinflächiges Mosaik durchschnittlich wasserversorgter Sandbraunerden, mit besserer mittlerer (M2) Trophie (mit 70 Prozent Flächenanteil), und schwach kräftiger (K2) Nährkraft (auf etwa 30 Prozent der Fläche), kartiert. In einer im Südwesten des Naturwaldes befindlichen Mulde wurde ein organischer Nassstandort festgestellt (siehe Abbildung 4.5.2).

Zur Erfassung der Bestockungs- und Vegetationsstruktur des Naturwaldes wurden 0,1 Hektar große Probekreise angelegt, die nordorientiert im Abstand von 100 Metern liegen, (siehe Abbildung 4.5.2). In diesen Probekreisen wurde jeder lebende und stehend tote Baum ab einem Durchmesser von 4 cm hinsichtlich Lagekoordinaten, Brusthöhendurchmesser, Höhe, Kronenansatz, Baumart und spezifischer Qualitätskriterien erfasst¹. Den heutigen

¹ Weitere Angaben zur Methodik bei STÜBNER et al., 2000

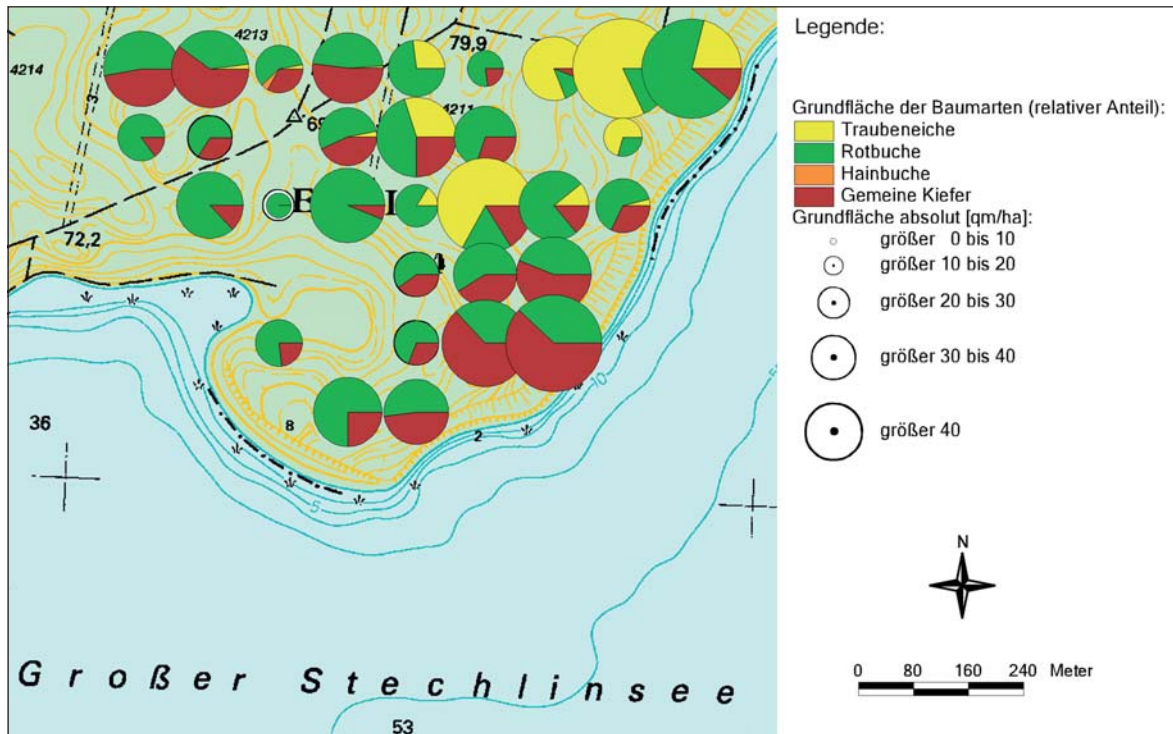


Abb. 4.5.3: Übersicht über die Grundflächenanteile der Baumarten Kiefer, Eiche und Rot-Buche je Aufnahmepunkt absolut und im Verhältnis zueinander

wachsenen Eichenbestände hin. Starke Kiefern überragen gegenwärtig insbesondere im Südteil des Naturwaldes (noch) das Kronendach der Rot-Buchen. Die zehn größten, gemessenen Stammdurchmesser ($d_{1,3}$) der

Kiefer liegen zwischen 55 und 78 Zentimeter, die zehn höchsten Baumhöhen zwischen 35,4 und 38,7 Meter. Von den 1.193 erfassten vitalen Bäumen überragen zwei Bäume den Gesamtbestand: eine 41,4 Meter hohe Trau-

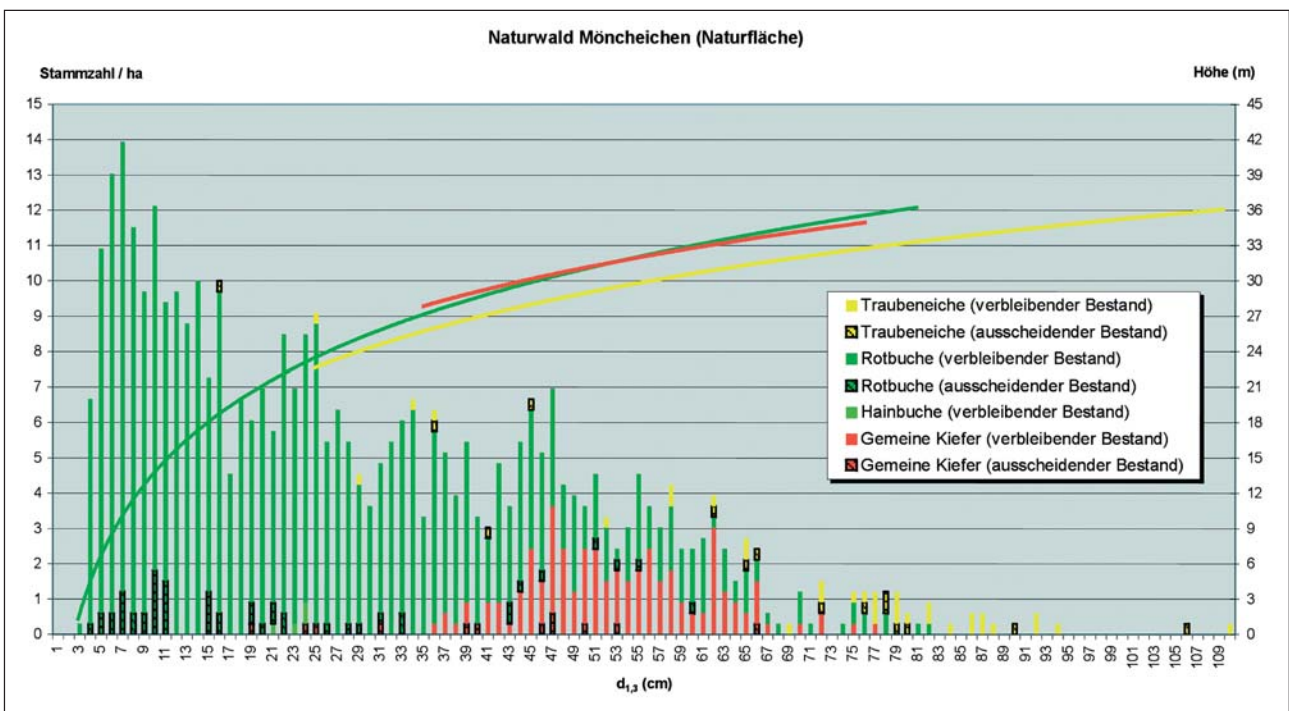


Abb. 4.5.4: Darstellung der baumartenspezifischen Stammzahlen je Durchmesser und der baumartenspezifischen Durchmesser-Höhenbeziehungen im Naturwald Möncheichen.

ben-Eiche und eine 41,6 Meter hohe Rot-Buche. Es wurden lediglich vier Hainbuchen registriert.

Bei der Betrachtung der Baumartenanteile stellt sich die Frage, wie dieses heterogene Bestandesbild aus 180-jährigen Kiefern der Stärkeklasse 5 bis 7, fast 300-jährigen Alteichen sowie Buchen verschiedener Durchmesser- und Höhenklassen auf den durchschnittlich wasserversorgten Standorten, im Grenzbereich der mittleren zur kräftigen Trophie entstanden ist, das in der Klimastufe (f) im Hauptwaldstadium nur durch die Buche als Waldbildner geprägt sein müsste?

Kiefer, Eiche und Buche sind entsprechend der im Kapitel 1.1 skizzierten Einwanderungs- und Ausbreitungsgeschichte auch im Gebiet der Menzer Heide unterschiedlich lange anwesend. Es soll deshalb hier nur auf Besonderheiten der allgemeinen Waldentwicklung am Stechlinsee eingegangen werden. Die Ausbreitung der Birke zu Beginn des älteren Subatlantikums (ca. 900 v. Chr.) ist der nachweisbare Beginn menschlicher Einflussnahme auf den Wald am Stechlinsee (ZERBE et al., 2000). Der Beginn der hochmittelalterlichen Länderschließung im 12. und 13. Jahrhundert lässt sich im Polendiagramm im Stechlinsee durch ein *Betula-Maximum* scharf abgrenzen. Im südlichen Teil des heutigen Naturwaldes existiert zu diesem Zeitpunkt die Siedlung Stammstechlin. Diese Ortschaft bestand nach KRAUSCH (1975) bis etwa 1530. Lediglich der unmittelbare Siedlungsbereich der Ortschaft Stammstechlin dient bis zum

Anfang des 19. Jahrhunderts als Forstacker (heutige Forstabteilung 4211 a1), siehe auch Abbildung 4.5.5.

Laut Karte von 1793 stockten Eichen in der Abteilung 101 und 102, anteilig Bestandteil der heutigen Abteilungen 4211a², a³; 4212a³ und 4213a¹. Südlich ist der Forstacker (heutige Unterabteilung 4211a¹) zu erkennen, auf dem bis zum 16. Jahrhundert die Siedlung Stammstechlin lag. Die heutige Naturwaldfläche liegt am Südrand einer mehrere hundert Hektar umfassenden Eichenfläche nördlich des Stechlinsees. Beim Versuch, aus Wirtschaftsbüchern und Karten die Bestockungsgeschichte des heutigen Naturwaldes zu rekonstruieren, ergibt sich folgendes Bild². Im 16. Jahrhundert sind Eichen erwachsen, die in der Revierbeschreibung der Oberförsterei Menz von 1853 mit einem Alter von 300 Jahren angegeben wurden und die als Überhälter in vielen Abteilungen im Revier verstreut standen. Der älteste 1853 noch vorhandene Betriebsplan der Oberförsterei Menz stammte aus dem Jahre 1767, daneben lagen 1853 Pläne aus den Jahren 1798/99, 1820 und 1832 vor. Über die Vorräte und Bestockungsstrukturen finden sich keine Angaben, es wurde lediglich in Bezug auf die Holznutzung ausgeführt, dass diese vor 1750 kaum nennenswert war und ein Bericht des Revierverwalters Kummer aus dem Jahre 1739 zitiert, in dem es hieß, „dass das massenhafte Lagerholz den Wald für das Vieh der Unterthanen ganz unzugänglich macht und dass bisher kein Groschen für Brennholz außer durch Heidemiethen aufgenommen sei.“ Aus den für den Naturwald vorliegenden

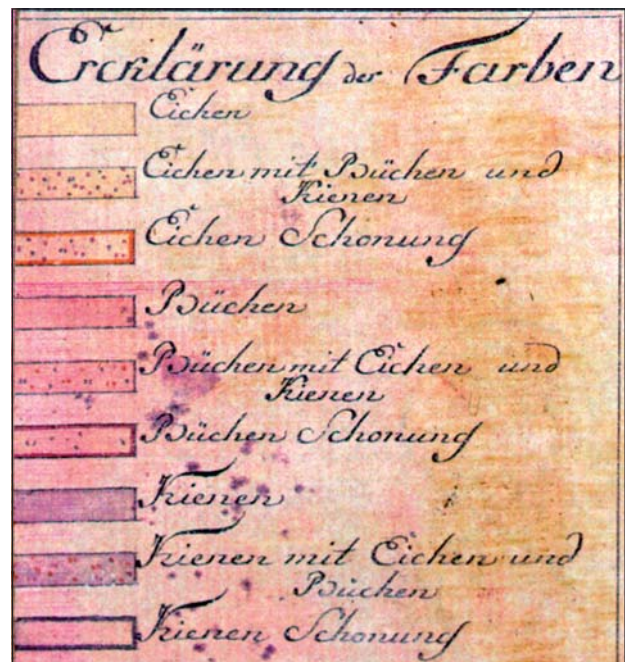


Abb. 4.5.5: Ausschnitt aus der Forstkarte des Forstmeisters BRAUNS von 1793 mit der Waldfläche des heutigen Naturwaldes (Grenzen grün hervorgehoben)

² Für die Unterstützung bei der Recherche zur Bestandesgeschichte möchten wir uns bei den Kollegen der Außenstelle Fürstenberg des Amtes für Forstwirtschaft Templin und hier insbesondere bei den Herren Revierförster ULRICH WINKLEWSKI, Oberforstmeister i. R.

HORST GLOWALLA, dem ehemaligen zuständigen Oberförster HERRN JANKO, dem Oberförster GEORG LEPPIN und dem heute zuständigen Revierförster MARC HOLTZ-BAUMERT sehr herzlich bedanken.

Forsteinrichtungsunterlagen von 1853 lässt sich entnehmen, dass dieser Reviereteil aufgrund der Abgeschiedenheit und des Vorhandenseins der zur damaligen Zeit hervorragenden Eichenbestände, die in der Revierbeschreibung 1853 ausdrücklich erwähnt werden, nicht von starken Holzeinschlägen zwischen 1745 bis 1786 (nach dem Bau des Polzowkanals) in dem Maße wie anderenorts betroffen gewesen war³, siehe auch Abbildung



Abb. 4.5.6: Waldzustand des heutigen Naturwaldes (Grenzen grün hervorgehoben) im Jahre 1846/47 (Auszug aus der Karte der Kgl. Oberförsterei Menz 1847)

4.5.5, die den Waldzustand von 1793 zeigt. Die alten Buchen sollen nach dieser Quelle in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts fast durchweg im Revier rausgehauen worden sein, viele der 1853 vorhandenen 60 bis 70-jährigen Buchenbestände entstanden aus Stockausschlag. 1846/47 kommt es zur Neuvermessung der Oberförsterei Menz durch den Geometer von Tippelskirch (siehe Abbildung 4.5.6), die im Ergebnis entstandene Karte bildet die Grundlage für die Ertragsermittlung und den Betriebsplan der Oberförsterei Menz der kommenden Jahrzehnte.

Der Abbildung 4.5.6, die den Waldzustand 1846/47 dokumentiert, ist zu entnehmen, dass sich bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts die Eichenfläche nördlich des Stechlin im Vergleich zu 1793 verringert hatte. In der Unterabteilung 91a (heutige Teilflächen 4211a² anteilig, 4211a³, 4212a³ anteilig des Naturwaldes) stockten 1856 120- bis 180- (140)-jährige Eichen der ersten Bodenklasse mit einzelnen, etwa 300-jährigen Stämmen, von sehr gutem Wuchs und geschlossen. Am Seerand und am Jagden 92 waren diese durchstellt von 80 bis 100-jährigen Kiefern, gemischt mit verschiedenartigen Buchen und viel Buchenunterwuchs. Es war geplant, in den kommenden 20 Jahren (I. und II. Periode) die 300-jährigen Eichen einzelstammweise zu nutzen⁴. Die Bestockung in der Unterabteilung 92a (anteilig die heutige Teilfläche 4213a¹ des Naturwaldes) wurde 1853 als ein nur stellenweise lichter, insgesamt geschlossener 150 bis 200-jähriger Eichenbestand der zweiten Bodenklasse mit einzelnen jüngeren Eichen, einzeln und horstweise durchmischt mit 80 bis 100-jährigen Kiefern, durchstellt mit Buchen aller Altersklassen und teilweise wüchsigem Buchenunterwuchs und einzelnen, eingesprengten alten Birken beschrieben. Auf dem ehemaligen Forstacker (der damaligen 91c und heutigen Teilfläche 4211a¹) wuchs eine 25-jährige, sehr gutwüchsige Kieferndickung. Die Kennwerte der Waldbestockung des heutigen Naturwaldes im Jahre 1853 sind Tabelle 4.5.1 zu entnehmen.

Die damalige 91b (Ostgrenze, z. T. Steilhang, und flacher Uferstreifen der heutigen Unterabteilung 4211a²) bestand aus einem lichten Mischbestand von 50-jährigen Erlen, einzelnen alten Eichen, Buchen, verschiedenartigen Kiefern, Aspen, Birken und mehreren anderen Holzarten. Der Bestand war bis 1862 zum Abtrieb vorgesehen. 1873 erfolgte mit der Anlage der so genannten Feuergestelle die Teilung der alten Jagden in Halbtagen, die nunmehr hinsichtlich der Größe den heutigen Abteilungen entsprachen. Die älteste erhaltene Forstkarte mit der neuen Abteilungsstruktur ist von 1912 (siehe Abbildung 4.5.7).

Die Karte widerspiegelt den seit über 100 Jahre anhaltenden Flächenrückgang der Eichenbetriebsklasse zugunsten der Nadelhölzer in der Oberförsterei Menz, nördlich des Stechlinsees. Dem im Jahre 1893 erarbeiteten Abschätzungswerk der Oberförsterei Menz ist zu entnehmen, dass Eiche und Buche in den älteren Beständen fast immer gemischt auftraten. In diesen Mischbeständen waren die in einem Alter von 150 bis 300 Jahren stehenden Eichen meist vorherrschend, während die zumeist aus Stockausschlag entstandenen 80 bis 150-jährigen Buchen zurücktraten. Seit 1878 wurde die

³ Oberforstmeister VON SCHÖNFELDT berichtete am 30. Mai 1786, „das Revier sei von allem Holze entblößt“ (Generelle Revierbeschreibung der Oberförsterei Menz 1853).

⁴ Entgegen der für die Eichen in Tabelle 4.5.1 enthaltenen, geplanten Abtriebszeiträume findet sich im Betriebsplan der Oberförsterei Menz 1853 ein Hinweis, dass der Abtrieb der damals 140 bis 200-jährigen Eichen in den ehemaligen Abteilungen 91, 92 nach hinten verschoben werden kann, da die Eiche unter den günstigen Verhältnissen in Menz ein noch viel höheres Alter ohne bedeutende Verluste an Zuwachs aushalten kann.

Tab. 4.5.1: Übersicht der ertragskundlichen Kennwerte des heutigen Naturwaldes im Jahre 1853 (Betriebsplan der Oberförsterei Menz 1853⁵)

Forst- adresse im Jahre 1853	Forst- adresse im Jahre 1893/1938	heutige Teilfläche	Holzart	Mittleres Alter (1853) in Jahren	„Gefundene (1853) haubare Holzmassen“		
					(fm)	(fm/ha)	geplanter Abtrieb
91a	211b 211c 212a (anteilig)	4211a ² und 4211a ³ , 4212a ³ (anteilig)	Eiche	140	5.790	453,4	1873–82
			Eiche	300	167	13	1853–72
			Buche	60	50	3,9	1873–82
			Kiefer	90	651	51	1873–82
			Birke	70	43,4	3,4	1853–62
			Aspe	70	6,7	0,5	1853–62
91b	211b	4211a ²	Erlen, Aspen, Birken	60	153,6	66,8	1853–62
			Eichen	200	93,5	40,6	1853–62
			Buchen	120	6,7	2,9	1853–62
			Kiefern	120	40	17,4	1853–62
91c	211a	4211a ¹	Kiefer	25	–	–	1943–52
91d		4211b	Blöße	–	–	–	–
92a (anteilig)	213a	4213a ¹	Eiche	160	9.432,7	298	1873–82
			Eiche	200	828	26	1853–72
			Kiefer	90	2.998	95	1873–82
			Buche	60	1.185	37,5	1873–82
			Birke	65	194	6	1863–72

Eiche auf 20 m breiten „Coulissenschlägen“ durch Lodenpflanzung und seit den 80er Jahren auf 10 bis 20 ar großen Löcherschlägen durch Kleinpflanzung und durch Saat in Menz erfolgreich kultiviert. Vorherige Eichenverjüngungsversuche in Menz, die bis ins Jahr 1810 zurückreichten, waren erfolglos geblieben⁶. Die Eichen zeigten in beiden Verfahren einen guten Wuchs, jedoch wurde

⁵ Das Wirtschaftsziel der Oberförsterei Menz nach 1853 war auf die Zurückdrängung der Kiefernbestände und die Mehrung des Laubholzes (Buche und Eiche) gerichtet, da im Vergleich zu anderen Landesteilen gute Bodenverhältnisse vorhanden waren, die entsprechende Massenerträge an Eiche und Buche und im Vergleich zur Kiefer höhere Gelderträge aufgrund vermutterter, zukünftiger Verknappung des Laubholzes erwarten ließen.

⁶ Das Wirtschaftsziel für den 1893 bestätigten Betriebsplan wurde im Vergleich zu 1853 komplett umgestellt und sah nunmehr „auf den besseren Böden Kiefernbestände mit mehr oder weniger starker Beimischung der Eiche und unter thunlichster Erhaltung der Buche als Füllbestand, auf den ärmeren Böden reine Kiefer mit hochwertigen Nutzungsantheil“ ... vor. Auf die Erziehung reiner Eichenbestände wurde verzichtet. (Vermessungs- und Abschätzungswerk der königlichen Oberförsterei Menz v. 1. Oktober 1892)

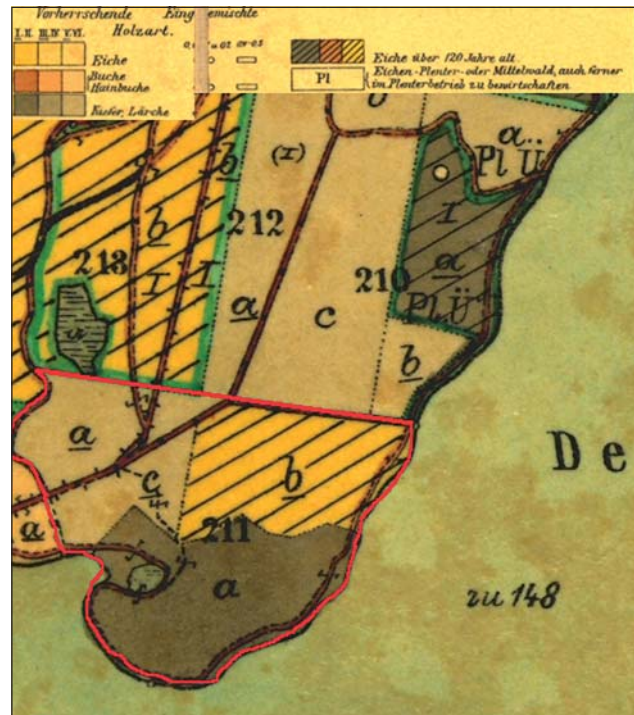


Abb. 4.5.7: Waldzustand des heutigen Naturwaldes (Grenzen rot gekennzeichnet) im Jahre 1912, Auszug aus der Karte der königlichen Oberförsterei Menz

Tab. 4.5.2: Bestandeskennwerte der heutigen Naturwaldfläche im Jahre 1893

Forst- adresse im Jahre 1893	heutige Teilfläche	Forst- adresse im Jahre 1853	Holzart im Jahre 1893	Mittleres Alter (1893) in Jahren	Schluss- grad	Volumen Derbholz/ ha	Geplanter Abtrieb
211b	4211a ²	91a	Eiche Kiefer (im Westen) Buche (im Westen)	170 115 ungleichaltrig	0,9	k.A.	1943
211c	4211a ³		Eiche aus Saat Kiefer und Birke aus Naturverjüngung Buche aus Stockausschlag Eichenschirm Kieferschirm	10 10 –	1,0	– – –	1893–1913 1893–1913
212a Süden (anteilig)	4212a ³ (anteilig)		Eiche aus Saat und Naturverjüngung Kiefer und Birke aus Naturverjüngung Eichenrestvorrat Buchenrestvorrat Kiefernrestvorrat	17	1,0	– – –	7 Vfm 1 Vfm 1,5 Vfm
211b (Ostteil)	4211a ²	91b	Eichen Buchen Kiefer	170 ungleichaltrig 115	0,9	k.A.	
211a	4211a 14211b	91c 91d	Kiefer	65	0,9	k.A.	1963
213a	4213a ¹	92a (anteilig)	Eiche aus Saat Kiefer und Birke aus Naturverjüngung Kiefer aus Pflanzung Buchen- und Aspen- stockausschlag	9 9 3	1	– – –	

auf die Gefahr der Verödung der 10 m breiten Lichtstreifen, die die Kulissenkultur von beiden Seiten umgaben, hingewiesen. Die Bestockungsstruktur der Waldflächen des heutigen Naturwaldes im Jahre 1893 ist nachfolgender Tabelle 4.5.2 zu entnehmen.

Im Vergleich zur Bestockungsstruktur von 1853 war die kompakte Alteichenfläche im heutigen Naturwald weiter zurückgegangen und beschränkte sich im Wesentlichen auf die Unterabteilung 211b, die heutige Teilfläche 4211a². Der vorhandene Schirm aus überwiegend Alteichen in den Unterabteilungen 211c und 212a (heutige Teilflächen 4211a³; 4212a³) sollte bis 1913 geschlagen werden, um den angelegten Eichenstreifensaaten, die schon damals z. T. stark verbissen und mit Birken- und Kiefernflug sowie Buchenstockausschlag durchsetzt waren, mehr Licht zu geben. Auch in der Unterabteilung 213a (heutige Teilfläche 4213a¹) war die Eiche durch Streifensaaten verjüngt worden, die Kultur bot einen ähn-

lich schlechten Zustand wie in den beiden anderen Flächen. Zur Herkunft des Eichensaatguts wurden keine Angaben gemacht. Aufgrund des in den Unterlagen erwähnten Verbisses der Eichenkulturen wurden nach Angaben über den Wildbestand in diesem Zeitraum recherchiert. Dieser muss 1892/93 verglichen mit heutigen Zuständen sehr gering gewesen sein, denn die Jahrestrecke auf über 5.000 ha Jagdfläche lag zwischen 1885 und 1892 jährlich bei 21 Stück Rotwild, 7 Stück Damwild, 16 Sauen und 18 Rehen. Die Jagdstreckenentwicklung und damit indirekt die Entwicklung der Schalenwildbestände und ihr Einfluss auf die Verhinderung einer natürlichen Eichenverjüngung konnte aus Zeit und Platzgründen hier nicht nachvollzogen werden.

1957–1964 Jahre nach der Erstfassung der Waldstruktur durch die BRAUN'sche Forstkarte und 6 Jahre vor Unterschutzstellung der Möncheichen (heutige 4211a²) als Naturwaldzelle auf Vorschlag des damaligen Ober-

Tab. 4.5.3: Bestandeskennwerte der heutigen Naturwaldfläche im Jahre 1957

Forst- adresse im Jahre 1957	heutige Teilfläche	Forst- adresse im Jahre 1893/1938	Holzart im Jahre 1957	Mittleres Alter in Jahren	Menge Derbholz	D 1,3 (cm)	Bestandes- mittelhöhe (m)
211c	4211a ²	211b	Eiche	235	212 Vfm/ha	63	27
			Kiefer	170	25 Vfm /ha	53	26
			Buche	140	50 Vfm/ha	36	19
			Buche (Naturverjüngung)	30	–	3	4
211 b ²			Kiefer	180	110 Vfm/ha	53	26
			Buche	140	100 Vfm/ha	34	22
			Eiche	235	30 Vfm/ha	65	22
211 b ¹		211a	Kiefer	125	180 Vfm/ha	40	25
			Buche	130	80 Vfm/ha	32	22
			Buche (Naturverjüngung)	45	5 Vfm/ha	8	10
			wenige Eichenüberhälter		–		
211 d ²	4211a ³	211c	Kiefer (Naturverjüngung)	69	20 Vfm/ha	31	23
			Buche (Naturverjüngung und Stockausschlag)	78	2135 Vfm/ha	26	22
212a ¹ (anteilig)	4212a ³ (anteilig)	212a (anteilig)	Kiefer (Naturverjüngung)	69	200 Vfm/ha	25	21
			Buche (Naturverjüngung)	20	–	3	3
211a	4211a ¹	211a	Kiefer	130	230Vfm	45	27
			Buche (Naturverjüngung)	65	65 Vfm	20	13
211d ¹	4211b		Kiefer	125	250 Vfm/ha	43	28
			Buche (Naturverjüngung)	65	40 Vfm/ha	20	13
			Erle/Birke	o. A.	–	–	–
213a ¹	4213a ¹	213a	Kiefer (Naturverjüngung)	69	220 Vfm/ha	35	23
			Buche (Stockausschlag)	78	65 Vfm/ha	23	19

försters WALTER WINKLEWSKI⁷ (WINKLEWSKI, U. mündliche Mitteilung, Bestätigung der Ausweisung 1963 durch Aktennotiz im ehemaligen Institut für Landschaftspflege und Naturschutz) sah das Waldbild des heutigen Naturwaldes wie folgt aus⁸, siehe Tab. 4.5.3.

In der im Jahr 1957 neu eingerichteten Unterabteilung 211c (anteilig heutige 4211a²) stockte eine flächenweise gegliederte Mischbestockung aus 205- bis 265-jährigen Eichen, 135- bis 190-jähriger Kiefer sowie 100- bis 190-jähriger Buche. Noch 1926 sowie 1938 war für diesen Bestand die Förderung der qualitativ ausgezeichneten

Eichen und Kiefern (Schneideholz) sowie das Belassen der zu Rotkern neigenden Buche festgelegt worden. Die (Rest)-Eichenfläche dieser Unterabteilung betrug etwa 7,88 ha. Im Unterstand wuchs eine 15 bis 30-jährige „wertlose“ Buchennaturverjüngung. Gegenüber 1926 erfolgte bis 1957 eine Verdopplung des Buchenderbholzvorrates und ein Rückgang der Eichenfläche um etwa 2,5 ha. Neu eingerichtet waren 1957 die Teilflächen 211b¹ und 211b², in denen die Eiche in Kiefern-Buchemischbeständen nur noch als Nebenbaumart Erwähnung fand. Eine annähernde Verdopplung des Buchenderbholzvorrats im Zeitraum 1926 bis 1957 vollzog sich auch in den 1957 ausgewiesenen Teilflächen 211a, 211b¹ und 211b². Auf den zwischen 1880 und 1890 durchgeführten Eichenstreifensaaten in den 1893 eingerichteten Unterabteilungen 211c, 212a und 213a (1957: 211d², 212a¹, 213a¹) hatte sich die Kiefer flächig durchgesetzt, die Buche war aus Stockausschlag und/oder Naturverjüngung beigemischt.

Die Eiche war vollständig aus den drei Kulturflächen verschwunden (!), 1926 und 1938 wird sie in allen drei Flächen zusammen mit der Birke noch als einzelstammweise eingesprengt erwähnt. Das Zusammenfallen von

⁷ Mit der Unterschutzstellung der letzten Reste der einst vorherrschenden Eichenwälder am Stechlin, die in den 40er Jahre durch die Kriegs- und Nachkriegshiebe nochmals stark dezimiert wurden, verband sich für Herrn WINKLEWSKI die Hoffnung, der Nachwelt möglichst lange noch das Erlebnis uralter Eichen zu ermöglichen.

⁸ Die Inventurdaten der im Jahre 1926 und 1938 erfolgten Forsteinrichtungen werden aus Platzgründen hier vorenthalten.

unterlassender Freistellung und nicht erfolgter flächiger Entmischung der Eichenkultur (fehlende Kulturpflege wegen Arbeitskräftemangels), Spätfrostschäden und selektiver Wildverbiss (fehlender Zaunschutz) an der Eiche hatten offensichtlich zu diesem Waldbild geführt. Diese drei Ursachen für den schlechten Kulturzustand werden im Betriebswerk der Oberförsterei Menz von 1926 erwähnt.

Die waldbaulichen Vorstellungen von 1893 in Bezug auf die drei Hauptbaumarten Kiefer, Eiche und Rot-Buche in Menz wurden 1926 und auch 1938 im Wesentlichen bestätigt. In Bezug auf die Buche (Kiefern-Buchenmischbestand und den Umgang mit der Buche in Eichenkultur) wurden sie weiterentwickelt: *„Hauptholzarten werden die Kiefer und die Eiche bleiben müssen. Bei beiden Holzarten ist auf eine angemessene Beimischung der Buche besonders Wert zulegen. Die vorhandenen Buchenbestände lassen wegen des häufigen Vorkommens des roten Kerns die Nachzucht reiner Buchenbestände nicht ratsam erscheinen. Je nach den Bodenverhältnissen wird für die Nachzucht die Eiche oder die Kiefer als Hauptholzart in Frage kommen. In älteren reinen Kiefernbeständen wird durch horst- und gruppenweisen Voreinbau der Buche eine spätere Bestandsmischung vorzubereiten sein. Es wird mehr wie bisher Wert darauf gelegt werden müssen in den Kiefernbeständen die beigemischten Buchen zu pflegen, damit sie am Bestandesschluss teilnehmen und sich später auch natürlich verjüngen können... Die Nachzucht der Eiche wird weiter durch natürliche Verjüngung anzustreben sein, empfehlen wird er sich jedoch, rechtzeitig durch Einbringen von Eicheln nachzuhelfen, um den Verjüngungszeitraum abzukürzen“* (Betriebswerk Oberförsterei Menz, 1926).

Im Betriebswerk von 1938 der Oberförsterei Menz wurde erstmals ausdrücklich auf die unbedingte Zurückdrängung bzw. Zurückhaltung der Buche in den Eichenverjüngungen hingewiesen. Offensichtlich hatte nach Beendigung der Streunutzung und Waldweide in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts eine Erholung der Oberbodenzustände eingesetzt, die der Buche nunmehr ein besseres Wachstum ermöglichten. Dies ist für buchenbestockte Waldflächen auf Endmoränenstandorten der benachbarten ehemaligen Oberförsterei Himmelpfort dokumentiert (LFE, 2004, Steckbrief Naturwald Woblit) und wird an den zwischen 1926 und 1957 im Vergleich zur Kiefer enormen Derbholzzuwächsen der Buche in den Forstadressen 211a, 211b¹ und 211b² sichtbar. Die Buche hatte sich zur konkurrenzstärksten Baumart auf den vom feuchten Tieflandsklima geprägten Standorten der Oberförsterei Menz entwickelt. Sie hat bis zum Jahr 2002, sowohl auf der ab 1963 nicht mehr bewirtschafteten und damals noch überwiegend mit Eichen bestockten Naturwaldparzelle, der heutigen Teilfläche 4211a², als auch in den durch Kiefer-Buchenmischbestände geprägten und noch bis 1990/2000 weiter bewirtschafteten Teilflächen des heutigen Naturwaldes, an Konkurrenzstärke gewonnen, siehe Abbildungen 4.5.3. und 4.5.4. (baumartenspezifische Grundflächenanteile und Durchmesserhöhenbeziehungen). Lediglich an einem von siebenundvierzig systematisch angeordneten Aufnahmeorten der Gehölzverjüngung (mit je vier Plots) war 2003 neben den schon „in den Startlöchern“ stehenden Buchenkeimlingen eine beachtenswerte Dichte von ein-

und mehrjährigen Eichen vorzufinden, die sich im Lichtschacht des nur hier unterbrochenen Kronendaches befanden.

Schlussfolgerungen

Bei der Bewertung von heutigen Waldbestockungen ist die Analyse der Bestandeseinstellung und Bestandesbehandlung ein unverzichtbares Element, da die natürliche durch Klima und Standort im engeren Sinne geprägte Waldentwicklung, durch menschliche und vor allem forstwirtschaftliche Eingriffe, die den Anforderungen der jeweiligen Zeit zu entsprechen hatten, überprägt worden ist. Dies wird am Beispiel der Waldflächen des heutigen Naturwaldes Möncheichen für die letzten 200 Jahre deutlich gemacht. Dabei ist der (vor allem forstwirtschaftlich) in Menz seit mehr als 200 Jahren gehegte Wunsch, auch zukünftigen Generationen wertvolle Trauben-Eichenbestände zu hinterlassen, Motiv für ein bewusstes Festhalten und den Versuch zur Erneuerung der Zwischenwaldphase Eichenwald gewesen. Die natürliche Waldentwicklung der Menzer Waldflächen zum Schlusswaldstadium Buche wurde aufgrund fehlender gesellschaftlicher (wirtschaftlicher) Nachfrage und sicher auch aus Unkenntnis des Wuchspotenzials der Buche lange Zeit bewusst hinausgezögert und erst im 20. Jahrhundert waldbaulich genutzt. Das Ziel wertvolle Eichen im Buchenoptimum auf ihr zusagenden Standorten zu begründen und zu erziehen (DÜNNBIER, 2000), ist forstwirtschaftlich nach wie vor aktuell und könnte unter Ausnutzung der natürlichen Waldentwicklung bevorzugt unter Kiefer und Eiche erfolgen. Das Erbgut der letzten „Möncheichen“ sollte gesichert und für die Begründung neuer Eichenwälder genutzt werden. In von der Buche dominierten Waldbeständen ist heute ohne das Zutun des Menschen das natürliche Entstehen eines Eichenbestandes in forstwirtschaftlich sinnvollen Zeiträumen ausgeschlossen (JENSSEN und HOFMANN, 1996; JENSSEN et al., 2003).

Aber auf sandigen, entschlufften und entbasten Standorten, auf denen die Konkurrenz- und Leistungskraft der Buche nachlässt und die natürliche Verjüngung unter Buche Probleme bereitet, sind auch im feuchten und mäßig trockenen Tieflandsklima Möglichkeiten zur Begründung leistungsstarker Eichen-Buchen-Mischbestände vorhanden. Entsprechende waldbauliche Erfahrungen (CURSCHMANN, 1953) liegen hierzu vor. Es gilt sich ihrer zu erinnern.

Forsthistorische Quellen:

Brandenburgisches Forstmuseum Fürstenberg/Havel

Anlage 6c: Spezielle Beschreibung, Ertrags-Ermittlung und Betriebs-Plan der Hochwaldungen in der Oberförsterei Menz (Block III Stechlin) 1853

Beilage 14: Genereller Wirtschaftsplan für das Forstrevier Menz auf die ersten 10 Jahre der I ten Periode von 1853 bis 1862

Anlage 15: Genereller Kulturplan für das Forstrevier Menz auf den 10jährigen Zeitraum von 1853 bis 1862

Spezielle Beschreibung Ertragsermittlung und Betriebsplan der Hochwaldungen in der Oberförsterei Menz 1893. (Block III. Stechlin.)“

Vermessungs- und Abschätzungswerke der königlichen Oberförsterei Menz vom 1. October 1892 – Hauptverhandlung zum Abschätzungswerk für die Oberförsterei Menz vom Jahre 1893

**Brandenburgisches Landeshauptarchiv
Potsdam**

Genereller Wirtschaftsplan für die Oberförsterei Menz auf die 6 Jahre von 1860 bis 1865 unter vorgängiger Ausführung der in den Jahren 1853 bis 1859 ausgeführten Hauungen

D – REP 2A Regierung Potsdam Karten Nr. 1723 A: Karte Oberförsterei Menz 1912. Nach der auf den Waldzustand vom 1.10.1912 berichtigten Spezialkarte ausgearbeitet ... 1914. 1 : 25000, colorierter Umdruck.

D – Rep. 2A Regierung Potsdam III F Obf. Menz Nr: 12728: Betriebswerk der Obf. Menz von 1926

Forstamt Menz Waldaufnahmeheft, Revierförsterbezirk V Stechlin Zustand 1. X. 1938

**Amt für Forstwirtschaft Templin, Außenstelle
Fürstenberg**

Kopie der Karte von dem Forst District unter der Specie- len Aufsicht des Forstmeisters Brauns, worinnen die Forsten Zühlen, Zechlin, Zehdenick, Lüdersdorf, Reiersdorf, Ruppin, Rödlin, Menz, Papenbruch, Goldbeck und Gadow nebst der angrenzenden Situation zusammen- getragen und Reduciret worden im Jahre 1793 durch Sperlich, Coprint 1793 durch Steinmann

Kopie der Karte der Königlichen Oberförsterei Menz, Re- gierungsbezirk Potsdam, gemessen im Jahre 1845/46 und gezeichnet 1847 durch den Geometer von Tippels- kirch, zum Umdruck gezeichnet in der Forstlichen Plan- kammer 1847, M: 1 : 25000

Regierung der DDR, MfLF, Institut für Forsteinrichtung und Standortserkundung (1957): Wirtschaftsbuch der Oberförsterei Menz, Revier Neu-Globsow. Potsdam

4.6 Erziehung und Pflege der Eichenbestände unter Berücksichtigung der baumartenspezifischen Besonderheiten

KARL-WILLI LOCKOW

4.6.1 Die Durchforstungskonzeption

Eichenbestände und ihre Mischungen mit standortgerechten Baumarten stellen eine ökologische und ökonomische Alternative zum Kiefernreinbestand dar. Neben einer realen Leistungsbeurteilung mit Hilfe zuverlässiger Ertragstabellen und Wachstumsmodelle ist eine wissenschaftlich begründete Bestandesbehandlungskonzeption erforderlich. Zusammen mit der Beurteilung der Ertragsleistung dient sie der Quantifizierung des wirtschaftlichen Effektes der Eichenwirtschaft. Erziehung und Pflege müssen jedoch mit der Baumartenökologie in Einklang stehen, denn Stiel- und Trauben-Eiche weisen markante Unterschiede in den Standorts- und Lichtansprüchen, der Wachstumsgeschwindigkeit und Entwicklungsdynamik – und damit letztlich in der waldbaulichen Behandlung – auf. Intensiver als bei der Trauben-Eiche vollziehen sich bei Stiel-Eiche Höhenzuwachs und Höhenentwicklung. Auf jeweils charakteristischen Standorten kulminiert der Höhenzuwachs der Stiel-Eiche vor dem der Trauben-Eiche und der Zeitpunkt des schärfsten Konkurrenzkampfes ist straff mit der Kulmination des Höhenzuwachses korreliert. Daher ist in Stiel-Eichen-Jungwüchsen und -Jungbeständen die Mortalität bei sonst gleichem Alter der Bestockung höher als bei der Trauben-Eiche, so dass negative Phänotypenauslese, der Übergang von der negativen zur positiven Auslese und Standraumregulierung bei der Stiel-Eiche zeitlich früher erfolgen müssen und konsequenter umzusetzen sind, als bei der Trauben-Eiche.

Das stärkere Höhenwachstum und die größere natürliche Stammzahlausscheidung der Stiel-Eiche sind noch im Stangenholzalder nachweisbar und bei der Durchforstung zu beachten. Die Unterschiede in der Stammzahlhaltung beider Eichenarten verlieren sich etwa ab der Mitte der Hiebsreife und die größere Wuchsdynamik der Stiel- gegenüber der Trauben-Eiche kommt auch in den sich erst im Alter annähernden Bestandeshöhen zum Ausdruck. Stets höher ist – gleiche Durchforstungsweise und jeweils baumartentypische Standorte vorausgesetzt – die Durchmesserleistung der Stiel-Eiche. Die Umsetzung der verschiedenen Erziehungs- und Pflegemaßnahmen in den natürlichen Altersphasen in Abhängigkeit von Baumart und Bonität wird mit Hilfe des Kriteriums „Oberhöhe“ geregelt. Das Flussdiagramm in Abb. 4.6.1 gibt alle waldbaulichen Maßnahmen in Eichenbesto-

ckungen als zeitliches Nacheinander zusammengefasst wieder.

4.6.2 Jungwuchspflege

Erziehungsmaßnahmen im Jungwuchs erstrecken sich auf den Höhenbereich von 1,5 bis 7,0 m. Eichenjungwüchse müssen aus Gründen der Selbstdifferenzierung, einer guten natürlichen Astreinigung und zur Ausbildung einer feinastigen, wipfelschäftigen Krone gleichmäßig und stammzahlreich aufwachsen. Eingriffe sind auf ein notwendiges Minimum zu reduzieren. Es wird ausschließlich negative Phänotypenauslese betrieben, denn die Erhöhung der Produktivität und Stabilität sowie die Verbesserung der Qualität durch waldbauliche Maßnahmen beginnt bereits im Jungwuchsstadium. Die Entnahmen konzentrieren sich auf Sperrwüchse (Wölfe), auf bei Eiche häufig zu beobachtende einfache und rhythmische Zwiesel, kranke und nutzholzuntaugliche Individuen aus der Oberschicht. Begleitbaumarten – insbesondere Edellaubbaumarten wie Ahorn, Esche, Ulme und Vogelkirsche – müssen möglichst erhalten und gefördert werden.

4.6.3 Läuterung

Im Höhenbereich von 7,0 bis 12,0 m wird das Prinzip der negativen Phänotypenauslese fortgeführt. Entnommen werden Sperrwüchse und Zwiesel aus der herrschenden Schicht. Auch nach erfolgter Pflege muss die Bestockung zunächst geschlossen bleiben. Gute Stämme schon im Dickungsalter, etwa im Oberhöhenbereich von 8,0 m als Z-Baumanwärter durch Freistellen zu begünstigen, führt zur Vernachlässigung des Höhenwachstums, zu verstärktem Seitenastwachstum und damit zur Ausprägung eines hohen, in diesem Entwicklungsstadium ungünstigen Plumpeitsgrades der Krone. Die Folgen sind qualitätsmindernde Starkastbildung im unteren, wirtschaftlich attraktiven Stammbereich und späte Astreinigung gerade der wüchsigsten Stämme. Mischungsregelung muss für erwünschte Baumarten konsequent stark selektiv fördernd erfolgen. Nur schädigende Mischbaumarten sind zu entnehmen. Es ist nicht vorteilhaft, potenzielle Z-Baumanwärter bereits in der Läuterungsphase dauerhaft zu markieren.

4.6.4 Jungbestandspflege

Mit der Jungbestandsdurchforstung, die etwa im Oberhöhenbereich von 12,0 bis 15,0 m beginnt, wird konsequent zur positiven Phänotypenauslese übergegangen. Durch hochdurchforstungsartige selektive Pflege der besten Stämme soll der Zuwachs auf die dominanten, vitalsten, zuwachsstärksten und technisch wertvollen Bestandes-

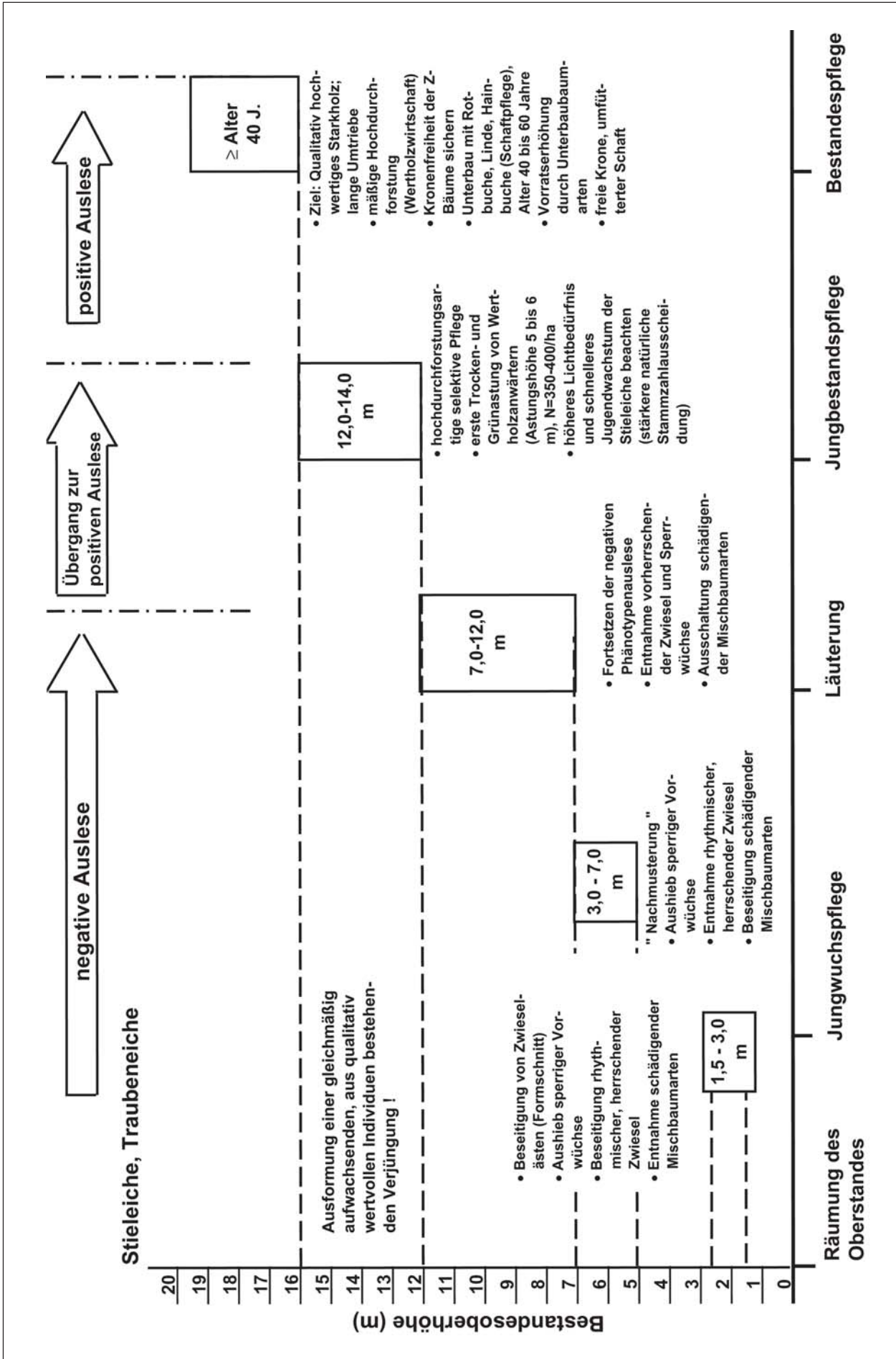


Abb. 4.6.1: Erziehungs- und Pflegemaßnahmen der Eiche, gegliedert nach natürlichen Altersstufen

glieder verlagert werden. Die mit der Entnahme des stärksten Konkurrenten bzw. Bedrängers einsetzende Begünstigung der Z-Baumanwärter korrespondiert ökologisch mit dem Lichtbedürfnis der Eiche. Ihre Bewirtschaftung, die im wesentlichen auf Wertholz ausgerichtet ist, erfordert zur Ausbildung zuwachsoptimaler Kronen mit großer Lichtkronenoberfläche auch Gruppenauflösung im Herrschenden. Mit gut strukturierten Kronen werden die Voraussetzungen für starken Durchmesserzuwachs geschaffen (Abb. 4.6.2).

Sozial absteigende, unter- und zwischenständige Bäume bleiben zur Schaftpflege, Verbesserung der Stabilität und zur Entwicklung eines zuwachsgünstigen Bestandesinnenklimas erhalten.

4.6.5 Bestandespflege

Die Erwirtschaftung von wertvollem Starkholz muss im Baumholzalter zunächst durch mäßige Hochdurchforstung fortgeführt werden. Spätestens bis zu Beginn dieser natürlichen Altersstufe ist die Auswahl der Z-Baumanwärter aus dem vorherrschenden und deutlich herrschenden Bestand (Baumklassen 1 und 2 nach KRAFT, 1884) abzuschließen. Aus technologischen Gründen (Schneisenaufriss, Holzbringung, Vermeidung von Rückeschäden) ist ihre dauerhafte Markierung zweckmäßig.

Bei der wertholzorientierten Durchforstung der Eiche sind alle Einflussgrößen auf die Ausbildung homogener Jahrringstrukturen zu beachten. Das impliziert insbesondere die zielgerichtete und vorsichtige selektive Förderung der Z-Bäume. Konzentrischer, gleichmäßiger Jahrringaufbau mit proportionalen Früh- und Spätholzanteilen ist betriebswirtschaftlich relevant und durch Vermeidung von Kronenspannungen im Herrschenden und Regelung der Standweiten zu erreichen. Durch die Entnahme von Bedrängern im Herrschenden ist die weitere Ausbildung zuwachsoptimaler Kronen zu sichern. Es werden keine Kronen mit großem Ausladungsfaktor, sondern mit großem Lichtkronenanteil und relativ hohem Bekronungsgrad angestrebt. An den besten Stämmen des Bestandes sind astfreie Stammlängen von 6,0 bis 10,0 m das Ziel

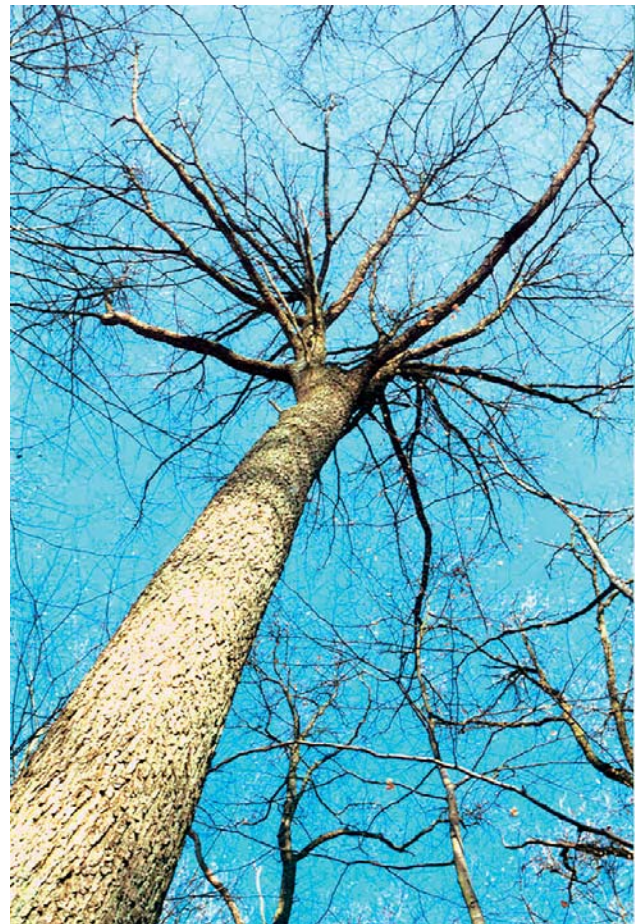


Abb. 4.6.2: Bäume mit zweischnüriger Schaftform und gutausgebildeten, symmetrischen Kronen sind das Pflegeziel der Eichenwirtschaft

(Abb. 4.6.3). Auf ungenügende Kronenpflege reagiert die Eiche häufig mit Wasserreiser- und Klebastbildung. Unter- und Zwischenstand bleibt daher zur Schaftpflege und Förderung eines günstigen Bestandesinnenklimas erhalten. Die Durchforstungsstärke geht mit steigendem Alter zu schwachen Entnahmen über.



Abb. 4.6.3: Trauben-Eichen-Durchforstungsversuch Revier Maienpfehl, Abt. 172, Lehroberförsterei Freienwalde, AfF Eberswalde. Sehr gut strukturierter Wertholzbestand mit langen astfreien Stämmen und guten Schaftformen.

Die dienende Funktion des Rot-Buchen-Unterbaus kommt auch in der Schaffung eines günstigen Bestandesinnenklimas zum Ausdruck.

4.7 Saaten – Pflanzung – Naturverjüngung – Der Weg zu gemischten Eichenwäldern

ECKARD HAFEMANN, SONJA LÖFFLER,
FALK STÄHR

Beide heimischen Eichenarten lassen sich sowohl auf natürlichem Wege (Naturverjüngung) als auch über Kunstverfahren (Saat; Pflanzung) verjüngen. Die in den letzten Jahrhunderten praktizierte künstliche Bestandesverjüngung oder Bestandesanlage widerspiegelt zum einen den wirtschaftlichen Zwang zu kurzen Verjüngungszeiträumen, zum anderen verlorene Erfahrungen hinsichtlich rationeller Bewirtschaftung. Naturverjüngungen spielten auch in Regionen mit traditioneller Eichenwirtschaft kaum noch eine Rolle (KWF, 1995). Gegenwärtig findet

eine Rückbesinnung auf die damit verbundenen Vorteile statt.

In Brandenburg dominiert die künstliche Verjüngung, vor allem aufgrund des notwendigen Flächenrückgewinns für die Eichen (s. Kap. 3.2). Die Entscheidung, über Saat oder Pflanzung vorzugehen, wird nicht zuletzt durch das Abwägen der Vor- und Nachteile beider Verjüngungsarten bestimmt (Tab. 4.7.1).

Die Entscheidung zwischen Saat oder Pflanzung hängt maßgeblich von der Notwendigkeit ab, konkurrierende Bodenvegetation zeitweise auszuschalten. In solchen Fällen hilft nur eine angepasste Bodenbearbeitung. De-

Tab. 4.7.1: Vor- und Nachteile der beiden Verjüngungsarten Pflanzung und Saat

Verjüngungsart	Vorteile	Nachteile
Pflanzung	<ul style="list-style-type: none"> – Anpassungsmöglichkeit von Pflanzensortiment und -zahl an die flächenbedingten Erfordernisse – geringerer Pflegeaufwand – rationellere Ausnutzung geringer Saatgutvorräte – Auswahl unter einer Reihe an die Pflanzengröße und die Konkurrenzsituation angepasster Verfahren möglich – schnelleres Überwinden von Wildverbiss und Konkurrenzvegetation 	<ul style="list-style-type: none"> – Wurzelverluste in sortimentspezifischem Umfang bei der Pflanzenernte – Gefahr der Vitalitätsverluste zwischen Auslieferung und Verpflanzen am Verjüngungsort – Wurzelveränderungen bei der Verschulung und der Pflanzung – hohe flächenbezogene Verjüngungskosten – Verpflanzschock in pflanzengrößenabhängiger Ausprägung
Saat	<ul style="list-style-type: none"> – naturnahes Verjüngungsverfahren – ungestörte Wurzelentwicklung (rasches Tiefenwachstum) ermöglicht bessere Pflanzenentwicklung (mit rascherem Höhenwachstum) im Vergleich zu Pflanzungen – natürliche Selektion durch am Standort wirkende Ökosystemfaktoren – betriebswirtschaftlich effizienter als Pflanzung – größere Stammzahl verringert die Ästigkeit, verbessert die natürliche Schaftreinigung und erleichtert die Auslese bei Jungbestandspflege – Verwendung von Saatgut mit bekannten genetischen Parametern 	<ul style="list-style-type: none"> – geringeres Durchsetzungsvermögen der Keimlinge gegen Konkurrenten – nicht kalkulierbare Schädigungsrate (Keimlingsmortalität, Samenverlust durch verdämmende Begleitflora, Aufnahme des Samens durch Mäuse und Vögel) – höherer Pflegeaufwand – Periodizität ausreichenden Samenanfalls – problematische Überwinterlagerung des Saatgutes

ECKARD HAFEMANN
Landesforstanstalt Eberswalde,
Dr. SONJA LÖFFLER
Landesforstanstalt Eberswalde,
Dr. FALK STÄHR
Landesforstanstalt Eberswalde



Abb. 4.7.1: Eichenvoranbau im Pflugstreifen

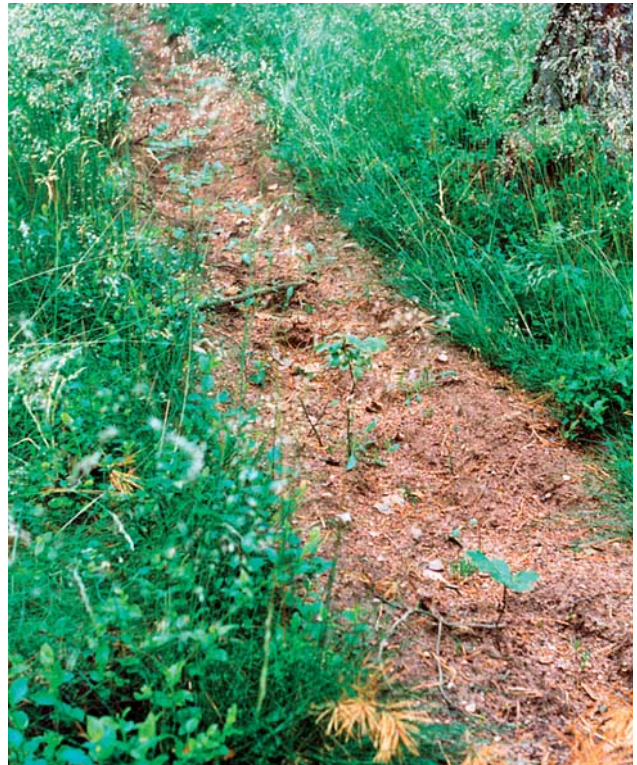


Abb. 4.7.2: Eichenvoranbau im Frässtreifen

ren Intensität richtet sich in erster Linie nach der vorliegenden Bodenvegetation sowie der Mächtigkeit der Humusaufgabe. Aufgrund der Unterschiede im Durchsetzungsvermögen gegen Begleitfloren zwischen Keimlingen und mehrjährigen Pflanzen werden bei beabsichtigten Saaten höhere Anforderungen an die Schaffung einer verjüngungsfreundlichen Bodenvorbereitung gestellt als bei Pflanzung. Dabei ist die voraussichtliche Entwicklung der Bodenflora als Folge der Eingriffe in den Oberstand zu berücksichtigen.

4.7.1 Bodenbearbeitung

Rationelle Bodenbearbeitung erfolgt maschinell und zumeist in Streifenform. Damit wird zum einen den Anforderungen der maschinellen Saat, zum anderen den eines relativ geringen Pflanzenabstandes in der Pflanzreihe Rechnung getragen.

Die streifenweise Ausführung erfolgt entweder in der herkömmlichen Form des Pflugstreifens (Abb. 4.7.1) ohne Lockerung des Bodens oder in der des Fräsmulchens (Abb. 4.7.2) (KOPP und SCHMIDT, 1996; BANDT und HAFEMANN, 2000) mit einer Kleinstreifenfräse. Die Kleinstreifenfräse greift in den mineralischen Oberboden ein und vermischt diesen mit dem Auflagehumus. Die Streifenbreite ist der Konkurrenzskraft der Bodenvegetation bzw. der Bestandessituation anzupassen. Die Maschinen weisen Arbeitsbreiten von 35–40 cm (Unterbaupflüge, Kleinstreifenfräse) oder um 70 cm (Anbaustreifenpflüge für Freiflächen) auf.

Plätzeweise Bodenbearbeitung erfolgt mit Blockzahngrubbern, die etwa 50 cm breite und zwischen 0,5 und 3 m lange Plätze ermöglichen.

Neben den Leistungs- und Kostenwerten der einzelnen Verfahren interessieren in zunehmendem Maße die bodenökologischen Auswirkungen. Plätzeweise Bodenbearbeitung ist hinsichtlich ihrer ökologischen Wirkungen als die Vorzugsvariante zu betrachten, muss jedoch in ihrer Eignung für Saat oder Pflanzung differenziert bewertet werden. Streifenweise Verfahren werden aufgrund des höheren Anteils bearbeiteter Fläche und beim Fräsmulchen zusätzlich wegen des Bodeneingriffs kritisch betrachtet.

4.7.2 Pflanzung

Ein wesentlicher Vorteil der Verjüngung über Pflanzung ist die Möglichkeit, mit unterschiedlichen Pflanzensorten (und angepassten Pflanzverfahren) auf unterschiedlich schwierige Flächenbedingungen reagieren zu können. Dieser Vorteil kommt jedoch nur bei Erhalt des sortentypischen Durchsetzungsvermögens, das wiederum eng mit der Funktionsfähigkeit des Wurzelsystems gekoppelt ist, zum Tragen. Welchen Gefährdungen dieses Verfahren unterliegt, belegen umfangreiche Untersuchungen in Bayern zu Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen, Pflanzverfahren, verfahrensbedingten Wurzeldeformationen, Wachstum und Stabilität der Verjüngungen (z. B. NÖRR, 2002, 2003; LWF 1997, 2002). Nachdrücklich werden dadurch ältere Erkenntnisse, gegen die oft verstoßen wurde und wird, bestätigt:

- Sofern möglich, kleine Pflanzen verwenden – dadurch: geringere Deformationsgefahr, ungestörteres Wurzelsystem, geringer Verpflanzchock, höherer Anteil Pfahlwurzelbildung, deutlich geringere Mortalität.

Tab. 4.7.2: Empfehlungen der Eichenpflanzverfahren in Abhängigkeit von der verwendeten Pflanzensorte und der Vegetation bzw. Humusauflage

Pflanzensorte	mittl. Sprosslänge (cm)	mittl. Wurzellänge (cm)	Vegetation/Humusauflage	Pflanzverfahren
1/0	15–30	15–20	leichte Humusauflage, schwache Vergrasung (Drahtschmiele)	Hauen- und Spatenpflanzung, Hohlspatenpflanzung, Göttinger Fahrradlenker, Maschinenpflanzung
2/0, 1/1	25–50	15–20	stärkere Vergrasung	Hauen- und Spatenpflanzung, Hohlspatenpflanzung, Göttinger Fahrradlenker, Maschinenpflanzung
1/2	50–80	20–25	starke Vergrasung	Bohrlochpflanzung, Hohlspatenpflanzung, Maschinenpflanzung
2/2	80–120+	30–35	Reitgras, Farn, Brombeere	Bohrlochpflanzung, Pflanzpflug, Baggerpflanzung

- Qualitativ hochwertige Pflanzen einsetzen.
- Pflanzverfahren dem Wurzelsystem anpassen, niemals umgekehrt.
- Pflanzung nicht unter Zeitdruck, dafür mit ständiger Sorgfalt und häufigen Kontrollen

Es sind möglichst Eichenpflanzen der Sorten 1/0, 1/1 und/oder 2/0 zu verwenden.

Die bereits auf einer KWF-Veranstaltung (KWF 1995) diskutierte Frage nach einer die Bedingungen des Pflanzortes berücksichtigenden Pflanzenproduktion in der Baumschule wurde von KÄTZEL et al. (2003) zahlenmäßig untersetzt: Der Ernährungsstatus der ausgebrachten Trauben-Eichen geriet von einer Nährelement-Überversorgung in zwei Standjahren auf ein unteroptimales bis mangelhaftes Niveau.

Ein wichtiges Ergebnis dieser Untersuchungen ist die eindeutige Klärung der Zuordnung manueller und teilmechanisierter Pflanzverfahren und ihrer technischen Arbeitsmittel zur definierten Pflanzensorte.

Es erwächst zwangsläufig die Forderung nach ausreichenden Kenntnissen zu den differenzierten Einsatzbereichen der Eichenpflanzensorten und der zugehörigen Pflanzverfahren (Tab. 4.7.2).

Mit zunehmender Pflanzengröße reduziert sich die Anzahl einsetzbarer Pflanzverfahren. Letztlich bleiben nur noch die teilmechanisierten oder maschinellen Lösungen.

Die angegebenen Pflanzverfahren besitzen die **technischen** Voraussetzungen, das für die jeweilige Pflanzensorte typische Wurzelsystem in erforderlicher Arbeitsqualität in den Boden zu bringen. Das KWF (2000; 2004) hat Untersuchungsergebnisse zu Pflanzendimensionen und verwendbaren Arbeitsmitteln zusammengestellt (Tab. 4.7.3).

Das mit zunehmender Pflanzengröße steigende Durchsetzungsvermögen gegen Konkurrenzvegetation schafft zwar einen Freiraum für den Verzicht auf intensive unterstützende Maßnahmen (Bodenvorbereitung; Pflege). Er wird allerdings nur unter strikter Verwendung der auf die jeweilige Pflanzengröße (Spross und vor allem Wurzel!)

zugeschnittenen Pflanzlösung wirksam und durch höhere Pflanzkosten erkaufte, die sich wiederum durch geringere Pflanzanzahlen auf der Fläche reduzieren lassen. Wo immer möglich, sollte bei manuellen Pflanzverfahren auf eine vorausgehende Bodenbearbeitung verzichtet werden. Die von der Bodenvegetation gezogenen Grenzen sind jedoch sorgfältig zu beachten.

Pflanzanzahlen

Waldbauliche Zielsetzungen, die gewählte Pflanzensorte sowie das standörtlich mögliche Produktionsziel bestimmen die auszubringende Pflanzanzahl. Stark- und wertholzorientierte Eichenbewirtschaftung setzt etwa 6.000 Pflanzen auf Freiflächen bzw. 4.000 Pflanzen im Voranbau im Stadium der gesicherten Verjüngung pro ha voraus. Damit sollten 8.000 Stück (Freifläche) bzw. 6.000 Stück (Voranbau) pro Hektar beim Einsatz von Sorten mit Sprosslängen < 80 cm nicht überschritten werden. Beim Einsatz größeren Pflanzmaterials verringert sich die Pflanzanzahl. Durch Mitanbau dienender Baumarten (Hainbuche, Winterlinde) und Nutzung der Schirmwirkung bestehen weitere Spielräume für die Variation der Pflanzanzahlen (EBELING und HANSTEIN, 1988). Bei der Berechnung der Pflanzanzahlen sind der real zu bepflanzende Flächenanteil und die Begleitbaumarten zu berücksichtigen. In Tab. 4.7.4 sind Leistungs- und Kostenrichtwerte für Pflanzverfahren, die bei der Baumart Eiche angewendet werden, zusammengestellt. Sie können in Abhängigkeit von den realen Rahmenbedingungen erheblich variieren.

Pflanzenentwicklung

Das Wachstum der Eichenpflanzen wird u. a. wesentlich vom Standort (Wasserversorgung und Nährelementausstattung) und den Belichtungsbedingungen gesteuert. Sie bewirken in der ersten und teilweise noch in der zweiten Vegetationsperiode nur einen geringen Sprosslängenzuwachs, da in dieser Phase vorrangig die Entwicklung eines leistungsfähigen Wurzelsystems erfolgt.

Unter standörtlich günstigen Bedingungen erreicht die Pflanzenhöhe am Ende der dritten Vegetationsperiode das 2- bis 2,5-fache, nach 5 Jahren das 4- bis 6-fache der am Ende der ersten Zuwachsperiode festzustellen-

Tab. 4.7.3: Empfehlungen zur Pflanztechnik und Einsatzgrenzen in Abhängigkeit vom Pflanzmaterial KWF (2001–2004)

Gerät / Maschine	Einsatzgrenzen	Wurzellänge (cm)	Wurzelbreite (cm)	Sprosslänge (cm)
Pflanzhaue Buchenbühl (Buchenbühl Schrägpflanzverfahren)	hoher Skelettgehalt, intensive Durchwurzelung, stärkere Reisigdecke	max. 22	max. 11	30 ... 50
Hartmann-Haue (Rhodener Verfahren)	hoher Skelettgehalt, intensive Durchwurzelung, stärkere Reisigdecke	max. 25	max. 20	50 ... 120
Hohlspaten nach JUNACK	flachgründige Böden, mittlere Vegetation, mäßige Reisigauflagen, mittlere Humusauflagen	max. 22	max. 18	60 ... 100
Göttinger Fahrradlenker	mittelschwere Böden	max. 25	max. 18	80 ... 120
Stihl-Bohrgerät	hoher Skelettgehalt, starke Durchwurzelung	max. 30	max. 18	80 ... 120
Pflanzfuchs	starke Reisigauflage, starke Durchwurzelung, hoher Skelettgehalt	30 ... 50	18 ... 25	120+
Pflanzmaschine Wahlers	hohe Stockzahl, Flachgründigkeit oder hohe Bodendichte	max. 25	15 ... 20	50 ... 80
Pflanzmaschine FRISCHO	sehr flachgründige Böden, hohe Stockzahl, hoher Skelettgehalt	max. 35	max. 20	120+ (... 300)
Kleinbagger mit Pflanzspaten	keine	max. 50	max. 35	120+ (150 ... 180)

Tab. 4.7.4: Leistungs- und Kostenrichtwerte der Eichen-Pflanzverfahren

Verfahren	Pflanzensorte	Leistung (Pflanzen pro Ah/MAS)	Zeitbedarf (min pro 100 Pflanzen)	Kosten ¹⁾ (Euro pro 100 Pflanzen)
Pflanzung mit Klemmspaten	2/0, 1/2	170–200	30–35	14 ... 17
Pflanzung mit Göttinger Fahrradlenker	1/0, 2/0, 1/2	60–80	75–100	36 ... 48
Buchenbühl Verfahren	1/0, 2/0	110–120	50–55	24 ... 26
Rhodener Verfahren	1/1, 1/2	65–70	85–95	41 ... 45
Pflanzung mit Hohlspaten	1/2, 2/2	50	120	58
Bohrloch-Pflanzung	1/2 (Stihl-Bohrgerät)	65	90	46
	2/2 (Pflanzfuchs)	35	170	102
maschin. Pflanzung (Wahlers)	2/0, 1/2	500	12	26
maschin. Pflanzung (FRISCHO)	2/2	375	16	35
Baggerpflanzung (Kleinbagger)	2/2 und größer	80–100	60–75	128 ... 160

¹⁾ Kosten ohne Pflanzenmaterial

den Werte. Auf armen und zugleich gering wasserversorgten Standorten liegt das Höhenwachstum nach 5 Jahren bei höchstens 30 % des Ausgangswertes (HAUSKELLER-BULLERJAHN, 1997). In der Begründungs- und Stabilisierungsphase spielen die Belichtungsbedingungen offenbar eine noch untergeordnete Rolle (HAUSKELLER-BULLERJAHN et al., 2000; v. LÜPKE, 1987).

Die Gefährdung durch Wild, Pilzbefall (Mehltau) und Wasserkonkurrenz der Flächenvegetation ist naturgemäß in den ersten drei Vegetationsperioden besonders hoch.

4.7.3 Saaten

Eichensaaten erfolgten bis in die Gegenwart vorrangig auf Freiflächen (KWF, 1999) in Streifenform (Reihensaat). Sie erfahren derzeit unter geeigneten Voraussetzungen eine Erweiterung durch plätzeweise Saat. Darüber entscheiden vor allem die angestrebte Verjüngungsdichte und ihre räumliche Verteilung in Abhängigkeit vom potenziellen natürlichen Ankommen ergänzender Baumarten sowie die konkreten Aufwands-Leistungs-Relationen der Verfahren. Letztere lassen sich anhand der Daten in Tab. 4.7.1 überschlägig beurteilen. Vor allem der

Tab. 4.7.5: Produktivitäts- und Kostenwerte verschiedener Saatverfahren

Verfahren	Arbeitsmittel	Systemkosten ¹⁾ (Euro pro Std)	Arbeitszeitbedarf (MAS/Ah pro ha)	Gesamtkosten (Euro pro ha)
A. Kombinierte Verfahren				
Bodenbearbeitung/Saat mit Grubber (2.000 lfm Arbeitslinie)	Grubber „Weilmünster“ mit Sävorrichtung, zweireihig, Traktor HOLDER C870	65	0,75 ... 1,50	49 ... 98
Bodenbearbeitung/Saat mit Kombinations-Sämaschine (2.000 lfm Arbeitslinie)	Sämaschine Sämagrub (für Buche) zweireihig, Traktor HOLDER C 870	70	1,0 ... 1,4	70 ... 98
Bodenbearbeitung/Saat mit Kombinations-Sämaschine (4.000 lfm Arbeitslinie)	Sämaschine ÖkoSat/U-120 einreihig, Traktor HOLDER C870	67	1,5 ... 2,5	100 ... 167
B. Entkoppelte Verfahren				
Maschinelle Bodenbearbeitung und maschinelle Reihensaat	Kleinstreifenfräse KSH 700 am Traktor HOLDER C 870	64	6 ... 8	640 ... 832
	Sämaschine SäGrimm 2000 am Traktor HOLDER C 870	64	4 ... 5	
	Unterbaupflug UBP am Traktor HOLDER C 870	60	3,2 ... 6,0	450 ... 683
	Sämaschine SäGrimm 2000 am Traktor HOLDER C870	64	4 ... 5	
Maschinelle Bodenbearbeitung und manuelle Saatausführung (Bodenbearbeitung plätzeweise)	Kultivator Kobold am Traktor HOLDER C 870 Saat (plätzeweise)	63 28,55	2 ... 3,3 20	697 ... 779
Maschinelle Bodenbearbeitung (streifenweise) und manuelle Saatausführung	Kleinfräse KSH 700 am Traktor HOLDER C 870 manuelle Saat	64 28,55	6 ... 8 10 ... 13	669 ... 883
	Unterbaupflug UBP am Traktor HOLDER C 870 manuelle Saat	60 28,55	3,2 ... 6 10 ... 13	477 ... 732
C. Vergleichsverfahren				
Manuelle plätzeweise Bodenbearbeitung und manuelle Saat	manuelle Bodenbearbeitung mit Plagghacke oder Breithacke manuelle Saat	28,85 28,55	33,3 ... 66,7 16	1.420 ... 2.380

¹⁾ Die Systemkosten schließen die Lohnkosten ein.

wirtschaftliche Vorteil der Saaten gegenüber Pflanzungen ist nicht zu unterschätzen (GOTTFRIEDSEN, 2002).

Saatverfahren

Die wirtschaftlich effektivste Variante der Saat ist die Direktsaat in den unbearbeiteten Mineralboden. Ihr möglicher Anwendungsumfang ist an geeignete Flächenbedingungen geknüpft, zu denen u. a. geringmächtige Rohhumusauflagen (< 5 cm) oder eine Vegetationsdecke mit geringer Konkurrenz Wirkung (geringmächtige, lückige Drahtschmielen- und Blaubeerdecken) zählen.

Bei intensiver Bodenvegetation (nach Arten, Deckungsgrad, Vitalität) bzw. stärkerer Humusaufgabe wird die Freilegung des Mineralbodens vor oder mit der Saat erforderlich (siehe Bemerkungen zur Bodenbearbeitung). In solchen Fällen ist aus betriebswirtschaftlichen Gründen

der Einsatz eines **kombinierten Verfahrens** nach Tab. 4.7.5 zweckmäßig.

Entkoppelte Verfahren mit zeitlich getrennter Bodenbearbeitung und Saat sind den Anwendungsfällen im oberen Schwierigkeitsbereich vorbehalten. Sie wurden jedoch auch unter deutlich einfacheren Bedingungen verwendet (PREUHSLER et al., 1994), offenbar in Erwartung günstigerer Startbedingungen für die Keimlinge (dazu siehe unter 4.7.1).

Die Ausführungsformen der Bodenarbeiten und der Saat stehen in engem Zusammenhang:

- Streifenweise Bodenbearbeitung und größere Flächen bedingen aus wirtschaftlichen Gründen in der Regel Maschinensaat. Nach betrieblicher Situation ist auch eine teilmechanisierte Ausführung denkbar: Maschinelle Anlage von Kolterrillen und manuelle Saat.

- Plätzweise Bodenbearbeitung zwingt zu manueller Saat.

Bei der Planung von Saaten sind Notwendigkeit und Ausführung der unterstützenden Bodenvorbereitung einzu- beziehen. Insbesondere müssen standortsspezifische Faktoren wie die temporäre Verringerung der Vegetationskonkurrenz, die Beeinflussung des Wasserhaushaltes und die Wirkungen auf die Nährelementgehalte des Bodens beachtet werden.

Die derzeit verfügbaren technischen Arbeitsmittel für Saaten und vorbereitende Arbeiten sind in Tab. 4.7.5 ersicht- lich.

Saatzeitpunkt

Als Saatzeitpunkte sind grundsätzlich der Spätherbst bis Frühwinter nach Samenfall oder das folgende Frühjahr geeignet. Saat nach Samenfall entspricht zwar den nat- ürlichen Abläufen, führt aber in der Keimungsphase zu höheren Gefährdungen. Frühjahrssaat garantiert i. a. rascheres und gleichmäßigeres Auflaufen und raschere Keimlingsentwicklung und ist deshalb vorzuziehen. Vor- aussetzung ist jedoch die Gewähr einer qualitätserhal- tende Überwinterlagerung der Eicheln. Dafür sollten die geeigneten technischen Möglichkeiten moderner Baum- schulen genutzt werden.

Aussaatmengen

Die in Veröffentlichungen mitgeteilten Aussaatmengen sind ohne Kenntnis der Saatgutparameter Keimfähigkeit (KF%) und Tausend-Korn-Masse (TKM), der tatsäch- lich zu besäenden Nettofläche (lfm. Saatreihen pro Flä- chen- einheit) sowie des angestrebten Pflanzenbestandes im Zustand der sicheren Verjüngung relativ wertlos. Unter Kenntnis dieser Daten muss die Aussaatmenge für je- de Einzelfläche neu berechnet werden. Dabei kann man unter normalen Bedingungen von folgenden Fakten aus- gehen:

- Keimlingsverlust in der ersten Vegetationsperiode etwa 15–20 % (Trockenheit; Pilzbefall; Fraß)
- Pflanzenabgang zwischen Lebensjahr 1 und 5 etwa 15 %.

Die Feststellung der wichtigsten Parameter des Saatgutes (TKM, KF%) durch eine fachlich geeignete Institution ist dringend anzuraten. Die Keimfähigkeit lässt sich in grober Näherung auch anhand der Befunde von Schnitt- proben abschätzen.

Sicherheitsreserven bei der Aufwandmengkalkulation sind u. U. anhand lokaler Besonderheiten und Erfahrun- gen individuell festzulegen.

Saatausführung

Der Saaterfolg hängt zudem erheblich vom Einhalten der Saattiefe ab. Bei Herbstsaat sind dafür 8 cm, bei Früh- jahrssaat 5 cm vorzusehen. Die höheren Werte der Win- tersaaten werden vorbeugend wegen der Frostgefähr- dung gewählt. Die Abdeckung der Rillen mit Mineralbo- den muss garantiert sein. Die errechneten Aussaatmen- gen sind vor Arbeitsbeginn an der Maschine sorgfältig

einzustellen („Abdrehen“ der Maschine in mehrfacher Wiederholung).

Zu erwartende Pflanzenentwicklung

Die Sprosshöhenentwicklung von Eichensaaten ist so- wohl art- als auch standortgüteabhängig. Der Einfluss der Belichtung wirkt offenbar erst mit zunehmendem Alter stärker auf das Höhenwachstum ein. Unter den für Saaten geeigneten Standorten in Brandenburg kann bei Trauben-Eiche mit den in Tab. 4.7.6 dargestellten Sprosslängen gerechnet werden:

Tab. 4.7.6: Längenentwicklung der Eichensaaten in den ersten 10 Jahren ihrer Entwicklung

Alter der Saat (Jahre)	1	2	3	5	10
Sprosslänge (cm)	6–15	15–20	25–40	60–80	deutlich > 250

Diese Werte resultieren aus praktischen Saatversuchen in Brandenburg sowie in Mecklenburg-Vorpommern (MEHL, 2000). Sie werden durch Ergebnisse von KÄTZEL et al. (2005) für die ersten 5 Lebensjahre als Mittelwerte bestätigt. Hierbei erreichten die Saateichen im Alter von 5 Jahren die gleichen Höhenwerte wie die um zwei Jah- re älteren gepflanzten Trauben-Eichen, deren Ausgangs- höhe bei 18 cm lag. Bei einem Mittel von 91 cm wurden Spitzhöhen von 270 cm erreicht (Abb. 4.7.3).

Als Besonderheit wird auf das mögliche verspätete Kei- men bis „Überliegen“ der Eicheln und Keimen im Folge- jahr verwiesen. Entsprechende Hinweise lieferten Saat- versuche mit Stiel- und Trauben-Eiche im AfF Kyritz, die mit unterschiedlicher Saatedichte durchgeführt wurden (Tab. 4.7.7).

Gefährdungen

Eichensaaten sind, wie auch Naturverjüngungen, einer Reihe biotischer und abiotischer Schadeinflüsse aus- gesetzt. Beim gegenwärtigen Wildbestand ist in der Regel Zaunbau zum Schutz der Saaten erforderlich. Mehлтаube-

Tab. 4.7.7: Prozentuale Keimung von Stiel- und Trauben-Eiche in der 2. bzw. 3. Vegetationsperiode im Vergleich zum Saatjahr

Baumart/ Saatvariante	Saatjahr	Vegetations- periode 2	Vegetations- periode 3
Stiel-Eiche			
– hohe Saatedichte	100 %	105–131 %	115–130 %
– geringe Saatedichte	100 %	104–131 %	107–137 %
Trauben-Eiche			
– hohe Saatedichte	100 %	79–92 %	79–92 %
– geringe Saatedichte	100 %	93–109 %	93–109 %

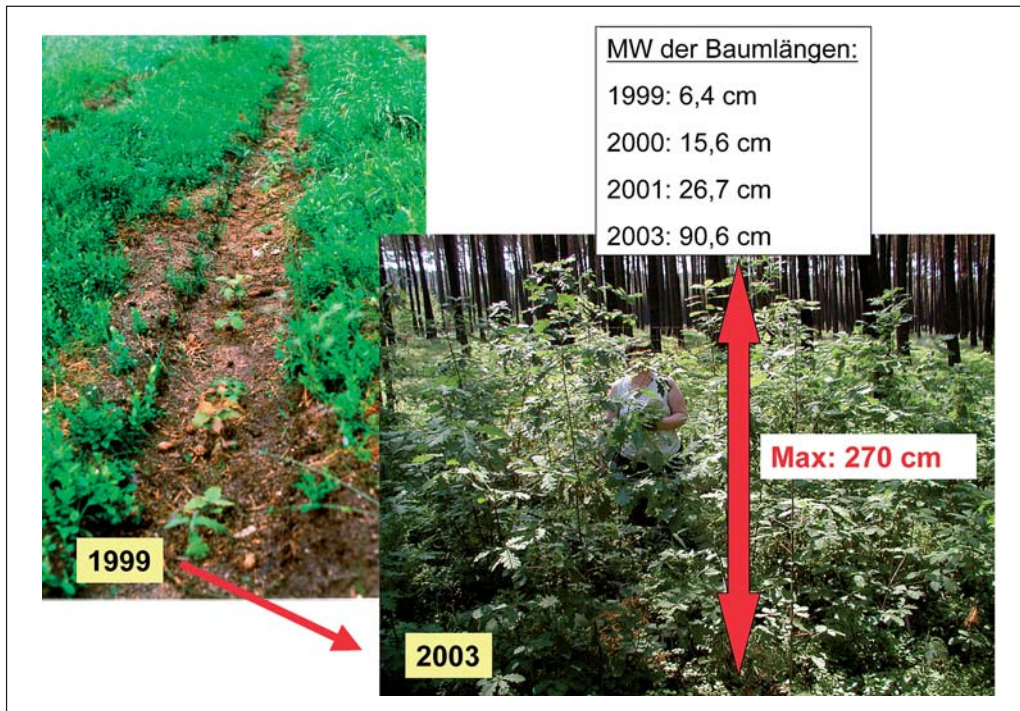


Abb. 4.7.3: Entwicklung einer Saat von 06/1999 bis 06/2003 (KÄTZEL et al., 2005)

fall ist häufig. Er tritt verstärkt in Saaten unter Bestandeschirm auf (erhöhte Luftfeuchte wegen stärkerer Windruhe und Beschattung). In der Regel nicht lebensbedrohend, führt er jedoch zu merklichen Zuwachseinbußen und Vitalitätsverlusten. Das Auftreten der Eichel-Schwarzfäule (Erregerpilz *Ciboria batschiana*) kann gelagerte Saatgutvorräte in erheblichem Maße für die weitere Verwendung negativ beeinflussen (z. B. KEHR und SCHRÖDER, 1997; NATZKE, 1997).

4.7.4 Vergleichende Untersuchungen zu Begründungsverfahren

Im Rahmen des nordostdeutschen BMBF-Forschungsverbundes „Zukunftsorientierte Waldwirtschaft“ (FKZ 0339734) wurden im Zuge von streifenweisen Eichenanbauten verschiedene Verfahren zur Bodenbearbeitung (Pflugstreifen mit ASP-2, Fräsmulchstreifen mit KSH 700, direkte Pflanzung ohne Bodenbearbeitung) sowie von Eichensaaten im Vergleich zu Pflanzung und Hähersaaten durchgeführt (KÄTZEL et al., 2003). Ergänzt wurde das Untersuchungsprogramm durch eine vergleichende ökologische Bewertung ausgewählter bodenhydrologischer und bodenchemischer Parameter (Tab. 4.7.8).

Im Gegensatz zum unbearbeiteten Boden, in dem in Trockenperioden die für die Pflanzenexistenz kritischen Saugspannungswerte von ≥ 50 kPa überschritten wurden, erreichten die Werte in den Pflug- und Fräsmulchstreifen nicht diese kritischen Bereiche. Grund dafür ist u. a. das Ausschalten der um Wasser konkurrierenden Bodenflora im bearbeiteten Streifen. Dabei hält die vegetationshemmende Wirkung des Fräsmulchens nur etwa 2 Jahre, die des Pflugstreifens über 4 Jahre an.

Die verfahrensspezifischen Rückwirkungen auf die Bodenkennwerte bleiben nicht ohne Konsequenzen für die Verjüngung (Tab. 4.7.9). Vergleicht man die Mortalitätsraten gepflanzter Eichen mit und ohne Bodenvorbereitung, so ist die Absterberate der Eichen in der Initialphase mit Bodenbearbeitung deutlich geringer. Wurde auf die Bodenbearbeitung verzichtet, starben bereits im ersten Jahr nach der Pflanzung 10 % der Eichen ab. Darüber hinaus hatten die Pflanzen dieser Variante den geringsten Blattflächenindex, das heißt, die kleinsten und leichtesten Blätter. Die Ausfälle auf unbearbeitetem Boden sind jedoch nur z. T. auf eine verringerte Wasserversorgung der Pflanzen zurückzuführen. Daneben wurden Pflanzausfälle durch vermeidbare Pflanzfehler (Miss-

Tab. 4.7.8: Zusammenfassung ausgewählter bodenkundlicher Parameter in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante auf zwei Umbauflächen [(1) AfF Templin bzw. (2) AfF Lübben]

Parameter	Fräsmulchstreifen	unbearbeitet	Pflugstreifen
Humusgehalt (%)	1: 5,13 2: 3,90	1: 2,99 2: 1,92	1: 1,62 2: 1,03
Basensättigung (%)	1: 35,37 2: 34,40	1: 16,29 2: 16,90	1: 16,30 2: 12,50
Ionenaustauschkapazität (mmolc/kg)	1: 38,42 2: 40,24	1: 28,27 2: 33,80	1: 19,63 2: 22,04
pH-Wert	1: 3,48 2: 3,24	2: 3,42 1: 3,82	1: 3,44 2: 3,77
Trockenroh-dichte (g/cm ³)	1: 0,80 2: 0,99	1: 1,12 2: 1,22	1: 1,26 2: 1,41

Tab. 4.7.9: Ausgewählte Entwicklungsparameter der Eichenverjüngung in Abhängigkeit vom Begründungsverfahren 4 Jahre nach Flächenbegründung [Fläche 1 AfF Templin, Fläche 2 AfF Lübben]

Parameter	Pflanzung in Pflugstreifen	Pflanzung in Fräsmulchstreifen	Pflanzung ohne Bodenbearbeitung	Saat in Fräsmulchstreifen
Mortalitätsrate (%)				
– Fläche 1	4,6	4,1	24,0	–
– Fläche 2	6,6	6,7	28,7	–
Pflanzhöhen (cm)¹⁾				
– Fläche 1	68	101	79	–
– Fläche 2	96	95	81	91
Stärkegehalt in den Wurzeln (µmol Glycosyleinh./g TM) im Frühjahr 2000				
– Fläche 1	1.272	988	999	–
– Fläche 2	1.199	1.414	1.141	1.579
Mg-Gehalt in Blättern (mg/g TM)				
– Fläche 1	1,55	2,01	1,75	–
– Fläche 2	1,42	1,67	1,75	1,84

¹⁾ Mittlere Sprosslängen bei der Pflanzung: Nord 16 cm, Süd 18 cm

verhältnis Arbeitstiefe/Wurzellänge) verursacht! Die bereits nach der ersten Vegetationsperiode ausgeprägten Pflanzenhöhenunterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten blieben auch noch fünf Jahre nach der Pflanzung erhalten. Bemerkenswert ist der Zuwachs der Saat, die einen zweijährigen Vorsprung der Pflanzungen bereits nach fünf Jahren egalisierte.

Als ein Indikator für die Assimilationsleistung im Verlauf der Vegetationsperiode einerseits und für die Überlebensprognose während der Vegetationsruhe (insbesondere bei warmen Wintern mit verstärkter Atmungsakti-

vität im unbelaubten Zustand) andererseits wurden die Gehalte an Stärke in den Wurzeln der Verjüngungspflanzen zum Beginn (November) bzw. nach Beendigung (März) der Winterruhe in den ersten beiden Jahren nach der Pflanzung bzw. Saat untersucht. In Übereinstimmung mit der Vitalitätsansprache wiesen beispielsweise die Bäume, die auf der südlichen Umbaufläche ohne vorangegangene Bodenbearbeitung gepflanzt wurden, im März 2000 um 25 % geringere Stärkegehalte im Vergleich zu Fräs- und Saatvariante auf. Dagegen enthielten Wurzeln von Saat-Eichen bereits nach der ersten Vegetationsperiode signifikant höhere Stärkegehalte als Pflanzen, die ohne Bodenbearbeitung bzw. im Frässtreifen gepflanzt wurden. Vor allem während der Initialphase der Pflanzungen ist die Dynamik der Blattspiegelwerte der Makronährstoffe besonders ausgeprägt. Am Beispiel der Magnesiumgehalte wird deutlich, dass sich die Gehalte von einer anfänglichen – durch die Anzucht in der Baumschule bedingten – Elementübersversorgung innerhalb von zwei Jahren in eine unteroptimale (Nordfläche: Mittelwert der Ernährungsstufe nach HEINSDORF 2,78) bis mangelhafte Ernährung (Südfläche: Mittelwert der Ernährungsstufe 1,91) entwickelt. Vor allem die Eichen der Pflugvarianten hatten in den beiden Folgejahren nach der Pflanzung kritisch niedrige Werte. Im weiteren Verlauf der Untersuchungen konnte jedoch gezeigt werden, dass sich der Elementgehalt zwischen den gepflügten und ungepflügten/gefrästen Pflanzvarianten angleicht (Abb. 4.7.4).

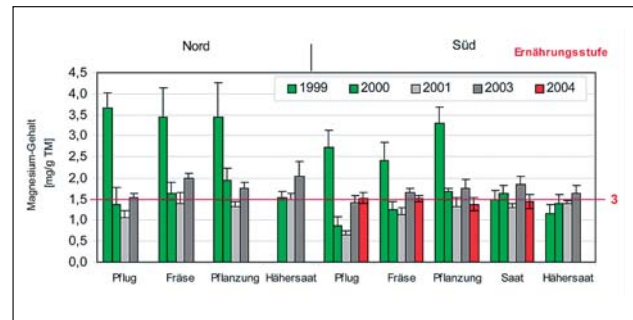


Abb. 4.7.4: Magnesiumgehalt der Eichenblätter in Abhängigkeit von der Pflanzvariante (Probenahme August, Ernährungsstufe 3 [= optimal] nach HEINSDORF, 1999) [Nord: AfF Templin, Süd: AfF Lübben]

5 Eichen als Wirtschaftsfaktor

5.1 Nutzung der Eichen – Sortenstruktur, Preisentwicklung, Absatzsituation

GERNOD BILKE UND THILO NOACK

5.1.1 Bedeutung des Eichenholzes

Der Anteil des durch die Landesforstverwaltung Brandenburg verkauften Eichenholzes an der Gesamtverkaufsmenge bzw. am Gesamterlös aus dem Holzverkauf (Abb. 5.1.1) entspricht 2004 in etwa dem Baumartenanteil der Eichen im Landeswald.

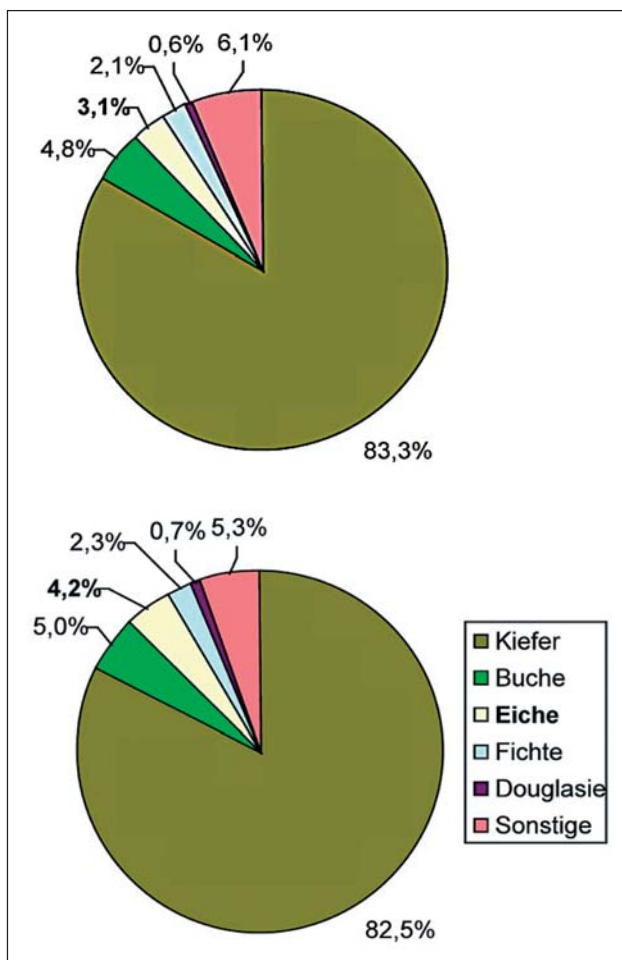


Abb. 5.1.1: Anteil der Holzarten am Gesamterlös bzw. am Gesamtverkaufsaufkommen in der Landesforstverwaltung Brandenburg 2004

In der Abb. 5.1.1 wird verdeutlicht, dass der Anteil des Eichenholzes am Gesamterlösaufkommen (4,2 %) rund 35 % über dem Anteil am Gesamtverkaufsaufkommen (3,1 %) liegt. Dies ist auf dem im Vergleich zu den anderen Holzarten höheren Gesamtdurchschnittspreis (Summe der Erlöse/Summe der Holzmenge) zurückzuführen.

In der Landesforstverwaltung werden für den Verkauf des Eichenholzes derzeit zwei Verkaufsverfahren angewandt:

- die Submission für das Eichenwertholz und sehr gutes Eichensägeholz und
- der Freihandverkauf für die übrigen Sortimente.

Die Käuferstruktur ist dabei maßgeblich vom jeweiligen Sortiment abhängig. So wird das hochwertige Eichenholz in erster Linie an Furnier- und Sägewerke im ganzen Bundesgebiet verkauft. Im Land Brandenburg selbst verbleibt weniger als 10 %.

Das normale Eichensägeholz sowie die Langholzabschnitte (Palette und Parkettholz) werden zu etwa 45 % in Brandenburg weiterverarbeitet. Weitere Holz mengen werden hauptsächlich an Holzverarbeiter und -händler in Norddeutschland, Polen und Dänemark verkauft.

Die Verwertung des Eichenindustrieholzes findet zu rund 65 % in Brandenburg statt. Weitere wichtige Verarbeiter und Händler sind in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Niedersachsen beheimatet.

5.1.2 Mengen und Sortenstruktur des verkauften Eichenholzes

Die Abb. 5.1.2 stellt die Entwicklung der Sortenstruktur beim verkauften Eichenholz in der Landesforstverwaltung Brandenburg in den Jahren von 1993 bis 2004 dar. Bei der Interpretation gilt es zu beachten, dass seit 1993 stetig weniger Treuhandwaldfläche bewirtschaftet wurde. Damit nimmt die Bezugsfläche, auf dem die abgebildeten Einschlagszahlen erreicht wurden, jährlich ab.

Aus der Abb. 5.1.2 geht hervor, dass:

- die Menge des verkauften Eichenholzes in den Jahren 1993 bis 2002 kleineren zyklischen Schwankungen unterlegen war,
- in den Jahren 2003 und 2004 im Vergleich zum langjährigen Mittel mehr als doppelt soviel Eichenholz verkauft wurde,
- die Mehrmengen der Jahre 2003 und 2004 fast ausschließlich eine Folge der Steigerung des Industrieholzabsatzes waren, wobei diese Mehrmengen in erster Linie der energetischen Verwendung zugeführt wurden,

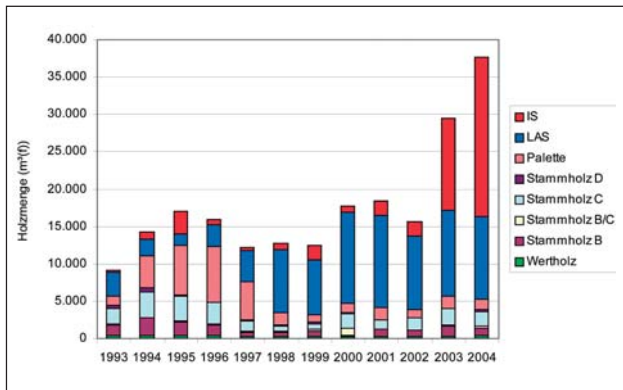


Abb. 5.1.2: Holzmengen und Sortenstruktur des verkauften Eichenholzes in der Landesforstverwaltung Brandenburg

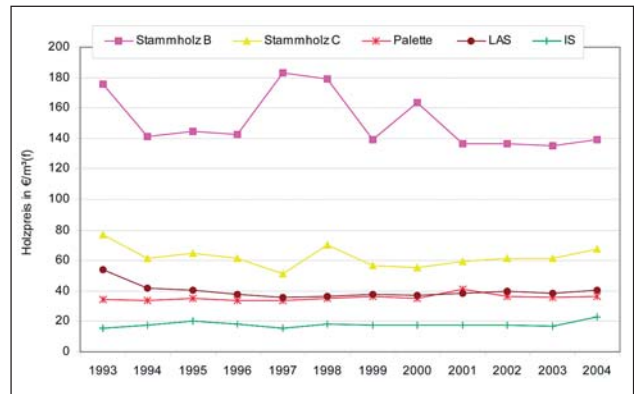


Abb. 5.1.3: Entwicklung der Preise für einzelne Eichenholzsorten in der Landesforstverwaltung Brandenburg in den Jahren von 1993 bis 2004

- der Anteil der Abschnitte (LAS, Palette) am Sägeholz ist von einem Anteil von 49 % im Jahre 1993 auf über 70 % im Jahr 2004 gestiegen,
- die abgesetzte Wertholzmenge war mit durchschnittlich 350 m³(f)/a stabil.

Neben der Größe und der Altersstruktur der Betriebsklasse Eiche bestimmt die Nachfrage den Umfang und die Zusammensetzung der abgesetzten Holzmenge. So ist in den letzten 12 Jahren ein deutliches Nachfragedefizit im Segment des schwachen Eichensägeholzes zu verzeichnen gewesen. Dies wurde in erster Linie durch Rückstellungen bei Holzeinschlagsmaßnahmen und das Ausweichen in geringwertige Sortimente kompensiert.

5.1.3 Preisentwicklung

In der Landesforstverwaltung Brandenburg wurden durch jährlich festgelegte Richtpreise (Herbsterlass) starke Holzpreisschwankungen unterbunden. So ist im Freihandverkauf auf Nachfrageveränderungen häufiger mit angepassten Sorten- oder Güteinstufungen als mit Preisauf- bzw. -abschlägen reagiert worden. Dabei hat die Vielfalt der unterschiedlichen Aushaltungskriterien (Kundenanforderungen) für spezielle Verarbeiter bzw. Händler in den letzten fünf bis sechs Jahren deutlich zugenommen. Dies gilt es, bei der Auslegung der in Abb. 5.1.3 dargestellten Preisentwicklung zu beachten.

In Abb. 5.1.3 wird verdeutlicht, dass sich die Holzpreise in den dargestellten Sorten nicht wesentlich verändert haben. Dem stehen aber gestiegene Lohnkosten bei der Aufarbeitung und eine durchschnittliche Steigerung des Verbraucherpreisindex von 1,7 %/a im Zeitraum von 1993 bis 2004 im Land Brandenburg (Statistisches Landesamt Brandenburg 2005) gegenüber.

Die jährlich für Wert- und Sägeholz durchgeführte Submission zieht Käufer aus dem gesamten Bundesgebiet an. Die hier erzielten Holzpreise sind durch das ungebundene Verfahren wichtige Frühindikatoren für die Preisentwicklung der Sägeholzsortimente. Die Nachfrageintensität wird dabei nicht nur durch die erzielten Durchschnitts- und Spitzenpreise abgebildet, auch die durchschnittliche Anzahl der abgegebenen Gebote ist ein wichtiger Beleg für das Kundeninteresse. In Abb. 5.1.4 sind

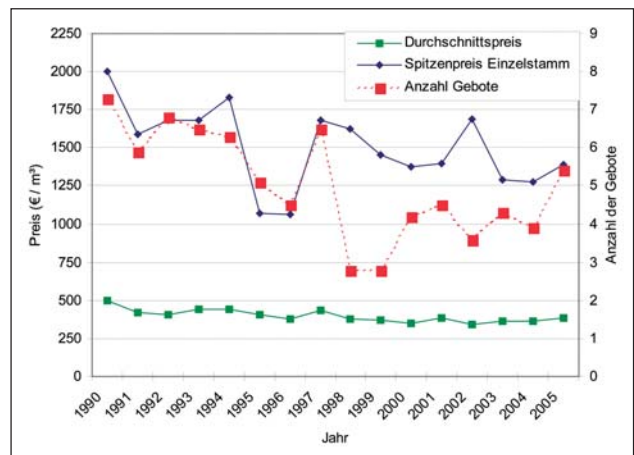


Abb. 5.1.4: Entwicklung der Durchschnitts-, der Spitzenpreise und der Anzahl der abgegebenen Gebote für Eichenholz auf den Meistgebotsverkäufen der Landesforstverwaltung Brandenburg in den Jahren von 1990 bis 2005

diese drei Kennzahlen des Eichenholzes in ihrer Entwicklung von 1990 bis 2005 dargestellt.

Abb. 5.1.4 zeigt, dass alle drei Kennzahlen im Beobachtungszeitraum einen deutlichen Abwärtstrend erfahren haben. Dabei zeigten die Spitzenpreise und die Anzahl der Angebote deutlich stärkere jährliche Schwankungen als die erzielten Durchschnittspreise.

5.1.4 Gesamterlöse

Der Anteil der Erlöse einer Sorte an den Gesamterlösen wird von der verkauften Holzmenge und dem erzielten Durchschnittspreis bestimmt. So können Sorten, die hohe Preise erzielen, auch mit geringen Mengen erhebliche Anteile am erzielten Gesamterlös haben. In Abb. 5.1.5 sind die Anteile der einzelnen Sorten am Gesamterlös des Eichenholzverkaufs der Landesforstverwaltung dargestellt.

Bei der Betrachtung der Abb. 5.1.5 fällt auf, dass:

- die Anteile der einzelnen Sorten über die Jahre erheblich schwanken können, eine Ausnahme bildet dabei das Wertholz,

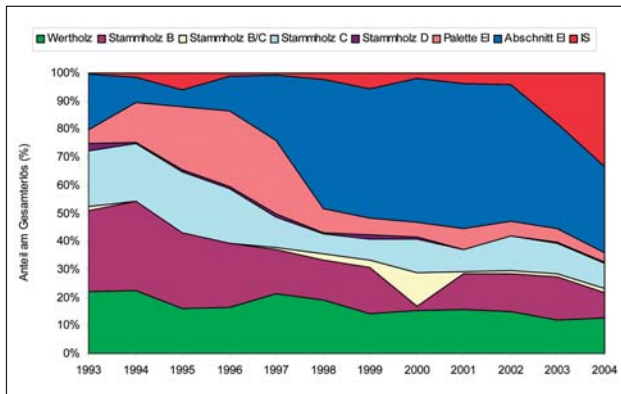


Abb. 5.1.5: Entwicklung des Anteils der einzelnen Sorten am Gesamterlös des Eichenholzverkaufs in der Landesforstverwaltung Brandenburg in den Jahren von 1993 bis 2004

- der Anteil des Sägeholzes Güte B stetig abgenommen hat,
- das Wertholz trotz eines geringen Holzmengeanteils (ca. 1 %) rund ein Fünftel der Gesamterlöse generiert und
- die Haupteinnahmequelle über alle Jahre die Stammholzsortimente (einschließlich Abschnitte) waren.

5.1.5 Resümee und Ausblick

Der Verkauf von Eichenholz ist für die Landesforstverwaltung Brandenburg ein wichtiger Einnahmeposten. Dabei liegt der Schlüssel für eine Anhebung des Be-

triebsergebnisses nicht, wie die Entwicklung der Durchschnittspreise in Abb. 5.1.3 gezeigt hat, in einer Verbesserung der Preise. Vielmehr kann eine optimale Holz-aushaltung und eine Veränderung der Sortenstruktur hier Fortschritte erzielen. Hierzu wäre eine Erweiterung des vorhandenen Kundenstammes vorteilhaft, denn erst eine weitgefächerte Anzahl von Aushaltungsalternativen ermöglichen eine angepasste Aushaltung.

Einer spürbaren Verbesserung der Sortenstruktur könnten Pflegerückstellungen in schwächeren Eichenbeständen der letzten Jahre entgegenstehen, die nun nachgeholt werden müssen.

Auf der Käuferseite zeichnen sich Entwicklungen ab, die zu einer deutlichen Belebung der Nachfrage nach Eichenholz beitragen könnten. So ebbt die durch den Boom im chinesischen Markt induzierte erhöhte Buchen-nachfrage ab und gibt so Kapazitäten für die Eiche frei.

Das dauerhaft und preiswert verfügbare schwache Eichensägeholz hat auf Seiten der Holzverarbeiter Interesse geweckt. In jüngster Zeit wird durch Innovationen in der Verarbeitung versucht, dieses Potenzial zu nutzen. Beispiele für solche Neuerungen sind das Thermoholz und der Einsatz von Profilerspaneranlagen im Laubholz-bereich.

Der hohe Ölpreis hat zu einer Renaissance des Holzes als Energieträger geführt. Hält diese Entwicklung an, wird in erster Linie der Anteil des nicht verwertbaren Holzes sinken.

Alles in allem bleibt der Verkauf von Eichenholz auch weiterhin ein wichtiges Geschäft, das zu seiner Umsetzung neben Fachkenntnissen auch Freude an der Wertschöpfung bedarf.

5.2 Holzaushaltung in Traubeneichenbeständen – Holzmengen, Sortenstrukturen und Güteklassen

ANNETT DEGENHARDT

Mit zunehmenden Kostenzwängen bei Einhaltung waldbaulicher und ökologischer Rahmenbedingungen steigt die Komplexität des Problems der optimalen Bewirtschaftung von Waldbeständen. Bei der Bewirtschaftung der Eiche in langen Produktionszeiträumen sind daher Holzmengenplanungen bei der Vor- und Endnutzung erforderlich.

Ausgehend vom qualitativen und quantitativen Leistungsvermögen der Trauben-Eiche (TEI) sollen Holzmengen und Sortenstrukturen in Abhängigkeit von natürlichen Bedingungen (Bonität der Bestände), der waldbaulichen Behandlungen und der Altersstruktur der Bestände dargestellt werden. Diese können als Entscheidungshilfe für die Ableitung waldbaulich und betriebswirtschaftlich optimaler Behandlungen von TEI-Beständen dienen.

Neben der Wuchsleistung werden vor allem die Dimensionsstruktur und die Schaftqualität der TEI als diejenigen Merkmale, die die Sortenstruktur und damit die erzielbaren Erlöse im Wesentlichen beeinflussen, Berücksichtigung finden.

Aus der Kombination von einmalig erfassten Probestflächen verschiedener Alter und Bonitäten mit langfristig beobachteten Versuchsflächen in mäßig hochdurchforsteten TEI-Beständen ließen sich betriebswirtschaftlich zu erwartende Ergebnisse für ein großes Alters- und Bonitätsspektrum der TEI ableiten. Anhand der Dimensionsstruktur und der Qualitätsmerkmale der Durchforstungsstämme konnten mit Hilfe des Programms „Holzernte“ der FVA Freiburg die anfallenden Sortimente quantifiziert und Erlöse abgeschätzt werden.

5.2.1 Parametrisierung des Programms „Holzernte“ der FVA Freiburg

Nach der Parametrisierung des Programms „Holzernte“ der FVA Freiburg für die Kiefer in Brandenburg und dessen Einführung in der LFV Brandenburg (DEGENHARDT, 2002) bot sich die Nutzung der Methodik auch für die TEI an. Erforderlich war dazu zunächst die Anpassung des Programms an die Schaftform der auf für Brandenburg charakteristischen Standortverhältnissen erwachsenen TEI.

Die Grundlage dafür bildeten 350 sektionsweise vermessene TEI-Stämme aller relevanten Durchmesser- und

Bonitätsklassen hauptsächlich aus Brandenburg, aber auch aus Mecklenburg-Vorpommern. Die Durchmesserwerte entlang des Schaftes lieferten sehr genaue Abbilder der Schaftformen und dienten dazu, das Programm „Holzernte“ zu parametrisieren. Innerhalb des Programms werden die Schaftformen durch Schaftformfunktionen beschrieben, deren Parameter „Formigkeitsstufe“ durch individuelle Messungen angepasst werden kann. Für die TEI in Brandenburg ergab sich als mittlerer Wert die Formigkeitsstufe „vollformig+3“.

Bei Nutzung des Programms „Holzernte“ zur Kalkulation von TEI-Beständen wird daher die Initialisierung mit diesem Parameter empfohlen.

5.2.2 Datenmaterial

Für die betriebswirtschaftlichen Betrachtungen lagen Daten von 24 einmalig aufgenommenen Probestflächen (MUCHIN, 2004) im Alter von 46–159 Jahren (Tabelle 5.2.1) und von zwei langfristig beobachteten Versuchsflächen der LFE (Tabelle 5.2.2) vor, deren Bestandesentwicklung durch mäßige Hochdurchforstung geprägt war.

Auf diesen Flächen wurden standortkundliche und waldwachstumkundliche Parameter erhoben. Die für die Auswertung relevanten waldwachstumkundlichen Parameter sind Alter, Stammzahl, Durchmesser- und Höhenstruktur des verbleibenden und ausscheidenden Bestandes. Den daraus abgeleiteten waldwachstumkundlichen Bestandesgrößen, wie relative Bonität (rel. Bon.), Bestockungsgrad (BG) oder Vorrat wurde die Ertragstafel für Eiche nach ERTELD (1962a) zugrunde gelegt. Für die Probestflächen erfolgten zusätzlich die Ermittlung der astfreien Schaftlänge sowie Güte- und Qualitätsansprüchen am stehenden Stamm.

Astfreie Schaftlänge

Da sich bei der TEI wie auch bei anderen Laubbaumarten der Schaft meist in einer bestimmten Höhe in mehrere Kronenäste auflöst, aber nur im Bereich vom Stammfuß bis zum Kronenansatz Stammholzaushaltung möglich ist, stellt die astfreie Schaftlänge einen wichtigen Parameter bei der Sortenkalkulation dar. Etwasiges Derbholz aus der Krone kann bis zum Aufarbeitungszopf nur als Industrieholz in kurzer oder langer Form aufbereitet werden.

Die astfreie Schaftlänge wurde an den Bäumen der einmalig aufgenommenen Probestflächen erfasst. Hier zeigte sich, dass die astfreie Schaftlänge keine signifikanten Abhängigkeiten vom Alter, der Bonität und dem BG aufweist. Als mittlerer Wert für alle berücksichtigten Pro-

Tab. 5.2.1: Ertragskundliche Kennwerte der Probe-flächen

Probefläche	Alter	Rel. Bon.
Callienenberg 193 a1 (41)	157	2,07
Callienenberg 194 a1 (48)	159	2,55
Dammendorf 80 b1 (52)	149	2,23
Dammendorf 84 a1 (69)	149	1,30
Fünfeichen (34)	46	-0,33
Groß Eichholz 5309 b11 (24)	47	0,11
Heidegarten 8296 a3 (22)	120	1,71
Jacobsee 63 a4 (71)	105	1,16
Kieselwitz 138 a8 (70)	136	3,82
Kleinsee 127 a3 (63)	117	2,17
Kleinsee 127 a5 (64)	122	2,20
Kleinsee 127 a6 (62)	106	1,19
Kleinsee 135 a5 (61)	67	1,11
Köthen 1626 a2 (60)	54	3,15
Pinnow 156 a3 (66)	119	1,39
Pinnow 192 a7 (68)	131	1,72
Riessen 20 b3 (72)	84	-0,42
Rotfließ 170 d1 (33)	123	1,55
Siehdichum 50 a3 (55)	123	1,36
Siehdichum 63 b1 (56)	148	2,00
Siehdichum 63 b1 (58)	148	2,31
Siehdichum 80 a1 (53)	52	2,19
Sternschanze 7338 b8 (26)	111	2,51

beflächen ergab sich eine Schaftlänge von 33,67 % ± 12,0 % (95 %-Konfidenzintervall) der mittleren Höhe des Bestandes. Damit liegt man hier im Bereich des von der LVA Freiburg für Eiche vorgegebenen Wertes von 35 %.

5.2.3 Sortenstruktur des ausscheidenden Bestandes

Ausgehend von statistischen Erhebungen (BILKE; Kap. 5.1) zur Sortiments- und Preisstruktur aus den Verkäufen des Jahres 2004 wurde versucht, die Holzertekalkulation mit möglichst gängigen, aber auch für alle Bestände passenden Sortimenten durchzuführen. Um die Bestände trotzdem vergleichbar zu halten, sollten je Stamm möglichst wenig verschiedene Sortimente ausgehalten werden. So entschied man sich für ein Stammholz- und ein Industrieholzsortiment. Für das Stammholz wurde LAS mit einer Länge von 3 m und einem Zopf von 20 cm gewählt. Da sich die Stammholzsortimente LAS, Parkett und Palette nicht standardisieren lassen, sondern nach Kundenwünschen sortiert werden, kann LAS dieser Dimensionen als durchschnittlicher Wert für die Sortimente angesehen werden. Für das Industrieholz wurde eine Länge von 2 m und ein Zopf von 7 cm festgelegt, so dass der Anteil an nicht verwertbarem Derbholz möglichst gering gehalten werden konnte.

Tab. 5.2.2: Ertragskundliche Kennwerte der langfristigen Versuchsflächen

Langfristige Versuchsflächen	Alter	Rel. Bon.
Eberswalde 3	91	1,99
Eberswalde 3	87	2,04
Eberswalde 3	84	2,16
Eberswalde 3	79	2,33
Eberswalde 3	72	2,33
Eberswalde 3	68	2,41
Eberswalde 3	64	2,47
Eberswalde 3	55	2,48
Eberswalde 3	46	2,68
Freienwalde 220 (2)	104	0,97
Freienwalde 220 (2)	99	1,08
Freienwalde 220 (2)	93	1,21
Freienwalde 220 (2)	88	1,36
Freienwalde 220 (2)	82	1,52
Freienwalde 220 (2)	75	1,72
Freienwalde 220 (2)	70	1,75
Freienwalde 220 (2)	63	1,78
Freienwalde 220 (2)	59	1,76
Freienwalde 220 (2)	54	1,66
Freienwalde 220 (2)	47	1,52

Auf der Grundlage dieser Sortimente konnte mit Hilfe des Programms „Holzernte“ für alle Flächen die Sortenstruktur der Durchforstungsstämme berechnet werden. Zu bemerken ist hierbei zusätzlich, dass Qualitätsmängel, die im Stammholzbereich zu Industrieholz führen, zunächst nicht berücksichtigt werden konnten.

Abbildung 5.2.1 zeigt den prozentualen Volumenanteil von LAS und IS am Gesamtderbholzvolumen des ausscheidenden Bestandes in Abhängigkeit vom Alter der Bestände. Mit einem nennenswerten LAS-Anteil ist demnach erst in Beständen ab Alter 60 zu rechnen. Ersichtlich ist auch, dass der Volumenanteil des Industrieholzes bis zum Alter 140 über dem des LAS liegt.

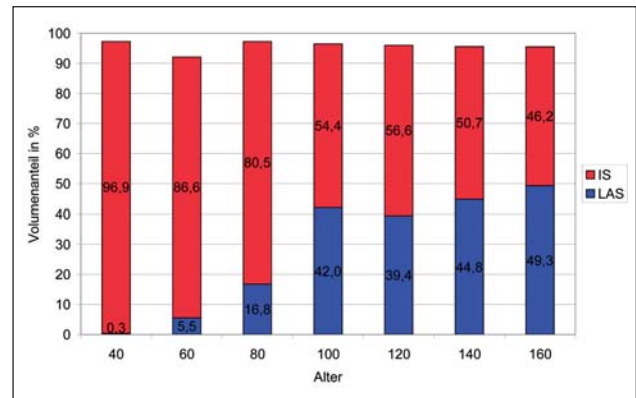


Abb. 5.2.1: Prozentualer Anteil von LAS und IS am VDH des ausscheidenden Bestandes

Die Untersuchungen zeigen weiterhin, dass die Anteile von LAS und IS signifikant vom Alter und von der Bonität der Bestände abhängig sind. Die Regressionsanalyse mit den vorliegenden Einzelwerten für jede Fläche ergab folgenden funktionalen Zusammenhang für den prozentualen Anteil LAS (ProzLAS)

$$\text{ProzLAS} = -177,735 + 47,426 * \ln(\text{Alter}) - 5,119 * \text{rel. Bon.}$$

Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 5.2.2 dargestellt. Hier zeigt sich, dass der LAS-Anteil mit zunehmendem Alter und besserer Bonität steigt. Zu beachten ist jedoch, dass die Randbereiche sowohl beim Alter (40 und 160 Jahre) als auch der Bonitäten (0. und 4. Bonität) nur durch sehr wenige Flächen belegt werden konnten und somit die dargestellten Verläufe nur bedingt für quantitative Vorhersagen geeignet sind.

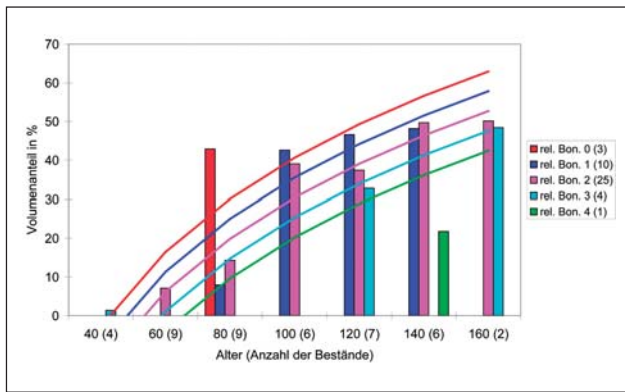


Abb. 5.2.2: Prozentualer Anteil von LAS am VDH des ausscheidenden Bestandes. (Die in Klammern gesetzten Werte geben die Zahl der einbezogenen TEI-Flächen an.)

Neben der Gesamt-LAS-Menge ist es jedoch auch deren Verteilung in den einzelnen Stärkeklassen, die die zu erzielenden Erlöse wesentlich beeinflussen. Zur Charakterisierung der Sorten- und Erlösstruktur sind in Abbildung 5.2.3 die prozentualen Anteile der Holzmengen in den einzelnen LAS-Stärkeklassen am VDH des ausscheidenden Bestandes in Abhängigkeit vom Alter dargestellt. Hier zeigt sich, dass nennenswerte Holzserträge der Stärkeklasse 2a ab einem Alter von 60 Jahren, der Stärkeklasse 2b ab einem Alter von 80 Jahren und der Stärkeklasse 3a ab einem Alter von 100 Jahren zu erwarten sind. Der größte Anteil von LAS der Stärkeklasse 2a liegt bei einem Alter von 120 Jahren, der Stärke-

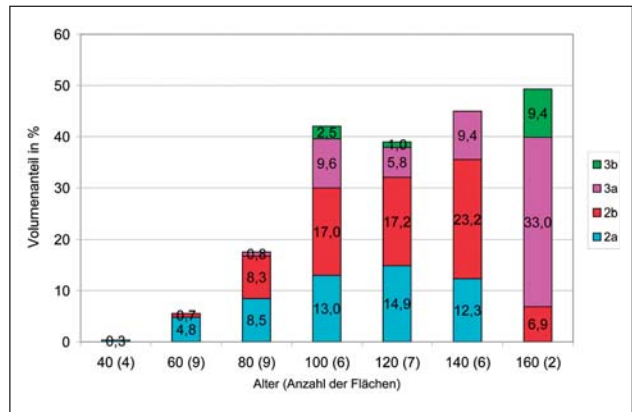


Abb. 5.2.3: Prozentualer Anteil der Holzmengen in den einzelnen LAS-Stärkeklassen am VDH des ausscheidenden Bestandes

klasse 2b bei 140 Jahren vor. Auch hier ist die Verteilung der Holzmengen in den einzelnen Stärkeklassen abhängig von der Bonität der Bestände. Aufgrund der geringen Zahl der Bestände in den einzelnen Alters- und Bonitätsklassen sind hier jedoch keine statistisch gesicherten Aussagen möglich.

5.2.4 Ergebnisse der Güte- und Qualitätsansprachen

Eine wichtige, den Erlös beeinflussende Größe ist die Güte der LAS-Stücke. Aus diesem Grund wurde in den Probeflächen ab einem Alter von 80 Jahren die Güte jedes einzelnen Stammes angesprochen, d. h. die stehenden Stämme gutachtlich abschnittsweise in die Güteklassen A, B und C zerlegt. Allein für die Entnahmestämme konnten jedoch aufgrund des geringen Stichprobenumfanges (nur wenige Probestämme des ausscheidenden Bestandes auf 15 Probeflächen) nicht nachgewiesen werden, dass das Alter oder die Bonität der Bestände einen Einfluss auf die Güteklassen am Stamm haben. Erst bei der Berücksichtigung der Daten der Gesamtbestände waren gesicherte Aussagen möglich. Die Ergebnisse der multiplen linearen Regression sind in Tabelle 5.2.4 dargestellt.

Hier zeigte sich, dass der Anteil des A-Holzes hauptsächlich durch das Alter der Bestände bestimmt wird. Beim B-Holz-Anteil zeigt jedoch auch die Bonität einen gesicherten Einfluss. Da der Anteil des A-Holzes nur sehr gering ist, insgesamt nimmt es nur ca. 2,5 % ein, wurde der A- und B-Holz-Anteil zusammengefasst. Hier

Tab. 5.2.4: Ergebnisse der multiplen linearen Regression

	A-Holz		B-Holz		A/B-Holz		C-Holz	
	Koeff.	Signifikanz	Koeff.	Signifikanz	Koeff.	Signifikanz	Koeff.	Signifikanz
Konst.	-25,859	,092	55,795	0,044	29,701	0,341	70,334	0,035
Alter	0,255	,086	0,326	0,203	0,584	0,065	-0,584	0,065
Rel. Bon.	-0,253	0,951	-22,596	0,007	-22,940	0,019	22,925	0,019

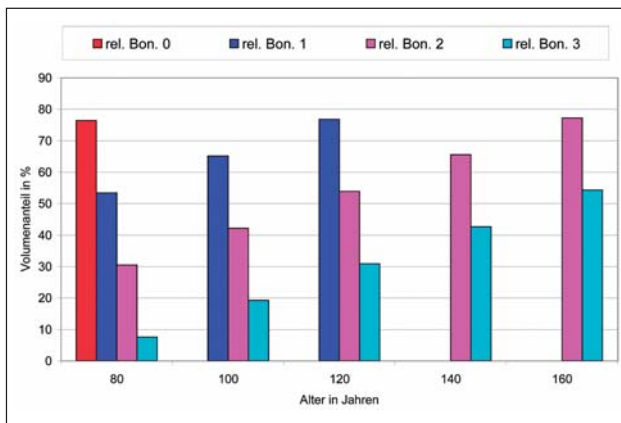


Abb. 5.2.4: Prozentualer Anteil des A/B-Holzes an der Gesamtmenge LAS in Abhängigkeit von Alter und Bonität

zeigt sich dann eine statistisch gesicherte Abhängigkeit vom Alter und von der Bonität. Gleiches gilt für den C-Holz-Anteil, der rechnerisch jedoch die Ergänzung zum gesamten LAS darstellt.

Während in Beständen schlechterer Bonität erst für ältere Bestände ein A/B-Holzanteil von 30–50 % erreicht werden kann, sind in Beständen 0. und 1. Bonität schon im Alter von 100 Jahren Anteile von 70 % möglich. In Abbildung 5.2.4 sind jedoch nur Bereiche dargestellt, für die Daten zur Verfügung standen. Eine Extrapolation über diese Bereiche hinaus scheint mit der für den Regressionsausgleich gewählten Funktion nicht sinnvoll. Dazu sind zusätzliche Daten und Untersuchungen erforderlich. Neben diesen quantitativ erfassbaren Qualitätsanspra-

chen untersuchte MUCHIN (2004) auch qualitative Merkmale der Stämme. Er berücksichtigte in seinen Auswertungen die Schaffform, die Kronenform, die Astigkeit und den Besatz mit Wasserreisern. Seine Untersuchungen zeigten nur schwache Tendenzen auf, dass die TEI bei steigender Wuchsleistung auch bessere Qualitäten aufweist. Diese Ergebnisse konnten jedoch nicht statistisch abgesichert werden. Ursache dafür scheinen hier die große Variabilität der Bestände und der Einfluss der bis zum Bestandesalter nicht immer nachvollziehbaren Bestandesbehandlungen zu sein.

5.2.5 Resümee

Mit den dargestellten Untersuchungen konnte ein Überblick über die Holzmen-gen, Sortenstrukturen und Güteklassen des ausscheidenden Bestandes in mäßig hochdurchforsteten TEI-Beständen gegeben werden. Ersichtlich wurde, dass mit einem nennenswerten LAS-Anteil erst in Beständen ab einem Alter von 60 Jahren, bei schlechteren Bonitäten eher später, zu rechnen ist. Dabei fallen die Stammholzabschnitte bis zu einem Alter von 140 Jahren hauptsächlich in die Stärkeklassen 2a und 2b. Erst für ältere Bestände nimmt der Anteil der Stärkeklassen 3a und 3b einen wesentlicheren Teil ein. Anzumerken ist hier, dass in diesen Beständen in der Praxis aufgrund der Baumdimensionen größtenteils Stammholz ausgehalten wird, was in den geführten Untersuchungen wegen der Vergleichbarkeit der Bestände bezüglich ihrer Erträge jedoch nicht berücksichtigt wurde. Die Auswertungen der Güteklassenansprache zeigten, dass der Anteil des A/B-Holzes an der Gesamtmenge LAS wesentlich vom Alter und von der Bonität der Bestände beeinflusst wird.

6 Schlussbetrachtung und Ausblick

Schlussbetrachtung und Ausblick

MICHAEL EGIDIUS LUTHARDT und RALF KÄTZEL

Wer Eichen pflanzt, denkt nicht an sich oder seine Kinder, sondern an die Zukunft! Die Eiche ist neben der Kiefer die charakteristische Baumart der Mark Brandenburg. Nicht zuletzt haben „Uralte Eichen“ Eingang in die heimliche Hymne der Brandenburger, die „Märkische Heide“, gefunden.

Der Anteil der Eichen an der aktuellen Waldfläche unseres Bundeslandes ist mit 4,4 % noch vergleichsweise gering. Wären die brandenburgischen Wälder in einem natürlichen Zustand, würden auf rund 2/3 der Waldfläche Eichenwälder verschiedenster Ausprägung und Mischung vorkommen. Den Eichen wieder mehr Fläche in den brandenburgischen Wäldern, insbesondere in deren südlichen Teilen, zukommen zu lassen, ist eines der erklärten Ziele des Waldumbauprogramms.

Ziel der vorliegenden Schrift war es, den aktuellen Stand der Forschung zur Eiche in Brandenburg und darüber hinaus zu dokumentieren. Dies ermöglicht es, Wissenslücken aufzudecken und für die forstliche Praxis erste Lösungsmöglichkeiten zu skizzieren. Im Vergleich zur Gemeinen Kiefer und zur Rot-Buche standen die Eichenarten in den vergangenen Jahrzehnten weit weniger im Fokus der forstlichen Forschung. Wie die vorliegenden neueren Ergebnisse zeigen, haben „Eichenfragen“ dennoch immer eine Rolle in der Eberswalder forstlichen Forschung gespielt.

Die Forschungsintensität rund um das Thema „Eiche“ hat in den vergangenen zehn Jahren deutlich zugenommen. Verantwortlich hierfür ist zum einen das gestiegene Interesse der Forstpraxis an der Verwendung der Eichen in Verbindung mit einer Reihe offener Frage zur Begründung und Bewirtschaftung von Eichen- (Misch) beständen. Andererseits hat sich die Brandenburger „Zukunftslaubbaumart“ zu einem europäischem Sorgenkind entwickelt. Dabei stellt sich die Frage, ob der sich verschlechternde Vitalitätszustand von vordringlich jungen und mittelalten Eichen ausschließlich auf abiotische und biotische Stressfaktoren zurückzuführen ist oder ob hieran auch die aktuellen Bewirtschaftungsverfahren mitbeteiligt sind. Wenn ja, ist zu fragen wie die Eichen zukünftig zu bewirtschaften sind, um die Anpassungsfähigkeit der Baumarten auch vor dem Hintergrund von Klimaveränderungen zu stärken.

Dr. MICHAEL EGIDIUS LUTHARDT
MLUV – Abt. Forst und Naturschutz,
Dr. habil. RALF KÄTZEL
Landesforstanstalt Eberswalde

Die Eiche hat sich von jeher schwer an die bestandesweise Bewirtschaftung angepasst. Viele waldbauliche Konzepte wurden entwickelt und später wieder verworfen. Die brandenburgischen Eichen-Naturwälder sind noch heute ein Spiegelbild der wechselvollen Geschichte der Eichenbewirtschaftung und vor allem der Nutzung der Eiche in den vergangenen Jahrhunderten. Der Mensch sah den Wert der Eichen(wälder) zunächst in seinen Früchten. Dass die Eiche auch heute wirtschaftlich wertvoll sein kann, zeigen die Kapitel 5.1 und 5.2. Die Nachfrage nach Eichenholz steigt, besonders in den letzten zwei Jahren, und es lässt sich ein höherer Gesamtdurchschnittspreis erzielen. Ob sich die Eichenwirtschaft auch künftig lohnen wird, hängt zunächst maßgeblich davon ab, ob die gegenwärtigen und künftigen Eichen mit hoher ökologischer Plastizität und folglich vital in größere Durchmesserklassen hineinwachsen können.

Für die stärkere Einbringung von Eichen in Kiefernreinbestände besteht zunächst eine günstige Ausgangssituation. Die Betrachtung von Eichennaturwäldern und ihrer Bestandesgeschichte zeigt die Grenzen und Potenziale ihrer Konkurrenzkraft. Die Trauben-Eiche und noch mehr die Stiel-Eiche besitzen innerhalb ihres Verbreitungsgebietes eine große Standortsamplitude. Besonders in der im Süden Brandenburgs ausgedehnten Klimastufe Tt findet sie ihr Optimum und stellt hier auch die Schlusswaldgesellschaft dar. Die Kiefernbestände können entsprechend dem natürlichen Waldentwicklungszyklus als Vorwälder genutzt werden. Auf den Flächen der feuchteren Klimastufen tritt die Rot-Buche als Schlusswaldbaumart in Konkurrenz. Eichenwälder müssen hier als Zwischenwaldstadium angesehen werden. Dabei ist der waldbauliche Steuerungsaufwand wesentlich größer. Eine zentrale Frage, die sich auch durch einige Kapitel dieser Schrift zieht, ist die nach den standörtlichen Grenzen des zukünftigen Eichenanbaus. Bis zu welchen standörtlichen Bedingungen ist es auch betriebswirtschaftlich sinnvoll, auf einen Eichenbestandeszieltyp hinzuarbeiten und wo dient das Einbringen der Eiche vordringlich der ökologischen Stabilisierung von labilen Kiefernreinbeständen?

Unter den gegenwärtigen klimatischen Bedingungen liegt die Grenze der Anbauwürdigkeit der Eiche am unteren Ende der mäßig nährstoff- und durchschnittlich wasserversorgten (M2) Standorte unter Einbeziehung der hinsichtlich Wasser- und Nährstoffversorgung überdurchschnittlich ausgestatteten ziemlich armen Standorte (Z2g; Z2+).

Kaum verallgemeinerungswürdige Erkenntnisse gibt es für die in der Klimastufe (t), insbesondere im Grenzbereich der Stammnährkraft (M2/Z2), über relevante waldbaulich – ertragskundlich optimale Bestandesbegrün-

dungs- und Mischungsformen von Eichen-Kiefern-mischbeständen, die die standörtlich differenzierte Leistungsfähigkeit von Kiefer und Eiche berücksichtigen und die für den Praktiker entscheidende Frage nach der zu fördernden Hauptbaumart beantworten hilft. Wo ist ein Eichen-Reinbestand noch sinnvoll, wo wäre eine Einmischung der Eiche in Kiefer wirtschaftlich vernünftiger? Welche optimale Stammzahlhaltung der Eichen- und Kiefern-Eichenmischbestände in der (heutigen) Klimastufe (t) ist vor dem Hintergrund des zu erwartenden Trockenstresses zu empfehlen? Wie kann dabei die Kronenentwicklung der Eiche und die Reduzierung von Wurzelkonkurrenz- und Trockenstress gefördert werden, ohne die Bestände zu weit aufzuzichten?

Von rund 16.300 Hektar Eichenunterstand befindet sich etwa 55 % in der Altersklasse I (0 bis 19 Jahre) (Kap. 1.4). Dies ist das Ergebnis eines seit 1990 verstärkt betriebenen Eichen-Voranbaus. Angesichts der bestehenden Wissensdefizite zur Anpassungsfähigkeit der Eiche an Grenzstandorte sowie zur Überschirmungstoleranz bei zunehmendem Alter sind die langfristigen Erfolgs- und Ertragsaussichten zumindest in Teilen unklar.

Dass diese Fragen nicht pauschal beantwortet werden können, zeigen die beiden Beiträge zur Überschirmungstoleranz der Trauben-Eiche. Während im Kap. 4.2 nachgewiesen wurde, dass der Kieferschirm zumindest ab einem Eichenalter von 15 Jahren möglichst locker sein und schnell geräumt werden sollte, zeigen die im Kap. 4.3 dargestellten Ergebnisse, dass die Eiche in der Initialphase des Voranbaus noch über eine hohe Überschirmungstoleranz verfügt. Hier wirkt die schützende Funktion des Schirms offenbar stärker als der Konkurrenzdruck der Kiefer. Der Schirm mildert die Verdunstung, schützt vor Hitze und Frost und dämpft das Aufkommen der Bodenvegetation. Eine Aufflichtung bis zu einem Kronenschlussgrad von 0,6 wird empfohlen. Es zeigt sich aber auch auf den zahlreichen Versuchsflächen, dass ein zu dichter Schirm den Zuwachs reduziert und das heliotrope Wachstum der Eichen verhindert. Dies trifft speziell auf den ärmeren Standorten zu.

Besonders geeignet sind Bestandeslücken (horst- und femelartig) für die Verjüngung mit Eiche. Allgemein wird deutlich, dass bei der Lichtbaumart Eiche der Kronenschlussgrad des Oberstandes das wesentliche waldbauliche Steuerungsinstrument für den Wachstumserfolg darstellt.

Die Verjüngung der Eiche erfolgte bisher in einem hohen Anteil durch Saat und Pflanzung. Vor- und Nachteile wurden in dem Kap. 4.7 verglichen. Die in Brandenburg zahlreich vorhandenen zugelassenen Eichen-Saatgutbestände bieten hierfür günstige Voraussetzungen. Den Risiken eines Verpflanzungsschocks, der Deformation der Wurzel und der hohen Verjüngungskosten bei der Pflanzung stehen die Vorteile wie das schnellere Überwinden der Gefährdung durch Wildverbiss und Konkurrenzvegetation gegenüber.

Neben der streifenweisen und ganzflächigen Bepflanzung mit Pflanzanzahlen von 6.000 Stück/ha (Waldbau-richtlinie 2004 für den Landeswald) stellt die Trupp- und Nesterpflanzung als eine Form des Voranbaus mehr und mehr eine erfolversprechende Alternative dar. Das Ver-

fahren ist billiger, der Pflegeaufwand kann gesenkt werden, Bestandeslücken und kleinflächige Standortsunterschiede können ausgenutzt werden und im Ergebnis entsteht ein besser strukturierter Bestand.

Die Naturverjüngung der Eiche ist nicht unproblematisch, zumindest wenn die Qualität der Stämme im Vordergrund steht. Ältere Bestände, die aus Hähersaaten hervorgegangen sind, weisen oft aus Gründen des Lichtmangels keine akzeptablen Schafformen auf. Hier ist in der Vergangenheit jedoch nicht auf eine Übernahme der Eichen hingewirtschaftet worden. Zweifellos ist das Verjüngungspotenzial der Eichen hoch. Wenn Mutterbäume in einer Entfernung von 4 km vorhanden sind, ist der Verbreitungsdruck durch den Eichelhäher noch immer groß (Kap. 3.1). Allerdings bleiben die Herkunft bei der natürlichen Verjüngung unbekannt. Gleichfalls ist der Verbissdruck durch das Schalenwild hoch. Darum haben auch künftig Verfahren der Kunstverjüngung mit Vermehrungsgut aus ausgewählten Saatgutbeständen ihre Berechtigung.

Neben den Detailfragen zur Begründung und Bewirtschaftung von Eichen- (Misch-) Beständen, ist jedoch die zentrale Frage zu beantworten, ob die Eiche auf lange Sicht unter den sich ändernden Klimaverhältnissen noch eine Zukunft in Brandenburgs Wäldern haben kann? Diese Frage darf nicht vorschnell und nicht dramatisierend (wie teilweise in den 1980er Jahren angesichts der „neuartigen Waldschäden“ geschehen) beantwortet werden. Dennoch ist festzustellen, dass die Eichen seit Jahren brandenburg-, deutschland- und europaweit die am stärksten geschädigte Baumartengruppe bilden. Die Stiel-Eichen sind seit Beginn der Erhebungen im Jahr 1991 stärker geschädigt als die Trauben-Eichen. Auf Bestandesebene zeigt die Mehrzahl der über 60-jährigen Stiel-Eichenbestände eine steigende Tendenz der Kronenverlichtung, während bei den Beständen der Trauben-Eiche ein gleich bleibend hoher Status der Kronenverlichtung vorherrscht. In der Folge führen Kambiumschäden in Verbindung mit Schleimfluss auch zur wirtschaftlichen Entwertung des Holzes. Hypothesen zu Ursachen und Wirkungen werden in dieser Schrift referiert, wohl wissend, dass die komplexen Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge nur oberflächlich bekannt sind. Folglich bleibt auch die Empfehlung zum Erhalt bereits geschädigter Bestände unsicher. Der Grat zwischen physiologischen Anpassungsreaktionen, die auf das Überleben des Baumes ausgerichtet sind, und das Auftreten eines irreversiblen Schadens ist bei der Eiche offenbar besonders schmal. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn sich Witterungsextreme und die Gradationen von Schadinsekten überlagern. Vor diesem Hintergrund kommt einerseits der intensiveren Überwachung des Vitalitätszustandes der Eiche und andererseits der Überwachung blattfressender Insekten eine große Bedeutung zu.

Die stärkere Schädigung der Stiel-Eichen, die häufiger auf grundwasserbeeinflussten bzw. -nahen Standorten stocken und der Wechsel von Schädigung und Erholung zwischen Trocken- und Feuchtjahren, unterstreichen den großen Einfluss des Witterungsgeschehens auf den Vitalitätszustand der Eichen. Im „trocknen“ Brandenburg erweist sich Wassermangel als zentraler Faktor im

Ursache-Wirkungskomplex des Eichensterbens. Niederschlagsdefizite wirken sich in Brandenburg auf grundwasserfernen Standorten mit geringer Wasserspeicherkapazität möglicherweise nachteiliger auf die Eichenvitalität aus als in anderen Bundesländern.

Zweifellos fordert der dokumentierte Wissensstand zu weiteren drängenden Fragen heraus. Im Fokus der künftigen Eichen-Forschung im Nordostdeutschen Tiefland stehen neben den Untersuchungen zur Waldstruktur- und herkunftsabhängigen Anpassungsfähigkeit der Eichen u. a. auch ökosystemare und betriebswirtschaftliche Bewertungen künftiger Eichen-Kiefern-Mischbestände. Die komplexen Fragestellungen reichen bis zur Verwertung des zunehmend anfallenden Eichenschwachholzes, für das wirtschaftlich lohnenswerte Verwendungsmöglichkeiten gefunden werden müssen. Hierzu gilt es einen Brückenschlag zwischen der klassischen Waldforschung und der Holzwirtschaft vorzunehmen. Letztendlich muss die Frage geklärt werden, welche waldbaulichen Verfahren und Maßnahmen sowie welche Herkünfte geeignet sind, Eichen-(Misch-) Bestände mit geringem Risiko und hoher Stabilität zu erziehen. Neben den wichtigen Versuchsflächen in den Kiefern-Eichen-Mischbeständen, vordringlich im Süden Brandenburgs, ist die Einbeziehung von Eichenvorkommen in klimatisch kontinentaleren Regionen Europas, z. B. in Mittel- und Ostpolen, gerade für Brandenburg von zunehmender Wichtigkeit.

Neben den genannten Forschungsarbeiten kommt der Überwachung des Vitalitätszustandes der Eichen künftig eine noch größere Bedeutung zu. Schädigungen müssen frühzeitiger erkannt und Prognosen zum Schadensverlauf sicherer werden. Nur so können wirtschaftliche Schäden begrenzt werden. Neben den wirtschaftlichen Betrachtungen müssen die Eichenwälder und ihre Bewirtschaftungsverfahren mit geeigneten Indikatoren öko-

logisch und naturschutzfachlich bewertet werden. Historische Bewirtschaftungsformen wie Eichen-Hutewälder, die in Relikten z. B. noch im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin vorhanden sind, zeigen, dass Strukturvielfalt und Artenvielfalt in einem engen Zusammenhang stehen und haben darüber hinaus einen hohen landschaftsästhetischen Wert. Inwieweit Artenvielfalt, Totholzzersetzung und damit im Zusammenhang stehende, geschlossene Stoffkreisläufe auf ökosystemarer Ebene zur ökologischen Stabilität von Eichenwäldern beitragen, werden künftige Untersuchungen zeigen.

Gleichzeitig müssen Erhaltungsaspekte von den wenigen noch vorhandenen Alteichen weiterhin in Bewirtschaftungskonzepten integriert werden. Sie stellen eine bedeutende Genressource dar, die bei sich ändernden Standorts- und Klimabedingungen besonderes populationsgenetisches Gewicht haben könnte. Hierzu gehören insbesondere die in Brandenburg im Rahmen der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie ausgewiesenen geschützten Lebensraumtypen der bodensauren Eichenwälder, der Labkraut-Eichen-Hainbuchenwälder und der Pannonischen Eichenwälder. Allein bei fünf der insgesamt 14 in Brandenburg zu erhaltenden Waldlebensraumtypen der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie handelt es sich um Waldökosysteme, die von den Baumarten Trauben- und Stiel-Eiche dominiert werden.

Für den Artenreichtum und die Dynamik der Waldökosysteme sowie für den Waldumbau in Brandenburg bleibt die Eiche gleichermaßen bedeutsam. Dabei gilt es unter Nutzung der genetisch vorgegebenen Anpassungspotenziale, die waldbaulichen Spielräume unter den regionalen Standortbedingungen auszuloten. Eine angemessene, praxisnahe Begleitforschung ist hierfür unabdingbar. Neben der Dokumentation des aktuellen Wissensstandes möge die vorliegende Schrift auch hierfür neue Impulse liefern.

7 Literatur

Literatur

- AAS, G. (1993): Taxonomical impact of morphological variation in *Quercus robur* and *Q. petraea*: a contribution to the hybrid controversy. *Ann. For. Sci.* 50 (1): 107–113.
- AAS, G. (1998): Morphologische und ökologische Variation mitteleuropäischer *Quercus*-Arten: Beitrag zum Verständnis der Biodiversität. *LIBRI Botanici*, Bd. 19, IHW-Verlag.
- ABRAMS, M.; KUBISKE, M. E. (1990): Leaf structural characteristics of 31 hardwood and conifer tree species in central Wisconsin: Influence of light regime and shade-tolerance rank. *Forest Ecol. and Management*, 31: 245–253.
- ALTENKIRCH, W.; MAJUNKE, C.; OHNESORGE, B. (2002): Waldschutz auf ökologischer Grundlage. Ulmer-Verlag.
- AMANN, G. (2003): Kerfe des Waldes. – Neumann-Neudamm Melsungen. 12. Auflage.
- ANDERS, S.; BECK, W.; BOLTE, A.; HOFMANN, G.; JENSSEN, M.; KRAKAU, U.-K.; KÜRBIS, H.; LÜTTSCHWAGER, D.; MÜLLER, J.; PFAHL, U. (1996): Waldökosystemforschung Eberswalde – Struktur, Dynamik und Stabilität von Kiefern- und Buchenwaldökosystemen unter Normal- und multiplen Streßbedingungen unterschiedlicher Ausprägung im nordostdeutschen Tiefland. *Mitt. BFH Hamburg* (Nr. 182).
- ANDERS, S.; BECK, W.; BOLTE, A.; HOFMANN, G.; JENSSEN, M.; KRAKAU, U.-K.; MÜLLER, J. (2002): Ökologie und Vegetation der Wälder Nordostdeutschlands. Verlag Dr. Kessel, Oberwinter.
- ANONYMUS (1878): Versammlung des Märkischen Forstvereins am 21.–23. 6. 1877 in Eberswalde. E. Müllers Buchdruckerei Eberswalde.
- ANONYMUS (1883): Versammlung des Märkischen Forstvereins zu Peitz am 16. und 17. 6. 1883. *Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen*, 15. Jg.
- ANONYMUS (1892): Abschätzungswerk der Königlichen Oberförsterei Menz (unv.).
- ANONYMUS (1894): Versammlung des Märkischen Forstvereins in Frankfurt an der Oder am 29. und 30. 5. 1894. *Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen*, 26. Jg.
- ANONYMUS (1899): Versammlung des Märkischen Forstvereins in Angermünde am 2. und 3. 6. 1899. *Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen*, 31. Jg.
- ANONYMUS (2002): Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG) 22.05. BGBl. I S. 1658.
- ANONYMUS (2002): Forstvermehrungsgut-Zulassungsverordnung (FoVZV) 20.12. BGBl. I S. 4721, 2003 I S. 50.
- ANONYMUS (AG Boden) (1996): Bodenkundliche Kartieranleitung. Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland. Hannover.
- ARANDA, I.; BERGASA, L. F.; GIL, L.; PARDOS, J. A. (2001): Effects of relative irradiance on the leaf structure of *Fagus sylvatica* L. seedlings planted in the understory of a *Pinus sylvestris* L. stand after thinning. *Ann. For. Sci.* 58: 673–680.
- ASSMANN, E.: *Waldertragskunde*. München, Bonn, Wien, 1961.
- AUTORENKOLLEKTIV (1994): Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE). BML (Hrsg.), Bonn.
- BALDER, H. (1989): Untersuchungen zu neuartigen Absterbeerscheinungen an Eichen in den Berliner Forsten. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 41: 1–6.
- BANDT, W.; HAFEMANN, E. (2000). Bodenvorbereitung streifenweise unter Schirm mit Fräse. *Tagungsführer zur 13. KWF-Tagung 2000*: 44–46.
- BARBAROUX, C.; BREDÁ, N. (2002): Contrasting distribution and seasonal dynamics of carbohydrate reserves in stem wood of adult ring-porous sessile oak and diffuse-porous beech trees. *Tree Physiology* 22: 1201–1210.
- BARSIG, M. (2002): Untersuchungen zur Vitalität von Eichen (*Quercus petraea* und *Q. robur*) anhand von makroskopischen, mikroskopischen, biochemischen und jahrringanalytischen Parametern. Shaker Verlag, Aachen (Berichte aus der Biologie) (Diss. TU Berlin). ISBN 3-8322-0375-3.
- BELLON, S.; JAGIELLO, J. (1966): The silvicultural value of older beech and oak understoreys grown under the canopy of a Scots pine stand. *Zesz. nauk. Szkol. Gospod. Wiejsk. Warszau.* (Lesn.) 8: 7–25.
- BERGMANN, J.-H. (1994): Ökologische Beurteilung von initialen Sukzessionsstadien. Abschlussber. i. A. d. Bundesministerium für Finanzen, Forstl. Forschungsanst. Eberswalde, Eberswalde.
- BERGMANN, J.-H. (1994): Vom Kieferndauerwald zum naturnahen Wald – dargestellt am Kieferndauerwaldblock Groß-Ziethen. *Beiträge für die Forstwirtschaft* 28 (3): 107–108.
- BERGMANN, J.-H. (1997): Bestandeskartierung und waldbauliche Behandlungsempfehlung für die Döberitzer Heide. Abschlussber. d. FH Eberswalde, Eberswalde.
- BERGMANN, J.-H. (2000): Versuchsanlagen zur Stabilisierung und Strukturierung von Kiefernbeständen – Erste Zwischenauswertung der Durchforstungsversuche in den Kiefernbaumhölzern der Reviere Müggelheim, Abt. 143a⁴/144 b¹, 156 a², 158 b² und Fahlenberg, Abt. 176 a¹. *Zwischenber. i. A. d. Landesforstamtes Berlin, LFE, Eberswalde*.
- BERGMANN, J.-H. (2001): Die natürliche und künstliche Verjüngung der Eichenarten *Quercus robur* und *Quercus petraea* (MATTUSWCHKA). *Liebl. Schaker-Verlag, Aachen*, 131 S.
- BERGMANN, J.-H. (2003): Versuchsanlagen zur Stabilisierung und Strukturierung von Kiefernbeständen – Auswertung der Durchforstungsversuche in den Kieferndickungen der Reviere Köpenick, Abt. 425 a⁵, Müg-

- gelheim, Abt. 172a³ und Prennden, Abt. 2733 b/2734 c¹. Ber. i. A. d. Landesforstamtes Berlin, LFE, Eberswalde.
- BERGMANN, J.-H. (2005): Versuchsanlagen zur Stabilisierung und Strukturierung von Kiefernbeständen. Abschlussber. i. A. d. Landesforstamtes Berlin, LFE, Eberswalde.
- BERGMANN, J.-H.; STÄHR, F. (2003): Muss der Waldumbau im Land Brandenburg aus Mangel an Finanzen eingestellt werden? AFZ/Der Wald 58: 185–187.
- BERTSCH, K. (1952): Geschichte des Deutschen Waldes. Vierte Auflage. Gustav Fischer Jena.
- BIEBERSTEIN, D. (1983): Natürlicher Unterstand – Eine Holzreserve. Sozialistische Forstwirtschaft 33 (2): 54–57.
- BIER, A. (1937): Die Seele. Verlag J. F. Lehmanns, München und Berlin.
- BILKE, G. (2004): Waldumbau in Nordostdeutschland durch Eichennachzucht in MORTZFELDTschen Löchern, Inaugural-Dissertation, Freiburg.
- BLANK, R. (1997): Ringporigkeit des Holzes und häufige Entlaubung durch Insekten als spezifische Risikofaktoren der Eichen. Forst und Holz 52: 235–242.
- BLANK, R.; HARTMANN, G. (2004): Möglichkeit der Prognose von „Eichensterben“ extremer Ausprägung. In: Berichte zur Fachtagung: Vitalität und genetische Variabilität der Eiche in Nordrhein-Westfalen. LÖBF, NRW: 21–23.
- BLOCK, J.; DELB, H.; HARTMANN, G.; SEEMANN, D.; SCHRÖCK, H. W. (1995): Schwere Folgeschäden nach Kahlfraß durch Schwammspinner im Bienwald. AFZ/Der Wald 23: 1278–1281.
- BMVEL (2003): Wasserhaushalt von Waldökosystemen: Methodenleitfaden zur Bestimmung der Wasserhaushaltskomponenten auf Level II-Flächen. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.). Bonn.
- BMVEL (2004): Bericht über den Zustand des Waldes 2004, Dezember 2004.
- BMVEL, ARBEITSKREIS „KRONE“ DER BUND-LÄNDER ARBEITSGRUPPE LEVEL II (2001): Dauerbeobachtungsflächen Waldschäden im Level II-Programm – Methoden und Ergebnisse der Kronenansprache seit 1983.
- BOCK, R. (1996): Trauben-Eichennaturverjüngung in der natürlichen Sukzession vom Kieferndauerwald zum Trauben-Eichen-Buchenwald im Dauerwaldblock „Groß-Ziethen“ in Abhängigkeit von der Bodenvegetation. Dipl.-arb., FH Eberswalde, Eberswalde.
- BODEN (1892): Die Kultur der Eiche im Lehrrevier Freienwalde während der letzten 25 Jahre. ZFJ 24: 112–123.
- BODEN (1931): Die Anzucht und Nachzucht der Eiche im akademischen Lehrrevier Freienwalde. ZFJ 63: 185–196.
- BORYS, A. (1998): Versuche zur ökologischen Waldumwandlung von Kiefernforstgesellschaften durch unterstützte Eichelhärsaat. Dipl.-arb., FH Eberswalde.
- BOSSEMA, I. (1979): Jais and oaks: An eco-ethological study of a symbiosis. Behaviour (Lüden) 70: 1–117.
- BRAUN, H. (1980): Bau und Leben der Bäume. Rombach Verlag, Freiburg, 1980: 69–122.
- BREWER, S.; CHEDDADI, R.; BEAULIEU, J. L. DE; REILLE, M. (2002): Data Contributors: The spread of deciduous *Quercus* throughout Europe since the last glacial period. Forest Ecology and Management, Amsterdam 156 (1–3): 27–48.
- BRODDE, P. (2001): Kartierung der Straßengehölze an den Kreis- und Gemeindestraßen des Landes Brandenburg. Abschlussber., Brandenburg. Umweltforschungszentrum e.V., Alt Ruppin, 29 S.
- BUND-LÄNDER-ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG (2005): Waldökologische Naturräume Deutschlands (Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke), im Druck.
- BURSCHEL, P.; HUSS, J. (1997): Grundriß des Waldbaus. 2., neu bearbeitete und erweiterte Aufl. Berlin: Parey (Pareys Studentexte Nr. 49), 487 S.
- BUTIN, H. (1980): Über einige *Phomopsis*-Arten der Eiche einschließlich *Fusicoccum quercus* OUDEMANS. Sydowia (Annal. Mycol.), Ser. 2, Vol. XXXIII: 18–28.
- BUTIN, H. (1981): Über den Rindenbranderreger *Fusicoccum quercus* Oudem. und andere Rindenpilze der Eiche. Eur. J. For. Path. 11: 33–44.
- BUTIN, H. (1996): Krankheiten der Wald- und Parkbäume. Stuttgart, New York: Thieme.
- BUTIN, H.; DOHMEN, H. (1981): Eine neue Rindenkrankheit der Roteiche. Forst- und Holzwirt 36 (5): 97–99.
- BUTIN, H.; KOWALSKI, T. (1983): Die natürliche Astreinigung und ihre biologischen Voraussetzungen. II. Die Pilzflora der Stieleiche (*Quercus robur* L.). Eur. J. For. Path. 13: 428–439.
- CAMUS, A. (1938): Monographie du genre *Quercus*. Tome II. Paul Lechevalier, Paris: 198–383.
- CHATTLEBURGH, M. R. (1952): Observations on the collection and burial of acorns by jays in Hainault. Forest. Br. Birds 45: 359–364.
- CURSCHMANN, O. H. (1953): Buchenwirtschaft in Mecklenburg. Der Wald. Sonderheft „Die vorrattspflegliche Waldwirtschaft“: 49–59.
- DANCKELMANN, B. (1871): Die Eiche, deren Anzucht, Pflege und Abnutzung (Rezension des gleichnamigen Buches von MANTEUFFEL), ZFJ 3: 207–212.
- DEGENHARDT, A. (2002): Einführung eines Holzerntekalkulationsprogramms für den Revierförster-PC. Abschlussbericht der IT-Projektgruppe „Holzerntekalkulation“.
- DEGENHARDT, A. (2005): Verbißsmonitoring in Brandenburg. AFZ/Der Wald 60 (1), 39–41.
- DENGLER, A. (1935): Analyse eines alten Kiefern-Buchenmischbestandes. Z. f. Forst- und Jagdwesen 66: 401.
- DENGLER, A. (1937): Kronengröße, Nadelmenge und Zuwachsleistung von Altkiefern. Z. f. Forst- u. Jagdwesen 69: 321–336.
- DENGLER, A. (1944): Waldbau auf ökologischer Grundlage. 3. Auflage. Springer Verlag Berlin.
- DENGLER, A. (1990): Waldbau auf ökologischer Grundlage. Bd. 1 und 2. Hamburg und Berlin.
- DITTMAR, O.; KNAPP, E. (1988): Aufbau und Bewirtschaftung produktiver und stabiler Hochleistungsbestockungen ausgewählter Baumarten auf verbreiteten Standorten des Tieflandes der DDR. Forschungsbericht. Institut für Forstwissenschaften Eberswalde.
- DITTMAR, O.; KNAPP, E.; LEMBCKE, G. (1983): DDR-Buchen-ertragstafel. Institut f. Forstwissenschaften Eberswalde, Abt. Ertragskunde.
- DUCOUSSO, A.; PETIT, R. (1994): Le geai des chenês – premier reboiseur européen. Forêt Entreprise 98: 60–64.
- DUJESIEFKEN, D.; PEYLO, A.; ECKSTEIN, D. (1992): Eichenerkrankung – ein Problem nicht nur in Berlin. In: Eichensterben – Ein Problem in Berlin? Arbeitsmaterialien der Berliner Forsten 2, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin: 11–22.
- DÜNMBIER, H. (2000): Bewirtschaftung von Traubeneichen-Beständen. AFZ/Der Wald 11: 583–587.

- DUPOUEY, J.-L.; LE BOULER, H. (1989): Discriminations morphologique des glands de chêne sessile (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) et pé donculé (*Quercus robur* L.). Ann. For. Sci. 46: 187–194.
- EBELING, K.; HANSTEIN, U. (1988): Eichenkulturen unter Altholzschirm. Forst und Holz 18: 463–467.
- EICHHORN, J.; PAAR, U.; SCHÖNFELDER, E. (1995): Waldschadenserhebung der Buche. Ergebnisse einer Trendbeobachtung 1984 bis 1994. AFZ/Der Wald 50: 791–794.
- EISENHAEUER, D.-R. (1989): Untersuchungen zur Entwicklung der ökologischen Stabilität von Eichenbeständen im nordöstlichen Harzvorland. Beitr. Forstwirtschaft 23 (2): 55–62.
- EISENHAEUER, D.-R. (1991): Eichensterben. Symptome und Ansprache des Schädigungsgrades bei Traubeneiche und Stieleiche. Der Wald 41 (7): 234–236.
- EISENHAEUER, D.-R. (1994a): Eichenunterstand unter Kiefer – Bedeutung bei der Überführung von Kiefernreinbeständen. Der Wald 44 (5): 155–157.
- EISENHAEUER, D.-R. (1994b): Eichennaturverjüngung unter Kiefer. Beitr. Forstwirtschaft. u. Landsch.ökol. 28 (2): 53–61.
- EISENHAEUER, D.-R. (1994c): Inventurergebnisse zum Eichenunterstand unter Kiefer – Gedanken zur weiteren waldbaulichen Behandlung. Bericht zur Tagung des Brandenburgischen Forstvereins, Peitz: 35–60.
- EISENHAEUER, D.-R. (1996): Einwanderung der Eichen in Kiefernbestände – Bedeutung für den Waldbau im nordostdeutschen Tiefland. Tagungsband d. Sektion Waldbau im Dt. Verband der Forstlichen Versuchsanstalten. Schopphelm – Wiechs: 30–43.
- EISENHAEUER, D.-R.; KURTH, CH.; BERGER, A. (2004): Conversion of Pure Pine Stands on Sites of Non-Coniferous Forest Ecosystems Including stand Succession. Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt, Sustainable Methods and Ecological Processes of a Conversion of Pure Norway Spruce and Scots Pine Stands into Ecologically Adapted Mixed Stands, H. 20: 153–166.
- EISENHAEUER, D.-R.; STÖVER, E. (2000): Modifiziertes Kontrollzaunverfahren. Sächsische Landesanstalt für Forsten. 19 S.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. UTB.
- ELSNER, G. (1993): Morphologische Variability of oak stands (*Q. robur* and *Q. petraea*) in northern Germany. Ann. For. Sci. 50 (1): 228–232.
- ERTELD, W. (1956): Zur Entwicklung der Eiche auf sandüberlagerten Lehmstandorten des Nordostdeutschen Jungdiluviums. Forstwiss. Centralbl. 75 (5/6): 160–181.
- ERTELD, W. (1958): Richtlinien für die Anlage und Bearbeitung von langfristigen waldbaulich-ertragskundlichen Versuchsflächen. Eberswalde 1958.
- ERTELD, W. (1962a): Wachstumsgang und Vorratsbehandlung der Eiche im nordostdeutschen Diluvium. Arch. f. Forstwes. 11: 1155–1176.
- ERTELD, W. (1962b): Ertragstafelauszüge für den Gebrauch in der Praxis. Neumann-Verlag, Leipzig 1962.
- ESCHRICH, W.; BURCHARDT, R.; ESSIAMA, S. (1989): The induction of sun and shade leaves of the European beech (*Fagus sylvatica* L.): anatomical studies. Trees 3: 1–10.
- EVSTIGNEEV, O. L. (1988): Features of the development of broadleaves at different levels under a forest canopy. Botanicheskii-Zhurnal 73 (12): 1730–1736.
- FIRBAS, F. (1949): Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen, Bd.1. Jena.
- FIRBAS, F. (1952): Waldgeschichte Mitteleuropas, Erster und Zweiter Band. Gustav Fischer, Jena.
- FIRBAS, F.: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen, I. Bd., Jena 1949: 480 S.
- FISCHER, R. (1933): Die Entstehung forstlich wichtiger Vogelsaaten, ihr waldbaulicher Wert und ihre Bedeutung in der forstlichen Pflanzengeographie. Forstw. Cbl. 55: 113–126.
- FISCHER, R. (1999): Folgen von Insektenfraß für den Gesundheitszustand der Eichen. AFZ/Der Wald 7: 355–356.
- FISCHER-ZUJKOV, U. (2001): Untersuchungen zur holozänen Landschaftsentwicklung Nordostdeutschlands am Beispiel der Uckermärkischen Schwarzerden. Beitr. Forstwirtschaft. u. Landsch.ökol. 35: 63–68.
- FONTANE, T. (1862): Wanderungen durch die Mark Brandenburg. Band 1: Die Grafschaft Ruppiner Teil: Die Ruppiner Schweiz, Kap.: Die Menzer Forst und der große Stechlin. – Ausgabe Nymphenburger, München 1984: 314–320.
- FROMMHOLD, H.: www.FH-Eberswalde/Forstnutzung/Vorlesung 2.htm.
- FUCHS, O. (1996): Bewertung der waldbaulichen Entwicklungsmöglichkeiten von Hähereichen unter einem Kiefern-Altholz nach teilweiser Räumung des Oberstandes. Diplomarbeit (unveröffentlicht), Fachhochschule Eberswalde, Fachbereich Forstwirtschaft, 65 S.
- FÜHRER, E. (1998): Oak Decline in Central Europe: A Synopsis of Hypotheses. In: M. L. Mc MANUS and A. M. LIEBHOLD (eds). Proceedings: Population Dynamics, Impacts and Integrated Management of Forest Defoliating Insects. USDA Forest Service General Technical Report NE-247: 7–24.
- GADOW, V., K.; MESKAUSKAS, E. (1997): Stichprobenverfahren zur Erfassung von Naturverjüngungen. AFZ/Der Wald 52 (5): 247–248.
- GAEDICKE, R.; HEINICKE, W. (Hrsg.) (1999): Verzeichnis der Schmetterlinge Deutschlands (Entomofauna Germanica). Entomologische Nachrichten und Berichte, Beiheft 5.
- GAERTIG, T.; HILDEBRAND, E. E. (2002): Steuert die Bodenbelüftung die Vitalität von Eichen? In: Waldumbau im globalen Wandel. Forstwiss. Tagung in Göttingen, 9.–11. 10. 2002, Tagungsband: 16.
- GAERTIG, T.; SCHACK-KIRCHNER, H.; HILDEBRAND, E. E. (2001): Steuert Gasdurchlässigkeit im Boden Feinstwurzeldichte und Vitalität bei Eiche? AFZ – Der Wald. 25: 1344–1347.
- GAYER, K. (1886): Der gemischte Wald – seine Begründung und Pflege, insbesondere durch Horst- und Gruppenwirtschaft. Parey, Berlin, 168 S.
- GEHRHARDT, E.: In (1961): ASSMANN, E.: Waldertragskunde. München, Bonn, Wien.
- GERSTENGARBE, F.-W.; BADECK, F.; HÄTTERMANN, F.; KRYSANOVA, V.; LAHMER, W.; LASCH, P.; STOCK, M.; SUCKOW, F.; WECHSUNG, F.; WERNER, P.C. (2003): Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven. PIK-Report No. 83. Potsdam.
- GIEGER, T. (2002): Auswirkungen von Trockenheit und Entlaubung auf den Wasserhaushalt von Stiel- und

- Trauben-Eiche. Diss. Math.-Naturwiss. Fak. GAU Göttingen.
- GILLE, K. (1997): Erfahrungen mit der Thermotheapie an Stiel- und Traubeneicheln in der Forstsaatgut-Beratungsstelle Oerrel. In: Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch., Heft 329: 67–73.
- GILLE, K.; NOWAG, A. (1995): Ergebnisse der Lagerung von Eicheln nach dreimaliger Überwinterung. AFZ 18: 962–963.
- GOCKEL, H. A. (1994): Soziale und qualitative Entwicklungen sowie Z-Baumhäufigkeiten in Eichenjungbeständen; die Entwicklung eines neuen Pflanzschemas „Die Trupppflanzung“. Dissertation. Forstwissenschaftliche Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen. 168 S.
- GOTTFRIEDSEN, D. (2002): Eichen pflanzen oder säen? AFZ – Der Wald 6: 291.
- GROSSER, K.H. (1964): Die Wälder am Jagdschloss bei Weißwasser. Abh. u. Berichte Naturkundemuseum Görlitz 39 (2): 102 S.
- GUGERLI, F.; BRODBECK, S.; HOLDEREGGER, R. (2005): Die unerträgliche Leichtigkeit, eine reine Eiche zu sein. WSL-Informationsblatt Forschungsbereich Landschaft, Birmensdorf 63: 1–5.
- GUTHKE, J. (1992): Langzeitlagerung von Eichensaatgut – Probleme und Möglichkeiten. Diss. Univ. Hannover: 188 S.
- HANSEN, J. (2002): Diagnostischer Wert von Radialzuwachs und Zellstrukturen der Stiel-Eiche (*Quercus robur* L.) für Umwelteinflüsse. Freiburg (Breisgau): Albert-Ludwigs-Universität und Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Schriftenreihe Freiburger Forstliche Forschung, Bd. 20.
- HARTMANN, G.; NIENHAUS, F.; BUTIN, H. (1995): Farbatlas Waldschäden – Diagnose von Baumkrankheiten. 2. Aufl. Ulmer, Stuttgart. 256 S.
- HARTMANN, G. (1996): Ursachenanalyse des Eichensterbens in Deutschland – Versuch einer Synthese bisheriger Befunde. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch. 318: 125–151.
- HARTMANN, G.; BLANK, R. (1992): Winterfrost, Kahlfraß und Prachtkäferbefall als Faktoren im Ursachenkomplex des Eichensterbens in Norddeutschland. Forst und Holz 47: 443–452.
- HARTMANN, G.; BLANK, R. (1998): Aktuelles Eichensterben in Niedersachsen – Ursachen und Gegenmaßnahmen. Forst und Holz, 53: 187–193.
- HARTMANN, G.; BLANK, R. (1998): Aktuelles Eichensterben in Niedersachsen – Ursachen und Gegenmaßnahmen. Forst und Holz 53: 733–735.
- HARTMANN, G.; BLANK, R.; LEWARK, S. (1989): Eichensterben in Norddeutschland – Verbreitung, Schadbilder, mögliche Ursachen. Forst und Holz 44: 475–487.
- HAUSENDORF, E. (1940): Aus der Geschichte des Forstamtes Grimnitz. Sonderdruck aus Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. Heft 1/2. Springer Verlag. Berlin.
- HAUSENDORF, E. (1940): Frostschäden an Eichen. ZFJ 72: 3–35.
- HAUSKELLER-BULLERJAHN, K. (1997): Wachstum junger Eichen unter Schirm. Dissertation. Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Georg-August-Universität Göttingen. 143 S.
- HAUSKELLER-BULLERJAHN, K.; V. LÜPKE, B.; HAUSKELLER, H.-M.; DONG, P. H. (2000): Versuch zur natürlichen Verjüngung der Trauben-Eichen im Pfälzerwald. AFZ/Der Wald 10: 514–517.
- HEGI, G. (1981): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Band III, Teil 1, Paul Parey Verlag.
- HEINSDORF, D. (1999): Düngung von Forstkulturen auf Lausitzer Kippen. Druckschrift LAUBAG, 54 S.
- HEINSDORF, D. (1999): Über den Vitalitätszustand von Eichenbeständen im nordostdeutschen Tiefland unter besonderer Berücksichtigung der Schorfheide. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie: 8–16.
- HEINSDORF, D. (2003): Ist ein gänzlich Kahl Schlagverbot für Brandenburgs Wälder sinnvoll? Neues Landeswaldgesetz Brandenburg. AFZ/Der Wald 8: 399–401.
- HEINSDORF, D.; STROHBACH, B.; FINGER, H.-U. (1996): Boden- und ernährungskundliche Untersuchungen in Eichenbeständen Sachsen-Anhalts. Forschungsbericht der Forstlichen Forschungsanstalt Eberswalde e. V., Eberswalde, unveröffentlicht.
- HEINSDORF, D.; STROHBACH, B.; FINGER, H.-U. (1993): Boden- und ernährungskundliche Untersuchungen in geschädigten Eichenbeständen in Mecklenburg-Vorpommern. Forschungsberichte der Forstlichen Forschungsanstalt Eberswalde e. V., Eberswalde, unveröffentlicht.
- HEINSDORF, D.; BERGMANN, J.-H.; OTT, M. (2000): Standortkundliche und waldbauliche Schlussfolgerungen aus den Untersuchungsergebnissen im Revier Sauen für das Waldumbauprogramm in Südbrandenburg. Beitr. Forstwirtsch. u. Landsch.ökol. 34 (3): 102–108.
- HEINSDORF, M.; FUCHS, O. (1999): Bewertung der waldbaulichen Entwicklungsmöglichkeiten von Hähersaaten unter Kiefernalthölzern nach teilweiser Räumung des Oberstandes. Forstliche Forschungen im Nordostdeutschen Tiefland (1992–1997). Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Bd. III: 93–97.
- HERING, S.; EISENHAUER, D. R.; IRRGANG, S. (1999): Waldumbau auf Tieflands- und Mittelgebirgsstandorten in Sachsen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalten für Forsten 19: 67 S.
- HESMER, H. (1933): Die natürliche Bestockung und die Waldentwicklung auf verschiedenartigen märkischen Standorten. Z. f. Forst- u. Jagdw. 65: 505–651.
- HEUER, E.; WALTER, M. (2004): Zukunftsorientierte Bewirtschaftung der Brandenburger Wälder ohne Kahlschläge. AFZ/Der Wald 12: 609–612.
- HEYDECK, P. (1999): Schwerpunkte des Auftretens pilzlicher Erkrankungen an Waldbäumen in den Jahren 1990 bis 1997. In: Forstliche Forschung im Nordostdeutschen Tiefland (1992–1997). Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Bd. III.
- HEYDECK, P.; DAHMS, C. (1998): Diagnose Report 1997. Bericht über die im Jahr 1997 in Verbindung mit eingesandtem Untersuchungsmaterial durchgeführten diagnostischen Arbeiten unter besonderer Berücksichtigung pilzlicher Organismen. Eberswalde: Sonderdruck der LFE.
- HEYDECK, P.; DAHMS, C. (2001): Zur Bedeutung pilzlicher Organismen als Risikofaktoren bei der Realisierung des Waldumbauprogramms im Bundesland Brandenburg. Beitr. Forstwirtsch. und Landsch.ökol. 35 (2): 77–82.
- HEYDECK, P.; DAHMS, C. (2003): Diagnose Report 2003. Bericht über die im Jahr 2003 in Verbindung mit eingesandtem Untersuchungsmaterial durchgeführten diagnostischen Arbeiten unter besonderer Berücksichtigung

- sichtigung pilzlicher Organismen. Eberswalde: Sonderdruck der LFE: 6–12.
- HEYDER, J. C. (1986): Waldbau im Wandel. Sauerländer Verlag Frankfurt/Main.
- HOFMANN, G. (1995): Wald, Klima, Fremdstoffeintrag – ökologischer Wandel mit Konsequenzen für Waldbau und Naturschutz dargestellt am Gebiet der neuen Bundesländer Deutschlands. Angewandte Landschaftsökologie. Bonn-Bad Godesberg Heft 4: 165–189.
- HOFMANN, G. (1997): Natürliche Waldgesellschaften Brandenburgs als Grundlage waldbaulicher Zielstellungen. Tagungsbericht des Brandenburgischen Forstvereins zur Jahrestagung 1997 „Waldbewirtschaftung und Naturschutz im Wald – Einheit oder Widerspruch?“ Eberswalde: 33–53.
- HOFMANN, G. (1996): Vegetationswandel in den Wäldern des nordostdeutschen Tieflandes. Mitteilg. D. Bundesforschungsanstalt f. Forst- u. Holzwirtschaft Hamburg. Nr. 185, Okt. 9. Hamburger Forst- u. Holztagung in Eberswalde, 6. bis 9. Mai 1996.
- HOFMANN, G.; POMMER, U. (2004): Das natürliche Waldbild Brandenburgs. AFZ – Der Wald 22: 1211–1216.
- HOFMEISTER, H. (1990): Lebensraum Wald. Verlag Paul Parey, 3. Auflage.
- IRRGANG, S. (1996): Konzeption und erste Ergebnisse von Waldumbauversuchen in Fichten- und Kiefernreinbeständen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten: 96–117.
- JAHN, H. (1990): Pilze an Bäumen. 2. Aufl. (Bearb.: H. REINARTZ, M. Schlag). Berlin, Hannover: Patzer.
- JÄKEL, P.A.; BRÄSICKE, N.; RATSCHKER, U. M.; ROTH, M. (2004): Conversion of pure pine stands into close-to-nature mixed deciduous forests: Effect on arthropod pest antagonists. Forstwissenschaftl. Beiträge Tharandt, Sustainable Methods and Ecological Processes of a Conversion of pure Norway Spruce and Scots Pine Stands into Ecologically Adapted Mixed Stands, Heft 20: 87–97.
- JARVIS, P. G. (1964): The adaptability to light intensity of seedlings of *Quercus petraea* (Matt. Liebl.). Journal of Ecology 52: 545–571.
- JENSSEN, M.; HOFMANN, G. (1996): Der natürliche Entwicklungszyklus des baltischen Perlgras-Buchenwaldes (Melico-Fagetum). Anregung für naturnahes Wirtschaften. Beitr. Forstwirtschaft. u. Landsch.ökol. 30 (3): 114–124.
- JENSSEN, M.; HOFMANN, G.; RÜTZ, A.; STÖCKER, G. (2003): Ergebnisse waldkundlicher Selbstorganisationsforschung im NSG Serrahn mit Bedeutung für eine naturnahe Waldbewirtschaftung. Natur und Naturschutz in Mecklenburg-Vorpommern, Greifswald 38: 43–51.
- JUNG, T. (1998): Die *Phytophthora*-Erkrankung der europäischen Eichenarten: wurzelzerstörende Pilze als Ursache des Eichensterbens. München: LINCOM Studien zur Forstwissenschaft 02, 138 S.
- JUNG, T.; BLASCHKE, H.; LANG, K. J.; ORWALD, W. (1996): Phytophthora-Wurzelfäule der Stiel- und Traubeneiche. AFZ/Der Wald 26: 1470–1474.
- JÜTTNER, G. (1962): Ertragstafel für Hochdurchforstung 1955. In: ERTELD, W.: Ertragstafelauszüge für den Gebrauch in der Praxis. Neumann-Verlag, Leipzig.
- KABBE, N.; EYDAM, C. (2002): Variabilität der Eicheln nordostdeutscher Eichensippen. Diplomarbeit der FH Eberswalde, FB Forstwirtschaft.
- KÄTZEL, R. (2003): Biomarker als Werkzeuge zur Bewertung von Risikopotenzialen bei Waldbäumen auf Dauerbeobachtungsflächen. Tagungsbericht Bonn-Röttgen, 2003, BMVEL (Hrsg.), Bonn.
- KÄTZEL, R.; HERTEL, H.; HÖHNE, I.; KÖNIG, A. O. (2002): Forsthistorische und genetische Untersuchungen in einigen ausgewählten Naturwäldern Brandenburgs. Beitr. Forstwirtschaft. u. Landsch.ökol. 36 (4): 160–164.
- KÄTZEL, R.; LÖFFLER, S. (2004): Vitalitätsdiagnostik mit Hilfe von Biomarkern bei Trauben-Eiche (*Quercus petraea*). LÖBF-Mitteilungen NRW: 24–27.
- KÄTZEL, R.; LÖFFLER, S.; WINTER, S.; KALLWEIT, R. (2003): Ermittlung der ökosystemaren Potenziale und Grenzen beim Umbau von Kiefernreinbeständen durch Voranbau von Eiche (*Quercus petraea*) und Buche (*Fagus sylvatica*). BMBF-Abschlussbericht FKZ: 0339734/7: 233 S.
- KÄTZEL, R.; LÖFFLER, S.; WINTER, S.; KALLWEIT, R. (2003): Ermittlung der ökosystemaren Potenziale und Grenzen beim Umbau von Kiefernreinbeständen durch Voranbau von Eiche (*Quercus petraea*) und Buche (*Fagus sylvatica*). Landesforstanstalt Eberswalde, BMBF-Abschlussbericht, Förderkennzeichen 0339734/7.
- KÄTZEL, R.; LÖFFLER, S.; WINTER, S.; KALLWEIT, R. (2004): Eichen-Voranbauten in der Initialphase. AFZ/Der Wald 5: 238–241.
- KÄTZEL, R.; LÖFFLER, S.; WINTER, S.; KALLWEIT, R. (2005): Zum Einfluss von Überschirmung und Begründungsverfahren auf den Entwicklungserfolg von Eichen- und Buchen-Voranbauten in der Initialphase. Schriftenreihe des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung – Eberswalder Forstliche Schriftenreihe.
- KEHR, R. (1991): Der *Pezicula*-Krebs der amerikanischen Roteiche – Folgen für den künftigen Anbau. Forst und Holz 46: 408–410.
- KEHR, R.; SCHRÖDER, T. (1997): Mykologische Aspekte der Lagerung von Eichensaatgut. Mitt. Biolog. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft, 329: 26–31.
- KEHR, R.; WULF, A. (1993): Fungi associated with above-ground portions of declining oaks (*Quercus robur*) in Germany. Eur. J. For. Path. 23: 18–27.
- KEBLER, W. (1988): Wurzelfäule an Jungpflanzen von Eiche und Rotbuche durch *Cylindrocarpon destructans*. Soz. Forstwirtschaft. 38: 110–111.
- KEVE, A. (1969): Der Eichelhäher (*Garrulus glandarius*). A. Ziemsen Verlag Wittenberg, Budapest, 128 S.
- KLEINSCHMIT, J.; KLEINSCHMIT, J. G. R. (2000): *Quercus robur* – *Quercus petraea*. A critical review of the species concept. Tagungsband „Genetics of oaks“, Zagreb: 441–452.
- KLEINSCHMIT, J.; ROLOFF, A. (1998): Welchen Beitrag liefert die Taxonomie der Eichen für die ökologische Praxis? AFZ/Der Wald 5: 248.
- KLINK, H.-J. (1998): Vegetationsgeographie. Das Geographische Seminar. Westermann Verlag Braunschweig, 3. Auflage.
- KOHLSTOCK, N. (1994): Die Eichenwirtschaft vor der Jahrhundertwende aus der Sicht des Märkischen Forstvereins – Was bringen diese Erfahrungen für das Landeswaldprogramm? In: Bericht zur Tagung des Brandenburgischen Forstvereins am 24. Juni 1994 in Peitz: 14–34.
- KÖNIG, A. O.; ZIEGENHAGEN, B.; VAN DAM, B. C.; CSAIKL, U. M.; COART, E.; DEGEN, B.; BURG, K.; DE VRIES, S. M. G.; PETIT, R.

- J. (2002): Chloroplast DNA Variation of oaks in western Central Europe and genetic consequences of human influence. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam 156 (1–3): 147–166.
- KÖNIG, A. O.; STAUBER, T. (2004): Haplotypenbestimmung als Hilfsmittel – Zuordnungsmöglichkeiten von Eichenbeständen zu ihren nacheiszeitlichen Gründerpopulationen bzw. Herkunftsregionen. In: *Berichte zur Fachtagung: Vitalität und genetische Variabilität der Eiche in Nordrhein-Westfalen*. LÖBF, NRW, Recklinghausen: 30–37.
- KONOPATZKY, A.; KIRSCHNER, G.; KALLWEIT, R. (1998): Bodenzustandswandel in den Wäldern des nordostdeutschen Tieflandes. *AFZ/Der Wald* 53: 479–482.
- KONOPATZKY, A.; WIRNER M. (2005): Anleitung für die forstliche Standortserkundung im nordostdeutschen Tiefland, Novellierte Fassung der Standortserkundungsanleitung SEA 1995, unveröffentlicht.
- KONTZOG, H.-G. (1999): Merkblatt zu Überwachung und Prognose von Fraßschäden durch Eichenwickler- und Frostspannerarten. MELF-Sachsen-Anhalt.
- KOPP D.; SCHWANECKE, W. (1991): Raumgliederung im Forst. Forstliche Wuchsgebiete der ostdeutschen Bundesländer. *Der Wald* 41 (11): 388–389.
- KOPP D.; SCHWANECKE, W. (1994): Standortlich-naturräumliche Grundlagen ökologiegerechter Forstwirtschaft. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin GmbH.
- KOPP, D.; KIRSCHNER, G. (1992): Fremdstoffbedingter Standortswandel aus periodischer Kartierung des Standortzustandes in den Wäldern des nordostdeutschen Tieflandes nach Ergebnissen der Standortserkundung. *Beitr. Forstwirtsch. u. Landsch.ökol.* 26: 62–71.
- KOPP, D.; SCHWANECKE, W. (1994): Standortlich-naturräumliche Grundlagen ökologiegerechter Forstwirtschaft: Grundzüge von Verfahren und Ergebnissen der forstlichen Standortserkundung in den fünf ostdeutschen Bundesländern. DLV, Berlin, 248 S.
- KOPP, S.; SCHMIDT, M. (1996): Bodenbearbeitung mit Fräse für Voranbau. *Tagungsführer zur 12. KWF-Tagung 1996*: 33–35.
- KÖRVER, F.; PAAR, U.; KIRCHHOFF, A.; GAWEHN, P.; EICHORN, J. (1999): Winteransprache zur Erfassung der Kronenstruktur bei Alteichen. *AFZ/Der Wald* 7: 357–360.
- KOSS, H. (1995): Nesterpflanzung: Versuche zur Eichen-Nesterpflanzung als Voranbaumaßnahme unter Kiefer. *Der Wald* 9: 312–315.
- KOZŁOWSKI, T.; PALLARDY, S. G. (1997): *Physiology of Woody Plants*. Academic Press San Diego, 410 S.
- KRAFT, G. (1884): Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben. Klindworth's Verlag, Hannover.
- KRAHL-URBAN, J. (1959): *Die Eichen – Forstliche Monographie der Trauben-Eiche und der Stiel-Eiche*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 288 S.
- KRAHL-URBAN, J.; LIESE, J.; SCHWERTFEGGER, F. (1944): Das Eichensterben im Forstamt Hellefeld. *Zeitschr. für das gesamte Forstwesen* 76./70. Jg., Heft 1/6: 70–86.
- KRAUSCH, H. D. (1970): *Die Pflanzengesellschaften des Stechlinsee-Gebietes. V. Wälder, Hecken und Saumgesellschaften – Limnologica* 7: 397–454.
- KRAUSCH, H. D. (1975): *Werte unserer Heimat. Band 25. Das Fürstenberg-Stechliner Seengebiet*. Akademie-verlag Berlin, 247 S.
- KRAUSCH, H. D. (1962): *Die Menzer Heide. Beiträge zur Geschichte eines märkischen Waldes*. Jb. Brandenburg. Landesgesch. 13: 96–117.
- KRAUSCH, H.-D. (1960): *Wüstungsforschung in Brandenburg. Ein Überblick. Märkische Heimat. Bd. 4*: 151–160.
- KRAUSCH, H.-D. (1974): *Werte unserer Heimat. Bd. 25: Das Rheinsberg-Fürstenberger Seengebiet*. Akademie der Wissenschaften der DDR. Geographisches Institut. Arbeitsgruppe Heimatforschung. Akademie-Verlag Berlin.
- KREISEL, H. (1961): *Die phytopathogenen Großpilze Deutschlands*. Jena, Fischer-Verlag.
- KREISEL, H. (Hrsg.) (1987): *Pilzflora der Deutschen Demokratischen Republik. Basidiomycetes (Gallert-, Hut- und Bauchpilze)*. Jena, Fischer-Verlag.
- KRETSCHMER, J. (2003): *Untersuchung von Verjüngungskapazitäten der Eichen (Quercus spec.) in Wäldern der Gemeinen Kiefer (Pinus sylvestris) unter Berücksichtigung der Beeinflussung durch Wild*. Dipl.-arbeit, TU Dresden.
- KULL, O.; NIINEMETS, Ü. (1993): Variations in leaf morphology and nitrogen concentration in *Betula pendula* ROTH., *Corylus avellana* L. and *Lonicera xylosteum* L. *Tree Physiol.* 12: 311–318.
- KUPER, J. H. (1994): *Sustainable Development of Scots Pine forests*. Wageningen Agricultural University Papers 94-2, 233 S.
- KWF (1995). *Pflanzenbedarf – Pflanzenanzucht – Pflanztechnik*. KWF-Bericht Nr. 20.
- KWF (1999). *Förderung der Naturverjüngung und Saat*. KWF-Broschüre; 52 S.
- KWF (2000). *Wurzelschonende Pflanzung. Tagungsführer zur 13. KWF-Tagung*: 31–35.
- KWF (2004). *Pflanzung – ein Risiko für die Bestandesstabilität? Tagungsführer zur 14. KWF-Tagung*: 46–48.
- LANDESAMT FÜR BAUEN, VERKEHR UND STRASSENWESSEN (LBVS) (2001): *Informationssystem (Kataster) Alleen/Straßenbäume*. Dez. Umweltschutz u. Landschaftspfll., Berlin-Hoppegarten.
- LANDESAMT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE BRANDENBURG (Hrsg.) (1997): *Geologische Übersichtskarte des Landes Brandenburg 1 : 300 000*, Potsdam.
- LANDESAMT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE BRANDENBURG (Hrsg.) (1997): *Digitales Geländemodell DGM 25 des Landes Brandenburg*, Landesvermessung und Geobasisinformationen Brandenburg.
- LANDESAMT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE BRANDENBURG (Hrsg.) (1997): *Topographie – ArcDeutschland 500*, ESRI Geoinformatik GmbH; (1998).
- LARCHER, W. (1987): *Streß bei Pflanzen. Naturwissenschaften* 74: 158–167.
- LEDER, B. (1993): *Bestandesanalyse eines älteren Kiefernbestandes mit Eichenhäfersaat*. Schriftenreihe der Landesanstalt für Forstwirtsch. in NRW, Bd. 7: 89–105.
- LEMBCKE, G.; KNAPP, E.; DITTMAR, O. (1975): *Kiefern-ertrags-tafel*. Eberswalde.
- LEMBCKE, G.; LUDWIG, J. (1971): *Eine neue Ertragstafel für Stieleiche des Mecklenburger Buchenoptimums*. Unveröffentlichtes Manuskript, Eberswalde.
- LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C.; DÖLL, M.; FIETZ, H.-J.; BACH, T.; KOZEL, U.; MEIER, D.; RAMSDORF, U. (1981): *Photosynthetic activity, chloroplast ultrastructure, and leaf characteristics of high-light and low-light plants and of sun and shade leaves*. *Photosynth. Res.*, 2: 115–141.

- LOBINGER, G. (1999): Zusammenhänge zwischen Insektenfraß, Witterungsfaktoren und Eichenschäden. Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft 19, 89 S.
- LOCKOW, K.-W. (1965): Analytische Untersuchungen über den Kronenaufbau und dessen Beziehungen zum Zuwachs in Kiefernjungbeständen. Diplomarbeit Tharandt.
- LOCKOW, K.-W. (1991): Einzelbaumvolumenafeln zur Berechnung der Eingriffsstärke in Stieleichenjungbeständen. Der Wald 41 (9): 318–319.
- LOCKOW, K.-W. (2001a): Aktuelle Versuchsflächen Schwapachs – Langzeitergebnisse und Schlussfolgerungen für den Waldumbau im nordostdeutschen Tiefland. Beitr. Forstwirt. u. Landsch.ökol. 35 (3): 123–137.
- LOCKOW, K.-W. (2001b): Ökologische Wuchsreihen für Stiel- und Trauben-Eiche – neue Wege und Entscheidungshilfen zum Aufbau naturnaher Wirtschaftswälder. Tagungsbericht des Forstvereins Mecklenburg-Vorpommern e. V. zur Jahrestagung am 12. Juni 2001 in Neustrelitz: 29–41.
- LOCKOW, K.-W. (2003): Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.) im nordostdeutschen Tiefland. Ertragstafel, Landesforstanstalt Eberswalde.
- LOCKOW, K.-W. (2003): Langfristige Versuchsflächen – Traubeneichendurchforstungsversuch Schönholz 3. AFZ – Der Wald 3: 115–118.
- LOCKOW, K.-W.; MUCHIN, A. (2004): Ökologische Wachstumsmodelle für Eiche und waldbauliche Folgerungen. AFZ – Der Wald 5: 255–258.
- LÖSCH, R. (2001): Wasserhaushalt der Pflanzen, Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim, 595 S.
- LÜHRTE, A. v. (1991): Dendroökologische Untersuchungen an Kiefern und Eichen in den stadtnahen Berliner Forsten. Landschaftsentw. und Umweltforsch. 77: 186 S.
- LÜPKE, B. v. (1982): Versuche zur Einbringung von Lärche und Eiche in Buchenbestände. Schriften Forstliche Fakultät Göttingen u. der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt 74, 123 S.
- LÜPKE, B. v. (1987): Einflüsse von Altholzüberschirmung und Bodenvegetation auf das Wachstum junger Buchen und Eichen. Forstarchiv 58: 18–24.
- LÜPKE, B. v. (1995): Überschirmungstoleranz von Stiel- und Traubeneichen als Voraussetzung für Verjüngungsverfahren unter Schirm. Mitteilungen der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz 34: 141–160.
- LWF (1997): Pflanzung und Wurzelentwicklung. Berichte aus der Bayer. Landesanst. f. Wald und Forstwirtschaft 15.
- LWF (2002): Pflanzung – ein Risiko für die Bestandesstabilität? Berichte aus der Bayer. Landesanst. f. Wald und Forstwirtschaft 37.
- MADSEN, P. (1995): Effects of soil water content, fertilization, light, weed competition and seedbed type on natural regeneration of beech (*Fagus sylvatica*). Forest Ecol. and Management 72: 251–264.
- MAYER, H. (1992): Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, New York.
- MAYER, R. (1957): Untersuchungen über Kronengröße und Zuwachsleistung der Trauben-Eiche auf süd-deutschen Standorten. Dissertation München.
- MAYR, E. (1967): Artbegriff und Evolution. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 617 S.
- MEHL, M. (2000). Testserie zur maschinellen Laubholzsäat. Landesanst. f. Forsten und Großschutzgebiete, Arbeitspapier, 13 S.
- MELF (1993): Landeswaldprogramm Brandenburg, LAFOP-Selbstdruck.
- MENGEL, K. (1979): Ernährung und Stoffwechsel der Pflanzen. G. Fischer Verlag, Jena.
- MESSNER, H. (1960): Die Aufbewahrung und Pflege von Eichen und Bucheln. Wolfanger Forstsäatgutmerkmale. J. D. Sauerländer Verlag Frankfurt/M.: 9–44.
- MEYER (1875): Beobachtungen über gemischte Eichen- und Nadelholzculturen in der Oberförsterei Lindenberg. ZFJ 7: 475–482.
- MIDDELMANN, D. (1997): Versuche zur Langzeitlagerung von Traubeneicheln. AFZ/Der Wald 52: 957.
- MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (MELF) (1996): Bestandeszieltypen für die Wälder des Landes Brandenburg.
- MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (MELF) (1995): Wald und Forstwirtschaft im Land Brandenburg. Potsdam.
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (2004): Waldbaurichtlinie 2004 „Grüner Ordner“ der Landesforstverwaltung Brandenburg.
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (2004): Brandenburger Waldprogramm. Potsdam. 20 S.
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (MLUR/LFE) (2002): Funktionen des Waldes in Verbindung mit dem Landschaftswasserhaushalt. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Band XV. Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung, Landesforstanstalt Eberswalde (Hrsg). Potsdam.
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELTSCHUTZ, UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (2005): Empfehlungen für forstliches Vermehrungsgut für das Land Brandenburg (im Druck) bzw. im Intranet der Landesforstverwaltung unter Waldbewirtschaftung/Waldbau & Waldwachstum/Forstvermehrungsgut
- MINOTTA, G., PINZAUTI, S. (1996): Effects of light and soil fertility on growth, leaf chlorophyll content and nutrient use efficiency of beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings. Forest Ecol. and Management 86: 61–71.
- MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ BRANDENBURG (MLUV), SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG BERLIN: Waldzustandsbericht 2004 der Länder Brandenburg und Berlin, 101 S. www.stadtentwicklung.berlin.de/forsten/waldzustandsbericht2004/
- MLUV/LFE-ARBEITSGRUPPE „BESTANDESZIELTYPEN“ (2005): Bestandeszieltypen für die Wälder des Landes Brandenburg (Novellierungserlass), Entwurfsfassung, in Vorbereitung.
- MORTZFELDT, F. (1896): Über horstweisen Vorverjüngungsbetrieb. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 28: 2–31.
- 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.

- MUCHIN, A. (2004): Analytische Untersuchungen zum Einfluss des Standortes auf das Wachstum von Stiel- und Traubeneichen im nordostdeutschen Tiefland. Dissertation, TU Dresden.
- MÜLLER, J. (2001): Ermittlung von Kennwerten des Wasserhaushaltes in Kiefern- und Buchenbeständen des nordostdeutschen Tieflandes. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie: 14–18.
- MÜLLER, M.; SCHNECK, D. (1997): Untersuchungen zur Mischung von Stiel- und Trauben-Eiche in zugelassenen Erntebeständen in Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen Anhalt. AFZ/Der Wald 5: 266–268.
- NATZKE, E. (1997): Die Lagerung von Eicheln – Situation, Versuche, Ausblick. Mitt. Biolog. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft 329: 53–66.
- NILSSON, S. G. (1985): Ecological and evolutionary interactions between reproduction of beech *Fagus sylvatica* and seed eating animals. Oikos 44: 157–164.
- NITZSCHKE, A. (2003): Witterungsreport 2003. Deutscher Wetterdienst, Offenbach 5: 1–12.
- NOACK, M. (2005): Waldwachstumskundliche Untersuchungen vorangebauter Trauben-Eichen in Kiefernbeständen des Nordostdeutschen Tieflandes und Schlussfolgerungen für den ökologischen Waldumbau auf standörtlicher Grundlage. Dissertation. Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.
- NÖRR, R. (2002): Sorgfalt entscheidet über Pflanzenerfolg! LWF-Merkblatt Nr. 4a.
- NÖRR, R. (2003): Wurzeldeformationen – ein Risiko für die Bestandesstabilität? Forstliche Forschungsberichte 195/2003. Schriftenreihe TU München u. der Bayer. LWF.
- NOWAG, A.; GILLE, K. (1993): Harvest and processing of forest tree seeds at the forest seed centre in Oerrel. Internat. Saatgutsymposium, 8.–11. 6. Uelzen: 211–220.
- NOWEL, W.; BÖNISCH, R.; SCHNEIDER, W.; SCHULZE, H. (1995): Geologie des Lausitzer Braunkohlereviere. LAUBAG, LMBV, 2. Auflage.
- OLBERG, A. (1933): Die Entwicklung des Waldzustandes in der Oberförsterei Chorin. Mitt. F. W. W., Heft 3.
- OLBERG, A. (1940): Waldbauliche Erfahrungen in Chorin. ZFJ 72: 129–149; 193–227.
- OSMOND, C. B. (1983): Interactions between irradiance, nitrogen nutrition and water stress in the sun-shade response of *Solanum dulcamara*. Oecologia, 57: 316–321.
- OTTO, H.-J. (1995): Zielorientierter Waldbau und Schutz sukzessionaler Prozesse. Forst und Holz 50: 203–209.
- OTTO, H.-J. (1996): Die Ausbreitung spontaner Verjüngungen in den Wäldern des nordostdeutschen Flachlandes während des letzten Vierteljahrhunderts: Waldbauliche Chancen und Probleme. Forstarchiv, 67: 236–246.
- PAAR, U.; KÖRVER, F.; KIRCHHOFF, A.; GAWEHN, P.; SCHÖFELDER, E.; EICHHORN, J. (1999): Stabilitätsentwicklung der Eiche am Beispiel von Kronenveränderungen. Forst und Holz 54: 227–230.
- PASSARGE, H. (1970): Zur Kenntnis der Vegetationsfolge nach Kahlschlag, eine Voraussetzung für eine rationelle Unkrautbekämpfung. Archiv für Forstwesen, 19: 268–276.
- PASSARGE, H. (1972): Vegetationsfolge nach Kahlschlag auf reicheren Standorten und ärmeren Grundwasserböden. F/E-Bericht, IFE 192.
- PATOČKA, J. (1980): Die Raupen und Puppen der Eichenschmetterlinge Mitteleuropas. Parey Berlin Hamburg.
- PEARCY, R. W.; SIMS, D. A. (1994): Photosynthetic acclimation to changing light environments: scaling from the leaf to the whole plant. In: CALDWELL, M. M.; PEARCY, R. W. (Hrsg.): Exploitation to environmental heterogeneity by plants: ecophysiological processes above- and belowground. Academic Press, San Diego, Calif.: 145–174.
- PERPEET, M. (2000): Naturnaher Waldbau – Die Waldentwicklungstypen der Bundesforstverwaltung. Reihe Verwaltung und Wissenschaft. Bundesministerium für Finanzen.
- PETERSEN, R.; WAGNER, S. (1998): Erste Ergebnisse eines Voranbauversuches unter Kiefer im nordöstlichen Niedersachsen. Forst und Holz 54: 647–653.
- PETIT, R. J.; BREWER, S.; BORDÁCS, S.; BURG, K.; CHEDDADI, R.; COART, E.; COTTRELL, J.; CSAIKL, U. M.; VAN DAM, B.; DEANS, J. D.; ESPINEL, S.; FINESCHI, S.; FINKELDEY, R.; GLAZ, I.; GOICOECHEA, P. G.; JENSEN, J. S.; KÖNIG, A. O.; LOWE, A. J.; MADSEN, S. F.; MÁTYÁS, G.; MUNRO, R. C.; POPESCU, F.; SLADE, D.; TABBENER, H.; DE VRIES, S. G. M.; ZIEGENHAGEN, B.; DE BEAULIEU, J.-L.; KREMER, A. (2002b): Identification of refugia and post-glacial colonisation routes of European white oaks based on chloroplast DNA and fossil pollen evidence. Forest Ecology and Management 156: 49–74.
- PETIT, R. J.; CSAIKL, U. M.; BORDÁCS, S.; BURG, K.; COART, E.; COTTRELL, J.; VAN DAM, B.; DEANS, J. D.; DUMOLIN-LAPÈGUE, S.; FINESCHI, S.; FINKELDEY, R.; GILLIES, A.; GLAZ, I.; GOICOECHEA, P. G.; JENSEN, J. S.; KÖNIG, A. O.; LOWE, A. J.; MADSEN, S. F.; MÁTYÁS, G.; MUNRO, R. C.; OLALDE, M.; PEMONGE, M.-H.; POPESCU, F.; SLADE, D.; TABBENER, H.; TAURCHINI, D.; DE VRIES, S. G. M.; ZIEGENHAGEN, B.; KREMER, A. (2002a): Chloroplast DNA variation in European white oaks: phylogeography and patterns of diversity based on data from over 2600 populations. Forest Ecology and Management 156: 5–26.
- PFEIL, W. L. (1839): Die Forstgeschichte Preußens bis zum Jahre 1806. Leipzig.
- PLAISANCE, G. (1957): Influence of light on oak seedlings (favourable factors). Annales scientifiques de l'Université de Besancon 9: 141–160.
- PLAZIKOWSKI, B. (1994): Geschichtliche Entwicklung der alten Oberförsterei Zechlin bis zur Teilung in die Oberförstereien Zechlin und Zechlinerhütte. Diplomarbeit, FH Raben-Steinfeld.
- POLLE, A.; EIBLMEIER, M.; SHEPPARD, L.; MURAY, M. (1997). Responses of antioxidative enzymes to elevated CO₂ in leaves of beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings grown under a range of nutrient regimes. Plant, Cell and Environment 20: 1317–1321.
- PREUHLER, T.; KÜHNEL, S.; BOCK, K. (1994): Zum Wachstum von Eichensaat unter Kiefernschirm im Forstamt Nürnberg. Forst und Holz 49: 123–128.
- RASCH, D.; ENDERLEIN, G.; HERRENDÖRFER, G. (1973): Biometrie. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- RASCH, D.; HERRENDÖRFER, G.; BOCK, J.; BUSCH, K. (1978): Verfahrensbibliothek. Band 2., VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- RIEK, W. (2005): Einfluss des Wasserhaushalts auf Vitalität und Zuwachs von Eichen im Forstgebiet Zootzen. Unveröffentlichte Studie. Landesforstanstalt Eberswalde.

- RIEK, W.; KALLWEIT, R. (2003): Ansätze zur Modellierung des Wasserhaushalts auf Brandenburger Level II-Flächen. In: Bericht über den Workshop Integrierende Auswertung der Daten des Forstlichen Umweltmonitorings (Level I/II) vom 24.–26. Februar 2003 in Bonn-Röttgen. BMVEL (Hrsg.): 238–244.
- RÖDER, O.; KNAPPE, U. (1997): Die Elektronenbehandlung, eine physikalische Alternative zur chemischen Beizung von Saatgut. In: Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch. 329: 46–52.
- ROLOFF, A. (1989): Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemäßigten Breiten. Schriften aus d. Forstl. Fakultät d. Univ. Göttingen u. d. Niedersächs. Forstl. Versuchsanstalt, 93, 258 S.
- ROTENHAN, S. (1999). Zu: Die natürliche Verjüngung der Buche. AFZ/Der Wald 19: 1031.
- SCHABER, J.; BADECK, F.-W. (2005): Plant phenology in Germany over the 20th century. Reg. Environ. Change 5: 37–46.
- SCHAEFFER-SCHACHTSCHABEL (1992): Lehrbuch der Bodenkunde. Enke-Verlag Stuttgart, 13. Auflage.
- SCHERZER, J. (2004): Ermittlung von Pedotransferfunktionen zur rechnerischen Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushalts (FK, PWP, nFK, kapillarer Aufstieg). Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL). unveröffentlicht.
- SCHIRMER, W.; DIEHL, T.; AMMER, C. (1999): Zur Entwicklung junger Eichen unter Kieferschirm. Forstarchiv 70: 57–65.
- SCHMALTZ, J. (1964): Untersuchungen über den Einfluss von Beschattung und Konkurrenz auf junge Buchen. Diss. Göttingen/Hann. Münden 1964.
- SCHMIDT, O. (1994): Holz- und Baupilze. Biologie, Schäden, Schutz, Nutzen. Springer Berlin, Heidelberg.
- SCHMIDT, P. A. (1998): Potentielle natürliche Vegetation als Entwicklungsziel naturnaher Waldbewirtschaftung. Forstw. Cbl. 117: 193–205.
- SCHÖNBORN, A., v. (1964): Die Aufbewahrung des Saatgutes der Waldbäume. BLV Verlagsgesellschaft München Basel Wien, 158 S.
- SCHRÖCK, H. W. (2001): Entwicklung von Kronenverlichtung, Kronenstruktur und Zuwachs bei Eiche unter dem Einfluss von Insektenfraß. In: Dauerbeobachtungsflächen Waldschäden im Level II-Programm. BMVEL: 51–61.
- SCHRÖDER T. (1999): Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut. AFZ/Der Wald 54: 772–774.
- SCHRÖDER, T.; KEHR, R.; PROCHAZKOVA, Z.; SUTHERLAND, J. R. (2004): Practical methods for estimating the infection rate of *Quercus robur* acorn seedlots by *Ciboria bat-schiana*. For. Path. 34: 187–196.
- SCHRÖDER, T.; WULF, A. (1998): Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut. Symposium Braunschweig 28.–29.05.1998, Parey Buchverlag Berlin, 159 S.
- SCHUBERT, J. (1999): Lagerung und Vorbehandlung von Saatgut wichtiger Baum- und Straucharten. Landesanstalt für Ökologie; Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung Nordrhein-Westfalen (LÖBF), 183 S.
- SCHUBERT, R. (1991): Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen. Gustav Fischer Verlag Jena.
- SCHUBERT, R. (1991): Lehrbuch der Ökologie. Gustav Fischer Verlag Jena.
- SCHULZ, W. (1953): Die Bewirtschaftung der Eiche im Spiegel der vorratspfleglichen Waldwirtschaft. (Freienwalder Eichenwirtschaft): 77–83.
- SCHULZE, G. (1996): Anleitung für die forstliche Standortserkundung im nordostdeutschen Tiefland. Standortserkundungsanleitung – SEA 95. Schwerin.
- SCHUSTER, L. (1950): Über den Sammeltrieb des Eichelhähers. Die Vogelwelt 71: 9–17.
- SCHÜTT, P.; SCHUCK, H. J.; LANG, U.; ROLOFF, A. (2000): Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie. Ecomed Verlag.
- SCHWARZE, F. W. M. R.; ENGELS, J.; MATTHECK, C. (1999): Holzersetzende Pilze in Bäumen. Rombach Verlag Freiburg i. B.
- SCHWENKE, W. (1978): Die Forstschädlinge Europas. Bd. 3 Schmetterlinge. Parey Verlag, Berlin Hamburg.
- SCHWERDTFEGER, F. (1981): Die Waldkrankheiten. 4. Aufl., Parey Verlag, Berlin Hamburg.
- SELYE, H. (1957): The stress of life. McGraw-Hill Book Company Inc.; New York.
- SINNER, K.-F. (1990): Waldbauliche Konzeption zur langfristigen Verjüngung auf führende Eiche und Eichen-Kiefern-Mischbestände. Schriftenreihe des Bayerischen Forstvereins 10: 68–77.
- SINNER, K.-F. (1995): Vom Kiefernreinbestand zum Mischbestand. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und Mitteilungen der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt. 119: 132–144.
- SKADOW, K.; TRAU, H. (1986): Untersuchungsergebnisse zum Vorkommen einer Eichenerkrankung im nordöstlichen Harzvorland. Beitr. Forstwirtschaft 20 (2): 64–74.
- SORG, W. (1936): Wüstungen in den brandenburgischen Kreisen Ruppin und Templin und deren Ursachen. Berlin.
- STÄHR, F.; PETERS, T. (2000): Hähersaat – Qualität und Vitalität natürlicher Eichenverjüngung im nordostdeutschen Tiefland. AFZ/Der Wald 23: 1231–1234.
- STEINBACHER, G. (1950): Weiteres über Nahrungsflüge des Eichelhähers. Die Vogelwelt 71: 129 S.
- STIMM, B.; BÖSWALD, K. (1994): Der Häher im Visier. Zur Ökologie und waldbaulichen Bedeutung der Samenausbringung durch Vögel. Forstw. Cbl. 113: 204–223.
- STORM, R. (2001): Wahrscheinlichkeitsrechnung, mathematische Statistik und statistische Qualitätskontrolle. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag. München & Wien, 11. Auflage.
- STÜBNER, H.; HÖHNE, I.; RÜFFER, O.; LOCKOW, W.; PANKA, S.; GROSSER, K. H.; RIEK, W.; STROHBACH, B.; HEISTERBERG, B.; GRÜLL, M.; KÄTZEL, R.; DEGENHARDT, A.; MÖLLER, K. (2001): Naturwälder und Naturwaldforschung im Land Brandenburg. Eberswalde und Potsdam. 147 S.
- SVOLBA, J.; KLEINSCHMIT, J. (2000): Provenienzunterschiede beim Eichensterben. Forst und Holz 55: 15–17.
- TANGERMANN, F. (1930): Kiefernkulturen unter Schirm in der Oberförsterei Freienwalde. ZFJ 62: 591–624.
- TANGERMANN, F. (1932): Zur Frage der Eichenverjüngungsverfahren im Lehrrevier Freienwalde. ZFJ 14: 321–326.
- TESCHE, M. (1995): Streß bei Pflanzen: Allgemeine und historische Aspekte. In: HOCK, B., ELSTNER, E. F. (Hrsg.): Schadwirkung auf Pflanzen. Lehrbuch der Pflanzentoxikologie. 3. Aufl., 444 S., Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford: 420–426.
- THOMAS, F. M.; BLANK, R.; HARTMANN, G. (1996): Der Einfluss von Stammexposition, Stickstoff-Status und Blattfraß

- auf die Frosthärte des Bastes von Alteichen. Verh. d. Gesell. für Ökologie, Bd. 26: 153–160.
- THOMAS, F.M.; BLANK, R.; HARTMANN, G. (2002): Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. *Forest Pathology* 32: 277–307.
- THOMAS, H. (1991): Prinzipien eines ökologisch orientierten Waldbaus, Tharandt.
- THOMAS, H.; HARTIG, M. (1989): Monographien der forstwirtschaftlich wichtigsten Baumarten. TU Dresden, Sektion Forstwissenschaften, Tharandt, 143 S.
- TRILLMICH, H.-D.; UEBEL, E. (1992): Ein Düngetest zur Trauben-Eiche. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie 1: 15–24.
- TÜXEN, R. (1956): Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. *Angew. Pflanzensoziologie* 13: 5–42.
- ULRICI V. (1889): Wie behandelt und verwerthet man den unter alten Kiefern vorhandenen Eichenjungwuchs. Bericht über die XVII. Versammlung des Märkischen Forst-Vereins am 4. und 5. Juni 1889 zu Prenzlau. Potsdam.
- VOLQUARDT, G. (1958): Ertragstafel für die Esche (Mäßige Durchforstung). In: SCHÖBER, R.: Ertragstafeln wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main.
- VULLMER, H. (1993): Untersuchungen zur Biologie des Eichelhäfers und seines Beitrags zur Eichenverjüngung in einem naturnah bewirtschafteten Wald in der Lüneburger Heide. Abschlussber., Staatliches Forstamt Sellhorn.
- VULLMER, H.; HANSTEIN, U. (1995): Der Beitrag des Eichelhäfers zur Eichenverjüngung in einem naturnah bewirtschafteten Wald der Lüneburger Heide. *Forst und Holz* 50: 643–646.
- WAGENBRETH, O.; STEINER, W. (1990): Geologische Streifzüge: Landschaft und Erdgeschichte zwischen Kap Arkona und Fichtelberg. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig.
- WAGENKNECHT, E., SCAMONI, A., RICHTER, A.; LEHMANN, J. (1956): Eberswalde 1953. Wege zur Standortsgerechten Forstwirtschaft. Neumann Verlag, Radebeul und Berlin, 523 S.
- WAGNER, S. (1994): Einbringung von Laubbaumarten in Kiefernbestände auf armen Sanden im Nordosten Niedersachsens. *Forstarchiv* 65: 3–9.
- WEBER, E. (1961): Grundriss der biologischen Statistik. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 4. Auflage.
- WEIHS, U.; KLAENE, K. (2000): Wuchsdynamik und Qualität von Buchenvoranbauten unter Fichtenaltheiz auf Basaltstandorten im Hessischen Forstamt Kassel. *Forst und Holz* 6: 177–181.
- WETLANDER, N. T.; OTTOSON, B. (1997): Influence of photosynthetic photon flux density on growth and transpiration in seedlings of *Fagus sylvatica*. *Tree Physiol.* 17: 133–140.
- WETZEL, K.; METZLER, B.; SEEMANN, D.; SCHRÖTER, H. (1999): Gesundheit der Fein- und Feinstwurzeln an Stiel- und Trauben-Eiche in Bezug zu Bodenparametern. Forschungsbericht FZKA-BWPLUS, 37 S.
- WIENHAUS, O.; KÄTZEL, R.; LÖFFLER, S.; RINGEL, C.; LANDMESSER, H.; HAHN, R.; LANDMESSER, W. (2002): Abschlussbericht zum BML-Verbundvorhaben „Prüfung von Methoden zur Feststellung von Vitalitätseinbußen bei Fichten und Kiefern anhand pflanzenchemischer und pflanzenphysiologischer Parameter im Rahmen von unterschiedlichen Immissions- und Ökosystembedingungen (96HS 052/053), Tharandt und Eberswalde.
- WIENHAUS, O.; KÄTZEL, R.; LÖFFLER, S.; RINGEL, C.; LANDMESSER, H.; HAHN, R. (2003): Methodenhandbuch zur Bestimmung von Biomarkern bei Fichte und Kiefer. Eberswalder Forschungsberichte.
- WITTICH, W. (1955): Die standörtlichen Bedingungen für die natürliche Verjüngung der Kiefer und ihre Erziehung unter Schirm. *Zeitschrift f. Forst- und Jagdwesen* 126: 109–117.
- WÖLFEL, H.; BECK, O. A.; RIEGERT, C.; REINECKE, H. (2001): Eichenanbau ohne Zaun mit Rehwild als Standortfaktor. *Forst und Holz* 56 (19): 617–623.
- WOLTERS, S. (2002): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen zur spätglazialen und holozänen Landschaftsentwicklung in der Döbritzer Heide (Brandenburg). *Dissertationes Botanicae* Band 366, Universität Potsdam. – Berlin, Stuttgart: Cramer in der Gebr. Borntraeger-Verl.-Buchh., 157 S.
- ZASPEL, I.; HERTEL, H. (1996): Untersuchungen zum Einfluss des Europäischen Eichensterbens auf die genetische Struktur von Eichenbeständen. *Mitt. d. Biolog. Bundesanstalt* 318: 115–123.
- ZERBE, S.; BRANDE, A.; GLADITZ, F. (2000): Kiefer, Eiche und Buche in der Menzer Heide (N-Brandenburg) – Veränderungen der Waldvegetation unter dem Einfluss des Menschen. *Verh. Bot. Ver. Berlin-Brandenburg* (133), Berlin: 45–86.
- ZHANG, J.; DAVIES, W. J. (1987): Control of stomatal behaviour by abscisic acid which apparently originates in roots. *J. Exp. Bot.* 38: 1174–1181.
- ZIMMERMANN, R.-D. (1996): Begriffsdefinition zur Bioindikation. *UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox.* 8 (3): 169–171.

In der Eberswalder Forstlichen Schriftenreihe sind bereits erschienen:

- Band I** *Paul-Martin Schulz*: „Biographie Walter Pfalzgraf, des ersten Leiters des Zentralforstamtes in der Sowjetischen Besatzungszone von 1945–1948“ ISBN 3-933352-02-9
- Band II** *Horst Mildner/Ekkehard Schwartz*: „Waldumbau in der Schorfheide, zum Andenken an Oberlandforstmeister Dr. phil. Erhard Hausendorff“ ISBN 3-933352-06-1
- Band III** *Dieter Heinsdorf* u. a.: „Forstliche Forschung im Nordostdeutschen Tiefland (1992–1997)“ ISBN 3-933352-07-X
- Band IV** *Hans Hollender* u. a.: „Planung der Waldentwicklung im Land Brandenburg, Vorträge zur Fachtagung am 4. November 1998 in Eberswalde“ ISBN 3-933352-10-X
- Band V** *Ralf Kätzel* u. a.: „Forsts Saatgutprüfung in Eberswalde 1899–1999, Grundlage für eine nachhaltige Forstwirtschaft“ ISBN 3-933352-12-6
- Band VI** *Dieter Heinsdorf*: „Das Revier Sauen – Beispiel für erfolgreichen Waldumbau“ ISBN 3-933352-22-3
- Band VII** *Klaus Höppner* u. a.: „Ökologische und ökonomische Gesichtspunkte der Waldbewirtschaftung im südlichen Brandenburg“ ISBN 3-933352-24-X
- Band VIII** *Hubertus Kraut/Reinhard Möckel*: „Forstwirtschaft im Lebensraum des Auerhuhns, ein Leitfaden für die Waldbewirtschaftung in den Einstandsgebieten im Lausitzer Flachland“ ISBN 3-933352-23-1
- Band IX** *Ralf Kätzel* u. a.: „Die Birke im Nordostdeutschen Tiefland; Eberswalder Forschungsergebnisse zum Baum des Jahres 2000“ ISBN 3-933352-30-4
- Band X** Sonderband; Abteilung Forstwirtschaft des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg: „Landeswaldbericht 1997 und 1998, mit einem Sonderkapitel zur Naturalplanung in Brandenburg“ ISBN 3-933352-31-2
- Band XI** *Hans-Friedrich Joachim*: „Die Schwarzpappel (*Populus nigra* L.) in Brandenburg“ ISBN 3-933352-32-0
- Band XII** *Christian Brueck* u. a.: „Zertifizierung von Forstbetrieben. Beiträge zur Tagung vom 5. November 1999 in Fürstenwalde/Spree (Brandenburg)“ ISBN 3-933352-34-7
- Band XIII** *Dieter Heinsdorf, Joachim-Hans Bergmann*: „Sauen 1994 – ein gelungener Waldumbau ...“ ISBN 3-933352-35-5
- Band XIV** Sonderband; Abteilung Forstwirtschaft des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg: „Landeswaldbericht 1999 mit einem Sonderkapitel ‚Regionaler Waldbericht für die Zertifizierung der Waldbewirtschaftung in Brandenburg‘“ ISBN 3-933352-37-1
- Band XV** *Winfried Riek* u. a.: „Funktionen des Waldes und Aufgaben der Forstwirtschaft in Verbindung mit dem Landschaftswasserhaushalt“ ISBN 3-933352-47-9
- Band XVI** *Carsten Leßner* u. a.: „Privatwald in Brandenburg – Entwicklung, Rahmenbedingungen und aktuelle Situation“ ISBN 3-933352-48-7
- Band XVII** Autorenkollektiv: „Die Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.) im nordostdeutschen Tiefland“ ISBN 3-933352-52-5
- Band XVIII** Autorenkollektiv: „Zertifizierung nachhaltiger Waldbewirtschaftung in Brandenburg“ ISBN 3-933352-53-3
- Band XIX** *Winfried Riek, Falk Stähr* u. a.: „Eigenschaften typischer Waldböden im Nordostdeutschen Tiefland unter besonderer Berücksichtigung des Landes Brandenburg – Hinweise für die Waldbewirtschaftung“ ISBN 3-933352-56-8
- Band XX** Autorenkollektiv: „Kommunalwald in Brandenburg – Entwicklung, Rahmenbedingungen und aktuelle Situation“ ISBN 3-933352-57-6
- Band XXI** Autorenkollektiv: „Naturverjüngung der Kiefer – Erfahrungen, Probleme, Perspektiven“ ISBN 3-933352-58-4
- Band XXII** *Jörg Müller* u. a.: „Die zweite Bundeswaldinventur (BWI²) – Ergebnisse für Brandenburg und Berlin“ ISBN 3-933352-59-2
- Band XXIII** Autorenkollektiv: „Zukunftsorientierte Waldwirtschaft: Ökologischer Waldumbau im nordostdeutschen Tiefland“
- Band XXIV** *Gerhard Hofmann/Ulf Pommer*: „Potentielle Natürliche Vegetation von Brandenburg und Berlin mit Karte im Maßstab 1 : 200 000“ ISBN 3-933352-62-2
- Band XXV** Autorenkollektiv: „Aktuelle Ergebnisse und Fragen zur Situation der Eiche und ihrer Bewirtschaftung in Brandenburg“ ISBN 3-933352-63-0
- Band XXVI** Autorenkollektiv: „Wissenstransfer in die Praxis, Tagungsband zum 1. Eberswalder Winterkolloquium am 2. März 2006“ ISBN 3-933352-64-9

**Ministerium für Ländliche Entwicklung,
Umwelt und Verbraucherschutz
des Landes Brandenburg**

Referat Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Heinrich-Mann-Allee 103

14473 Potsdam

Telefon: 03 31 / 8 66 72 37 und 03 31 / 8 66 70 17

Fax: 03 31 / 8 66 70 18

E-Mail: pressestelle@mluv.brandenburg.de

Internet: www.mluv.brandenburg.de

Landesforstanstalt Eberswalde

Alfred-Möller-Straße 1

16225 Eberswalde

Telefon: 0 33 34 / 6 50

Fax: 0 33 34 / 6 52 06

E-Mail: lfe@lfe-e.brandenburg.de

Internet: www.lfe.brandenburg.de

ISBN 3-933352-63-0