

**Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt
für Land- und Forstwirtschaft
Berlin-Dahlem**



Eichensterben in Deutschland
Situation, Ursachenforschung und Bewertung
Oak decline in Germany
Present situation, research and evaluation

Symposium am 13. und 14. September 1995 bei der
Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt Göttingen

bearbeitet von
Priv.-Doz. Dr. Alfred Wulf
und
Dr. Rolf Kehr

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Institut für Pflanzenschutz im Forst

Heft 318

Berlin 1996

*Herausgegeben
von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Berlin-Dahlem*

Parey Buchverlag Berlin
Kurfürstendamm 57, D-10707 Berlin

ISSN 0067-5849

ISBN 3-8263-3123-0

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Eichensterben in Deutschland: Situation, Ursachenforschung und Bewertung; Symposium am 13. und 14. September 1995 bei der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt Göttingen = Oak decline in Germany / Hrsg. von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem. Bearb. von Alfred Wulf und Rolf Kehr. – Berlin: Parey [in Komm.], 1996.

(Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem; H. 318)

ISBN 3-8263-3123-0

NE: Wulf, Alfred [Bearb.]: Oak decline in Germany; Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft <Berlin; Braunschweig>:

Mitteilungen aus der...

© Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der Fassung vom 24. Juni 1985 zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

1996 Kommissionsverlag Parey Buchverlag Berlin, Kurfürstendamm 57, 10707 Berlin Printed in Germany by Arno Brynda, Berlin

Inhaltsverzeichnis	Seite
A. Wulf	Vorwort 5
	Symposiumsprogramm 6
H.G. Kontzog	"Eichensterben" in Sachsen-Anhalt - Entwicklung des Schadgeschehens 8
F. Emschermann	Situation der Eichenerkrankungen in Nordrhein- Westfalen..... 13
B. Winterhoff	Situation der Eichenerkrankungen in Hessen und Ansprachemerkmale bei der Bonitierung von Eichen..... 16
U. Baier	Zur Situation der Eichenerkrankungen in Thüringen 20
J. König	Situation und Ursachenanalyse der Eichenschäden in Sachsen 24
E. Maschning	Zur Situation der Eichenschäden in Bayern 32
D. Seemann	Untersuchungsergebnisse zur Eichenforschung in Baden-Württemberg 37
H.W. Schröck	Zusammenhang zwischen insektenfraßbedingten Blatt- verlusten und dem Kronenzustand von Eichenbeständen 48
H. Blaschke und T. Jung	Symptome und Nachweis eines <i>Phytophthora</i> -Befalls an Eichen..... 61
D. Heinsdorf	Boden- und ernährungskundliche Untersuchungen in geschädigten Eichenbeständen des nordostdeutschen Tieflandes 79
A. Simon und A. Wild	Untersuchungen zum Mineralstoff-, Phenol- und Chlorophyllgehalt in Blatt und Rinde von unterschiedlich stark geschädigten Stieleichen..... 99
I. Zaspel und H. Hertel	Untersuchungen zum Einfluß des Europäischen Eichen- sterbens auf die genetische Struktur von Eichenbeständen.. 115
G. Hartmann	Ursachenanalyse des "Eichensterbens" in Deutschland - Versuch einer Synthese bisheriger Befunde 125
	Diskussion..... 152
	Teilnehmerverzeichnis..... 155

Contents	Page
A. Wulf	Introduction 5
	Program 6
H.G. Kontzog	Oak decline in Sachsen-Anhalt - development of damage 8
F. Emschermann	Oak decline in Northrhine-Westfalia 13
B. Winterhoff	Oak decline and evaluation of damage in Hessia 16
U. Baier	Oak decline in Thuringia..... 20
J. König	Oak decline and evaluation of damage in Saxony 24
E. Maschning	Oak decline in Bavaria 32
D. Seemann	Results of research on oak decline in Baden-Württemberg 37
H.W. Schröck	Correlation between foliage damage by insects and the crown condition of oak stands..... 48
H. Blaschke and T. Jung	Symptoms and establishment of <i>Phytophthora</i> -damage to oaks 61
D. Heinsdorf	Research on soil and nutrient conditions in declining oak stands of the Northeastern German Lowlands 79
A. Simon	Research on the mineral, phenol and chlorophyll content in leaves and bark of declining Pedunculate Oaks..... 99
I. Zaspel and H. Hertel	Research on the effect of European Oak Decline on the genetic structure of oak stands 115
G. Hartmann	Analysis of the causal factors leading to oak decline in Germany - an attempted synthesis 125
	Discussion..... 152
	List of participants 155

Vorwort

Die Wertschätzung der Eiche in deutschen Wäldern ist unumstritten. Im Zusammenhang mit neueren waldbaulichen Bestrebungen, Nadelholzbestände in stabilere Laub- oder Laubmischwälder umzuwandeln, erlangt diese Baumart noch zunehmend an Bedeutung. Umso besorgniserregender müssen daher Meldungen gewertet werden, die seit Mitte der 80er Jahre über ein auffälliges Eichensterben in Zentraleuropa berichten, das beide heimische Eichenarten in allen Stammholz-Altersklassen erfaßt hat. Untersuchungen zu diesem Phänomen zeigten schnell, daß eine einfache Erklärung mit klarer kausaler Zuordnung nicht möglich ist und es sich offensichtlich um ein komplexes Geschehen handelt, das auch regional unterschiedlich bewertet werden muß. Eine Vielzahl von Ursachenhypothesen und vermeintlich verantwortlichen Schadfaktoren, wie z. B. Witterungsanomalien und -extreme (Frost, Trockenheit), Standortveränderungen (Grundwasser, Immissionen), Mycoplasmen, Tracheomycosen, Wurzelpilze und Insektenbefall sind seither in diesem Zusammenhang aufgezeigt worden. In mehreren internationalen Kongressen (z.B. Kornik/Polen 1990, Bari/Italien 1992, Nancy/Frankreich 1994) wurden Untersuchungsergebnisse zu den unterschiedlichen Bereichen des Komplexes vorgestellt und teilweise sehr kontrovers diskutiert. Dabei war auffällig, daß Wissenschaftler und Arbeitsgruppen das Krankheitssyndrom häufig zu stark aus dem Blickwinkel der eigenen Arbeitsrichtung betrachten und eine Verbesserung konstruktiver Verknüpfungen untereinander wünschenswert erscheint.

In diesem Zusammenhang mußte auch der bislang geringe Kontakt der deutschen Forschungsgruppen als überaus unbefriedigend gewertet werden. Daher hat das Institut für Pflanzenschutz im Forst der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) in Zusammenarbeit mit der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt am 13. und 14. September 1995 ein Symposium organisiert, das einer Zustandserfassung sowie der Koordination und gegenseitigen Information über Forschungsarbeiten zu Eichenerkrankungen in Deutschland dienen sollte. Hierbei wurde zunächst von den forstlichen Versuchsanstalten zur Situation der Eiche in den betroffenen Bundesländern berichtet und anschließend Untersuchungen zu spezifischen Forschungsschwerpunkten vorgestellt und diskutiert. Die Ausführungen und Ergebnisse sind in dem hier vorliegenden Tagungsband niedergelegt. Eine übergreifende, spezifische Zusammenfassung der Erkenntnisse aus den Symposiumsbeiträgen ist dabei nicht erarbeitet worden und durch das abschließende, resümierende Referat von Herrn Dr. Hartmann wohl auch entbehrlich. Der vorrangig an einem schnellen Überblick interessierte Leser wird diesbezüglich somit auf den letzten Beitrag und das Diskussionsprotokoll hingewiesen.

Die Organisatoren danken dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten sowie der Gemeinschaft der Förderer und Freunde der BBA für die finanzielle Unterstützung der Veranstaltung. Den technischen Assistentinnen Uta Scheidemann und Dörte Achilles gilt der Dank der Herausgeber des Tagungsbandes für redaktionelle Mitwirkung. Sollten die hier gesammelten Erkenntnisse und darauf aufbauende Arbeiten der Genesung oder Gesunderhaltung unserer Wälder dienen, hätten sich die mit der Initiative verbundenen Mühen gelohnt.

Alfred Wulf
Institut für Pflanzenschutz im Forst der BBA

**Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Institut für Pflanzenschutz im Forst**

und

Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt

**Symposium zur Koordination und gegenseitigen Information
über Forschungsarbeiten zu Eichenerkrankungen in Deutschland**

Tagungsort: Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen
Grätzelstraße 2, 37079 Göttingen

Beginn: Am 13. September 1995 um 14⁰⁰ Uhr

Ende: Am 14. September 1995 ca. um 13⁰⁰ Uhr

13.09.95 14⁰⁰ - 19⁰⁰ Informationsaustausch

14.09.95 8³⁰ - 13⁰⁰ Exkursion in das Staatliche Forstamt Bramwald

Vortragsprogramm

Länderberichte

- | | |
|-----------------------|---|
| Kontzog, Hans-Günter: | Forstliche Landesanstalt Sachsen-Anhalt, Flechtingen.
„Entwicklung des Schadgeschehens in Sachsen-Anhalt“ |
| Emschermann, Frank: | Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, Münster.
„Zur Situation der Eichenschäden in Westfalen“ |
| Winterhoff, Britta: | Hessische Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung
und Waldökologie, Hann. Münden
„Ansprachemerkmale bei der Bonitierung von Eichen in Hessen“ |
| Baier, Ulf: | Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Thüringen, Gotha
„Situation der Eichenerkrankungen in Thüringen“ |
| König, Jürgen: | Sächsische Landesanstalt für Forsten, Graupa.
„Zur Schadsituation und Ursachenanalyse in Sachsen“ |
| Maschnig, Erwin: | Bayerische Landesanstalt für Wald-und Forstwirtschaft, Freising.
„Zur Situation der Eichenschäden in Bayern“ |

Diskussion

Forschungsschwerpunkte

- Schröck, Hans Werner: Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Trippstadt.
„Zusammenhang zwischen fraßbedingten Blattverlusten und dem Kronenzustand von Eichenbeständen“
- Seemann, Dieter: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg
„Untersuchungsergebnisse zur Eichenforschung“
- Blaschke, Helmut: Lehrstuhl für Forstbotanik, Freising.
„Über die Symptome und den Nachweis eines *Phytophthora*-Befalls an Eichen“
- Heinsdorf, Dieter: Forstliche Forschungsanstalt, Eberswalde.
„Boden- und ernährungskundliche Untersuchungen in geschädigten Eichenbeständen des nordostdeutschen Tieflandes“

Diskussion

- Simon, Andreas: Institut für allgemeine Botanik, Mainz.
„Physiologische Untersuchungen an erkrankten Eichen“
- Zaspel, Irmtraut: Institut für Forstpflanzenzüchtung, BFH, Waldsiedersdorf.
„Zusammenhänge zwischen der Schädigung von Eichenbeständen und ihrer genetischen Struktur“
- Hartmann, Günter: Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen
„Ursachenanalyse des „Eichensterbens“ in Deutschland - Versuch einer Synthese -“

Schlußdiskussion

Hans-Günter Kontzog

Forstliche Landesanstalt Sachsen-Anhalt, Abt. Versuchswesen, Flechtingen

"Eichensterben" in Sachsen-Anhalt - Entwicklung des Schadgeschehens

In den sommertrockenen Jahren 1982/83 wurden im nordöstlichen Harzvorland erstmals Absterbeerscheinungen in Eichenbeständen beobachtet. Betroffen waren vor allem jüngere (12- bis 30-jährige) Traubeneichen-Bestände. Das Erscheinungsbild der Krankheit war eine spontane, irreversible "Welke", die Wasserreiser, Äste und Kronenteile sowie in Extremfällen die gesamte Krone erfaßte. Aufgrund der beobachteten Symptome wurde eine Tracheomykose als Ursache der Krankheit vermutet, und entsprechende Untersuchungen in Angriff genommen (SKADOW und TRAUE, 1986). Ziel der Untersuchungen war zunächst, das Vorkommen von *Ceratocystis fagacearum* (Bretz) Hunt zu bestätigen bzw. auszuschließen. Als Ergebnis konnte festgehalten werden, daß weder der Erreger der "Amerikanischen Eichenwelke" noch ein anderer, die Krankheit direkt hervorrufender Erreger gefunden werden konnte.

Akutes Absterben jüngerer Eichen wurde nur in den Jahren 1982 und 1983 beobachtet. Symptome dieser Ausprägung sind ab 1984 nicht mehr aufgetreten. Es war vielmehr ein zunehmend chronischer Krankheitsverlauf, sowie eine Verlagerung des Schadgeschehens in ältere Bestände feststellbar.

Das Krankheitsbild war gekennzeichnet durch eine zunehmende Verlichtung der Krone, die auf einen Rückgang in der Verzweigungsintensität und einem damit verbundenen Verlust an Feinreisig zurückzuführen war. Neben einer allgemeinen Verlichtung der Kronen war ein Absterben von Zweigen und Ästen zu verzeichnen, das sich mit fortschreitendem Krankheitsverlauf auf größere Kronenbereiche erstreckte bzw. die gesamte Krone erfaßte. An den Stämmen war Schleimfluß zu beobachten. Einzelne Eichen starben im Verlauf mehrerer Vegetationsperioden ab.

Im Oktober 1986 wurden im Gebiet der heutigen neuen Bundesländer erstmalig die durch "Eichensterben" verursachten Zwangsnutzungen sowie die vom "Eichensterben" betroffene Fläche erfaßt. Der Schadholzanteil der Bezirke Magdeburg und Halle (das heutige Sachsen-Anhalt) wurde für 1986 mit 1957 m³ beziffert. Im Zeitraum 1986 bis 1993 stiegen die durch "Eichensterben" verursachten Zwangsnutzungen kontinuierlich an (Abb. 1).

Seit 1994 ist, bezogen auf das Land Sachsen-Anhalt, ein Rückgang zu verzeichnen. Dies betrifft sowohl die Flächenausdehnung als auch die Intensität der Absterbeerscheinungen.

Auffällig ist, daß ab 1986 Fraßschäden in Eichenbeständen durch die "Eichenwickler-Fraßgesellschaft" stark ansteigen. Dies trifft sowohl räumlich als auch zeitlich mit der Verschlechterung des Gesundheitszustandes der Eichen zusammen. Schwerpunkte des Schadgeschehens

schehens sind der Hake, die gesamte Elbaue sowie weite Teile des südlichen und nord-westlichen Harzvorlandes.

Schadholzanfall und Fläche mit Absterbeerscheinungen

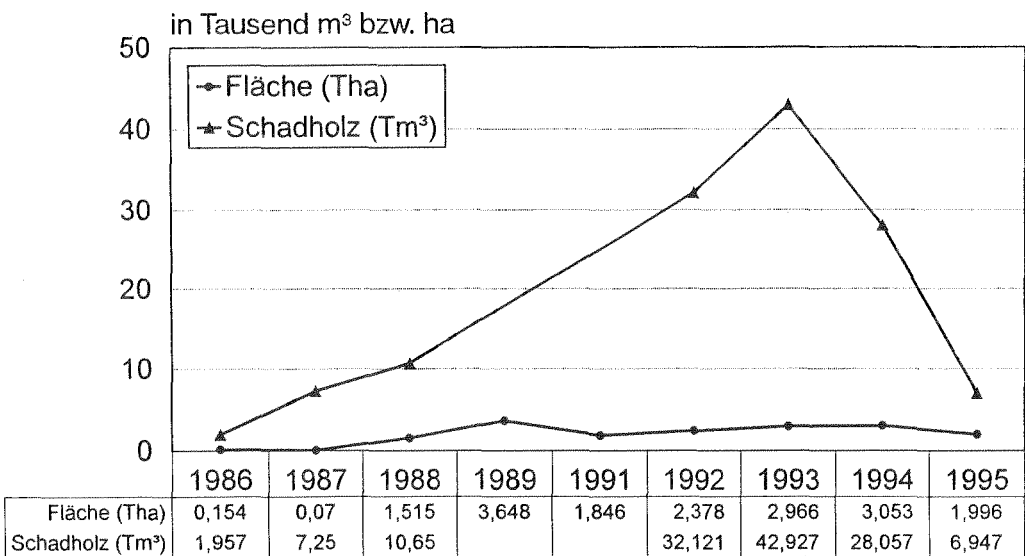


Abb. 1: Geschädigte Eichenfläche und durch "Eichensterben" verursachte Zwangsnutzungen in Sachsen-Anhalt

Offenbar führten diese starken Fraßschäden, sowie die in den Wintern 1985/86 und 1986/87 aufgetretenen extrem starken Fröste zu schweren, zum Teil irreversiblen Schäden an den Eichen (vgl. HARTMANN und BLANK, 1992). Bis 1988 nahm die Intensität der Fraßschäden durch Eichenwickler, Frostspanner und Begleitarten ständig zu (Abb. 2).

In den Jahren 1988 bis 1992, die sich durch ausgesprochen heiße und trockene Sommer auszeichneten, hat sich möglicherweise die Populationsdichte des Zweifleckigen Eichenprachtkäfers (*Agrilus biguttatus* F.) entwickelt, die seit Anfang der 90er Jahre den Schadfortschritt in den Eichenbeständen Sachsen-Anhalts bestimmt.

Von 1986 bis 1988 erfolgte auf Anweisung der damaligen Hauptstelle für Forstpflanzenschutz in Eberswalde die Erfassung der vom "Eichensterben" betroffenen Fläche sowie die durch "Eichensterben" verursachten Zwangsnutzungen. Die Strategie der Vorbeugungs- und Bekämpfungsmaßnahmen sah vor, absterbende und abgestorbene Eichen schnellstmöglich zu fällen, restlos aufzuarbeiten (incl. Kronenholz) und aus den Beständen zu transportieren.

Seit 1992 erfolgt in Sachsen-Anhalt neben der regelmäßigen Erfassung der Schäden auch die Beobachtung des Schadfortschritts auf Versuchsflächen.

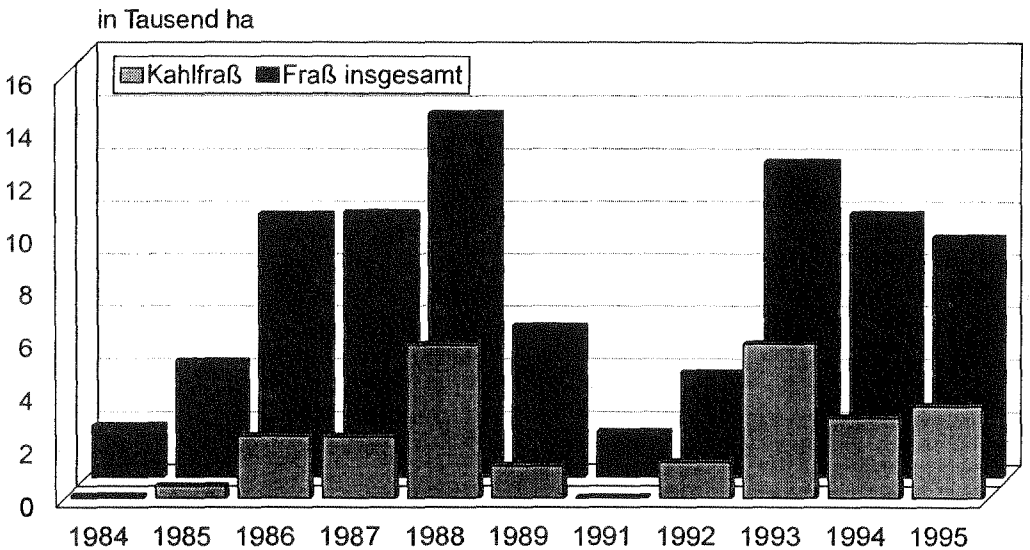


Abb. 2: Fraßschäden durch die "Eichenwickler- Fraßgesellschaft" in Sachsen-Anhalt

Die nach mehrjähriger Pause durchgeführte Erfassung abgestorbener und absterbender Eichen zeigte eine deutliche Zunahme der Schäden. Mit einem Volumenanstieg von über 30.000 m³ Holz werden Größenordnungen erreicht, die etwa 75 % des jährlich realisierten Verkaufs von Eichenholz entsprechen. Damit wird der Eicheneinschlag fast ausschließlich über Sanitärhiebe vollzogen.

Stellt man dem Schadholzvolumen die vom "Eichensterben" betroffene Fläche gegenüber, so ergeben sich in den stark in Mitleidenschaft gezogenen Forstämtern flächenbezogene Werte von 3 bis 8 m³ je ha (1992 und 1993). Das entspricht etwa einer Absterberate von fünf bis zehn Bäumen je Jahr und Hektar.

Von den Schäden besonders stark betroffen sind nach wie vor der Havel, das nordwestliche Harzvorland, die Forstämter Lindau (Fläming), Schönebeck und Lödderitz (Elbaue) sowie die Forstämter Ziegelroda, Allstedt, Bad Bibra und Naumburg zwischen Südharz und Thüringer Becken.

Die Bonitur der im Havel angelegten Dauerbeobachtungsflächen (3 Parzellen mit je 50 m Seitenlänge) ergab von 1992 zu 1993 eine Absterberate von 10 % der Stammzahl (7 von 70). Das sind etwa 9 Bäume je Hektar. Von 1993 zu 1994 starben weitere 2 Bäume, von 1994 zu 1995 kein weiterer Baum.

In den 1993 im Forstamt Calvörde (Wuchsgebiet Nordwestliches Harzvorland) angelegten Versuchsflächen (Vollaufnahme von Teilflächen) war von 1993 zu 1994 eine Absterberate von 3,5 % der Stammzahl bzw. 5 Bäumen je Hektar feststellbar. Von 1994 zu 1995 starben wiederum etwa 2 Bäume je Hektar.

Die auf den Versuchsflächen abgestorbenen bzw. sicher als absterbend anzusprechenden Bäume wurden gefällt und nach Schalen der Rinde bezüglich wahrscheinlicher Absterbeursachen untersucht. Dabei war in fast allen Fällen (23 von 24) eine ursächliche Beteiligung des Zweifleckigen Eichenprachtkäfers (*Agrilus biguttatus* F.) nachweisbar. Im Verlauf dieser Untersuchungen konnte die Existenz der von HARTMANN u. BLANK (1992) beschriebenen Symptomtypen bestätigt werden. An den Stämmen abgestorbener Eichen waren ausgedehnte streifenförmige Bastnekrosen (Frostnekrosen) erkennbar, die an den Rändern zum Teil sekundär erweitert waren (Symptomtyp A). Der noch vitale Bereich der Bast-schicht war dann mehr oder weniger intensiv mit Larvengängen des Zweifleckigen Eichenprachtkäfers durchsetzt. Der andere Symptomtyp war gekennzeichnet durch mehrere kleinere Nekrosen, die offenbar auf erfolgreiche Besiedelungsversuche des Prachtkäfers zurückzuführen waren. Von den mehrfach handflächengroßen Nekrosen ging ein intensives, meist stammumfassendes System von ca. 4 mm breiten Larvengängen aus. Es gab auch Anzeichen dafür, daß intensive, aber letztlich vom Baum überwallte Besiedelungsversuche (sog. "starker Frühbefall" nach HARTMANN u. KONTZOG, 1994) den Baum derart schwächten, daß unter dem gegebenen Grad der Vorschädigung das Absterben einiger Bäume die Folge war.

In der Borke prachtkäferbefallener Bäume sind Käferdichten bis zu 104 Käfer je Quadratmeter Borke ermittelt worden. Anhand von Leimtafeln (30x30 cm, weiß), die in ca. 1,5 m Höhe am Stamm stark geschädigter Eichen angebracht wurden, konnte neben *A. biguttatus* F. noch *Agrilus sulcicollis* Lac. nachgewiesen werden.

Die hohe Populationsdichte des Zweifleckigen Eichenprachtkäfers und seine offensichtliche Rolle als Vollstrecker im Krankheitskomplex "Eichensterben", lassen die Ausrichtung von Vorbeugungs- und Bekämpfungsmaßnahmen auf eine gezielte Reduzierung der Prachtkäferpopulation als sinnvoll erscheinen. In Sachsen-Anhalt werden seit 1993 gezielte Sanitärhiebe gegen *Agrilus biguttatus* F. geführt. Die Auswahl der entnahmenotwendigen Bestandesglieder folgt den von HARTMANN und KONTZOG (1994) formulierten Empfehlungen. Die deutliche Abschwächung der Schadsituation seit 1993 scheint anzudeuten, daß dieses Vor-

gehen, trotz weiterer starker Fraßschäden durch die "Eichenwickler-Fraßgesellschaft", zur Verbesserung des Gesundheitszustandes der Bestände beiträgt.

Im Verlauf der Sanitärhiebe fiel zwangsläufig Kronenholz stärkerer Dimension an, das aus wirtschaftlichen Gründen im Bestand verbleiben mußte. Zum Teil verblieben auch Stammabschnitte und nicht verkaufsfähige Stammstücke im Bestand. Unter den allgemein für die Entwicklung von Insekten günstigen Witterungsbedingungen haben sich hier Populationen kernholzentwertender Insekten aufgebaut, die jetzt bereits den Verkauf von Eichen-Sägeholz erschweren. Der Befall durch kernholzentwertende Käfer erstreckt sich zwischenzeitlich auch auf stehende, zum Teil noch recht vital erscheinende Eichen. Besonders häufig sind die Arten *Xyleborus monographus* F. und *Platypus cylindrus* F. In einem Forstamt wurde *Xyleborus dispar* F. nachgewiesen.

Der Befall durch kernholzentwertende Insekten muß als zunehmend gekennzeichnet werden. Auffällig war insbesondere im Juni 1995 der starke Befall durch Eichenkernkäfer an stehenden Eichen.

Die Erarbeitung einer Strategie zur Reduzierung des Befalls durch kernholzentwertende Insekten sowie Versuche zur Ermittlung des Befallspotentials des Zweifleckigen Eichenprachtkäfers sind Gegenstand künftiger Arbeiten.

Literatur

- HARTMANN, G. & R. BLANK (1992): Winterfrost, Kahlfraß und Prachtkäferbefall als Faktoren im Ursachenkomplex des Eichensterbens in Norddeutschland. *Forst und Holz* **47**: 443-452.
- HARTMANN, G. & H.-G. KONTZOG (1994): Beurteilung des Gesundheitszustandes von Alteichen in vom "Eichensterben" geschädigten Beständen. *Forst und Holz* **49**: 216-217.
- SKADOW, K. & H. TRAUE (1986): Untersuchungsergebnisse zum Vorkommen einer Eichenerkrankung im nordöstlichen Harzvorland. *Beiträge f. d. Forstwirtschaft* **20**: 64-74.

Frank Emschermann

Institut für Pflanzenschutz, Saatgutuntersuchung und Bienenkunde der Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, Münster

Situation der Eichenerkrankungen in Nordrhein-Westfalen

Von 854.000 ha Gesamtwaldfläche des Landes Nordrhein-Westfalen entfallen 121.700 ha (14,2 %) auf Eiche.

Anbau und Bewirtschaftung der Eichenarten konzentrieren sich im wesentlichen auf die Wuchsgebiete "Niederrheinische Bucht", "Westfälische Bucht" und "Mindener Flachland" sowie südlich dieser Gebiete bis in Höhenlagen von ca. 300 m. Natürliche Vegetationsformen: Eichen-Birken- und Eichen-Kiefernwald mit etwa 70 % auf sandigen, basenarmen Standorten mit überwiegend hoch anstehendem Grundwasser und Eichen-Hainbuchenwald mit etwa 30 % auf lehmigen, z.T. vergleyten Standorten, in mittleren Lagen auch mit Buchen vergesellschaftet.

Waldbesitzverteilung

Bund	2 %
Land	10 %
Körperschaften	17 %
Privat	71 %

Grundlagen zur Erfassung und Bewertung

Rechtsgrundlagen:

1. Überwachungsverpflichtung gemäß §§ 3 und 34 Pflanzenschutzgesetz vom 15. September 1986
2. Berichte der Unteren Forstbehörden (Forstämter) gemäß NRW Erlaß "Vorschrift zur Sicherung des Waldes gegen Schäden, Schadorganismen und Krankheiten (WaSi81)"

Neben den Berichten der bis 01. Oktober 1995 bestehenden 45 Forstämter werden zur Erfassung und Bewertung herangezogen:

3. Waldschadenserhebungen der Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten (LÖBF)
4. Untersuchungen der Pflanzenschutz-Dienststellen Bonn und Münster

Untersuchungsmethoden

Diagnostische Erhebungen zu Eichenerkrankungen beschränken sich auf Bestände ab Alter ca. 60 Jahre.

Sie umfassen:

- Reisigentwicklung und -zustand des belichteten Kronenmantels;
- Belaubung der Gesamtkrone (im Vergleich zu Referenzbäumen);
- Störungen der Blattentwicklung: Chlorosen, Nekrosen, Saug- und Fraßschäden, Mykosen;
- Bildung von Wasserreisern im Kronenraum;
- Borke: Saftfluß, Mykosen, Nekrosen.

Ergebnisse

Unter Berücksichtigung der Standortfaktoren, der Bestockung und des Pflegezustands sind **etwa 35 %** (entsprechend 42.600 ha) der Eichenbestände in Nordrhein-Westfalen als **übermäßig verlichtet** einzustufen. In der Folge haben sich in diesen Beständen vielfach sekundäre Bodenfloren entwickelt, die eine Verjüngung behindern und bei Trockenheit eine Konkurrenz darstellen.

Stichproben im Rahmen der Waldschadenserhebung und forstschutzliche Begleituntersuchungen zeigen, daß im August/September 1995 **etwa 15 %** der verlichteten Bestände einen hohen **Anteil** von Bäumen **mit chlorotisch verändertem Laub** aufweisen, begleitet von **Reisigverlusten mit Sekundärbelaubung im Kronenraum** (Wasserreiser). Pathologische Symptome an der Borke in den Stichproben beschränken sich im wesentlichen auf Weißfäuleerreger im Kronenraum, ausgehend von weitgehend geschwächten oder toten Ästen. Mikrobiologische und morphologische Untersuchungen erbrachten keine Hinweise auf primärpathogene Eigenschaften.

Bei Untersuchungen an probegefallten Bäumen konnte in den Stämmen und Ästen nur in Einzelfällen stärkerer Befall durch Prachtkäfer festgestellt werden; es ist jedoch nicht auszuschließen, daß die Bedeutung rinden- und bastpathogener Organismen besonders auf trockenisdisponierten Standorten bei Intensivierung der Untersuchungen höher eingestuft werden muß.

Die Bewurzelung untersuchter Eichen weist deutliche Merkmale einer untypischen Entwicklung auf: Senkerwurzeln sind kaum vorhanden oder abgestorben, das Wurzelwachstum beschränkt sich auf die oberflächennahen Horizonte. Als Ursache werden Versauerungen und hierdurch bedingte Nährelementverlagerungen angenommen. Die Folgen einer oberflächennahen Begrenzung des Wurzelwachstums für die Vitalität der Eichen bei Witterungsextremen (Bodenfrost, Trockenis) sind nicht befriedigend geklärt.

Maßnahmen

1. Von Seiten der LÖBF sind **Bodenzustandsuntersuchungen** begonnen worden.
2. **Bewirtschaftung:** Steigerung des Laubbaum- und Mischwaldanteils, wo standörtlich vertretbar.
3. Fortführung der **Kompensationskalkung** (seit 1982 ca. 270.000 ha). Wegen verbreitet vorhandener Bodenversauerung hat die Stabilisierung des pH-Wertes Priorität vor einer eventuell überhöhten Nitratfreisetzung.
4. Fortsetzung der **Förderung forstlicher Maßnahmen** (1995: 30 Mio. DM)
5. Fortführung aller wirtschaftlich realisierbaren **Maßnahmen zur Luftreinhaltung**.

Schlußfolgerung

Der regionale, z.T. auch kleinräumig differenzierte Verlauf von Eichenerkrankungen gab zur Zeit der ersten stärkeren Verluste 1985 Anlaß zu Versuchen einer quantitativen Wertung. Es zeigte sich, daß die Erkrankungssymptome auf grundwasserfernen, trockeneren Standorten, insbesondere auf Kuppenlagen und an hängigen Flächen, sich stärker in den Beständen ausbreiteten und auch schnellere Krankheitsverläufe an Einzelbäumen stattfanden als im Flachland mit höher anstehendem Grundwasser.

In den Jahren 1986-1990 wurden in Beständen mittlerer Höhenlagen Abgänge von 5-8 Bäumen pro Jahr und ha beobachtet, im Flachland betragen die Ausfälle nur etwa die Hälfte.

Seit 1991 mehren sich Anzeichen einer Stagnation bis geringfügigen Absenkung der Ausfallrate in den höheren Lagen und eine deutlichere Verbesserung im Flachland.

Dessen ungeachtet liegt die Zahl krankheitsbedingter Abgänge mit 2-3/ Jahr und ha im Bestandesalter weiterhin eindeutig oberhalb der "natürlichen" Ausfallrate.

Die Häufung von Witterungsextremen und biotischen Belastungen seit 1992 läßt erwarten, daß sich diese Rate in absehbarer Zeit nicht merklich vermindern wird. Weitere Beobachtungen und intensivierete Untersuchungen zur Ursachenanalyse erscheinen daher gerechtfertigt.

Britta Winterhoff

Hessische Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie, Abt. Waldschutz, Hann. Münden

Situation der Eichenerkrankungen in Hessen und Ansprachemerkmale bei der Bonitierung von Eichen

Einleitung

Grundsätzlich sind die zum Beispiel in dem Waldschadensbericht erfaßten Eichenerkrankungen zu unterscheiden von dem als „Eichensterben“ bezeichneten überdurchschnittlich in Erscheinung tretendem Absterben von Eichen.

In der Hessischen Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie beschäftigt sich die Abteilung Waldschutz mit dem sogenannten „Eichensterben“ im engeren Sinne, während die Abteilung Forstliche Umweltkontrolle die Waldschadenserhebung vornimmt.

Nach einem kurzen Überblick über die Waldschadenssituation wird das Schwergewicht der Ausführungen auf dem sogenannten „Eichensterben“ im engeren Sinne liegen.

Ergebnisse des Waldschadensberichtes 1995

Neben der Buche ist die Eiche in Hessen die am stärksten geschädigte Baumart. Der Anteil deutlicher Schäden bei den über 60 Jahre alten Eichen liegt seit 3 Jahren bei ca. 70 %. Bei den unter 60 Jahre alten Eichen sind 28 % deutlich geschädigt (> 25 % Blatt- bzw. Nadelverlust). Während 1984 noch über 50 % der älteren Eichen und über 70 % der jüngeren Eichen als gesund angesprochen wurden, liegt der Anteil gesunder Eichen 1995 über 60 Jahren nur noch bei 2 % und unter 60 Jahren bei 28 %.

Der mittlere Blattverlust liegt bei den älteren Eichen bei 34 % und bei den jüngeren Eichen bei 22 %.

Auffällig ist der hohe Anteil von 92 % deutlich geschädigter Eichen im Rhein-Main-Gebiet. Neben Immissionseinflüssen wird der Wald im Rhein-Main-Gebiet durch anthropogenen Wassermangel, Zerschneidungen durch Verkehrswege und Insektenkalamitäten geschwächt. Grundwasserentnahmen zur Trinkwasserversorgung haben den Grundwasserspiegel soweit absinken lassen, daß die Wurzeln der Bäume ihn nicht mehr erreichen können. Zusätzlich ist es zu Massenvermehrungen von Schadinsekten gekommen. Hier ist besonders die Schwammspinnerkalamität 1994 zu nennen.

Mitt. a. d. Biol. Bundesanst. H. 318, 1996

Ergebnisse der Waldschutzmeldungen 1994

In den jährlich aufgestellten Waldschutzmeldungen wird neben der Fraßtätigkeit von Eichenwickler und Frostspanner auch das Eichensterben erfaßt. Es ergibt sich folgendes Bild:

WALDSCHUTZMELDUNGEN									
	Eichensterben			Eichenwickler*			Frostspanner*		
	N Auftreten in ... Revieren	ha wirt- schaftl. fühlbar	ha bestan- desbe- drohend	N Auftreten in ... Revieren	ha wirt- schaftl. fühlbar	ha bestan- desbe- drohend	N Auftreten in ... Revieren	ha wirt- schaftl. fühlbar	ha bestan- desbe- drohend
1994	296	319	212	238 + 13	1212 -	-	183 + 15	1035 -	-
1993	323	660	379	214 + 18	1087 + 8	-	127 + 7	257 -	-
1992	301	534	46	16 + 3	70 -	-	17 + 4	70 -	-
1991	314	803	105	20 + 2	-	-	19 + 7	- 2	-
*Anmerkung: 1. Zeile: Stangen- und Altholz 2. Zeile: Kultur, Jungwuchs, Dichtung									
	N Meldun- gen	ha		N Meldun- gen	ha		N Meldun- gen	ha	
1990	10	905		26	378		28	955	
1989	7	24		61	3797		65	7308	
1988	1	-		68	13103		69	19865	

Abb. 1: Auszug aus den Waldschutzmeldungen (Hessen)

1994 haben 296 Reviere das Vorkommen von Eichensterben gemeldet. Auf 319 ha wurde der Schädigungszustand der Eichen als wirtschaftlich fühlbar und auf 212 ha als bestandesbedrohend eingestuft.

Während die Schadfläche 1988 und 1989 noch sehr niedrig lag, stieg sie 1990 plötzlich auf 905 ha an (1991: 908 ha). 1993 wurde mit 1039 ha der höchste Wert gemeldet. 1992 und 1994 lagen die Angaben zwischen 500-600 ha. Auffallend sind die steigenden ha-Meldungen von bestandesbedrohendem Eichensterben in den letzten 2 Jahren.

1994 lagen die Angaben zwischen 500-600 ha. Auffallend sind die steigenden ha-Meldungen von bestandesbedrohendem Eichensterben in den letzten 2 Jahren.

Die Genauigkeit der Waldschutzmeldungen ist bezüglich des Eichensterbens kritisch zu beurteilen, da es zu fehlerhaften Zuordnungen von Flächen mit „Eichensterben“ und Flächen mit Schäden durch „Eichenwickler“ bzw. „Frostspanner“ kommen kann.

Außerdem melden viele Reviere zwar das Vorkommen von Eichensterben, machen aber keine Angaben zu dem Flächenumfang des Schadens, so daß der gesamte Schadumfang nicht exakt zu erfassen ist. So wurden zwischen 1991 und 1994 zwar jeweils nur 500 bis 1000 ha vom Eichensterben betroffene Flächen gemeldet, mit ca. 300 Revieren meldeten aber immerhin knapp 40 % aller hessischen Reviere das Vorkommen von Eichensterben.

Bemerkenswert ist, daß $\frac{3}{4}$ aller gemeldeten ha-Angaben zum „Eichensterben“ in Süd-Hessen liegen. Infolge der Trinkwassergewinnung ist es zu starken Grundwasserabsenkungen gekommen, die im Zusammenspiel mit höheren Temperaturen und mit den in den letzten Jahren verstärkt aufgetretenen Kalamitäten durch Insekten viele Bestände z.B. im Hess. Ried so stark destabilisiert haben, daß es verstärkt zu Absterbeerscheinungen an Eichen gekommen ist. Somit kommt der Grundwasserabsenkung in diesem Gebiet sicherlich eine wesentliche Rolle als disponierender Streßfaktor des Eichensterbens zu.

Untersuchungen des Befalls von kernholzentwertenden Insekten an stehenden Bäumen auf Standorten mit und ohne Grundwasserabsenkung

In der Abteilung Waldschutz der Hess. Landesanstalt sind Untersuchungen zum Thema „Eichensterben“ bisher nur auf den grundwasserabgesenkten Standorten Südhessens durchgeführt worden.

Zur Zeit findet ein Vergleich des Befalls von kernholzentwertenden Insekten an stehenden Bäumen auf Standorten mit und ohne Grundwasserabsenkung statt.

An den gefälltten Bäumen hat sich bislang gezeigt, daß dort, wo der Bast noch weiß und frisch ist i.d.R. kein Befall durch kernholzentwertende Insekten eintritt. Sobald der Bast jedoch geschädigt ist, z.B. nach Prachtkäferbefall, kommen kernholzentwertende Insekten, wie z.B. *Xyleborus monographus* (Eichen-Holzbohrer) und Eichenbock vor. Diese sind jedoch nicht ursächlich am Absterbeprozess beteiligt, sondern treten als Folgeschädlinge am Ende der Prozeßkette des Eichensterbens auf. Der gesamte Einschlag auf den Standorten mit Grundwasserabsenkung besteht in einigen Revieren aus Zwangsnutzungen. Von den zwangsgenutzten Bäumen weisen 90 % einen Befall schon vor dem Einschlag auf, bei etwa der Hälfte dieser Bäume ist der Befall so stark, daß eine weitere Holzverwertung ausgeschlossen ist. Die kernholzentwertenden Insekten treten allerdings auch auf Standorten auf, bei denen ein Grundwasseranschluß gegeben ist. Die Holzwertung am Einzelstamm ist ebenso stark wie auf den Absenkungsstandorten, der Schaden ist insgesamt jedoch auf Grund des sehr viel geringeren Anteils an Zwangsnutzungen deutlich niedriger.

Ansprachemerkmale bei der Bonitierung von Eichen

1995 wurden auch auf den nicht durch die Grundwasserabsenkung beeinflussten Standorten Bestände für die Untersuchungen zum Eichensterben ausgewählt. In diesen Beständen werden ausgewählte Bäume regelmäßig beobachtet, um für die Praxis Kriterien zu ermitteln, an denen rechtzeitig sogenannte „Todeskandidaten“ erkannt werden können.

Ergebnisse liegen aufgrund der Kürze des Beobachtungszeitraumes noch nicht vor. Deshalb werden an dieser Stelle nur die aufgenommenen Ansprachemerkmale der Bäume genannt (Abb. 2).

In den geschädigten Eichenbeständen wurden stichprobenartig Eichen aller Gesundheitszustände ausgesucht, dauerhaft markiert und bezüglich Belaubungsprozent, Feinreisiganteil, Blattgröße, Blattfarbe und Totastanteil getrennt nach primärer und sekundärer Krone angesprochen. Neben diesen Merkmalen der Krone, wurde der Stamm nach Schleimfluß, Borkenrissen, Ausbohrlöchern und Spechtabschlägen abgesucht.

Die markierten Bäume sollen regelmäßig beobachtet werden, um den Krankheitsverlauf sowie die Bedeutung einzelner Faktoren feststellen zu können.

Schon jetzt deutet sich an, daß Feinreisiganteil und Totholzanteil besser Aufschluß über die Vitalität des Baumes geben als z.B. das Belaubungsprozent. Letzteres wird häufig vom Fraß der Eichenwickler und Frostspanner überlagert oder bestimmt.

1995 haben Eichenwickler und Frostspanner in Hessen in nahezu allen Regionen zu Licht- bzw. Kahlfraß geführt.

In den nächsten Jahren soll deshalb beobachtet werden, ob der teilweise schon mehrjährige Fraß der Insekten die Eichen so geschwächt hat, daß es zu verstärkten Absterbeerscheinungen kommen wird.

Baum Nr.	Belaubungs %		Feinreisig- anteil		Blattgröße Blattfarbe		Totastanteil		Schleim- fluß	Bor- ken- risse	Aus- bohr- löch- er	Specht- ab- schläge	Son- sti- ges	Ge- sund- heits- zu- stand	Foto- Nr.
	primäre Krone	sekü. Krone	primäre Krone	sekü. Krone	primäre Krone	sekü. Krone	primäre Krone	sekü. Krone							
1															
2															
3															
•															•
•															•
•															•
24															
25															

Abb. 2: Aufnahmeformular zur Ansprache des Gesundheitszustands von Eichen

Ulf Baier

Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Referat Waldschutz, Gotha

Zur Situation der Eichenerkrankungen in Thüringen

Nach dem Waldzustandsbericht 1994 ist die Eiche, die in Thüringen nur 5,2 % der Waldfläche beansprucht, die Baumart mit den stärksten Schäden. 1994 waren 76 % der Eichen der Schadstufe 2-4 zuzuordnen.

Die ersten Meldungen über auffälliges Absterben von Eichen gab es in Thüringen 1987.

1989 wurden 17.000 fm abgestorbene und absterbende Eichen aufgenommen. Innerhalb des folgenden Jahres betrug der Zugang 7.921 fm. Im Forstschutzmeldedienst wurden 1992 5.491 fm abgestorbene Eichen registriert. Zur Zeit werden von etwa 3.000 ha die Symptome des Eichensterbens gemeldet.

Besonders auffallend in den Eichenbeständen sind Vergilbungserscheinungen der Eichenblätter. Bäume mit diesen Symptomen können innerhalb von 2 Jahren absterben oder es kommt zu einer vollständigen Revitalisierung (Abb. 1).

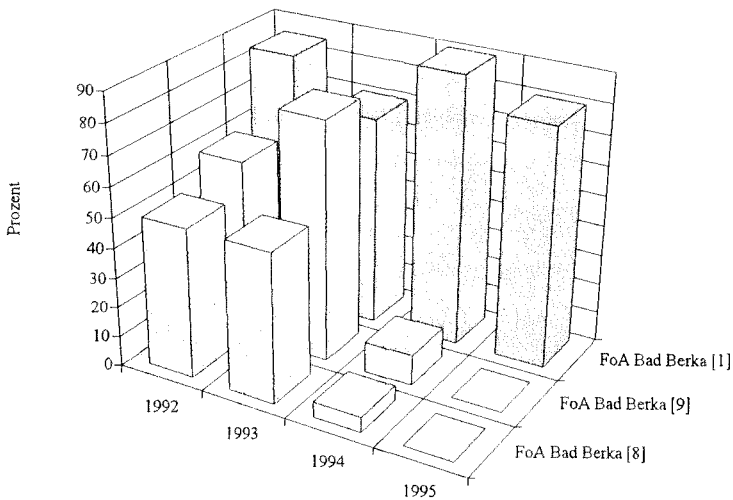


Abb. 1: Verlauf der Blattvergilbung von markierten Eichen (1992-1995)

Vor dem ersten Auftreten von Absterbeerscheinungen in den Eichenbeständen gab es Mitte der 80er Jahre, wie der Verlauf der Lufttemperatur (Abb. 2) zeigt, eine extreme Kälteperiode.

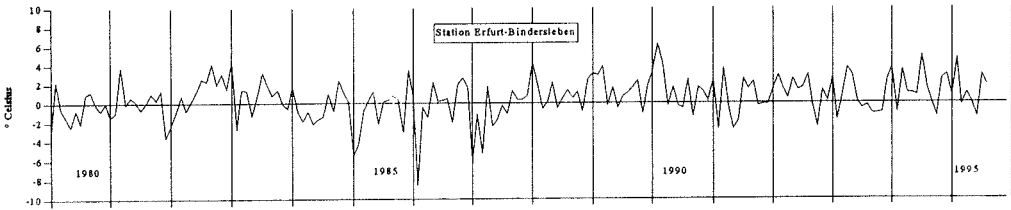


Abb. 2: Verlauf der Lufttemperatur (Abweichung vom langjährigen Mittel) 1980-1995

Der Grüne Eichenwickler (*Tortrix viridana* L.) und der Kleine und Große Frostspanner (*Operophtera brumata* L.) und (*Erannis defoliaria* Cl.) sind in Thüringen, aufgrund des Ausmaßes ihrer Fraßschäden, die wichtigeren Vertreter der Kahlfraßgesellschaft an der Eiche. Die Raupen dieser Schmetterlingsarten verursachen seit Anfang der 80er Jahre fast permanent merkliche bis starke Fraßschäden in den Eichenbeständen (Abb. 3).

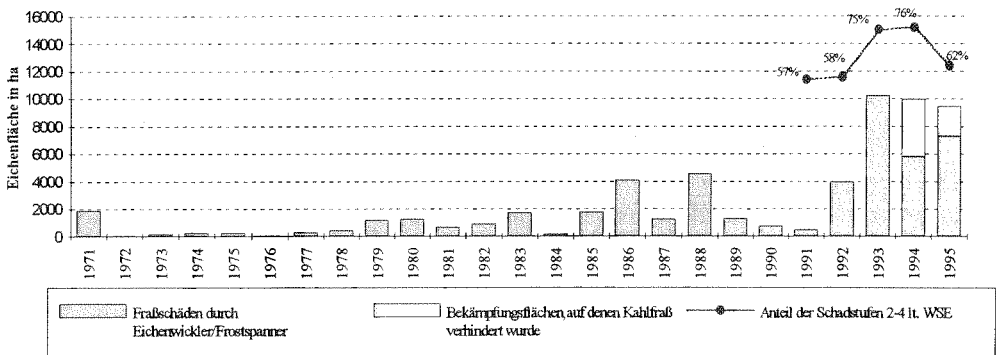
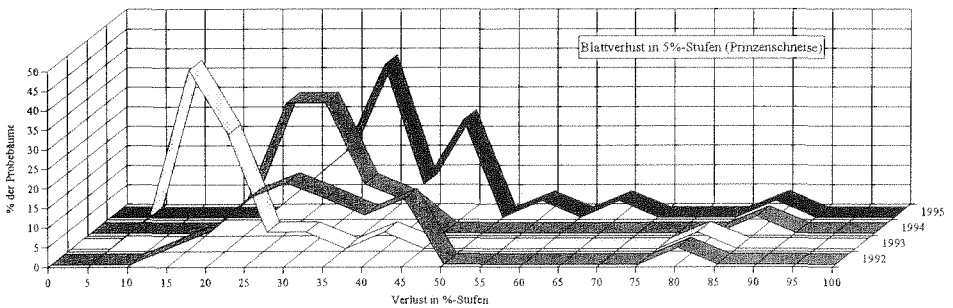


Abb. 3: Fraßschäden durch den Grünen Eichenwickler und die Frostspanner-Arten sowie die Ergebnisse der Waldzustandserhebungen zur Baumart Eiche in Thüringen

Neben den genannten beiden Arten spielten 1995 im Süden Thüringens wieder der Schwammspanner (*Lymantria dispar* L.) und im ostthüringer Raum der Eichenerdfloh (*Haltica quercetorum* Foud.) mit merklichen bis starken Fraßschäden eine größere Rolle.

Seit 1992 sind in Folge die flächenmäßig größten und intensivsten Fraßschäden der letzten 20 Jahre in den Eichenbeständen zu verzeichnen. Diese chronischen Blattverluste durch die Kahlfraßgesellschaft in den Eichenbeständen gehen an den Eichen nicht spurlos vorüber. Trotz Johannistrieb, der in der Regel einen Teil der verlorenen Blattmasse wieder ersetzt, besteht ein Zusammenhang zwischen Blattverlust durch Insektenfraß im Mai/Juni und den Ergebnissen der Ansprache des Kronenzustandes nach den Kriterien der Waldzustandserhebung im August (Abb. 4).



Fraßschäden durch Eichenwickler / Frostspanner : gering merklich stark

Abb. 4: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Insektenfraß (Mai/Juni) und dem Kronenzustand (August)

Neben den blattfressenden Insekten spielt bei der Eiche aber auch der Mehltau eine nicht unbedeutende Rolle. In Abbildung 5 ist zu erkennen, daß ein starker Mehлтаubefall in der Regel in den Jahren mit den stärksten Fraßschäden auftritt.

Bei einer Untersuchung von 712 Bäumen im Jahr 1990, im Forstamt Kranichfeld, wurde an 39 % der Bäume der Eichensplintkäfer (*Scolytus intricatus* Ratz.) gefunden. 31 % der Bäume waren nur vom Hallimasch befallen. 1994/95 durchgeführte Untersuchungen an abgestorbenen und absterbenden Eichen in den vom "Eichensterben" betroffenen Beständen ergaben, daß weniger der starke Befall durch den Eichensplintkäfer als typischer Sekundärschädling eine Rolle spielt, vielmehr führte der Befall durch den Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus* F.) schließlich zum Absterben der Eichen.

Mit den hier kurz dargestellten Schadfaktoren in den Thüringer Eichenbeständen kann, aus Landessicht, die Hypothese bezüglich der ursächlichen Wirkung von Blattfraß und Witterung beim Eichensterben untermauert werden.

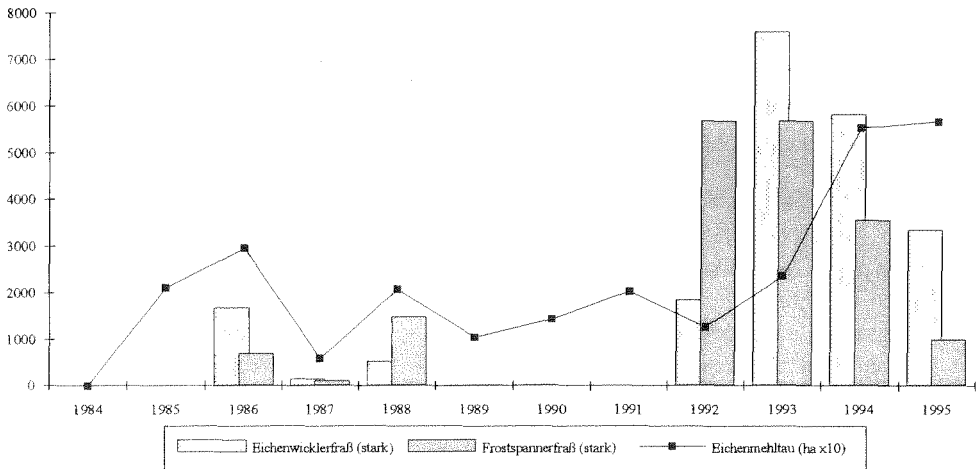


Abb. 5: Zusammenhang von Insektenfraß und Eichenmehltaubefall

Jürgen König

Sächsische Landesanstalt für Forsten, Graupa

Situation und Ursachenanalyse der Eichenschäden in Sachsen

Schadsituation

Stiel- und Traubeneiche nehmen im Freistaat Sachsen nur ca. 5 % der Gesamtwaldfläche ein, sind aber die flächenmäßig bedeutsamsten Laubbaumarten. Ihre Vitalität ist erheblich vermindert; nach der Waldschadenserhebung 1995 weisen die Eichenarten einen durchschnittlichen Blattverlust von 26 % auf, nur jede vierte Eiche wurde als gesund eingestuft. Damit sind die heimischen Eichen weiterhin die am stärksten geschädigten Baumarten in Sachsen.

Plötzliche Absterbeerscheinungen der Eichen sind für Sachsen auf verschiedensten Standorten und in allen Altersklassen seit 1984 bekannt und werden seit 1992 in den Forstschutzmeldungen der Forstämter erfaßt. Der Schadverlauf abgestorbener Eichen ist über den Beobachtungszeitraum hinsichtlich Gesamtfläche und -schadholzmenge rückläufig und hat sich seit 1994 auf einem Niveau von 3.500-3.800 fm/Jahr stabilisiert (Abb. 1).

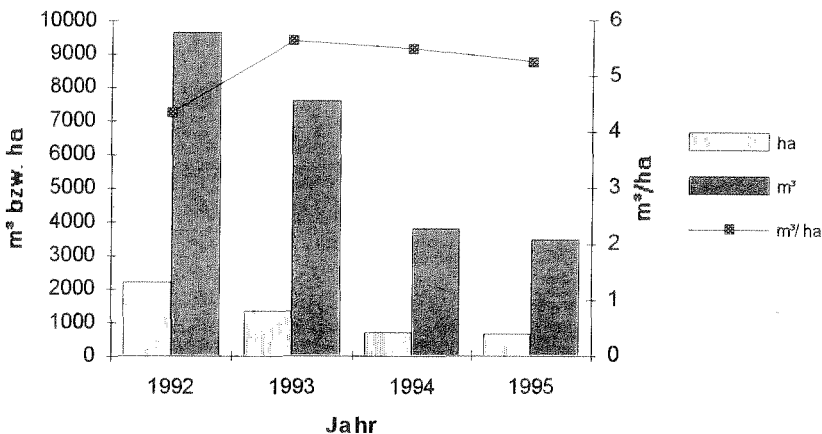


Abb. 1: Ausmaß und Intensität des Eichensterbens in Sachsen von 1992 bis 1995.

In den jeweils vom Eichensterben betroffenen Beständen unterliegt dagegen die Intensität der Ausfälle nur geringen Schwankungen. Seit 1993 beträgt der Schadholzanfall zwischen 5 und 6 m³/ha/Jahr und liegt damit über dem laufenden jährlichen Zuwachs.

Durch periodische Erhebungen des Blattverlustes auf 32 Dauerbeobachtungsflächen konnten Zusammenhänge zwischen diesem Vitalitätsmerkmal und dem nachfolgenden Absterben

ermittelt werden. So wiesen abgestorbene Eichen im Jahr vor ihrem Ausscheiden einen mittleren Blattverlust von 91 %, im vorherigen Jahr von 72 % auf. Die Eingrenzung gefährdeter Individuen als Basis für Untersuchungen der Schadursachen und therapeutische Maßnahmen wird so ermöglicht.

Schadursachen

Pathogene Pilze

An 20 Stamm- und Wurzelholzproben ungeschädigter und geschädigter Eichen aus dem SäFoA Colditz wurde das Vorkommen endophytischer Pilzarten, welche einen Verschuß der Leitungsgefäße bewirken können, untersucht¹. Hauptfruchtformen von Arten der relevanten Gattung *Ceratocystis* (*Ophiostoma*) konnten dabei nicht nachgewiesen werden. Lediglich die Nebenfruchtformen *Sporothrix* spec., *Phialocephala* spec. und *Cephalosporium* spec. ließen sich an Einzelproben feststellen. Die gefundenen Konidienformen traten in geschädigtem wie ungeschädigtem Gewebe auf, lassen sich aber keiner *Ceratocystis*-Art eindeutig zuordnen und können zudem auch als Nebenfruchtformen anderer Ascomyceten in Erscheinung treten. Eine ursächliche Beteiligung pilzlicher Organismen am Eichensterben im Freistaat Sachsen erscheint daher - wie auch in anderen Gebieten (z. B. EISENHAUER 1991; HARTMANN und BLANK 1992) - wenig wahrscheinlich.

Bodenversauerung

Zunehmende Bodenversauerung durch Eintrag von Luftschadstoffen und nachfolgende Freisetzung toxischer Aluminium-Ionen wird allgemein für Verlagerung und Absterben von Feinwurzelbiomasse verantwortlich gemacht. Daher wurden auf allen Dauerbeobachtungsflächen Bodenproben auf ihren pH-Wert untersucht (Tab. 1).

Tab. 1: Mittlere pH-Werte in ausgewählten Eichenbeständen

Forstamt	Bodenart	Bodentiefe	pH (H ₂ O)	pH (KCL)	N
Wermsdorf	Lößlehm	0-5 cm	4,08	3,35	10
Wermsdorf	Lößlehm	5-10 cm	4,05	3,41	10
Wermsdorf	Lößlehm	10-30 cm	4,14	3,60	10
Wermsdorf	Lößlehm	30-60 cm	4,13	3,68	10
Laußnitz	Lößlehm, Sand	0-5 cm	4,12	3,32	5
Laußnitz	Lößlehm, Sand	5-10 cm	4,16	3,34	5
Bad Gottleuba	toniger Lehm, lehmiger Sand	0-5 cm	4,19	3,37	9
Bad Gottleuba	toniger Lehm, lehmiger Sand	5-10 cm	4,20	3,50	9

¹ Determinierung: Dr. P. Heydeck, Eberswalde

Aus vorliegenden Daten lassen sich folgende Schlußfolgerungen ableiten:

- Die Bodenversauerung ist in weiten Bereichen im Oberboden der sächsischen Eichenbestände -unabhängig vom Ausgangssubstrat - so stark vorangeschritten, daß es zur Freisetzung wurzelschädigender Al-Ionen kommt.
- Der Einfluß der Bodenversauerung wirkt als hohe Grundbelastung auf die Eichen ein, erklärt für sich aber weder Verbreitung noch Ausmaß der Eichenschäden.

Blattanalysen

Auf ausgewählten Probeflächen im Sächsisch-Thüringischen-Löß-Hügelland wurden an 19 Eichen mit unterschiedlichen Schädigungsgraden Blattproben entnommen und im Labor der LAF auf ihre Nährstoffgehalte analysiert. Die Ergebnisse sind in Tab. 2 für ausgewählte Elemente dargestellt.

Tab. 2: Mittlere Elementgehalte in Eichenblättern verschiedener Schadstufen. Werte außerhalb des Normalbereiches sind hervorgehoben (n = 19).

Elementgehalt in mg/g TS	N	K	Ca	Mg	P	S	N/Mg
Schadstufen 0-1	24,2	9,8	8,6	1,5	0,9	2,1	18,6
Schadstufen 2-4	24,6	11,8	7,9	1,3	1,1	2,3	19,1
Normalbereich	18-26	7-11	5-9,5	1,5-2,2	1,5-2,2	0,5-2,8	9-17

Auffällig ist die gute Stickstoffversorgung der Blätter. Mehr als ein Drittel aller Einzelproben wiesen jedoch Stickstoffgehalte über dem Normalbereich (s. van den BURG 1985) auf. Dem steht eine geringe Versorgung mit Phosphor und Magnesium gegenüber. In 82 % der Eichenblätter mit deutlichen Schadsymptomen (Schadstufen 2-4) tritt sogar Magnesiummangel auf. Nach Analysen der Sächsischen Landesanstalt für Forsten auf permanenten Eintragsmeßstellen (Sächsischer Waldschadensbericht 1994) wird dieses Element im Oberboden überproportional ausgewaschen. Insgesamt weichen insbesondere die Nährstoffrelationen von den in der Literatur angegebenen Normwerten ab. Eine daraus resultierende Begünstigung phyllophager Insekten wird vermutet. Weitere Untersuchungen zum Wurzelsystem geschädigter und schadfreier Eichen sollen die Aufnahmefähigkeit der Pflanzen für Nährstoffe aufklären.

Witterungseinflüsse

Witterungseinflüsse, speziell Abweichungen vom langjährigen Mittel, lassen entsprechende Zuwachsreaktionen und Vitalitätsänderungen der Bäume erwarten. So ist der von 1993 auf

1994 im Landesmittel deutlich verbesserte Gesundheitszustand sächsischer Eichen (Waldschadensbericht 1994) auf die günstige Witterung des Jahres 1994 - höchste Niederschlagsmengen und zweithöchste Mitteltemperaturen in einer Vegetationsperiode seit mehr als zwanzig Jahren - zurückzuführen.

Am Beispiel von Jahrringkurven ($n = 24$) aus einer seit 1988 stark vom Eichensterben betroffenen Versuchsparzelle im SäFoA Colditz wird der Einfluß spätwinterlicher Minimumtemperaturen deutlich (Abb. 2). In den Jahren 1985, 1986 und 1987 fielen diese unter minus 20°C und wirkten erheblich vitalitätsmindernd, so daß für den Eichenjungbestand in Colditz von akuten Frostschäden und nachfolgenden Absterbeerscheinungen ausgegangen werden muß. Vergleichbare Befunde über frostbedingte Elektrolytverluste während der spätwinterlichen Enthärtungsphase des Bastes liegen auch für Eichen in Niedersachsen vor (THOMAS und HARTMANN 1992).

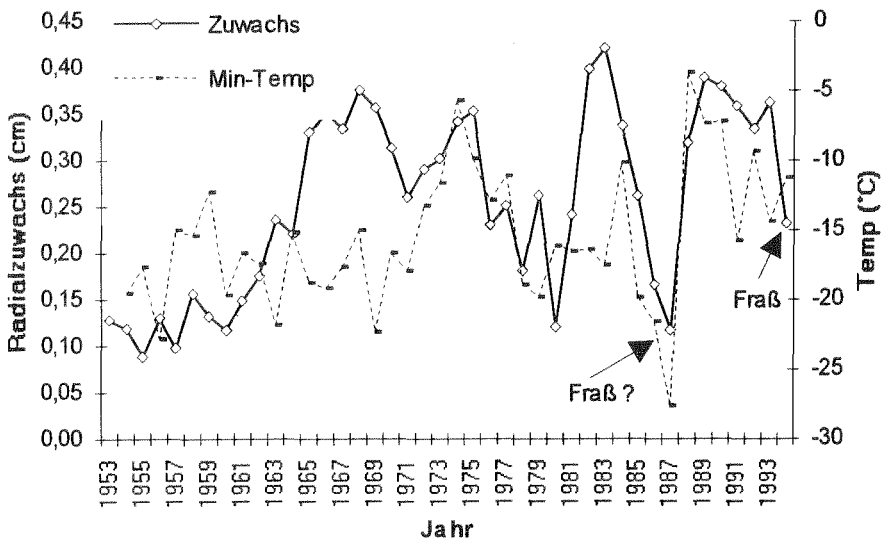


Abb. 2: Jährlicher Radialzuwachs und Jahresminimumtemperaturen 43jähriger Traubeneichen auf einer Versuchsfläche im SäFoA Colditz.

Einflüsse von Insekten

Im Zuge der 1992 begonnenen Progradation gelangten im Frühjahr 1994 verschiedene Schmetterlingsarten in den sächsischen Eichengebieten in eine Massenvermehrung. Probestichproben zur Erhebung der Artenzusammensetzung ergaben eine hohe Dominanz des Eichenwicklers (*Tortrix viridana*), des Braunfleckigen Wicklers (*Archips xylosteana*) und des

Kleinen Frostspanners (*Operophtera brumata*). Andere Arten wie Schwamm- oder Ringelspinner waren landesweit nur nachrangig am Fraßgeschehen beteiligt (Abb. 3).

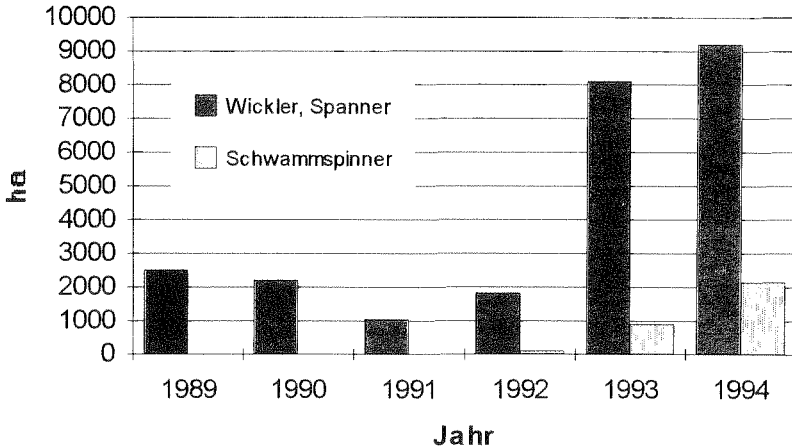


Abb. 3: Eichenfläche mit merklichem oder stärkerem Blattfraß durch Schmetterlingsarten der "Eichenfraßgesellschaft".

Nach einer Umfrage in allen sächsischen Forstämtern erstreckte sich Fraß mit zumindest merklicher Intensität (> 30 %) auf 9.500 ha oder ca. 38 % der Eichenfläche mit einem Schwerpunkt bei den 81- bis 100-jährigen Eichen.

Der Blattverlust durch Schmetterlingsraupen der "Eichenfraßgesellschaft" wirkt zuwachs-mindernd (FRATZIAN 1973; JÜTTNER 1959) und überlagert die gleichzeitigen Auswirkungen extremer Witterungsverläufe. So führte der starke Blattverlust durch den Kleinen Frostspanner (*Operophtera brumata*) im oben skizzierten Beispielbestand trotz der erwähnten günstigen Witterungsbedingungen im Jahr 1994 zu einer deutlichen Zuwachsdepression, der nur mündlich überlieferte Fraß im Jahr 1987 vermutlich zu einer Verstärkung der durch Frostwirkung bedingten Ausfälle (Abb. 2).

Der Raupenfraß führt zu einer physiologischen Anpassung der Eichenkronen. Durch die Fähigkeit der Eichen ab Mitte Juni sog. Johannistriebe zu bilden, kann der Baum den Laubverlust z.T. kompensieren. Durch einzelbaumbezogenen Vergleich der Blattverluste nach Fraß (Juni) bzw. nach Wiederbelaubung (August) wird ersichtlich, daß die Ausbildung von Johannistrieben durch den Insektenfraß induziert wird, diese Regeneration aber erst ab ca. 20 % Laubverlust einsetzt und nach Kahlfraß im Mittel nur ca. 65 % der ursprünglichen Laubmasse erreicht (Abb. 4). Vergleichbare Ergebnisse wurden jüngst aus Rheinland-Pfalz berichtet (SCHRÖCK 1995).

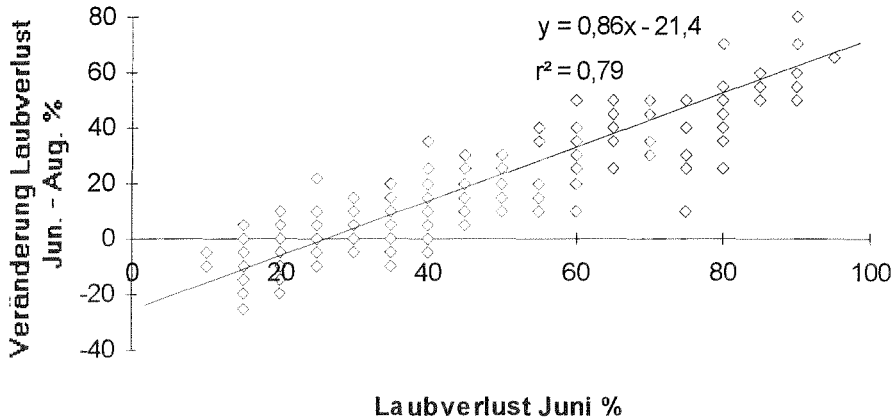


Abb. 4: Veränderung des Belaubungszustandes von Juni bis August 1994 durch Johannis-
triebbildung in Abhängigkeit von den fraßbedingten Laubverlusten im Juni.

An 108 Eichen, einer Unterstichprobe der WSE, konnte das Regenerationsvermögen der Bäume nach wiederholtem Fraß über zwei Jahre verfolgt werden. Dabei fällt auf, daß dieselben Bäume in aufeinanderfolgenden Jahren unterschiedlich stark befallen wurden, nur 14 % dieser Eichen erlitten sowohl 1993 als auch 1994 starken Fraß oder Kahlfraß. Multiple Regressionsanalysen ergeben, daß zweimaliger Laubverlust durch Insekten die Regenerationsfähigkeit befallener Eichen gegenüber einjährigem Fraß um zusätzlich ca. 6% herabsetzt.

Laubverluste durch Insektenfraß können daher nicht allein für die beobachteten großflächigen Verluste an Blattbiomasse verantwortlich gemacht werden. Das physiologische Abwehrvermögen ist aber bei einzelnen Eichen durch Verbrauch an Reservestoffen so stark herabgesetzt, daß sie für Folgeinsekten (Eichenprachtkäfer) disponiert erscheinen. Probenfänge im Stammraum zum Vorkommen dieser Eichenschädlinge ergaben eine hohe Dominanz von *Agrilus sulcicollis*, der Zweifleckige Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus*) sowie Laubholz-Borkenkäfer (*Scolytus intricatus*, *Dryocoetes villosus*) wurden nur sehr vereinzelt gefangen. Die für Laubholzbestände typischen Prachtkäfer sind in geringer Dichte an Eiche, unabhängig von ihrem Gesundheitszustand, verbreitet. Ein überdurchschnittlich hoher Anflug durch *Agrilus sulcicollis* war nur an einzelnen vorgeschädigten Eichen nachzuweisen (Abb. 5). Da die Larven dieser Prachtkäferart über weite Strecken im Bastgewebe fressen, ist anzunehmen, daß auch wenige Larven durch ihren Reifungsfraß physiologisch geschädigte Eichen zum Absterben bringen.

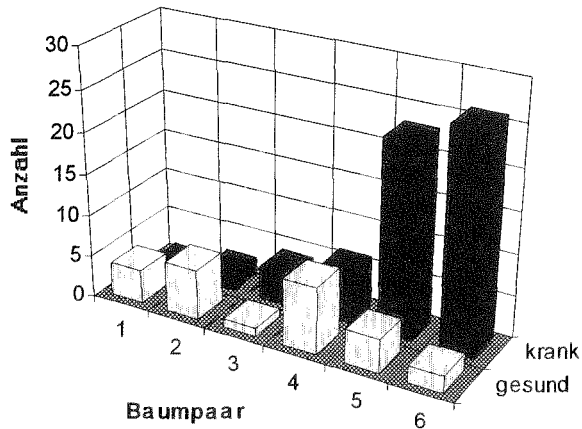


Abb. 5: Anzahl mit Leimtafeln gefangener Eichenprachtkäfer an vorgeschädigten und gesunden Eichen.

Durch Freilegung des Bastes (ca. 6×40 cm) im unteren Stammbereich (2 m Höhe) wurde zusätzlich der Besatz mit Prachtkäfern (Larvengänge), das Auftreten von Schleimflußflecken (= Besiedlungsversuch) sowie die jeweiligen Blattverluste an 93 Alteichen ermittelt.

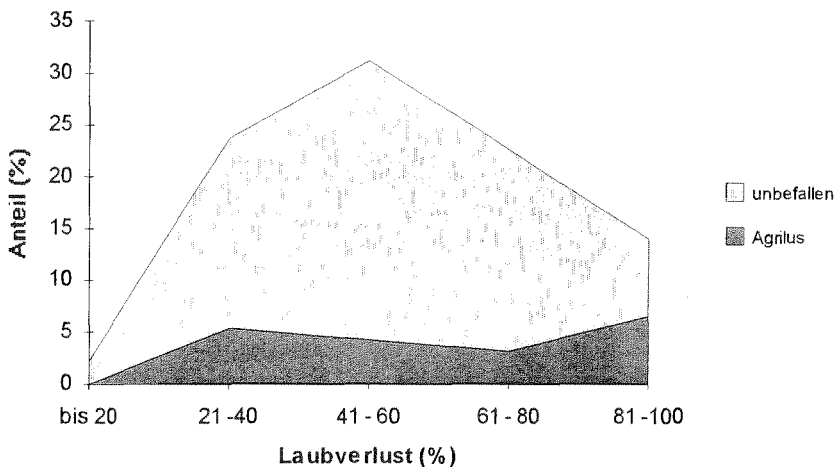


Abb. 6: Anteil an Eichen mit Befall durch *Agilus* bzw. unbefallener Eichen in Abhängigkeit vom Laubverlust im Spätsommer.

Von den untersuchten Eichen waren 21 (23 %) durch *Agilus*-Arten befallen. Der mittlere Laubverlust dieser Bäume betrug 63 % und überstieg den Blattverlust unbesiedelter Eichen (52 %) deutlich. Dieser Unterschied resultiert aus dem höheren Anteil an Eichen mit Larvengängen in der Schadstufe mit starken Blattverlusten (> 80 %) (Abb. 6) und weist auf den sekundären Charakter der Prachtkäfer beim Eichensterben hin. Auch der geringere Blattverlust der Bäume mit Besiedlungsversuchen durch Prachtkäfer (44 %), kenntlich durch Schleimfluß ohne Larvengänge, gegenüber den Eichen mit *Agilus*-Befall verdeutlicht die ökologische Nische der *Agilus*-Arten. Ohne (mehrjährige) Vorschädigung durch extreme Witterungssituationen und/oder durch Fraß phyllophager Insekten wird der Prachtkäferangriff offensichtlich erfolgreich abgewehrt.

Literatur

- BURG, J. van den (1985): Foliar Analysis for determination of tree nutrient status - a compilation of literature data. Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Land-schapsbouw "De Dorschkamp", Wageningen, Rapport Nr. 414.
- EISENHAUER, D. R. (1991): Zur Taxonomie und Pathogenität von *Ophiostoma piceae* (Münch) Syd. im Zusammenhang mit Absterbeerscheinungen in Trauben- und Stiel-eichenbeständen des mittel- und nordostdeutschen Diluviums. Eur. J. For. Path. **21**: 267-278.
- FRATZIAN, A. (1973): Zuwachs und Lebensfähigkeit von Eichenbeständen nach Fraß des Schwammspinners, *Lymantria dispar* L., in Rumänien. Anz. Schädlingsskde, Pflanzen-Umweltschutz **XLVI**: 82-83.
- HARTMANN, G., BLANK, R. (1992): Winterfrost, Kahlfraß und Prachtkäferbefall als Faktoren im Ursachenkomplex des Eichensterbens in Norddeutschland. Forst und Holz **47**: 443-452.
- JÜTTNER, O. (1959): Ertragskundliche Untersuchungen in wicklergeschädigten Eichenbeständen. Forstarchiv **30**: 78-83.
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM für LANDWIRTSCHAFT, ERNÄHRUNG und FORSTEN (Hrsg.) (1994): Waldschadensbericht 1994 - Freistaat Sachsen: 79 S.
- SCHRÖCK, H. W. (1995): Zusammenwirken natürlicher und anthropogener Streßfaktoren - Langzeitbeobachtungen des Kronenzustandes auf Dauerbeobachtungsflächen. AFZ **2**: 91-94.
- THOMAS, F. M., BÜTTNER, G. (1992): Der Ernährungszustand von Eichen in Niedersachsen. Forst und Holz **47**: 464-470.

Erwin Maschnig

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising

Zur Situation der Eichenschäden in Bayern

In Bayern sind Eichen mit 5,5 % an der Waldfläche beteiligt. Allerdings ist ihr Anteil in den einzelnen Wuchsgebieten unterschiedlich hoch. So sind Eichen im WG Fränkische Platte mit 38 %, in der Rhön mit 18 %, im Spessart-Odenwald mit 14 %, auf dem Fränkischen Keuper und Albvorland mit 9 % und im Oberfränkischen Triashügelland mit 8 % an der Waldfläche beteiligt.

In den übrigen Wuchsgebieten, das ist der südliche Teil Bayerns, liegt ihr Anteil bei maximal 3 %, in den meisten Fällen aber darunter.

Im Jahr 1994 wurden im Landesdurchschnitt an 71 % der Eichen „deutliche Schäden“ (Schadstufe 2 bis 4) festgestellt. Das war gegenüber 1993 ein Anstieg von 12 % ! Schlüsselte man diese 71 % auf, so entfallen 64 % auf die Schadstufe 2 (mittelstark geschädigt) und über 6 % auf Schadstufe 3 (stark geschädigt).

In die Schadstufe 4 (abgestorben) fallen 0,6 % der Eichen. Nur noch 9 % der erfaßten Eichen waren ohne Schadmerkmale. Eine Zeitreihe der Eichenschäden, aufgeschlüsselt nach Schadstufen, ist in Abb. 1 wiedergegeben.

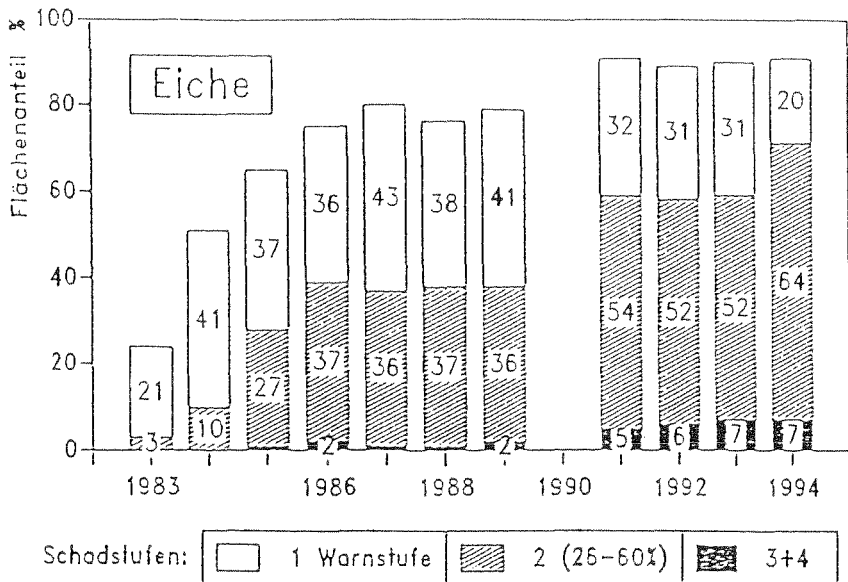


Abb. 1: Zeitreihe Eichenschäden (aus: Waldzustandsbericht 1994, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft)

In Wuchsgebieten mit hohem Eichenanteil, die identisch sind mit den Befallsgebieten von Eichenwickler und Schwammspinner, liegen die „deutlichen Schäden“ sogar über dem Landesdurchschnitt. So weist die Fränkische Platte 84 % „deutliche Schäden“ und der Fränkische Keuper und das Albvorland 75 % auf.

Korreliert sind die „deutlichen Schäden“ mit den Blattverlusten bei den Eichen. Im Durchschnitt aller Schadstufen sind im Aufnahmejahr 1994 die Blattverluste auf 35,2 % angestiegen.

Besorgniserregend ist, daß im Vergleich zu den anderen Baumarten Eichen in der Altersgruppe unter 60 Jahren bereits 47 % „deutliche Schäden“ (Schadstufe 2 bis 4) aufweisen. In der Altersgruppe über 60 Jahren sind es bereits 82 % (Tab. 1). Diese Altersgruppe weist 1994 mit 2 % nur noch einen geringen Anteil an Bäumen ohne Schadmerkmale (Schadstufe 0) auf.

Tab. 1: Inventurergebnis Eiche nach Altersgruppen (aus: Waldzustandsbericht 1994, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft)

Schadstufe	Eiche unter 60 Jahren	Eiche über 60 Jahren	Eiche gesamt
0	27	2	9
1	26	16	20
2	44	74	64
3+4	3	8	7

Biotische Schäden, das sind vor allem Insektenfraßschäden durch Eichenwickler, Frostspanner und Schwammspinner, haben zunehmend die Eichen geschädigt. So liegt der Anteil biotischer Schäden bei den Schadstufen 2 bis 4 im Jahr 1994 bei 49,5 % (Abb. 2). Fraßschäden erklären aber nur zu einem gewissen Teil und lokal den schlechten Zustand, da Eichen auch außerhalb der Insektenbefallsgebiete deutliche Schäden (Blattverluste) aufweisen. Vergleiche der Aufnahmen von Eichen ohne und mit biotischen Schäden ergaben für 1994, daß die „deutlichen Schäden“ (Schadstufe 2 bis 4) sich durch diese biotischen Schäden um 9 %, d.h. von 62 % auf 71 % erhöht haben (Tab. 2).

Als prädisponierende Ursachen der Eichenschäden werden die häufig aufgetretenen Niederschlagsdefizite in Nordbayern, die Häufung außergewöhnlich warmer Jahre seit 1988 und vor allem jahrelange Insektenfraßschäden durch Eichenwickler und Frostspanner vermutet. Hinzu kommen seit 1992 die katastrophalen Schwammspinnerschäden (1994 rd. 44.000 ha Schadfläche!).

Anteil der Eichen mit Biotischen Schäden
bei den Schadstufen 2 - 4

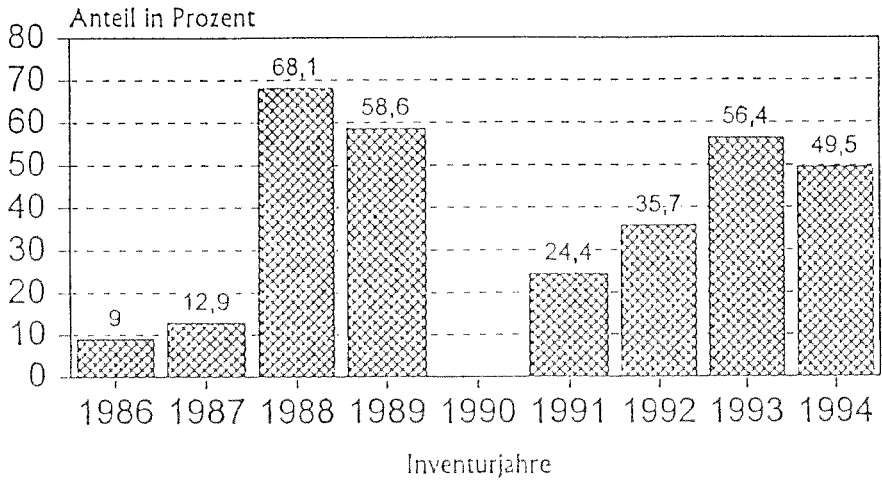


Abb. 2: Zeitreihe biotischer Schäden an Eiche (aus: Waldzustandsbericht 1994, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft)

Tab. 2: Inventurergebnisse Eiche 1994 ohne bzw. mit biotischen Schäden, in Prozent (aus: Waldzustandsbericht 1994, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft)

Inventur 1994			
Schadstufe	Eiche ohne biotische Schäden	Eiche mit biotischen Schäden	Eiche gesamt
0	12	0	9
1	26	12	20
2	57	79	64
3+4	5	9	7
2-4	62	88	71

Nach bisherigen Beobachtungen muß beim Wicklerfraß nur bei einem extrem starken und chronischen Befall (mehr als 5 Jahre) mit vereinzelt Letalschäden gerechnet werden. Dagegen sind beim Schwammspinnerfraß bereits im ersten Fraßjahr merkliche Ausfälle zu beobachten, da der Fraß sich auch auf den Johannistrieb erstreckt, der zusätzlich noch durch starken Mehлтаubefall, oft letal!, geschädigt wird. Nicht ausreichende Reservestoffbildung kann dann zu einem regelrechten Erschöpfungstod der Bäume führen. Als schon im ersten Fraßjahr sehr gefährlich hat sich eine Kombination von Wickler- und Schwammspinnerfraß mit nachfolgendem starken Mehлтаubefall der verbliebenen bzw. neu austreibenden Johannistriebe erwiesen. Die zuvor schon geschilderten negativen Effekte verstärken sich hier erheblich. Unter diesen Bedingungen wurde im Fraßfolgejahr ein gruppenweises bis kleinflächiges Absterben bei Alteichen, aber auch bei Eichen im Dickungsalter beobachtet.

Eine im Sommer 1995 bei den bayerischen Forstämtern durchgeführte Fragebogenaktion hatte das Ziel Informationen zum Eichenschadholzanfall und eine mögliche Beziehung zum Bestandesaufbau und zur standörtlichen Situation der Schadbestände zu gewinnen. Erfaßt wurden nur Eichenbestände in denen in den letzten 10 Jahren mehr als 10 % des Vorrats aus ungeklärter Ursache abgestorben waren. Durch diese spezielle Fragestellung wurden nicht alle Eichenabgänge erfaßt. Auch sollten durch biotische Faktoren (Pilze, Insekten) eindeutig verursachte Abgänge ausgeschlossen werden. Ergebnisse dieser Orientierungsumfrage waren, daß die meisten Schadbestände im Buntsandsteinspessart, der Nördlichen und Südlichen Fränkischen Platte und auf der Südlichen Frankenalb lagen. Von den beiden Eichenarten waren Traubeneichen mit 63 % und Stieleichen mit 28 % beteiligt. Der Rest waren Mischbestände aus beiden Eichenarten. Altersmäßig überwogen mit 61 % die über 140jährigen Eichen. Von der Lage her waren 65 % der Bestände mindestens 100 m vom Waldrand entfernt. Im geneigten und hängigen Gelände konzentrierten sich die Schadbestände auf südseitige Expositionen. Vom Standort her waren Wasserversorgung und Nährstoffausstattung für die einzelnen Wuchsbezirke überdurchschnittlich, so daß die Abgänge sicher nicht vorrangig durch Wasser- und/oder Nährstoffstreß verursacht sein können. Die Statistik erfaßt Schadholzanfälle (ZE) ab 1986. In den Jahren 1986 und 1990 traten höhere Schadholzanfälle auf. Im Jahr 1992 wurden markant höhere Ausfälle registriert, die in den Folgejahren auf gleich hohem Niveau blieben.

In dem durch die Fragebogenaktion erfaßten Zeitraum waren Insektenschäden unterschiedlicher Intensität (Kahlfraß, Lichtfraß, Naschfraß) nicht immer auszuschließen. Bestände mit permanenten mehrjährigen starken Fraßschäden wurden aber von der Statistik ausgeschlossen.

Orientierende ernährungskundliche Untersuchungen haben für Bayern ergeben, daß die Stickstoffversorgung der Eichen gut, z.T. bereits überproportional ist. Bei der Phosphorversorgung zeigen rd. 15 % der Bestände eine geringe bis mangelhafte Versorgung. Regionale Zusammenhänge waren aber nicht erkennbar. Die Versorgung mit Kalium erwies sich als gut. Calcium- und Magnesiumversorgung waren im Durchschnitt ausreichend, aber auf Buntsandstein und Burgsandstein gering bis mangelhaft.

Diese Fragebogenaktion und die orientierenden Blattanalysen haben Grundlagen für weiterführende standörtliche und waldernährungskundliche Untersuchungen geschaffen.

Ein weiteres mehrjähriges Forschungsprogramm im Hauptschadensgebiet Unterfranken soll den Einfluß von Witterungsfaktoren (Bestandesklima) auf die Eichenschäden, die Beeinträchtigung der Eichen durch unterschiedlich starke Fraßschäden verschiedener Insekten (Eichenwickler, Schwammspinner, Frostspanner) und den Einfluß unterschiedlicher Insektenbekämpfungsmaßnahmen auf die Eichenschäden untersuchen.

Das Land Bayern besitzt 12 Eichen-Dauerbeobachtungsflächen, davon 5 Flächen direkt an Waldklimastationen. Neben den bisherigen Kriterien der Waldschadenserhebung werden hier jährlich Boden-, Schadstoff- und Nährstoffanalysen durchgeführt. Zusätzliche Zuwachs- und meteorologische Datenerhebungen sollen hier langfristig Ursachen-Wirkungsbeziehungen bei den Eichenschäden klären helfen.

Die Eichen sind mit ihrer breiten ökologischen Amplitude in Bayern in vielen Waldgesellschaften vertreten. Sie sind in diesen Waldgesellschaften nicht durch andere Baumarten ersetzbar. Derzeit sind sie aber auch von den Kronenschäden und den Absterbeerscheinungen her die am stärksten betroffene Baumart. Eine möglichst rasche Klärung der für die Eichenschäden verantwortlichen Schadfaktoren ist daher notwendig.

Dieter Seemann

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Waldschutz, Freiburg

Untersuchungsergebnisse zur Eichenforschung in Baden-Württemberg

Einleitung

In Baden-Württemberg werden in jüngerer Zeit seit 1984 Schäden an Eichen gemeldet, seit 1990 verstärkt auch in wirtschaftlichem Ausmaß. Die Forschung über Eichenschäden wurde bis jetzt nur partiell betrieben. Ein gezieltes Forschungsprojekt ist erst in diesem Jahr begonnen worden. Die Mittel werden aus Sondermitteln des Landes (UFO) bereitgestellt. Darüberhinaus stehen Eigenmittel zur Verfügung, weitere Mittel aus anderen Quellen werden derzeit akquiriert.

Die bisherige Forschungsarbeit umfaßte zum einen die

Beratungstätigkeit bei auftretenden Eichenschäden (Waldschutzaufgaben) und daraus abgeleitete Arbeiten des „täglichen Beratungsbedarfs“

und zum anderen

die langfristigen Beobachtungen von Eichenschäden im Rahmen der Terrestrischen-Waldschadensinventur (TWI) und auf speziellen Dauerbeobachtungsflächen.

Während die erstere Tätigkeit biotische Fragestellungen bearbeitete, befaßte sich die zweite eher mit abiotischen Ursachen. Mit Zunahme der Probleme bei Eichen war diese Trennung nicht mehr sinnvoll. Eine zielgerichtete Forschungstätigkeit im Sinne einer koordinierten Bearbeitung des Themas „Eichenschäden“ wurde notwendig.

Trotzdem ergaben sich aus den beiden Forschungsrichtungen bereits Antworten aber auch Fragen und damit Forschungsansätze für das nun eingeleitete Projekt.

Die Eichenschäden sind nicht auf Baden-Württemberg allein beschränkt. Die Berichte über vergleichbare Schäden sind zahllos, ebenso ihre Interpretation. Es ist vielfältig dokumentiert, daß die Eichenschäden keine Erscheinung der Neuzeit sind. Beim Studium der Literatur stellt sich häufig die Frage, warum überhaupt die Eichen als stabile und problemlose Baumart bezeichnet wurden und noch werden.

Im folgenden sollen bisherige Ergebnisse dargestellt, über laufende Arbeiten berichtet und das initiierte Projekt vorgestellt werden.

Modell zur Erklärung der Eichenschäden

Bereits FALCK (1918) hat zur Erklärung der damals in Preußen auftretenden Eichenschäden ein Erklärungsmodell aufgestellt. Sein Modell ist auch für das derzeitige Geschehen anwendbar. Allerdings muß es in einem Punkt modifiziert werden. FALCK hat den Standort zwar erwähnt, in sein Modell jedoch nicht eingebaut. Ebenso wenig wurde die Herkunft und die Bestandesgeschichte der Eichenbestände berücksichtigt.

Der Nachteil solcher Modelle ist ihre Starrheit. Sie erklären zwar näherungsweise den Gesamtkomplex der Eichenschäden. Bei Berücksichtigung aller bisherigen Befunde kommen sie wahrscheinlich der Wahrheit sehr nahe, allerdings nur für die Eichen insgesamt. Nicht jedoch für die Überprüfung oder Diagnose der Eichenschäden in einem bestimmten Untersuchungsbestand. Meist treffen nur wenige Parameter des Modells zu, die Frage ist nur welche. Die Modelle sind daher nur als eine Art Checkliste für eine Differentialdiagnose vor Ort verwendbar.

Aufbauend auf die zahlreichen Begänge und kleinen Untersuchungen wurde versucht, für Baden-Württemberg eine solche Checkliste aufzustellen (Abb. 1). Sie stellt auch gleichzeitig die Untersuchungsschwerpunkte des Eichenprojektes dar.

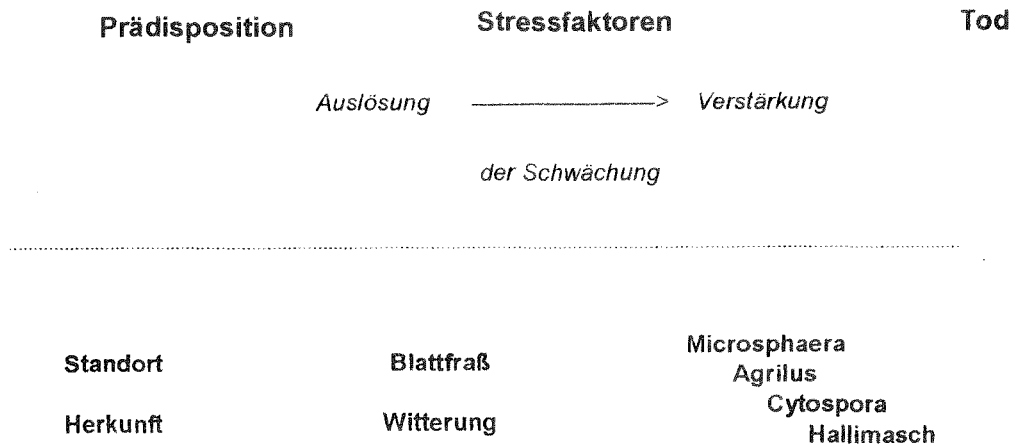


Abb. 1: Entscheidungshilfe zur Differentialdiagnose in einem Untersuchungsbestand

Verbreitung der Eichen in Baden-Württemberg

Außer Stiel- und Traubeneichen (*Quercus robur*, *Q. petraea*) kommen in geringem Umfang noch Flaumeichen (*Q. pubescens*) vor. Ebenso die eingeführten Eichen der Roteichengruppe hauptsächlich *Q. rubra*. Die Eichenfläche beträgt rd. 84.000 ha oder 6,4 % der Waldfläche. Der Roteichenanteil beträgt lediglich 0,3 % der Waldfläche. Wenn von Eichenschäden gesprochen wird, dann sind Schäden an Stiel- und Traubeneichen gemeint. Über sie allein wird hier berichtet. Die beiden Eichenarten sind klimatisch aber auch waldgeschichtlich bedingt sehr ungleich über das Land verteilt. Das Hauptvorkommen ist im wesentlichen auf die Höhenlagen unter 500 m verteilt (SEEMANN, 1995). Überprüft man das derzeitige Vorkommen mittelalter und alter Bestände, so entsprechen sie der natürlichen Verbreitung nach DENGLER (1992).

Bei der Frage nach den Ursachen der Eichenerkrankung stellt sich immer auch die Frage nach der Eichenart. Die sichtbaren Unterscheidungsmerkmale für Stiel- und Traubeneiche sind fließend. Die Praxis geht daher auch häufig von einem hohen Grad der Bastardisierung aus. Dies ist wissenschaftlich nicht zu begründen. AAS (1990) und KRAHL-URBAN (1959) gehen eher von einem geringen Anteil von Mischformen aus, wobei AAS phänologische Merkmale berücksichtigt, KRAHL-URBAN von verminderter Kreuzungsfähigkeit berichtet. Andererseits werden durch die Möglichkeiten der Isoenzymanalyse oder der DNA-Analyse neue Möglichkeiten zur Unterscheidung erschlossen (VULICEVIC und ROTHE, 1995). Für die derzeitige Arbeit sind diese neuen Möglichkeiten nicht anwendungsreif. Die bei AAS vorgestellten Unterscheidungsmerkmale lassen eine hinreichend genaue Artdifferenzierung zu. Wichtig ist, daß zumindest der Versuch unternommen wird, vor einer Diagnose die Artunterscheidung vorzunehmen.

Für die Untersuchung der Eichenschäden muß daher in einem Untersuchungsbestand zuerst gefragt werden, ob auf den Böden auch die richtige Eichenart steht und wenn ja, ob sie auch autochthon ist.

Abiotische Aspekte der Eichenschäden

Eichenarten und Standorteigenschaften

Der Standort ist definiert als eine Kombination aus Klima, Boden und Vegetation für einen bestimmten Ort.

Wenn davon ausgegangen wird, daß die Stiel- oder Traubeneiche für diesen bestimmten Ort eine natürlich vorkommende Baumart ist, dann muß auch davon ausgegangen werden, daß sie an das Klima angepaßt ist. Das Klima als primärer Faktor für die Eichenschäden ist unter dieser Annahme unwahrscheinlich. Das Klima oder besser die Witterung ist aber als auslösender Faktor denkbar, wenn die Lage oder die Bodeneigenschaften nicht mehr dem Optimum für die jeweilige Eichenart entsprechen.

Die Stieleiche benötigt tiefgründige Böden mit ausgeglichener und guter Wasserversorgung, wobei auch Böden mit wechselndem Wasserhaushalt erschlossen werden. Die Traubeneichen hingegen begnügen sich mit mäßiger bis minimaler Wasserversorgung.

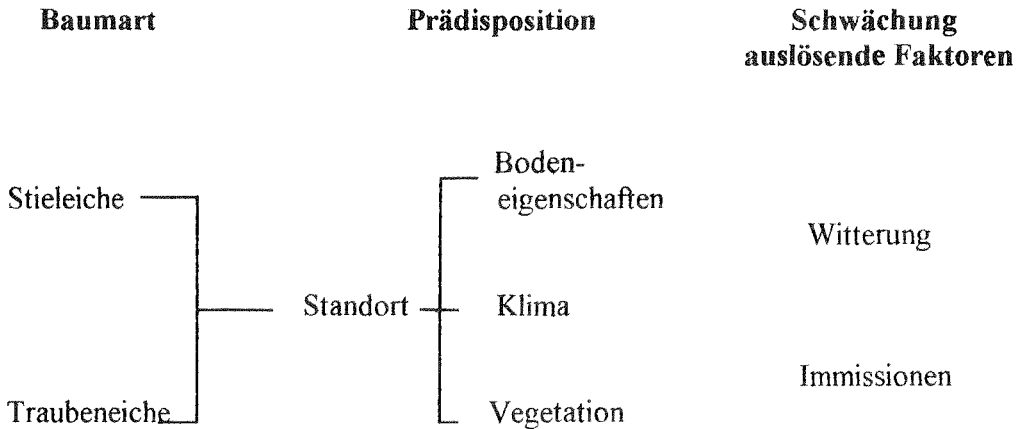


Abb. 2: Standort als prädisponierender Faktor für Eichenschäden

Bezüglich des Bodensubstrats und dessen Horizontierung gibt es wenige Aussagen. Meist wird beiden Eichenarten eine gute Durchwurzelung auch schwerer Böden nachgesagt. Tatsächlich findet man in der Literatur häufig gegenteilige Hinweise. KÖSTLER, BRÜCKNER und BIEBELRIETHER (1968) haben für die Stieleiche ein sehr differenziertes Bild gezeichnet. Hinsichtlich der Durchwurzelungstiefe beschreiben sie eindeutige Abhängigkeiten vom Substrat. Begrenzend wirken v.a. Ton- und kompakte Kiesschichten. Sie beschreiben auch eine Reduzierung der Durchwurzelungstiefe mit zunehmendem Alter, wobei der negative Alterstrend sehr früh einsetzt (KRAHL-URBAN, 1959). Es gibt wenige Arbeiten, die sich speziell mit Standorteigenschaften und Eichenschäden befassen. Für Norddeutschland haben ACKERMANN und HARTMANN (1992) und THOMAS und HARTMANN (1994) darüber berichtet. Auch für Frankreich liegen Ergebnisse vor (LANDMANN et al. 1993). Allein betroffen ist die Stieleiche und zwar vor allem auf Böden mit wechselndem Wasserhaushalt. Auch wenn für Baden-Württemberg keine gezielten Untersuchungsergebnisse vorliegen, hat es den Anschein als ob die stärksten Schäden bei Stieleichen auftreten und zwar auch auf pseudovergleyten Standorten.

Für Stieleiche wurde versucht, in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften eine Rangfolge des Gefährdungspotentials aufzustellen (Abb. 3).

Wasserhaushalt	<i>feucht</i>	+ +
	<i>wechselfeucht</i>	+
	<i>wechsel trocken</i>	-
	<i>trocken</i>	--
Wasserspeicherkapazität des Substrats	<i>hoch (Lehm)</i>	+ +
	<i>niedrig (Sand)</i>	--
Durchwurzelungstiefe (Volumen des durchwur- zelten Bodens), Intensität	<i>groß</i>	+ +
	<i>klein</i>	--
Nährstoffversorgung	<i>gut</i>	+ +
	<i>schlecht</i>	--

Abb. 3: Einfluß der Bodeneigenschaften auf die Prädisposition der Stieleiche für Schwäche auslösende Streßfaktoren.

Je höher die Anzahl positiver Zeichen ist, umso weniger ist die Stieleiche gegenüber Streßfaktoren anfällig, umso stabiler ist sie.

Immer wieder wird das Absenken von Grundwasserständen als Ursache für Eichenschäden angeführt. Allerdings kann dies nur unterstellt werden, wenn die Bäume tatsächlich Anschluß an das Grundwasser hatten. In Baden-Württemberg trifft die Möglichkeit von Grundwasserabsenkungen nur die Stieleiche. Von der gesamten Eichenfläche Baden-Württembergs liegen nur rd. 5 % der Fläche in Gebieten, die Grundwasseranschluß haben. Für zwei Waldgebiete wurde dieser Frage nachgegangen. In beiden Fällen sind in den letzten 20-30 Jahren keine Veränderungen im Grundwasserspiegel erkennbar. Eine andere Frage ist, inwieweit durch Entwässerungsmaßnahmen in benachbarten landwirtschaftlichen Flächen der laterale Wasserzug beschleunigt wird, ehemals wechselfeuchte Böden den Charakter wechsellrockener Böden annehmen.

Aufgrund der wenigen Untersuchungen sind für Traubeneichen die Ergebnisse unvollständig. Bisher wurden in Baden-Württemberg größere Schäden lediglich auf sehr flachgründigen, trockenen Böden festgestellt.

Bei den Untersuchungen der Eichenschäden wird ein Schwerpunkt die Frage nach den Standorteigenschaften der jeweiligen Eichenarten sein. Dies ist dringend notwendig, da in

Folge des Umbaus der Wälder zur Erhöhung des Laubholzanteils und zur Stabilisierung sturmgefährdeter Standorte zunehmend Höhenlagen erschlossen werden, die deutlich oberhalb der bisherigen Hauptverbreitung liegen und zudem überwiegend pseudovergleyte Standorte umfassen.

Herkunft des Saat- und Pflanzgutes

Auch wenn die derzeitige Verbreitung im wesentlichen dem natürlichen Verbreitungsgebiet der Eichen entspricht, bedeutet dies nicht grundsätzlich, daß die derzeitigen Bestände auch autochthon sind. Tatsächlich läßt sich bei bestandesgeschichtlichen Nachforschungen erkennen, daß häufig im letzten Jahrhundert Bestände begründet wurden, deren Saat- oder Pflanzgut unbekannter Herkunft war. Durch die Bevorzugung der Eiche als Nahrungsgrundlage seit frühgeschichtlicher Zeit sind mit Sicherheit große anthropogene Einflüsse auf die Verteilung der Eichenarten und Standortrassen anzunehmen (KRAHL-URBAN 1959, DENGLER 1992).

Bei der Untersuchung der Eichenschäden wurden Fragen der Bestandesgeschichte, d.h. auf welche Weise entstanden die betroffenen Bestände, selten gründlich untersucht. Vereinfacht ausgedrückt, es wurde allein aus der Tatsache, daß die Wälder Laubwälder waren darauf geschlossen, daß es sich um annähernd „natürliche“ Wälder handelte. Auch für die zukünftigen Wälder werden keine objektiveren Maßstäbe angelegt. In der Standortkartierung Baden-Württemberg werden für jede Standorteinheit eine Rangfolge der Baumarteneignung aufgestellt. Ein äußerst breites Standortspektrum nehmen dabei die Eichenarten ein.

Die meisten Standorte, für die Eichen vorgesehen sind, lassen nur dann Eichenbestände entstehen, wenn die konkurrenzfähigeren Baumarten - meist Buche und Esche - ausgeschaltet werden. Dies ist auch in der Vergangenheit so gewesen.

Für jüngere Bestände zeigt sich in Beratungsbegängen häufig, daß Schäden - v.a. Rindennekrosen - dort entstehen, wo Stieleichen auf Traubeneichenstandorten stocken. Es sind immer gepflanzte Bestände. Meist wird von der Praxis auch angemerkt, daß ja eigentlich Traubeneichen gekauft wurden. Gerade in jungen Beständen zeigen sich Symptome meist bestandesweise. Dies und die Tatsache, daß in jüngeren Beständen häufig Stiel-, Trauben- und Roteichen buntgemischt vorkommen, zeigt, daß mit der Herkunft des Saatguts etwas falsch gelaufen ist. Bei der Untersuchung der oben angeführten Rindennekrosen wurde auch der Frage nach dem Frost als Ursache nachgegangen. Rindennekrosen lassen sich ziemlich genau datieren. Mit einiger Sicherheit kann man auch unterscheiden, ob biotische oder abiotische Ursachen zugrunde zu legen sind. Bei Rindennekrosen, die eindeutig in der vegetationslosen Zeit entstanden sind und keine mehrjährigen ungleichmäßigen Überwallungen aufweisen, lassen sich biotische Ursachen mit hoher Sicherheit ausschließen. Da eine sinnvolle Regel besagt, daß nur dann Frostschäden diagnostiziert werden sollen, wenn das Ereignis bekannt ist, wurde für Baden-Württemberg versucht, Frostereignisse mit Auftreten von Rindennekrosen in Verbindung zu bringen. Dies gelang zumindest für die absoluten

Wintertemperaturen nicht. Eine andere Frage ist, ob es durch unterschiedlichen Verlauf der Frostresistenz zu Früh- bzw. Spätfrostschäden an der Rinde kommt. Zwar gibt es eine Reihe von Untersuchungen, die herkunftsbedingte Frostschäden nachweisen, sie sind jedoch alle auf den Austrieb bezogen. Da die Rindenschäden meist bestandesweise auftreten, dürfte es sich also lohnen, den herkunftsbedingten Verlauf der Frostresistenz zu untersuchen.

Beobachtungen bezüglich des Austriebszeitpunktes, der Art und Zeitpunkt der Verfärbung v.a. im Bestandesvergleich, sowie Stamm- und Kronenformen geben ebenfalls Hinweise auf herkunftsbedingte Unterschiede.

Bei bestandesgeschichtlichen Nachforschungen zeigt sich, daß schon sehr früh zugekauftes Saat- und Pflanzgut für den Erhalt der Eichenbestände verwendet wurde. KRAHL-URBAN (1959) weist auf Ferntransporte hin, z.B. Saatgut aus den ehemaligen k.u.k. Gebieten Österreichs, SEEGER (1930) auf Nahtransporte aus Vorbergen in die Flußniederungen. Es ließen sich beliebig weitere Beispiele aufführen.

Sowohl in der Vergangenheit wie in der Gegenwart und in Zukunft wurden und werden Eichenwälder mit nicht autochthonem Saatgut begründet. Das heißt, die Möglichkeit, daß die derzeitigen Schwierigkeiten bei den Eichen auch eine Frage der natürlichen Auslese der Bäume sind, ist nicht auszuschließen.

Klima und Witterung

Bei der Diskussion um den Einfluß des Klimas oder der Witterung werden beide Begriffe häufig etwas außerhalb der Definition verwendet. Der Wetterablauf mehrerer Tage ist die Witterung, der mittlere Ablauf der Witterung über viele Jahrzehnte ist als Klima definiert. Dies immer bezogen auf einen bestimmten Ort. Unterstellt man, daß an solchem bestimmten Ort die Eiche natürliche Baumart ist, dann sollte sie an das dort herrschende Klima angepaßt sein. Treten Schäden auf, kann nicht das Klima die primäre Ursache sein. Anders ist es, wenn die Eichen auf Grenzstandorten vorkommen, dann spielt die Witterung eine Rolle, z.B. geringe Niederschläge oder zu hohe Temperaturen. Dann ist die Witterung kein primärer Faktor sondern nur sekundär. Primäre Ursachen sind dann Bodeneigenschaften oder die für das am betreffenden Ort herrschende Klima unangepaßte Herkunft. Kommt die Eiche auf Standorten vor, die außerhalb ihres Optimums liegen, nehmen waldbauliche Konzeptionen einen primären Faktor ein.

Vielfach wird in der Praxis argumentiert, daß mit der prognostizierten Klimaveränderung, die ja zu einer Erwärmung tendiert, gerade die Eichen die Baumart der Zukunft sind. Dies ist umso unverständlicher, wenn andererseits argumentiert wird, daß hohe Temperaturen und geringe Niederschläge Ursache der Eichenschäden sind.

Immissionen

Der Einfluß der Immissionen an den Eichenschäden wird als sehr wichtig erachtet. Die Diskussion über den Anteil der Immissionen an der Verschlechterung des Gesundheitszustandes kann nicht geführt werden. Dies hat ihren Grund darin, daß die Grundlagen dafür nahezu vollständig fehlen. Im Gegensatz zu den Fichtenflächen fehlt für Baden-Württemberg eine Zustandserhebung von Bodenparametern und Erhebungen über die Nährstoffversorgung von Eichen. Eine Bodenzustandserhebung - vergleichbar der in Niedersachsen - wird derzeit erst begonnen. Die Interpretation der vorgefundenen Ergebnisse wird sehr schwierig. Dies liegt auch an einer unterschiedlichen Interpretationsbasis für Blattanalysen. THOMAS und BÜTTNER (1992) legen z.B. für die wichtigsten Elemente Normalbereiche fest. Vergleicht man diese Werte mit den Angaben aus LYR et al. (1992) so sind z.T. erhebliche Unterschiede festzustellen. Während erstere von Normalbereichen ausgehen, gehen letztere von einer Spannweite der Elementkonzentrationen aus, ohne sich festzulegen, ob es Maximum-Minimumwerte sind oder auch eine Art Normalbereich ist.

Die Art der Probenahme muß ebenfalls überdacht werden. Zwar werden Zeitpunkt (August) und Ort der Probenahme (Lichtblätter aus oberem, mittlerem und unterem Kronendrittel; FVA 1991) festgelegt. Aber bereits die Verbindung "Lichtblätter aus unterem Kronendrittel" ist nur bei Solitären zu erreichen. Was vollständig fehlt ist die Diskussion, wie sich denn die Elementkonzentration der Blätter bei Wiederaustrieb nach Kahlfraß verändert oder wie sich z.B. die Konzentration von Blättern des Johannistriebs von denen des Maitriebs unterscheidet. Offen bleibt auch, wie groß der Einfluß des Mehltaus auf die Elementkonzentration ist.

Die Beurteilung des Bodenzustandes ist - zumindest in der Analyse - einfacher möglich. Bei den wenigen im Zuge der Beratung durchgeführten Bodenanalysen ergaben sich wenig Hinweise auf dramatische Versauerungen oder hohe Stickstoffwerte. Aber auch hier bestehen Unsicherheiten hinsichtlich dessen, was Eichen benötigen.

Eine Festlegung von Bewertungsgrundlagen und Verbesserung der Probenahmeanweisung für Blattanalysen ist unabdingbar. Ebenso eine flächendeckende Bodenzustandserhebung.

Biotische Aspekte

Die bisherigen Untersuchungen zu biotischen Aspekten wurde in den vergangenen Jahren geprägt durch die Insektenkalamitäten, vor allem durch blattfressende Schmetterlingsraupen und durch rindenbrütende Prachtkäfer.

Speziell zur Erfassung von Folgeschäden nach Schwammspinnerkahlfraß wurde ein eigenes Projekt geschaffen, das in etwa 2 Jahren abgeschlossen sein wird (WEZEL, 1996).

Über die biotischen Aspekte der Eichenerkrankung in Baden-Württemberg wurde berichtet (SEEMANN, 1996). Im folgenden soll nur eine knappe Zusammenfassung der Ergebnisse mitgeteilt werden.

Untersucht werden auch die weniger spektakulären Massenvermehrungen von Eichenwickler und Frostspannerarten. Ziel ist es, die Auswirkung von geringem und mässigem Blattfraß auf den Gesundheitszustand der Eichen zu erfassen. Dies wurde und wird v.a. auf den Dauerbeobachtungsflächen durchgeführt. Bis heute ist folgendes festzustellen: Der Fraß hat Auswirkungen auf den Gesundheitszustand von Eichen. Es ist jedoch nicht so, daß nur in Fraßgebieten eine Verschlechterung des Gesundheitszustandes festzustellen ist, sondern auch auf Flächen auf denen sicher kein Fraß stattfand.

Intensiv wurde die Rolle des Prachtkäfers (*Agrius biguttatus*) untersucht. Im wesentlichen sind die Ergebnisse mit denen von HARTMANN und KONTZOG (1994) zu vergleichen. Lediglich das Merkmal „Schleimfluß“ tritt weniger häufig auf. Der Fraß der Prachtkäfer führt zum Absterben stark vorgeschädigter Bäume. Er nutzt also die Schwächung der Bäume aus, führt sie aber nicht herbei. Lediglich in Kahlfraßgebieten zeigt der Prachtkäfer, meist in Zusammenhang mit Mehлтаubefall, primären Charakter und führt zum Absterben auch gesunder Bäume (BLOCK et al., 1995).

Der Mehлтаubefall bedeutet eine deutliche Schwächung. Er ist jedoch nur dort gefährlich, wo er die gesamte Blattmasse infizieren kann, dies ist nur bei Wiederaustrieb nach Kahlfraß der Fall.

Bisher wurde bei Beratungen nur das Auftreten von Hallimasch notiert. Eine Unterscheidung der Arten ist nicht erfolgt. In Baum- und Althölzern tritt er überwiegend in Folge einer starken Vorschwächung und nach Prachtkäferbefall auf. In wenigen Fällen ist dies nicht so. Hier tritt Hallimasch in den Vordergrund. Das unterschiedlich starke Auftreten ist jedoch bis jetzt nicht geklärt. Anders ist es in Dickungen. Hier ist der Hallimasch sehr stark vertreten. Allerdings kann an solchen Bäumen häufig ein starker Bastkäferbefall (*Scolytus* spp.) im Kronenbereich und ein Befall durch Rindenpilze (v.a. *Cytospora* spp.) im Stammbereich beobachtet werden.

Schwerpunkte der Forschung

Ziel der Landesforstverwaltung ist es, den Anteil an Laubhölzern am Gesamtwald zu erhöhen. Dabei kommt der Eiche, insbesondere der Stieleiche, eine große Bedeutung zu. Insbesondere bei der Wiederbewaldung der Sturmschadensflächen von 1990. Das Ziel der Forschungsarbeit ist, speziell für Baden-Württemberg zu überprüfen, inwieweit die derzeitige Ausweitung des Eichenanbaus risikobehaftet ist.

Wichtig ist auch, eine bessere Beratungsbasis für Waldschutzfragen zu erhalten.

Aufbauend auf die bisherigen Erfahrungen aus Beratungen und kleineren Untersuchungen sind die Ziele des Forschungsprojektes abgeleitet worden. Es ist ein interdisziplinäres Projekt, an dem verschiedene Abteilungen der FVA mitwirken.

Schwerpunkte der Forschung sind:

- Dokumentation des Gesundheitszustandes der Eichen in Baden-Württemberg
- Ursachenanalyse der vermehrt auftretenden Krankheits- und Absterbeerscheinungen bei Stiel- und Traubeneichen mit den Schwerpunkten Standort, Wurzelgesundheit, phytophage Insekten, pathogene Pilze
- Untersuchungen zum Gashaushalt in Oberböden
- Bestimmung der genetischen Konstitution im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen Genotyp, Schadmerkmalen und Umwelt
- Prüfung der Herkunftsfrage

Das Projekt ist mittelfristig angelegt.

Literatur

- AAS, G. (1990): Kreuzbarkeit und Unterscheidung von Stiel- und Traubeneichen. AFZ 45, 219-221
- ACKERMANN, J., HARTMANN, G., (1992): Kronenschäden in Eichenbeständen Niedersachsens nach Farbinfrarot-Lichtbildern aus den Jahren 1988/89. Forst und Holz 47, 452-460
- BLOCK, J., DELB, H., HARTMANN, G., SEEMANN, D., SCHRÖCK, H.W., (1995): Schwere Folgeschäden nach Kahlfraß durch Schwammspinner (*Lymantria dispar*) im Bienwald (Rheinland-Pfalz). AFZ 50, 1278-1281
- DENGLER, A., (1992): Waldbau auf ökologischer Grundlage. 2 Bde. Parey, Hamburg und Berlin
- FALCK, R., (1918): Eichenerkrankung in der Oberförsterei Lödderitz und in Westfalen. Zeitsch. f. Forst und Jagdw. 50, 123-132
- FVA, (1991): Richtlinien für die Probeentnahme von Boden- und Pflanzenmaterial. Merkbl. der FVA Baden-Württemberg, Nr. 15, 2 Aufl.
- HARTMANN, G., KONTZOG, H.G., (1994): Beurteilung des Gesundheitszustandes von Alteichen in vom „Eichensterben“ geschädigten Beständen. Forst und Holz 49, 216-217
- KÖSTLER, J.N., BRÜCKNER, E., BIEBELRIETHER, H., (1968): Die Wurzeln der Waldbäume. Parey, Hamburg und Berlin
- KRAHL-URBAN, J., (1959): Die Eichen. Parey, Hamburg und Berlin

- LANDMANN, G., BECKER, M., DELATOUR, C., DREYER, E., DUPOUEY, J.L., (1993): Oak dieback in France: historical and recent records, possible causes, current investigations. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 5, 97-114, Pfeil, München
- LYR, H., FIEDLER, H-J., TRANQUILLINI, W., (1992): Physiologie und Ökologie der Gehölze. Gustav Fischer, Jena und Stuttgart
- SEEGER, M., (1930): Erfahrungen über die Eiche in der Rheinebene bei Emmendingen (Baden). AFJZ 106, 201-219
- SEEMANN, D., (1995): Bundeswaldinventur als Grundlage zur Darstellung von Baumartenverteilungen am Beispiel der Eiche. Forst und Holz, 50, 606-608
- SEEMANN, D., (1996): Biotische Aspekte der Eichenerkrankung. Agrarforschung in Baden-Württemberg, in Vorber.
- THOMAS, F.M., BÜTTNER, G., (1992): Der Ernährungszustand von Eichen in Niedersachsen. Forst und Holz 47, 464-470
- THOMAS, F.M., HARTMANN, G., (1994): Site and plant water relation in oak stands of Northern Germany differing in the degree of decline. In: Abstracts: Environmental constraints and oaks: Ecological and physiological aspects. INRA, IUFRO, EURO-SILVA, Nancy, 130
- VULICEVIC, I., ROTHE, G.M., (1995): Unterschiede im Winterstoffwechsel von Stiel- und Traubeneichen. AFZ 50, 233-238
- WEZEL, G., (1996): Folgeschäden der Schwammspinner-Gradation 1993/94 in Baden-Württemberg. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, in Vorber.

Hans Werner Schröck

Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Trippstadt

Zusammenhang zwischen insektenfraßbedingten Blattverlusten und dem Kronenzustand von Eichenbeständen

Einführung

Grundlage der nachfolgend dargestellten Beobachtungen sind Untersuchungen auf Eichen-Dauerbeobachtungsflächen. Diese sind Bestandteil eines integrierten Meß- und Beobachtungsprogrammes zur Überwachung der Auswirkungen anthropogener Einflüsse auf die Funktionsfähigkeit der Waldökosysteme in Rheinland-Pfalz [1]. Landesweite Übersichtserhebungen wie Terrestrische Waldzustandserhebung (TWE), Bodenzustandserhebung (BZE), Luftbild-Waldzustandserhebung (LWE) lokalisieren hierbei aktuelle Schadensschwerpunkte und Entwicklungstendenzen; Intensivuntersuchungen an Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen tragen insbesondere zur Klärung von Ursache-Wirkungsbeziehungen bei (Tab. 1). Ein herausragendes Ziel ist hierbei der Versuch, die natürliche Dynamik wesentlicher Ökosystemkenngrößen, wie z.B. der Belaubungsdichte (diese ist in Kombination mit der Vergilbung Grundlage der Schadstufeneinteilung bei der Waldzustandserhebung), der Nährstoffgehalte in Nadeln und Blättern und des chemischen oder biologischen Bodenzustandes von gerichteten Veränderungen durch anthropogene Einwirkungen zu trennen. Des weiteren sollen vor allem komplexe Wechselbeziehungen zwischen natürlichen und anthropogenen Streßeinflüssen soweit als möglich aufgedeckt werden.

Zielsetzung

Eine wesentliche natürliche Belastung unserer heimischen Eichenarten ist periodisch wiederkehrender, dann teilweise mehrere Jahre anhaltender Laubfraß durch Insekten. Flächenmäßig bedeutsam sind hierbei die Raupen der Leitarten Eichenwickler (*Tortrix viridana* Linné) und Frostspanner (*Operophtera brumata* Linné), sowie in den letzten Jahren auch die Raupen des wärmeliebenden Schwammspinners (*Lymantria dispar* Linné).

Zur Abgrenzung natürlicher von anthropogen verursachten Belastungen müssen Umfang und Dynamik dieser Insektenfraßschäden erfaßt werden. Hieraus können Informationen über die langfristigen Auswirkungen des Insektenfraßes auf den Kronenzustand der Waldbäume gewonnen werden. Darüberhinaus soll die Hypothese überprüft werden, ob das Nebeneinander von Eichen mit geringen und starken Kronenschäden innerhalb eines Bestandes maßgeblich durch die unterschiedliche Belastung der einzelnen Bäume durch Insektenfraßschäden hervorgerufen wird. Dies wiederum könnte durch den unterschiedlichen Austriebs-

zeitpunkt bestimmt sein [3]. Weiterhin können Kenntnisse über die Regenerationsfähigkeit von Eichen nach Insektenfraß als zusätzliche Parameter zur Beurteilung der Vitalität dienen.

Tab. 1: Untersuchungen an Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz (Stand: August 1995)

Teilprojekt	durchführendes Institut	Flächenanzahl			
		Fichte	Kiefer	Buche	Eiche
- Dauerbeobachtung Waldökosysteme-					
1 Kronenzustand	Forstliche Versuchsanstalt (FVA)	14	7	10	8
2 Waldwachstumsmessungen	FVA	14	7	10	8
3 Mykologische Untersuchungen	Univ. Kaiserslautern, Dr. Arendholz	3	2	-	-
4 Bodenzustand	FVA	5	2	4	2
5 Bodenvegetation	Univ. Trier, Geobotanik	4	2	4	2
6 Flechtenbioindikation	Polichia, Dr. John	8	2	7	3
7 Physiologische und biochemische Untersuchungen	Univ. Mainz, Allgemeine Botanik	1	-	-	1
- Dauermessung Umweltbedingungen					
8 Meteorologische Messungen	FVA, Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht (LfUG)	15 Forstmeteorologische Meßstationen + 5 ZIMEN ¹⁾ -Waldstationen			
9 Immissionsmessungen	LfUG	5 ZIMEN-Stationen			
10 Depositionsmessungen (Freiland und Bestand)	FVA Analytik: Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Speyer (LUFA)	7	2	3	2
11 Wasserhaushalts- und Bioelementbilanzierung	FVA Analytik: LUFA Modellanpassung: Univ. Göttingen, Waldbodenkunde	1	-	-	1

¹⁾ ZIMEN = Zentrales Immissionsmeßnetz

Methode

Zur Erfassung der Blattverluste durch Insektenfraß werden, zusätzlich zur Erfassung der Kronenverlichtung im August, die Fraßschäden unmittelbar vor Beginn der Ersatztrieb- bildung in 5 %-Stufen eingeschätzt [7]. Bezugsgröße ist die vorhandene Blattmenge. Wenn im Extremfall (z.B. infolge Knospenfraß), keine Blattreste zu erkennen sind, wird die nach aktueller Kronenstruktur zu erwartende Blattmasse zugrundegelegt. Der Zeitpunkt dieser Aufnahme liegt bei Eichenwickler- und Frostspanner-Schadengesellschaft je nach Höhenlage und Witterung Ende Mai bis Mitte Juni. Bei Schwammspinnerbefall ist, da der Raupenfraß Anfang Juni noch nicht beendet ist, eine Aufnahme Anfang, ggf. Ende Juli nötig.

Auf sieben Untersuchungsflächen wurden vor allem Schäden durch den Eichenwickler, weniger durch Frostspanner, auf einer Untersuchungsfläche im Bienwald 1993 und 1994 Schwammspinnerschäden beobachtet. Eine exakte Trennung der Arten wird jedoch einerseits aus Arbeitskapazitätsgründen, andererseits aus methodischen Erwägungen (Vergesell- schaftung verschiedener Arten) mit Ausnahme von Schwammspinnerbefall nicht vorge- nommen [9]. Schwammspinnerbefall ist aufgrund des langanhaltenden Fraßgeschehens von anderer Qualität als Wickler- und Spannerfraß und zudem vergleichsweise einfach zu dia- gnostizieren.

Zur Überprüfung, inwieweit ein unterschiedlicher Austriebszeitpunkt zu unterschiedlich starken Fraßschäden an den Einzelbäumen führt, wird im Mai durch eine wöchentliche Aufnahme Beginn und Fortschritt des Blattaustriebes auf drei Eichenflächen erfaßt.

Auftreten von Schmetterlingsraupen

Wesentliches Kriterium für Auftreten und Intensität von Eichenwickler-/ Frostspannerschä- den ist das zeitliche Zusammentreffen (Koinzidenz) zwischen dem Schlüpfen der Raupen und dem Austrieb der Knospen [9]. Die Entwicklung der Insektenpopulation wird zudem von der Witterung, dem Auftreten von Infektionskrankheiten und dem Parasitierungsgrad der Raupen beeinflusst.

Die seit 1988 erhobenen Daten verdeutlichen ein jahres- und gebietsweise unterschiedliches Auftreten von Fraßschäden durch Schmetterlingsraupen auf den Einzelflächen (Abb.1). Lediglich die Jahre 1988 und 1993 bis 1995 wiesen höhere Blattverluste infolge Insekten- fraß auf. Die Einzelflächen zeigen von Jahr zu Jahr große Schwankungen, im Extrem von 64 % 1988 auf 1 % im Jahre 1989 (Fläche 403). Eine Fläche (402) wird über den gesamten Zeitraum nur gering durch Insektenfraßschäden beeinträchtigt.

Regenerationsverhalten der Eichen

Entscheidend für die zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebungen sichtbaren und in das Blattverlustprozent einfließenden Fraßschäden, ist nicht nur das Ausmaß der Fraßschäden, sondern vor allem die Regenerationsfähigkeit der Eiche durch Ersatztrieb- bildung. Zur Ver-

anschaulichung des Regenerationsverhaltens der Einzelbäume wird deren Blattverlust infolge Insektenfraß dem jeweiligen Belaubungszustand im August gegenübergestellt. Dieser Einzelbaumvergleich ermöglicht - zumindest bei Bäumen ohne größere Feinreisigverluste - weitgehend die Beurteilung der Regenerationsfähigkeit. Betrachtet werden im Folgenden nur Jahre mit höheren Insektenfraßschäden. 1988 zeigt sich deutlich die Regenerationsfähigkeit der Eichen durch Johannistriebbildung. Selbst nahezu kahlgefressene Bäume sind im August wieder annähernd voll belaubt (Tab. 2).

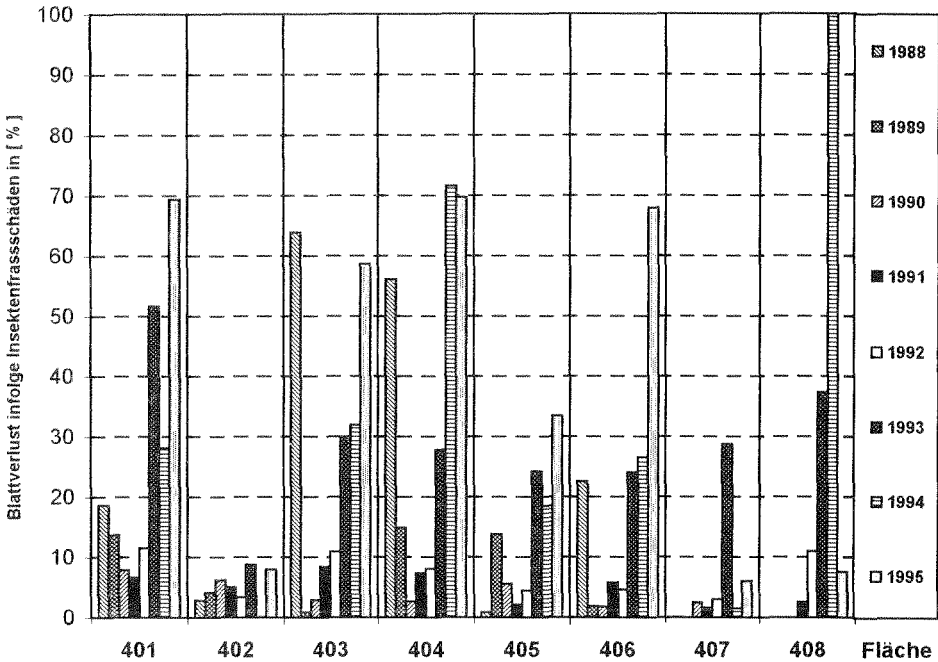


Abb. 1: Durchschnittliches Blattverlustprozent infolge Insektenfraßschäden (Juni) auf den Eichenbeobachtungsflächen in den Jahren 1988 bis 1995.

Die Ergebnisse von 1993 zeigen, im Gegensatz zu 1988, bei hohen Insektenfraßschäden nur eine unvollständige Regeneration insektenfraßbedingter Blattverluste (Tab. 3). Auf der durch Schwammspinnerfraß betroffenen Fläche im Bienwald sind die drei mit am stärksten befallenen Eichen noch in diesem bzw. im Folgejahr abgestorben (fett gedruckt und dun-

kel hinterlegt). Diese drei Bäume waren bei der Aufnahme im August 1992 mit 40, 60 und 65 % Blattverlust auch die am höchsten verlichteten Eichen auf dieser Versuchsfläche. Zu beachten ist jedoch, daß 1993 insbesondere in stärker verlichteten Beständen Feinreisigverluste evtl. teilweise als insektenfraßbedingte Blattverluste eingewertet wurden. Schwierigkeiten bei der Einwertung entstehen dann, wenn bei starkem Wickelfraß die austreibenden Knospen abgefressen werden, so daß Blattreste als deutliches Erkennungsmerkmal von Fraßschäden nur in geringem Umfang sichtbar sind. Bei vollem (lebendem) Feinreisigbesatz ist die Einwertung unproblematisch, bei wie in diesem Jahr aufgetretenem reduzierten Feinreisigbesatz steigt der Schätzfehler jedoch an.

Tab. 2: Blattverlust infolge Insektenfraß vor Johannistriebbildung (*senkrecht*) und Blattverlust Anfang August 1988 (*waagrecht*); in den Kästchen: Anzahl der Eichen.

%	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	%	
100													1										100
95		3	6	2																			95
90		1	3	1	1	1																	90
85			3	1																			85
80			1	1		1	1																80
75		1	2	1	2	1	2																75
70			2	4	2																		70
65			1	3	1			1															65
60				1																			60
55				1	2																		55
50			2	2	2		1	1															50
45			1	1		2																	45
40			3	5	2																		40
35			2	5	1	1	1																35
30			1	4	4	1	1																30
25			3	8	2	1			1														25
20			6	3		2																	20
15			1	7	4		1																15
10			8	3	5	1																	10
5		2	26	14	1																		5
0	1	26	113	17	2																		0
%	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	%	

1994 war, bei wiederum hohen Insektenfraßschäden das Regenerationsverhalten deutlich besser als 1993, jedoch nicht so gut wie 1988 (Tab. 4). Ein wesentlich schlechteres Regenerationsverhalten zeigen erwartungsgemäß die durch Schwammspinnerfraß geschädigten Eichen (fett gedruckt) auf der Versuchsfläche im Bienwald auf. Drei Eichen sind aktuell abgestorben.

Tab. 3: Blattverlust infolge Insektenfraß vor Johannistriebbildung (*senkrecht*) und Blattverlust Anfang August 1993 (*waagrecht*); in den Kästchen: Anzahl der Eichen. Die Eichen auf der vom Schwammspinner betroffenen Fläche sind fett gedruckt. Dunkel hinterlegt sind diejenigen Bäume, die bis Anfang August des Folgejahres abgestorben sind.

%	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	%
100																			1			100
95																		1				95
90					1									1					1			90
85										2												85
80								1	1						1	2						80
75				1		1		1	1													75
70								1	1	1												70
65									1								1					65
60						1	1	3/1	1	1	1	2	1					1				60
55					1	1		2	1													55
50						1	4	1/1	3		3		1/1									50
45					1	1/2	3	1	5/3	2	1		1	1								45
40				1	3	3	9/1	3/1	5/1	2/1	1/1		1									40
35				1/1	4	8	2	5/1	2	2/1	1/1					1						35
30				1	4	5/1	7/1	6/2	4/1	1												30
25				3/1	11/2	12	7/2	3/3	1/1													25
20			3	4/1	10	11/2	5/2	2/1	1/3	1												20
15		2	3	7	6/1	10/1	3	3/1	1													15
10			7	10	9/1	3	1/2	1														10
5	1	6	8	8/1	5	2																5
0	1	4	4		3	1																0
%	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	%

Tab. 4: Blattverlust infolge Insektenfraß vor Johannistriebbildung (*senkrecht*) und Blattverlust Anfang August 1994 (*waagrecht*); in den Kästchen: Anzahl der Eichen. Die Eichen auf der vom Schwammspinner betroffenen Fläche sind fett gedruckt. Dunkel hinterlegt sind diejenigen Bäume, die bis Anfang August des Folgejahres abgestorben sind (bei zwei Ziffern in einem Kästchen und dunkel hinterlegt gilt: erste Ziffer=Anzahl der im Folgejahr lebenden Eichen, zweite Ziffer=Anzahl der im Folgejahr toten Eichen).

%	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	%	
100						3	1/2	1	4	4	4	3	1/4	4/1	1/2	5	4	2	3	8		100	
95				2	3	4	2	2	1													95	
90					1		1													1		90	
85					2		1				1											85	
80						1	1	2						1								80	
75						1			1													75	
70						2			2	1												70	
65						1	1					1	1									65	
60					1	2	1	1	2		2	1										60	
55						1		1														55	
50				2	1			1	1													50	
45					1	1					1											45	
40				1		2	2	5	4	2	1											40	
35					2	1	4	2	4													35	
30					1	4	1	2	2	2	1											30	
25					3	3	4	3	1	1												25	
20				4	2	3	4	4/1	1	1						1						20	
15			3	2	5	6	5	4	2	1	1	1										15	
10		1		2	3		2		1	2												10	
5			2	5	6	9	6	4	1		1											5	
0		3	12	18	24	20	9	11	2		1											0	
-1																						3	-1
%	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	%	

1995 zeigte sich, bei vor allem durch Eichenwickler verursachten hohen Fraßschäden ein unterschiedliches Regenerationsverhalten der Einzelbäume (Tab. 5).

Dramatisch sind die durch Schwammspinnerfraß verursachten Folgeschäden. Zu den drei bereits 1994 abgestorbenen Eichen kamen weitere 29 von ursprünglich 56 hinzu. Von diesen 29 Bäumen sind 23 im Frühjahr nicht mehr ausgetrieben, 6 nach spärlichem Austrieb bis August abgestorben. Bemerkenswert ist, daß in diesem Falle anhand des Kronenzustandes der abgestorbenen Bäume im Jahr vor dem Absterben der Tod zu prognostizieren gewesen wäre (Tab. 4; s.u.). Bis Ende September waren zudem die Blätter aller 5 Anfang Au-

gust stark verlichteter Eichen verdorrt, d.h. auch diese Bäume abgestorben (in Tab. 5 dunkel hinterlegt).

Tab. 5: Blattverlust infolge Insektenfraß vor Johannistriebbildung (*senkrecht*) und Blattverlust Anfang August 1995 (*waagrecht*); in den Kästchen: Anzahl der Eichen. Die Eichen auf der vom Schwammspinner betroffenen Fläche sind fett gedruckt. Die dunkel hinterlegten Bäume waren bei einer Bereisung Ende September 1995 zusätzlich abgestorben.

%	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	%
100			1	2	2	2		2	2		1											100
95		1	2	2	9	4	2	2	2	2											1	95
90		1	1	4	1	1	1	2				1										90
85			1	3		2	2	1			1	1										85
80				1	2	5	2	2														80
75				1	2	1	1															75
70					2	2	2	3														70
65		1				4			2	3	2											65
60				1	2	2	1		4	2						1						60
55				1	2	4	2	1		1												55
50			1		1	5	4	4	1													50
45				1	1	1	2	1	3	1		1										45
40					1		3	2		2	2	2										40
35					2	4		2	2	3	1	1	1									35
30					1	3	3	2	1	2	1/1											30
25						1	1	3	2	3			2									25
20					2	1	1	3	1	1	1										2	20
15			1	1	3	2	4	3	4			1						1	1		1	15
10				4	4	6/1	4/1	2	1	1	1		2	1			1		1		3	10
5			1	10	12	7	4	2/1	1/1	1/1			1	1			1					5
0	1	1	5	11/1	3	3/1	5	1		1	1		1									0
-1																					23/1	-1
%	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	%

Ursachen unterschiedlicher Regenerationsfähigkeit und Umfang absterbender Eichen

Normalerweise neigen ältere Eichen (ab etwa 100 Jahren), im Gegensatz zu jungen Eichen, nur noch in geringem Umfang zur Johannistriebbildung [10]. Dies bedeutet, daß diese neue Triebbildung bei Alteichen als ausgesprochene Ersatztriebbildung, die überwiegend durch

Fraßschäden hervorgerufen wird, bezeichnet werden kann. Durch diese Ersatztriebbildung wird die verlorengegangene Assimilationsfläche erneuert. Hierbei werden Reservestoffe verbraucht. Voraussetzung für diese Erneuerung ist vermutlich eine ausreichende Bodenfeuchtigkeit. So waren 1988 die Eichen nach mehreren von der Witterung her günstigen Jahren in der Lage sowohl hohe als auch mittlere insektenfraßbedingte Blattverluste nahezu vollständig zu regenerieren. Dagegen fand 1993 nach mehreren Jahren mit geringen Vegetationszeitniederschlägen, und zwei Jahre nach dem „Trockenjahr“ 1991, bis auf einzelne, besonders stark befallene Eichen, nur eine geringe Ersatztriebbildung statt.

Hinzuzufügen ist, daß erstmals 1993 ein deutlicher Rückgang der Feinverzweigung und damit verbunden erstmals seit dem Beginn der Erhebungen im Jahre 1984 ein drastischer Anstieg der Kronenverlichtung beobachtet wurde. So stieg der Anteil deutlich verlichteter Eichen (>25 % Blattverlust) von ca. 5 % im Jahre 1992 auf ca. 40 % im Jahre 1993 an. Auch LANDMANN et al. (1994) beobachteten eine deutliche Zunahme der Kronenverlichtung bei Traubeneichen zwei Jahre nach einer Trockenstreußperiode [5]. Zumindest auf einer Fläche wurde dies nicht durch ein vermehrtes Abwerfen, sondern wahrscheinlich durch einen verminderten Austrieb verursacht. Des weiteren wurden deutlich reduzierte Triebtlängen festgestellt. 1994 und 1995 kann wie 1988, jedoch im Gegensatz zu 1993, kein deutlicher Zusammenhang zwischen der Höhe der Kronenverlichtung im August und der Intensität der Fraßschäden durch Schmetterlingsraupen festgestellt werden. Dies legt die Vermutung nahe, daß der von 1992 auf 1993 beobachtete deutliche Anstieg in der Kronenverlichtung durch das Zusammentreffen von Insektenfraß mit ungünstigen Witterungsverhältnissen entstanden ist.

Des weiteren wurde der Frage nachgegangen, inwieweit wiederholter Fraß zu sichtbaren Veränderungen in der Kronenverlichtung führt. D.h. es wurde geprüft ob der Kronenzustand 1995 durch das Fraßgeschehen der Beobachtungsjahre 1988 bis 1995 bestimmt sein könnte. Zwei unterschiedliche Wege wurden eingeschlagen. In einem ersten Schritt wurde der Kronenzustand im August 1995 in Abhängigkeit des Fraßgeschehens der Beobachtungsjahre 1988 bis 1995 modelliert. Mit einer erklärten Varianz von ca. 12 % zeigte die multiple Regressionsanalyse praktisch keinen Zusammenhang zwischen dem Kronenzustand im August 1995 und den Fraßereignissen der Jahre 1988 bis 1995. In einem zweiten Schritt wurden die Fraßereignisse der acht Jahre in einer künstlich erzeugten Fraßzahl als summarische Größe zusammengefaßt. Zwei Fraßzahlen wurden ermittelt, die sich in ihrer Gewichtung der einzelnen Fraßereignisse unterscheiden. Im zeitlichen Verlauf wurden alle Fraßereignisse gleich gewichtet. Im ersten Fall wurden alle Fraßprozente addiert, also jeder der 5 %-Stufen gleiches Gewicht zugeteilt. Da jedoch zu vermuten ist, daß höhere Fraßschäden für die Bäume wesentlicher sind als geringe Fraßschäden wurde in einem zweiten Schritt eine Wichtung der Fraßschäden vorgenommen, wobei höhere Fraßschäden stärker als geringere Fraßschäden gewichtet wurden. Beispielsweise wurden Schäden von 10 bis 20% einfach, Schäden über 80 % 16-fach bewertet. Anschließend wurden diese neu kreierten „Fraßzahlen“ mit dem Kronenzustand im August 1995 verglichen. Hierbei wurden die Fraßzahlen ordinal interpretiert. Für die Auswertung bedeutet dies die Anwendung von Rangkorrelationen. Eine Abhängigkeit zwischen dem Kronenzustand des Jahres 1995 und den beiden Fraßzahlen war nicht nachzuweisen. Die Korrelationskoeffizienten nach

KENNDALL und SPEARMAN lagen in beiden Fällen zwischen 0,10 und 0,16. Andere Gewichtungen, insbesondere in zeitlicher Hinsicht wurden nicht weiter untersucht¹.

Bisher sind auf den nicht durch Schwammspinner beeinträchtigten Versuchsflächen seit 1984 vier Eichen abgestorben. Zwei dieser Eichen wiesen in den beiden Jahren vor ihrem Absterben hohe, die beiden anderen Bäume dagegen nur geringe Fraßschäden auf.

Auswirkungen nach Schwammspinnerfraß im Bienwald

Auf der durch Schwammspinnerraupen beeinflussten Versuchsfläche stellt sich die Situation (August 1995) wie folgt dar: Nach Lichtfraß im Jahre 1993 sind auf der 0,25 ha großen Versuchsfläche im Folgejahr drei Eichen (davon eine Baumklasse 4 nach KRAFT) abgestorben. 1994 war im August nach Kahlfraß eine Regeneration auf durchschnittlich 30 % der „normalen“ Blattmenge zu beobachten. Die Unterschiede im Regenerationsverhalten zwischen den einzelnen Bäumen waren jedoch erheblich. Wesentlich ist auch, daß alle Blätter dieses Neuaustriebes vom Mehltau (*Microsphaeta alphitoides* Grif. & Maubl.) befallen waren. 1995 sind zunächst 23 von 53 Bäumen nicht mehr ausgetrieben und bis August weitere sechs Eichen abgestorben. Aus Abbildung 4 wird ersichtlich, daß die Eichen, die im August 1994 mehr als 60 % Blattverlust aufwiesen (Regeneration nach Kahlfraß durch Schwammspinner), im Folgejahr nicht mehr austrieben oder nach Austrieb welk wurden. In den Jahren vor dem Auftreten des Schwammspinners war die Kronenverlichtung der 1995 abgestorbenen im Vergleich zu den 1995 noch lebenden Eichen nahezu identisch (z.B. 1991: 17,1 zu 18,9 % durchschnittlicher Blattverlust der im August 1995 lebenden bzw. toten Eichen). Vorschädigungen waren in diesem Fall somit von untergeordneter Bedeutung. Die Eichen sind folglich weitgehend unabhängig von ihrer Vitalität vor diesem Schadereignis abgestorben. Prachtkäfer dürften, im Gegensatz zu anderen Beispielen, nach einer an einzelnen Eichen im Rahmen eines Ortstermins nach der Methode von HARTMANN und BLANK (1992) durchgeführten Symptomanalyse bei diesem schnellen Absterbeprozess nicht als wesentliche Absterbeursache in Betracht kommen [4, 2].

Der weitere Schadensfortschritt wird indessen nach den Erfahrungen von HARTMANN (mündl. Mitteilung) wohl im wesentlichen durch Prachtkäferbefall, der in diesen nun verlichteten Beständen optimale Bedingungen vorfindet (Wärme, vorgeschädigte und somit nicht mehr so widerstandsfähige Eichen), bestimmt werden.

Ursachenhypothese Bienwald

Hohe Winter- und Frühjahrsniederschläge sowie starke Sommergewitter führten auf den zur Vernässung neigenden Böden des Bienwaldes zu einer hohen Wassersättigung. Gleichzeitig war die Transpiration aufgrund Kahlfraß und anschließendem Befall durch Mehltau stark

¹ statistische Beratung: UWE WUNN

eingeschränkt. Dies könnte, verstärkt durch die Zersetzung von großen Mengen Raupenkots und Massen abgestorbener Raupen, zu anaeroben Bedingungen im Boden, mit der Folge eines vermehrten Absterbens von Feinwurzeln geführt haben [2, 6, 11]. Diese Hypothese wird zur Zeit im Rahmen eines umfangreichen „Schwammspinnerfolgeprojektes“ des Landes Rheinland-Pfalz geprüft.

Räumliche Verteilungsmuster der Fraßschäden

In den Beständen stehen stärker und weniger stark befallene Eichen oft unmittelbar nebeneinander (Abb. 2). Als Ursache wird aufgrund der notwendigen Koinzidenz zwischen dem Schlüpfen der Raupen und dem Austrieb der Knospen, das Nebeneinander von früh-, mittel- und spätaustreibenden Eichen vermutet [3]. Die Austriebsansprache auf drei Eichenflächen über drei Jahre hinweg bestätigen diese Zusammenhänge jedoch nicht. Der Grund hierfür liegt vermutlich in der vergleichsweise geringen zeitlichen Differenzierung des Austriebes; so lag der Beginn des Austriebes zwischen den verschiedenen Einzelbäumen auf den einzelnen Versuchsfeldern 1995 maximal eine Woche auseinander.

Daraus folgt, daß das Nebeneinander von Eichen mit geringen und starken Kronenschäden innerhalb eines Bestandes nicht in erster Linie durch die unterschiedliche Belastung der einzelnen Bäume durch Insektenfraßschäden hervorgerufen wird, sondern vermutlich andere Ursachen hat.

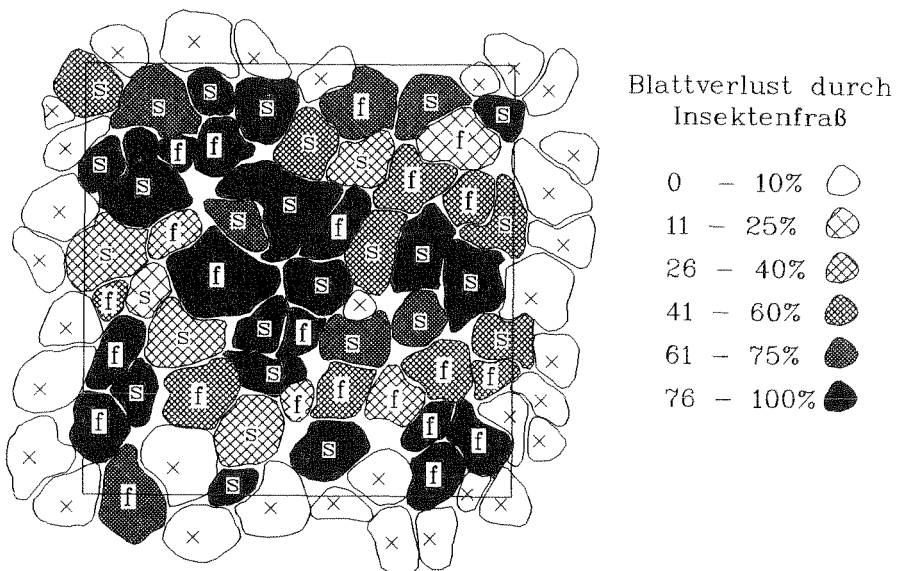


Abb. 2: Intensität und Verteilung von Fraßschäden auf der Beobachtungsfläche 406 im Jahre 1995 sowie Verteilung „früher“ und „später“ austreibender Eichen.

Zusammenfassung

Die heimischen Eichenarten unterliegen erwartungsgemäß jahres- und gebietsweise unterschiedlich starker Belastung durch Insektenfraß. Die Auswirkungen dieses Insektenfraßes auf den Kronenzustand zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung sind ebenfalls von Jahr zu Jahr verschieden. Ursache hierfür ist die unterschiedliche Regeneration der Eichen durch Ersatztriebbildung. Nach den vorliegenden Beobachtungen scheinen die Eichen in Jahren mit günstigen Witterungsbedingungen insektenfraßbedingte Blattverluste deutlich besser zu regenerieren als in Jahren mit ungünstigen Witterungsverhältnissen. Auch mehrjähriger Eichenwickler-/Frostspannerfraß wirkte sich auf den untersuchten Flächen nicht deutlich erkennbar auf den Kronenzustand der Eichen aus.

Auf den durch die Eichenwicklerschadgesellschaft betroffenen Versuchsflächen sind seit 1984 vier Eichen abgestorben. Davon wiesen lediglich zwei Bäume vor dem Absterben hohe Blattverluste durch Insektenfraß auf. Drastische Ausfälle gab es dagegen in einem auf einem staunassen Standort stockenden, durch Schwammspinnerfraß und anschließenden Mehltaubefall beeinträchtigten Versuchsbestand.

Als Voraussetzung für umfangreiche Absterbeerscheinungen können aus diesen Erfahrungen neben Insektenfraßschäden zusätzliche Belastungen, z.B. durch Überstauung in der Vegetationszeit, Vorschädigungen durch Winterfröste, *Agrius*-Befall etc. angesehen werden.

Literatur

- [1] BLOCK, J., (1995): Konzept der Waldökosystem-Dauerbeobachtung in Rheinland-Pfalz; in: Untersuchungen an Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz (Autorenkollektiv). Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz Nr. 32/1995, S. 1-11.
- [2] BLOCK, J.; DELB, H.; HARTMANN, G.; SEEMANN, D.; SCHRÖCK, H.W., (1995): Schwere Folgeschäden nach Kahlfraß durch Schwammspinner (*Lymantria dispar*) im Bienwald (Rheinland-Pfalz). Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald Nr. 23/1995, S.1278-1281.
- [3] FRATZIAN, A., (1973): Zuwachs und Lebensfähigkeit von Eichenbeständen nach Fraß des Schwammspinners, *Lymantria dispar* L. in Rumänien. Anz. Schädlingsskde. Pflanzen-Umweltschutz XLVI, S. 82-83, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- [4] HARTMANN, G.; BLANK, R., (1992): Winterfrost, Kahlfraß und Prachtkäferbefall als Faktoren im Ursachenkomplex des Eichensterbens in Norddeutschland. Forst und Holz 47. Jg. Nr. 15, 443-452.
- [5] LANDMANN, G.; BOUHOT-DEL DUC, L.; GRANIER, A.; LORENZ, M.; NAGELEISEN, L.-M., (1994): Crown condition of oak species in Europe: short-term temporal pattern and tentative diagnosis. In: INRA Conference, Abstracts: "Environmental constraints and oaks: Ecological and physiological aspects" S. 132.

- [6] PRPIC, B. und RAUS, D., (1987): Stieleichensterben in Kroatien im Licht ökologischer und vegetationskundlicher Untersuchungen. Österreichische Forstzeitung Nr. **3/1987**, 55-57.
- [7] SCHRÖCK, H.W., (1994): Kronenzustand auf Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz -Entwicklung und Einflußfaktoren-. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt in Rheinland-Pfalz **28/1994**, 229 S.
- [8] SCHRÖCK, H.W.,(1995): Zusammenwirken natürlicher und anthropogener Streßfaktoren. Allgemeine Forstzeitschrift Nr.**2/1995**, S.91-94
- [9] SCHWENKE, W., (1987): Die Forstschädlinge Europas, Band **3**, 467 S.
- [10] SPÄTH, H.L., (1912): Der Johannistrieb. Verlag Paul Parey, Berlin, 91 S.
- [11] VARGA, F., (1987): Erkrankung und Absterben der Bäume in den Stieleichenbeständen Ungarns. Österreichische Forstzeitung Nr. **3/1987**, 57-58.

Helmut Blaschke und Thomas Jung

Ludwig-Maximilians-Universität München, Lehrstuhl für Forstbotanik, Freising

Symptome und Nachweis eines *Phytophthora*-Befalls an Eichen

Einleitung

In Stiel- und Traubeneichenbeständen Mitteleuropas werden seit Anfang der achtziger Jahre zunehmend Krankheitserscheinungen registriert, die besonders auf wechselfeuchten Standorten innerhalb weniger Monate zum Absterben alter Eichen führten (OOSTERBAAN und NABURS, 1991; JUNG und BLASCHKE, 1995; JUNG et al., 1996). Dieses Phänomen, auch "European Oak Decline" genannt (SCHÜTT, 1993), war bereits in den sechziger und siebziger Jahren in Osteuropa aufgetreten und wird seit Mitte der achtziger Jahre in Eichenbeständen Südeuropas beobachtet (DELATOUR, 1983; RAGAZZI et al., 1989; SIWECKI und LIESE, 1991).

Das Schadbild ist gekennzeichnet durch abgestorbene Äste, Zweigabsprünge, lichte Kronen, kleine z.T. vergilbte Blätter, Borkenrisse und dunkle Schleimflußflecken am Stamm (SCHÜTT und FLEISCHER, 1987; HARTMANN et al., 1989; SCHÜTT, 1993). Häufig findet man bei kranken Stiel- und Traubeneichen im unteren Stammbereich sowie am Wurzelanlauf mehr oder weniger hervortretende Wundleisten (BUTIN und VOLGER, 1982; NECHWATAL, 1995), deren Entstehung ursprünglich auf Frostwirkung zurückgeführt worden ist (HARTMANN und BLANK, 1992).

Obwohl die gut dokumentierten Symptome im Kronenbereich erkrankter Eichen auf Störungen im Nährstoff- und Wasserhaushalt hinweisen, gibt es nur wenige Untersuchungen über den Gesundheitszustand der Wurzelsysteme kranker Eichen und deren Mykorrhizierung. In Bayern, Hessen und Niedersachsen wurden u.a. nach der Sturmkatastrophe 1990 Untersuchungen an freiliegenden Wurzelstöcken durchgeführt, die für die Eiche zeigen, daß ca. 50% der verzweigten und mehr als 80 % der unverzweigten Schwachwurzeln größere Schäden in Form von Wurzelfäulen aufweisen (EICHHORN, 1992; NÄVEKE und MEYER, 1990; SALOMON, 1995). Es wurde auch festgestellt, daß bei erkrankten Stiel- und Traubeneichen eine verminderte Feinwurzelbiomasse vorhanden ist (GALOUX und DUTRECQ, 1990), deren Rückgang bereits mehrere Jahre vor den oberirdisch erkennbaren Schäden begonnen haben muß (VINCENT, 1991).

Nach neueren Untersuchungen entstehen in Folge der fortschreitenden Zerstörung der Feinwurzeln zahlreiche Rindennekrosen an Schwach- und Grobwurzeln (BLASCHKE, 1994a). Sowohl an alten als auch an jungen gepflanzten Eichen sowie in Naturverjüngungen traten derartige Wurzelschäden auf. Sie haben eine große Ähnlichkeit mit den Schäden, die an den mediterranen Eichenarten *Q. ilex*, *Q. pubescens* und *Q. suber* durch Pilze der Gattung *Phytophthora* hervorgerufen werden (BRASIER, 1993; BLASCHKE et al., 1995). Vergleichbare, auf *Phytophthora*-Infektionen zurückzuführende Erkrankungen bei *Eucalypt-*

tus marginata in Australien (SHEARER und TIPPETT, 1989) und bei *Castanea* spp. in der Schweiz und den USA sind gut dokumentiert (CRANDALL et al., 1945; REICHARD und BOLAY, 1986). Andere Untersuchungen zeigen, daß in Frankreich, England und Deutschland *Phytophthora*-Erkrankungen bei Forstgehölzen weiter verbreitet sind, als bisher angenommen, nicht nur in Baumschulen sondern auch in Feldfluren und Waldbeständen (MOREAU und MOREAU, 1952; BRASIER und STROUTS, 1976; KÜHNE, 1979; HARTMANN, 1995; JUNG und BLASCHKE, 1995; 1996).

Das besorgniserregend hohe Schadensniveau bei der Eiche in den zurückliegenden Jahren (ANONYMUS, 1993; Bayer.StMin.ELF, 1995) und die Berichte aus den europäischen Nachbarländern (SIWECKI und LIESE, 1991) waren Anlaß für die Initiierung eines Forschungsvorhabens, das sich seit 1993 mit dieser Problematik befaßt und den Ursachen für das Ausmaß des derzeitigen Eichensterbens nachgeht. Im Mittelpunkt stehen dabei der Symptomvergleich, das Vorkommen und die Isolierung der Wurzelfäuleerreger, deren Pathogenität und die Bedingungen für das Auftreten der *Phytophthora*-Infektion.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden schwerpunktmäßig in einem ca. 150jährigen Eichen-Buchen Bestand ("Plantage", FoA Freising) und an weiteren 15 Standorten in Bayern durchgeführt (JUNG et al., 1996). Hier wurden nicht nur Boden- und Wurzelproben entnommen, sondern auch die Wurzelsysteme gesunder und kranker Stieleichen nach dem Umziehen der Bäume mittels Seilzug freigelegt und horizontweise hinsichtlich der Wurzelverteilung und der Schäden am Fein- und Grobwurzelsystem bis in Bodentiefen von 120-145 cm untersucht.

Darüberhinaus wurden geschädigte Eichenbestände in Schleswig-Holstein ("Lauerholz"/ Lübeck) und Rheinland-Pfalz ("Bienwald"/ Landau) beprobt. Ferner wurden zur geographischen Erweiterung der Befunde auch Boden- und Wurzelproben aus erkrankten Eichenbeständen in Ungarn (im Raum Eger und Heviz), Italien ("Colognole" /Livorno, "Cornuda"/Treviso, "Lucarelli"/Radda in Chianti), Slowenien ("Tivolipark"/Ljubljana) und der Schweiz ("Aegerten"/Zürich) miteinbezogen.

Für die mykologischen und anatomisch-histologischen Untersuchungen wurden Bodenproben unmittelbar aus dem Wurzelstockbereich jeweils zwischen den Wurzelanläufen bzw. Fein- und Grobwurzeln aus 5-140 cm Bodentiefe verwendet. Von den Wurzelproben wurden Schnittpräparate angefertigt, die dann licht- und rasterelektronenmikroskopisch untersucht wurden, um histopathologische Veränderungen feststellen zu können (BLASCHKE, 1994a, b).

Mittels verschiedener Köder (Äpfel, Birnen, junge Eichenblätter) wurden die Pilze der Gattungen *Phytophthora* und *Pythium* aus den Bodenproben und aus dem Bachwasser isoliert und in Kultur gebracht. Zur Isolation von *Phytophthora* spp. aus erkranktem Gewebe

wurde ein Selektivmedium verwendet. Eine detaillierte Beschreibung dieser speziellen Methoden und der verwendeten selektiven Kulturmedien findet sich bei JUNG et al. (1996).

Die so gewonnenen *Phytophthora*- und *Pythium*-Isolate wurden anhand morphologischer Merkmale der Pilzkulturen und charakteristischer Verbreitungseinheiten (Zoosporangien, Chlamydosporen, Oosporen) identifiziert (WATERHOUSE, 1970; KRÖBER, 1985; STAMPS et al., 1990).

Neun *Phytophthora*-Isolate sind als Neuzugang in der Kollektion des Centraalbureau voor Schimmelcultures unter den Nummern CBS 781.95- 789.95 in Baarn hinterlegt.

Ein Infektionsversuch mit Eichensämlingen (Bodenbeimpfung) und ein Stamminokulations-test mit 4jährigen Eichen (JUNG et al., 1996) diente zum Nachweis der Pathogenität der isolierten *Phytophthora*-Arten. Darüberhinaus wurde mit Eichensämlingen ein Toxizitätstest mit sterilen Kulturfiltraten verschiedener *Phytophthora*-Arten durchgeführt (JUNG et al., 1996).

Ergebnisse

Symptome an Fein- und Grobwurzeln

Das Ausmaß der Schäden an den Wurzeln kranker Eichen offenbarte sich nach der Freilegung der Wurzelstöcke und im Verlauf der anatomisch-histologischen Untersuchungen. Die Analyse der Feinwurzelsysteme unter dem Stereomikroskop ergab einen hohen Anteil nekrotischer Fein- und Feinstwurzeln. Die fehlende Mykorrhizierung der Feinwurzeln war ein weiteres Indiz für das Ausmaß des Schadens. Am auffälligsten war im Vergleich zu den Wurzeln der gesund eingestuften Eichen die geringe Zahl der Wurzelverzweigungen an den Grobwurzeln der kranken Bäume (Tab. 1).

Tab. 1: Verteilung der Fein- und Schwachwurzeln an Grob- und Derbwurzeln bei gesunden (+) und erkrankten (-) Eichen. Nach SALOMON (1995).

Wurzelklasse	Feinwurzeln ¹⁾	Schwachwurzeln ¹⁾
an Grobwurzeln (Ø 7 mm)	31,1(+) 3,8(-)	3,8(+) 4,0(-)
an Derbwurzeln (Ø 27 mm)	85,1(+) 2,6(-)	23,5(+) 2,1(-)

1) Anzahl pro 100 cm Trägerwurzelsegment

An den Fein- und Grobwurzeln wurden zahlreiche krankhafte Veränderungen in Form krebsartiger Läsionen festgestellt. Rindennekrosen mit seitlicher Überwallung traten überwiegend an der Unterseite der weitreichenden Horizontalwurzeln im Oberboden (in 5-20 cm Bodentiefe) und vereinzelt an Herzwurzeln in Bodentiefen bis zu 120 cm auf.

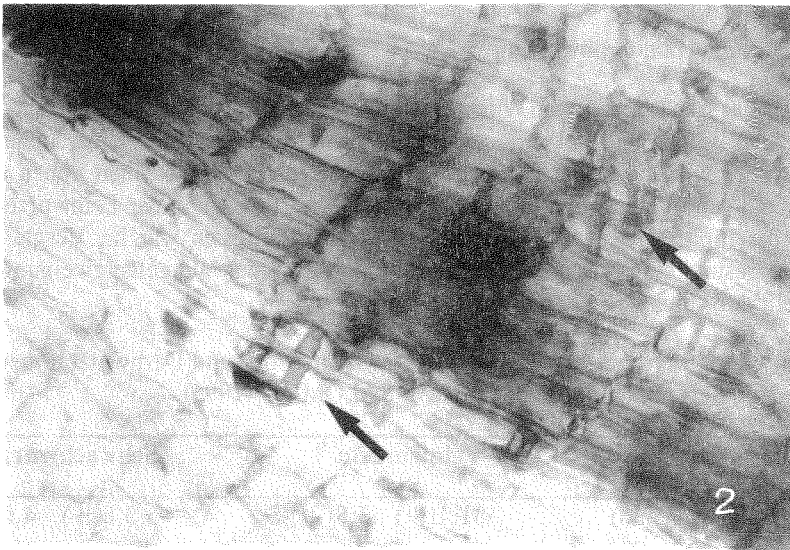
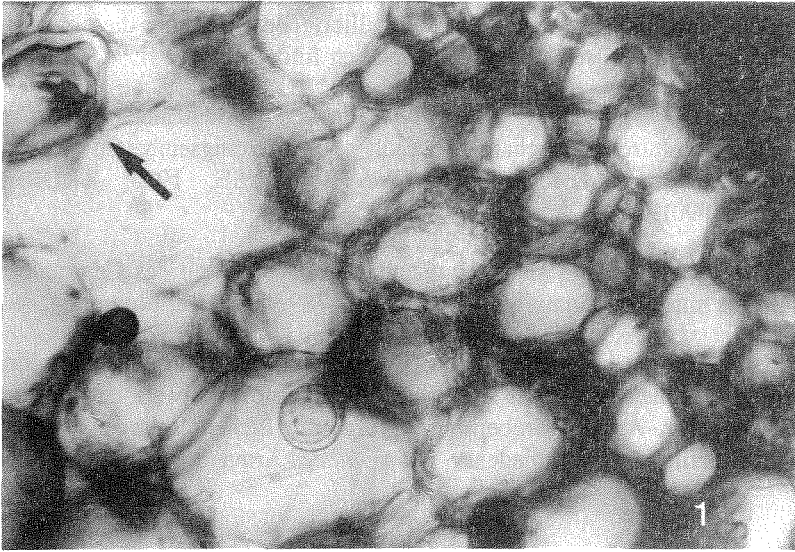


Abb. 1: Rindenparenchym einer Feinwurzel mit Oospore ($\text{\O} 20 \mu\text{m}$) und Lignituber (Pfeil).

Abb. 2: Querschnitt durch eine befallene Wurzel mit Papillen und Lignituber im Bereich von Phellem und Phellogen. Vergrößerung wie in Abb.1.

Im Ober- und Unterboden waren an den Schwachwurzeln dunkelbraun bis schwarz verfärbte Rindenbereiche und zahlreiche ovale bis streifenförmige Nekrosen vorhanden, deren Entstehung auf das Absterben der Fein- und Feinstwurzeln bis hin zum Ansatzpunkt an der Mutterwurzel und den anschließenden Befall des Rindengewebes und des benachbarten Xylems durch *Phytophthora* zurückging (Abb. 1). Die fehlende Regeneration in weiten Teilen des Feinwurzelsystems war ferner darauf zurückzuführen, daß im Verlauf der Entstehung von Seitenwurzeln auch die Wurzelprimordien infiziert wurden. Mit dem Vordringen der Hyphen in das noch lebende Wurzelgewebe waren Abwehrreaktionen in Form von Zellwandauflagerungen verbunden. Besonders typisch waren die zahlreich vorhandenen Lignituber, die als Abwehrreaktion der Wirtszelle bei der Überwindung des Periderms eine entscheidende Rolle spielen (Abb. 2). Weitere Besonderheiten, die im Zusammenhang mit den pathologischen Vorgängen im Wurzelbereich wichtig sind, wie z.B. die Verthyllung der Gefäße und deren Auswirkungen auf den Gesundheitszustand der Eichen, sind an anderer Stelle eingehend beschrieben (BLASCHKE, 1994 a, b).

Nachweis und Pathogenität der *Phytophthora*-Arten

Im Rahmen der mykologischen Untersuchungen konnten insgesamt 8 Arten der Gattung *Phytophthora* sowie zahlreiche *Pythium*-Arten (darunter *Pythium* Gruppe P und *Pythium anandrum*) aus Wurzelgewebe, Streifenkrebsen am Stammanlauf, Bodenproben mit nekrotischen Feinwurzeln sowie aus Oberflächenwasser der erkrankten Eichenbestände isoliert werden (Tab. 2).

Die *Phytophthora*-Art mit der weitesten Verbreitung (16 Standorte in Bayern, Oberitalien, der Schweiz und Ungarn) war *P. citricola*. Sie wurde anhand folgender Merkmale identifiziert: Bildung von Sporangien mit 1-2 Papillen in wässrigem Bodenextrakt (Abb. 3), Größe und Form der Sporangien sehr unterschiedlich, häufiges Auftreten von Hyphenschwellungen an den Sporangiphoren, plerotische Oogonien mit paragynen Antheridien, fehlende Chlamydosporen.

P. cactorum wurde an 4 Orten (in Bayern und Italien) aus Bodenproben mit erkrankten Feinwurzeln isoliert. Die Isolate bildeten auf Agar und in wässrigem Bodenextrakt breit-ovoide bis runde Sporangien mit einer deutlich hervortretenden Papille (Abb. 4). Sie waren hinsichtlich ihrer Form und Größe einheitlicher als bei *P. citricola*. Die paragynen Antheridien waren überwiegend nahe dem Ansatzpunkt des Oogoniums inseriert.

P. gonapodyides wurde an 3 Standorten in Boden, Feinwurzeln und Wundleisten am Stammfuß gefunden. Charakteristisch für diese Art sind die Hyphenschwellungen, die irreguläre Verzweigung, das petaloide Wachstumsmuster der silbrig erscheinenden Kolonie und die nicht papillaten Sporangien mit nestartiger Proliferation. In Dualkultur mit Isolaten von *P. cambivora* (Typ A2, Abb. 5) bildeten letztere die typischen "bullaten" Oogonien.

Tab. 2: Vorkommen von *Phytophthora* und *Pythium* in erkrankten Eichenbeständen

<i>Phytophthora</i> sp./ <i>Pythium</i> sp.	<i>Quercus</i> sp.	Probenorte	Probenart ¹⁾	Isolations- methode ²⁾
<i>P. cactorum</i>	<i>Q. robur</i>	3	Bo	A
<i>P. cambivora</i>	<i>Q. robur</i>	1	Bo, Wu, St*	E, S
<i>P. citricola</i>	<i>Q. robur</i>	15	Bo, Wu	A, E, S
<i>P. citricola</i>	<i>Q. petraea</i>	1	Bo	B, E
<i>P. citricola</i>	<i>Q. cerris</i>	2	Bo	E
<i>P. citricola</i>	<i>Q. rubra</i>	1	Bo	E
<i>P. gonapodyides</i>	<i>Q. robur</i>	3	Bo, Wu, St	A, E, S
<i>P. undulata</i>	<i>Q. robur</i>	1	Bo	B, E
<i>Phytophthora</i> sp 1 ³⁾	<i>Q. robur</i>	5	Bo, Wu	A, E, S
<i>Phytophthora</i> sp 1	<i>Q. petraea</i>	1	Bo	E
<i>Phytophthora</i> sp 1	<i>Q. cerris</i>	1	Bo	E
<i>Phytophthora</i> sp 1	<i>Q. pubescens</i>	2	Bo	E
<i>Phytophthora</i> sp 1	<i>Q. ilex</i>	2	Bo	E
<i>Phytophthora</i> sp 2 ⁴⁾	<i>Q. robur</i>	1	Bo	E
<i>Phytophthora</i> sp 3 ⁵⁾	<i>Q. robur</i>	1	Bo	E
<i>Pythium anandrum</i>	<i>Q. robur</i>	3	Bo	A, E
<i>Pythium anandrum</i>	<i>Q. petraea</i>	1	Bo	A
<i>Pythium</i> Gruppe P	<i>Q. robur</i>	2	Bo, Wu	A, E, S
<i>Pythium</i> spp.	<i>Quercus</i> spp.	25	Bo, Wu	A, B, E, S

1) Bo=Bodenproben, Wu=Wurzel, St=Stammfuß, *von *Fagus sylvatica* mit "ink disease"

2) A=Apfel, B=Birne, E=junge Eichenblätter, S=direktes Auslegen auf Selektivagar

3) Affinität zur *P. cactorum*-Gruppe

4) Affinität zur *P. hibernalis*-Gruppe

5) Affinität zu *P. drechsleri*

P. spec. 3 konnte nur in Schleswig-Holstein aus Boden mit kranken Feinwurzeln isoliert werden. Die Isolate haben eine Affinität zu *P. drechsleri* (Oogonium mit zulaufender Basis, untypisch sind die paragynen Antheridien) und bilden im wässrigen Bodenextrakt nestartig proliferierende, nicht-papillate Sporangien.

P. undulata wurde aus durchwurzelteten Bodenproben des Bestandes „Plantage“ bis zu 150 cm Tiefe isoliert. Diese Art konnte relativ leicht identifiziert werden anhand der bis zu 150 µm großen papillaten, intern proliferierenden Sporangien und der großen (Ø bis 70 µm), dickwandigen, gelblich gefärbten Chlamydosporen.

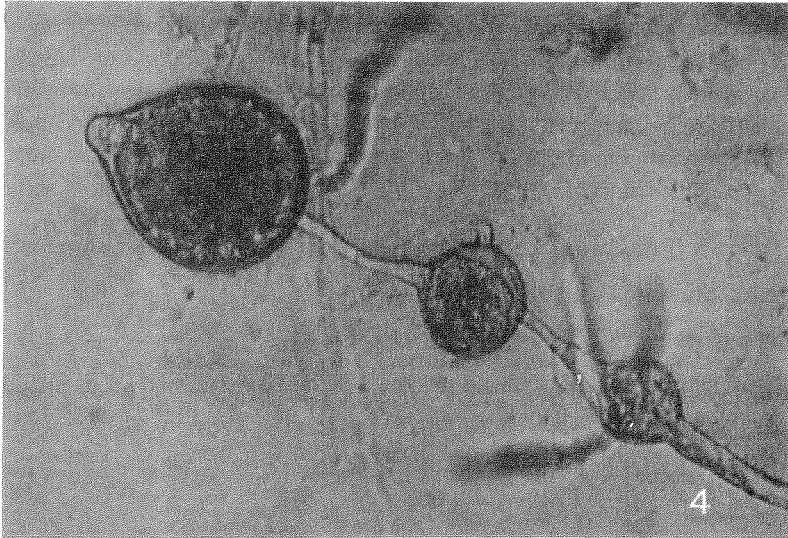
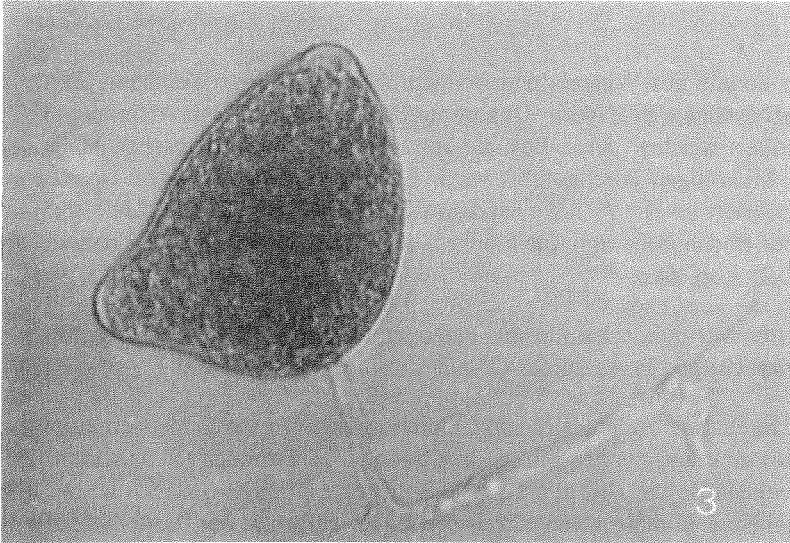


Abb. 3: Typisches Sporangium (Länge 42 μm) von *Phytophthora citricola* mit 2 Papillen.

Abb. 4: Sporangiofore mit Hyphenschwellungen und stark papillatem Sporangium ($\text{\O} 27 \mu\text{m}$) aus der Gruppe I: *Phytophthora cactorum*.

Außerdem konnte aus Wurzel- und Bodenproben von Stiel-, Trauben-, Zerr-, Flaum- und Steineichenbeständen in Bayern, Ungarn und Italien eine Art mit Affinität zur *P. cactorum*-Gruppe isoliert werden, deren Bestimmung mit molekularbiologischen Methoden z.Zt. von britischen Mykologen durchgeführt wird. Es könnte sich bei diesen Isolaten eventuell um die neubeschriebene Art *P. idaei* handeln (KENNEDY und DUNCAN, 1995). Ferner wurde aus einer Bodenprobe um eine kranke Stieleiche eine *P. hibernalis* nahestehende Art isoliert (Tab. 2; Abb. 6).

Mit Infektionsversuchen konnte die Pathogenität der isolierten *Phytophthora*-Arten sowie von *Pythium* Gruppe P gegenüber *Q. robur* nachgewiesen werden.

In einem im Labor und in Klimakammern durchgeführten Bodenbeimpfungsversuch, der nach 8 Monaten ausgewertet wurde, verursachten *P. citricola*, *P. cactorum*, *P. gonapodyides*, *P. undulata* sowie *Pythium* Gruppe P distinkte primäre Schäden an den Eichensämlingen. Es kam zur Bildung von Wurzelstörpunkten aufgrund des Absterbens der Langwurzelspitzen und es entwickelten sich Nekrosen im Rindengewebe der Fein- und Grobwurzeln sowie am Wurzelhals.

In Längs- und Querschnitten durch die befallenen Wurzelgewebe waren typische Abwehrreaktionen zu beobachten. Neben der Phenolisierung der Zellen und der Wundperidermbildung waren Papillen und Lignituber vorhanden. An den intrazellulären unregelmäßig koralloiden Hyphen der Wurzelpathogene entwickelten sich mitunter Chlamydosporen und Oosporen. Alle getesteten *Phytophthora*-Arten und *Pythium* Gruppe P konnten nach 8 Monaten sowohl aus den nekrotischen Geweben als auch aus den beimpften Böden reisoliert werden.

An den infizierten Eichensämlingen traten zudem oberirdisch Symptome auf:

- vorzeitige interkostale Blattvergilbung
- Vertrocknen einzelner Blätter an Johannistrieben
- Verzweigungsstörungen infolge des Austriebs basaler Knospen nach dem Sitzenbleiben der Terminalknospe.

Bei den nicht infizierten Kontrollpflanzen waren derartige Symptome nicht zu beobachten.

Alle im Stamminokulationstest verwendeten *Phytophthora*-Arten sowie *Pythium* Gruppe P lösten an 4jährigen Stieleichen länglich-ovale bis spindelförmige Nekrosen im Bast- und Rindengewebe aus, das dadurch schwarz verfärbt war. Teilweise waren diese Nekrosen nach 3 Monaten stammumfassend. Einzelne Eichen reagierten auf die Inokulation mit dem Austrieb von Proventivknospen unterhalb der Inokulationsstelle.

Die Kontrollpflanzen, deren Inokulationsstellen bereits nach 3 Monaten vollständig überwältigt waren, blieben gesund.

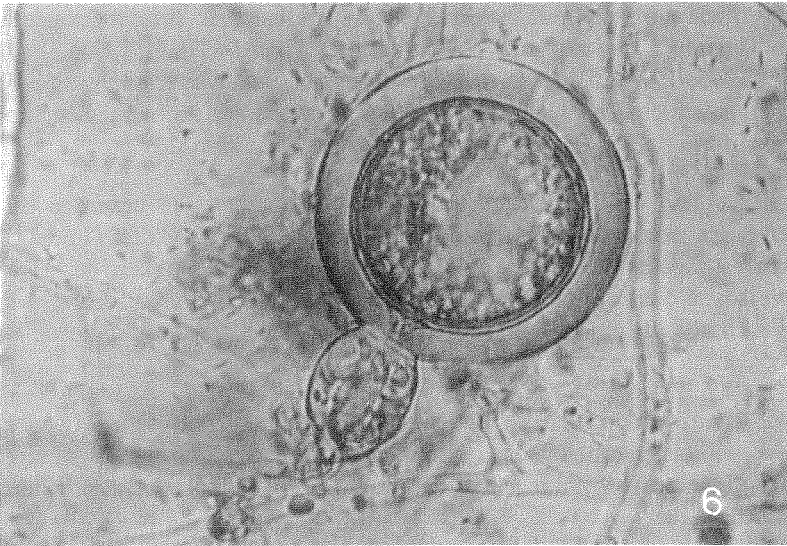


Abb. 5: Sporangien (Länge um $50 \mu\text{m}$) von *Phytophthora cambivora*. Interne Proliferation (li), Entlassung der Zoosporen (mi), reifes Sporangium (re).

Abb. 6: Oogonium ($\text{Ø } 20 \mu\text{m}$) mit dickwandiger Oospore und amphigynem Antheridium (Isolat aus der Gruppe IV).

In den Versuchsreihen mit Eichensämlingen, die zum Nachweis der Toxizität der Erreger herangezogen wurden, konnte mittels steriler Kulturfiltrate einiger Isolate von *P. cactorum*, *P. citricola*, *P. gonapodyides*, *P. undulata* und *Pythium* Gruppe P eine Blattwelke induziert werden (JUNG et al., 1996). Bei allen Isolaten von *P. gonapodyides* traten bereits nach 24h interkostale Nekrosen und eine Bronzierung der Blattadern auf, die nach 72 h zum Vertrocknen der Blätter führten. Der untere Teil der abgeschitteten Stämmchen verfärbte sich bei allen Sämlingen braun, was auf das Absterben des Kambiums zurückzuführen war. Auch bei einigen Isolaten von *P. citricola* begann die Welke mit Interkostalneurosen.

Diskussion

Die Pilzstrukturen in den befallenen Wurzeln und die Ergebnisse der Isolierungsversuche bestätigen die anfangs gemachten Beobachtungen in Mittel- und Südeuropa (DONAU-BAUER, 1995), daß *Phytophthora*- und *Pythium*-Arten als Hauptverursacher für die fortschreitende Zerstörung des Feinwurzelsystems in erkrankten Eichenbeständen einzustufen sind.

Wie der Versuch mit beimpften Böden zeigt, können diese Pilze nicht nur die Rinde der Grobwurzeln infizieren und Rindennekrosen am Wurzelhals hervorrufen, sondern auch die Bildung von Thyllen in den großen Gefäßen auslösen (BLASCHKE, 1994a, b; JUNG und BLASCHKE, 1995, 1996). Dadurch wird die Aufnahme und Weiterleitung von Wasser und Nährstoffen erheblich eingeschränkt, was im Laufe der Zeit dazu führt, daß sich oberirdisch Symptome manifestieren.

Die ersten Ergebnisse der Welketests deuten darauf hin, daß die bekannte Bildung von Phytotoxinen durch *Phytophthora*-Arten (WOOD et al., 1972; MEZZETTI et al., 1994) bei der Symptomausprägung vermutlich eine Rolle spielen. Die Fähigkeit der *Phytophthora*- und *Pythium*-Isolate ausgedehnte Nekrosen nach Stamminokulation auszulösen, spricht dafür, daß sie ebenfalls verantwortlich sind für die Entstehung der Streifenkrebse am Stammfuß der europäischen Eichenarten.

Phytophthora-Arten wurden auch aus Bodenproben isoliert, die aus dem Wurzelbereich von oberirdisch gesund eingestuften Eichen stammten, an deren Wurzeln weit weniger nekrotische Läsionen und eine Vielzahl lebender Feinwurzeln und Mykorrhizen vorhanden waren.

Es dürfte demnach für die Symptomausprägung in der Krone entscheidend sein in welchem Ausmaß die Feinwurzelfäule fortschreitet. So kann nach TSAO (1990) ein Baum z.B. einen Feinwurzelverlust von 50 % tolerieren, ohne daß sich oberirdisch Symptome entwickeln, sofern er in der Lage ist mit den verbleibenden funktionsfähigen Wurzeln und der Mykorrhiza noch ausreichend Wasser und Nährstoffe aufzunehmen. Darüber hinaus zeigen Beobachtungen bei anderen Baumarten, daß ein *Phytophthora*-Befall der Wurzeln i.d.R. erst dann diagnostiziert wird, wenn der Baum viele Jahre nach der Primärinfektion mit Verände-

rungen in der Krone und am Stamm reagiert, oder wenn Schäden durch Sekundärparasiten auftreten (BLASCHKE 1982, 1994b; TSAO, 1990; HARTMANN und BLANK, 1992).

Die meisten der von uns isolierten *Phytophthora*-Arten sind weltweit verbreitet und treten als Primärparasiten an zahlreichen holzigen Wirtspflanzen auf. *P. citricola* ist am Absterben der australischen "Jarrah"-Wälder (*Eucalyptus marginata*) beteiligt (SHEARER und TIPPETT, 1989), ruft in Kalifornien zusammen mit *P. cactorum* eine Wurzelfäule bei *Q. suber* und *Q. agrifolia* hervor (MIRCETICH et al., 1977), verursacht Rindenkrebs am Stamm und an Ästen von *Aesculus hippocastanum* (BRASIER und STROUTS 1976, WERRES et al., 1995; JUNG und BLASCHKE, 1996) und trat in der Hallertau als Erreger einer Wurzelfäule an Hopfen (*Humulus lupulus*) auf (PICHLMAIER und ZINKERNAGEL, 1992).

P. cambivora bekannt als Erreger der "ink-disease" an Edelkastanien in den USA und Europa (DAY, 1938; CRANDALL et al., 1945; GRENTE, 1961; REICHARD und BOLAY, 1986), verursacht Rindenkrebs am Stamm von *Acer platanoides* (WATERHOUSE und WATERSTON, 1966) sowie Wurzelfäule bei *Fagus sylvatica* und *Aesculus hippocastanum* in Europa (DAY, 1938; JUNG und BLASCHKE, 1995, 1996) und wurde jüngst in Deutschland als Erreger einer Wurzel- bzw. Wurzelhalsfäule identifiziert (HARTMANN, 1995). Darüber hinaus gibt es mehrere Berichte aus Europa und Nordamerika über das Vorkommen der drei oben genannten *Phytophthora*-Arten an Koniferensämlingen, Christbaumkulturen, Obstbäumen und in Himbeerkulturen (HAMM und HANSEN, 1982; CHASTAGNER et al., 1995; DUNCAN und KENNEDY, 1989; MIRCETICH und MATHERON, 1976; MATHERON und MIRCETICH, 1985; WILCOX, 1989).

Demgegenüber ist über die Pathogenität von *P. undulata* (DICK, 1989) und *P. gonapodyides* relativ wenig bekannt. *P. undulata* ist an einer Wurzelfäuleerkrankung der Keimlinge von *Picea abies* und *Pinus sylvestris* beteiligt (LILJA, 1994) und wurde aus Gewässern in absterbenden Beständen von *Chamaecyparis nootkatensis* im Süden Alaskas isoliert (HAMM et al., 1988).

In Bayern konnte *P. undulata* aus dem Boden im Wurzelstockbereich kranker windgeworfener Buchen (*Fagus sylvatica*) isoliert werden (JUNG und BLASCHKE, 1995, 1996).

P. gonapodyides wurde aus Wurzeln kranker Korceichen (BRASIER et al., 1993a, c) und in den oben genannten *Chamaecyparis*-Beständen (HANSEN et al., 1988; HENNON et al. 1990; HENNON und SHAW, 1994) isoliert und ist auch an Koniferen und in Laubholz-wurzeln nachgewiesen worden (BRASIER et al., 1993b). Im Rahmen von Inokulationsversuchen führte *P. gonapodyides* am Stamm junger Buchen zur Bildung von dunklen Nekrosen und eingesunkenen Rindenläsionen. Diese Art von Nekrose ist vergleichbar mit der an Eichensämlingen auftretenden Wurzelhalsnekrose (JUNG et al., 1996). Nach BRASIER et al. (1993b) befällt *P. gonapodyides* häufig die Feinstwurzeln und befindet sich normalerweise im Gleichgewicht mit einem nicht gestreßten Wurzelsystem, manchmal aber trägt dieser Befall zum schnellen Absterben bei, wenn der auf der Wirtspflanze lastende Streß andauert, insbesondere nach Überflutung oder bei länger anhaltender Bodennässe.

Es stellt sich die Frage, welche Umweltveränderungen in Europa im letzten Jahrzehnt zu einem nicht ausbalancierten Wirt-Pathogen Verhältnis zwischen den Eichen und den natürlich vorkommenden bodenbürtigen *Phytophthora*- und *Pythium*-Arten geführt und das massive Absterben der Bäume begünstigt haben. Diskutiert wird die nachstehende Hypothese:

- Der übermäßige Stickstoffeintrag in die Waldböden hat zu dem beobachteten Rückgang der Mykorrhiza beigetragen und zu Veränderungen im Mykorrhizaartenspektrum geführt (HESTERBERG und JURGENSEN, 1972; NIHLGÅRD, 1985; THOMAS und KIEHNE, 1995; ZARE-MAIVAN, 1983; BLASCHKE, 1994a). Damit entfällt ein wirksamer mechanischer und biochemischer Schutz der Feinwurzeln gegenüber der *Phytophthora*-Infektion (ZAK, 1964).

- Die Häufung von mild-humiden Perioden in den Wintermonaten im letzten Jahrzehnt, abzulesen am Anstieg der mittleren Wintertemperatur um 0,03K pro Jahr und an der jahreszeitlichen Verschiebung der Niederschläge vom Sommer in den Winter (RAPP und SCHÖNWIESE, 1995) dürfte die Infektion der nichtmykorrhizierten Wurzeln durch Zoosporen im Winterhalbjahr begünstigt und über Jahre hinweg zum Anwachsen der *Phytophthora*-Population und zur fortschreitenden Zerstörung des Wurzelsystems geführt haben.

Diese Hypothese stützt sich u.a. auf die Tatsache, daß die isolierten *Phytophthora*-Arten fähig waren in wässrigem Bodenextrakt bei Temperaturen zwischen 2-8 °C Sporangien zu bilden und Zoosporen zu entlassen, die nach Enzystierung auch wieder auskeimten. Hinzu kommt, daß in trockenen Sommern infolge eingeschränkter Regeneration des Feinwurzelsystems nicht ausreichend funktionsfähige Mykorrhizen vorhanden sind und deshalb die Symptome in der Krone sichtbar werden.

BRASIER und SCOTT (1994) vermuten zudem, daß ein weiterer Anstieg der Wintertemperaturen infolge der globalen Erwärmung eine Ausbreitung der von *P. cinnamomi* hervorgerufenen Wurzelfäule an Eichen von der Iberischen Halbinsel nach Zentraleuropa begünstigen wird.

Außerdem erscheint es möglich, daß die Zunahme der Atrazinkonzentrationen in Waldböden (DANKWARDT et al., 1994), im Krankheitskomplex eine Rolle spielt, da Triazin-Herbizide die Sporulation von *Phytophthora*-Arten begünstigen und die Anfälligkeit der Baumsämlinge für Wurzelfäuleerreger erhöhen (BEIGL, 1978; KASSABY und HEPWORTH, 1987; MARKS und CERRA, 1991).

Letztlich kann auch eine Bodenverdichtung infolge Maschineneinsatz zu Staunässe führen und somit günstige Bedingungen für die Ausbreitung der *Phytophthora*-Infektion schaffen (MOOTS et al., 1988).

Die zukünftige Forschung muß sich deshalb nicht nur auf das Freiland konzentrieren, sondern auch in kontrollierten Versuchen in Klimakammern und Glashäusern der Frage nach dem prädisponierenden Einfluß klimatischer Faktoren und der Wirkung überhöhter Stick-

stoff- und Pestizideinträge in Waldböden auf die Ätiologie und den Verlauf der Wurzelfäulekrankung bei Waldbäumen nachgehen.

Zusammenfassung

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens über den Gesundheitszustand des Wurzelsystems von Stiel- und Traubeneichen wurden histologische und mykologische Untersuchungen an Grob- und Feinwurzeln und an Wundleisten am Stammanlauf durchgeführt. Wurzeln, Rindengewebe, Böden mit nekrotischem Feinwurzelmaterial und Wasser aus Bachläufen wurde mittels Ködermethoden und selektiver Agarmedien auf das Vorkommen bodenbürtiger *Phytophthora*- und *Pythium*-Arten untersucht. An insgesamt 27 Standorten in Bayern, Rheinland-Pfalz, Schleswig-Holstein, Ungarn, Italien, Slowenien und der Schweiz konnten *P. cactorum*, *P. cambivora*, *P. citricola*, *P. gonapodyides*, *P. megasperma*, *P. undulata* sowie 3 weitere Arten mit Affinität zu *P. drechsleri* und zur *P. cactorum*- bzw. *P. hibernalis*-Gruppe isoliert werden. Daneben wurden *Pythium* Gruppe P, *Pythium anandrum* und zahlreiche nicht näher identifizierte *Pythium*-Arten isoliert. Die meisten Isolate verursachten in künstlich beimpften Böden das Absterben von Langwurzeln und riefen Nekrosen im Wurzelrindengewebe und am Wurzelhals hervor. Die getesteten *Phytophthora*-Arten sowie *Pythium* Gruppe P führten bei Stieleichen nach Stamminokulation ebenfalls zu Rindennekrosen. *In vitro* konnte für *P. gonapodyides* und einige Isolate von *P. citricola*, *P. cactorum* und *Pythium* Gruppe P die Bildung eines Welketoxins nachgewiesen werden. Das in kranken Eichenbeständen beobachtete Ausmaß der Wurzelschäden wird auf den Anstieg der Pathogenpopulation als Folge von übermäßigem Stickstoffeintrag, der Anhäufung milder Winter und der Verlagerung der Jahresniederschläge ins Winterhalbjahr zurückgeführt.

Danksagung

Die Untersuchungen wurden in dankenswerter Weise von der ALLIANZ-Stiftung zum Schutz der Umwelt in München finanziell unterstützt. Ein Teil der Arbeiten wurde aus Mitteln der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) gefördert (Projekt F42) und im Rahmen von TEMPUS M-JEP 04667-94 und einer Kooperation zwischen der DFG, Bonn (418 ITA 111/1/95) und CNR, Rom durchgeführt. Den Kollegen Dr. Imre BERKI, Dr. Simon EGLI, Dr. Lutz FÄHSER, Dr. Elena PAOLETTI und FR Hans-Werner SCHRÖCK danken wir für die Gewinnung und Zusendung der Wurzel- und Bodenproben. Ebenso danken wir den zuständigen Forstämtern für ihre Unterstützung bei der Probenahme.

Literatur

- ANONYMUS (1993): Zustand und Gefährdung der Laubwälder. Rundgespräch am 28. und 29. Oktober 1991. München: Bayerische Akademie der Wissenschaften. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 5, 175 S.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1995): Waldzustandsbericht 1995. Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, (LWF), 50 S.
- BEIGL, H.J. (1978): Veränderungen der Krankheitsdisposition von Forstpflanzen durch Herbizide. III. Versuche mit Erregern der Umfallkrankheit. Eur. J. For. Path. **8**: 240-258.
- BLASCHKE, H. (1982): Schadbild und Ätiologie des Tannensterbens. III Vorkommen einer *Phytophthora*-Fäule an Feinwurzeln der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) Eur. J. For. Path. **12**: 232-238.
- BLASCHKE, H. (1994a): Decline symptoms on roots of *Quercus robur*. Eur. J. For. Path. **24**: 386-398.
- BLASCHKE, H. (1994b): Veränderungen durch Pilzbefall an Wurzeln geschädigter Stieleichen. AFZ **14**: 775-777.
- BLASCHKE, H., T. JUNG; E. PAOLETTI & F. BUSSOTTI (1995): First reports of *Phytophthora* on roots of declining *Quercus ilex* in Central Italy. Giornale Bot. Italiano **129**: 132.
- BRASIER, C.M. & R.G. STROUTS (1976): New records of *Phytophthora* on trees in Britain. I. *Phytophthora* root rot and Bleeding canker of Horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.). Eur. J. For. Path. **6**: 129-136.
- BRASIER, C.M. (1993): *Phytophthora cinnamomi* as a contributory factor in european oak declines. In: LUISI, N.; P. LERARIO, P. & A. VANNINI (Hrsg.) Recent advances in studies on oak decline. Proc. Int. Cong., Selva di Fassano (Brindisi), Italy - Sep. 13-18, 1992: 49-57.
- BRASIER, C.M. & J.K. SCOTT (1994): European oak declines and global warming: a theoretical assessment with special reference to the activity of *Phytophthora cinnamomi*. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin **24**: 221-234.
- BRASIER, C.M., F. ROBREDO & J.F.P. FERRAZ (1993a): Evidence for *Phytophthora cinnamomi* involvement in Iberian oak decline. Plant Path. **42**: 140-145.
- BRASIER, C.M., P.B. HAMM & E.M. HANSEN (1993b): Cultural characters, protein patterns and unusual mating behaviour of *Phytophthora gonapodyides* isolates from Britain and North America. Mycol. Res. **11**: 1287-1298.
- BRASIER, C.M., A.C. MOREIRA, J.F.P. FERRAZ & S. KIRK (1993c): High mortality of cork oak in Portugal associated with *Phytophthora cinnamomi*. In: LUISI, N.; P. LERARIO, P. & A. VANNINI (Hrsg.) Recent advances in studies on oak decline. Proc. Int. Cong., Selva di Fassano (Brindisi), Italy - Sep. 13-18, 1992: 461-462.
- BUTIN, H. & C. VOLGER (1982): Untersuchungen über die Entstehung von Stammrissen ("Frostrissen") an Eiche. Forstw. Cbl. **101**: 295-303.

- CHASTAGNER, G.A., P.B. HAMM & K.L. RILEY (1995): Symptoms and *Phytophthora* spp. associated with root rot and stem canker of noble fir christmas trees in the Pacific Northwest. *Plant Dis.* **79**: 290-293.
- CRANDALL, B.S., G.F. GRAVATT & M.M. RYAN (1945): Root disease of *Castanea* species and some coniferous and broadleave nursery stocks, caused by *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopath.* **35**: 162-180.
- DANKWARDT, A., S. WÜST, W. ELLING, E.M. THURMAN & B. HOCK (1994): Determination of atrazine in rainfall and surface water by enzyme immunoassay. *Environ.Sci. & Pollut. Res.* **1**: 196-204.
- DAY, W.R. (1938): Root-rot of sweet chestnut and beech caused by species of *Phytophthora*. I. Cause and symptoms of disease: Its relation to soil conditions. *Forestry* **12**: 101-116.
- DELATOUR, C. (1983): Le dépérissement de chênes en Europe. *Rev. For.* **35**: 265-282.
- DICK, M.W. (1989): *Phytophthora undulata* comb. nov. *Mycotax.* **35**: 449-453.
- DONAUBAUER, E. (1995): Krankheiten als Ursache und/oder Symptom von Waldschäden. In: Dokumentation Waldschäden. Stand der Forschung und Ausblick. (Hrsg.: BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN) Bericht über das Symposium am 3. Mai 1995 in München: 48-53.
- DUNCAN, J.M. & D.M. KENNEDY (1989): The effect of waterlogging on *Phytophthora* root rot of red raspberry. *Plant Path.* **38**: 161-168.
- EICHHORN, J., 1992: Wurzeluntersuchungen an sturmgeworfenen Bäumen in Hessen. *Forst und Holz* **47**: 555-559.
- GALOUX, D. & A. DUTRECQ (1990): Le dépérissement du chêne. A propos des mortalités récentes des chênes pédonculé et sessile en Hesbaye, en Condroz et en Ardenne couvinoise. *Forêt Wallone* **7**: 3-8.
- GRENTE, J. (1961): La maladie de l'encre du châtaigner. *Ann. Epiphyties* **12**: 5-59.
- HAMM, P.B. & P.E. HANSEN (1982): Pathogenicity of *Phytophthora* species to Pacific Northwest conifers. *Eur. J. For. Path.* **12**: 167-174.
- HAMM, P.B., E.M. HANSEN, P.E. HENNON & C.G. SHAW III. (1988): *Pythium* species from forest and muskeg areas of southeast Alaska. *Trans. Br. mycol. Soc.* **91**: 385-388.
- HANSEN, E.M., P.B. HAMM; C.G. SHAW III & P.E. HENNON (1988): *Phytophthora drechsleri* in remote areas of southeast Alaska. *Trans. Br. mycol. Soc.* **91**: 379-384.
- HARTMANN, G. & R. BLANK (1992): Winterfrost, Kahlfraß und Prachtkäferbefall als Faktoren im Ursachenkomplex des Eichensterbens in Norddeutschland. *Forst und Holz* **47**: 443-452.
- HARTMANN, G., R. BLANK & S. LEWARK (1989): Eichensterben in Norddeutschland: Verbreitung, Schadbilder, mögliche Ursachen. *Forst und Holz* **44**: 475-487.
- HARTMANN, G. (1995): Wurzelhalsfäule der Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) - eine bisher unbekannte Pilzkrankheit durch *Phytophthora cambivora*. *Forst und Holz* **18**: 555-557.

- HENNON, P.E. & C.G. SHAW III. (1994): Did climatic warming trigger the onset and development of yellow-cedar decline in southeast Alaska? *Eur. J. For. Path.* **24**: 399-418.
- HENNON, P.E., C.G. SHAW III. & E.M. HANSEN (1990): Symptoms and fungal associations of declining *Chamaecyparis nootkatensis* in southeast Alaska. *Plant Dis.* **74**: 267-273.
- HESTERBERG, G.A. & M.F. JURGENSEN (1972): The relation of forest fertilization to disease incidence. *For. Chron.* **48**: 1-5.
- JUNG, T. & H. BLASCHKE (1995): *Phytophthora* root rot in declining forest trees. In: Proc. of BIOFOSP, TEMPUS M-JEP 04667, Ljubljana, August 22-31: 153-157.
- JUNG, T. & H. BLASCHKE (1996): *Phytophthora* root rot in declining forest trees. *Phyton (Austria)* **36** (3).
- JUNG, T., H. BLASCHKE & P. NEUMANN (1996): Isolation, identification and pathogenicity of *Phytophthora* species from declining oak stands. *Eur. J. For. Path.* (eingereicht).
- KASSABY, F.Y. & G. HEPWORTH (1987): *Phytophthora cinnamomi*: effects of herbicides on radial growth, sporangial production, inoculum potential and root disease in *Pinus radiata*. *Soil Biol. Biochem.* **19**: 437-441.
- KENNEDY, D.M. & J.M. DUNCAN (1995): A papillate *Phytophthora* species with specificity to *Rubus*. *Mycol. Res.* **99**: 57-68.
- KRÖBER, H. (1985): Erfahrungen mit *Phytophthora* de Bary und *Pythium* Pringsheim. *Mitteil. Biol. Bundesanstalt Land- und Forstw. (Berlin)* **225**: 172 S.
- KÜHNE, H. (1979): *Phytophthora cinnamomi* - ein ernstzunehmender Schadpilz in Baumschulen. *Dt. Baumsch.* **31**: 436-437.
- LILJA, A. (1994): The occurrence and pathogenicity of uni- and binucleate *Rhizoctonia* and *Pythiaceae* fungi among conifer seedlings in Finish forest nurseries. *Eur. J. For. Path.* **24**: 181-192.
- MARKS, G.C. & R. CERRA (1991): Effects of propazine and chlorthal dimethyl on *Phytophthora cinnamomi* root disease of *Pinus radiata* seedlings and associated microflora. *Soil Biol. Biochem.* **23**: 157-164.
- MATHERON, M.E. & S.M. MIRCETICH (1985): Pathogenicity and relative virulence of *Phytophthora* spp. from walnut and other plants to rootstocks of english walnut trees. *Phytopath.* **75**: 977-981.
- MEZZETTI, B., R. CAPASSO, A. EVIDENTE, F.A. HAMMERSCHLAG, R.H. ZIMMERMANN, G. CRISTINIZIO & P. ROSATI (1994): Interaction of partially purified phytotoxins from *Phytophthora cactorum* on apple cell plasma membrane. *J. Phytopath.* **142**: 219-226.
- MIRCETICH, S.M. & M.E. MATHERON (1976): *Phytophthora* root and crown rot of cherry trees. *Phytopath.* **66**: 549-558.
- MIRCETICH, S.M., R.N. CAMPBELL & M.E. MATHERON (1977): *Phytophthora* trunk canker of coast live oak and cork oak trees in California. *Plant Dis. Repr.* **61**: 66-70.

- MOOTS, C.K., C.D. NICKEL & L.E. GRAY (1988): Effects of soil compaction on the incidence of *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea* in soybean. *Plant Dis.* **72**: 896-900.
- MOREAU, C. & M. MOREAU (1952): Étude mycologique de la maladie de l'encre du chêne. *Rev. de Pathol. veg. d'Entomol. agri. de France* **31**: 201-231.
- NÄVEKE, P. & F.H. MEYER (1990): Feinwurzelsysteme unterschiedlich geschädigter Eichen im Lappwald. *AFZ* **33**: 382-384.
- NECHWATAL, J. (1995): Untersuchungen an Stammnekrosen erkrankter Stieleichen - Beschreibung und mögliche Ursachen. Dipl. Arbeit, Universität München (LMU), 41 S.
- NEWHOOK, F.J. & F.D. PODGER (1972): The role of *Phytophthora cinnamomi* in Australian and New Zealand forests. *Annu. Rev. Phytopath.* **10**: 299-326.
- NIHLGÅRD, B. (1985): The ammonium hypothesis - an additional explanation to the forest dieback in Europe. *Ambio* **14**: 2-8.
- OOSTERBAAN, A. & G.J. NABURS (1991): Relationships between oak decline and groundwater class in The Netherlands. *Plant and Soil* **136**: 87-93.
- PICHLMAIER, J. & V. ZINKERNAGEL (1992): *Phytophthora citricola* (Sawada) als Erreger der Stockfäule des Hopfens. *Zeitschr. Pflanzenkr. Pflanzensch.* **99**: 505-518.
- RAGAZZI, A., I. FEDI & L. MESTURINO (1989): The oak decline: a new problem in Italy. *Eur. J. For. Path.* **19**: 105-110.
- RAPP, J. & C.D. SCHÖNWIESE (1995): Trendanalyse der räumlich-jahreszeitlichen Niederschlags- und Temperaturstruktur in Deutschland 1891-1990 und 1961-1990. *Ann. Meteor.* **31**: 33-34.
- REICHARD, M. & A. BOLAY (1986): La maladie de l'encre du châtaigner dans le canton de Genève. *Rev. suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **18**: 243-250.
- SALOMON, A. (1995): Untersuchungen am Wurzelsystem von Stieleichen (*Quercus robur*) im Forstamt Freising. Dipl. Arbeit, FH Freising, 54 S.
- SCHÜTT, P. (1993): Oak decline in Central and Eastern Europe. A critical review of a little understood phenomenon. In: LUISI, N.; P. LERARIO & A. VANNINI (Hrsg.) *Recent advances in studies on oak decline. Proc. Int. Cong., Selva di Fasano (Brindisi), Italy - Sep. 13-18, 1992*: 235-239.
- SCHÜTT, P. & M. FLEISCHER (1987): Eichenvergilbung - eine neue, noch ungeklärte Krankheit der Stieleiche in Süddeutschland. *Österr. Forstz.* **98**: 60-62
- SHEARER, B.L. & J.T. TIPPET (1989): Jarrah dieback: The dynamics and management of *Phytophthora cinnamomi* in the jarrah (*Eucalyptus marginata*) forest of south-western Australia. *Research Bulletin No. 3. Department of Conservation and Land Management, Como, Western Australia*, 76 S.
- SIWECKI, R. & W. LIESE (1991): Oak decline in Europe. *Proc. Intern. Symp. Kornik, Poland, 15-18. Mai, 1990, Poznan*: 360 S.
- STAMPS, D.J.; G.M. WATERHOUSE, F.J. NEWHOOK & G.S. HALL (1990): Revised tabular key to the species of *Phytophthora*. *Mycol. Papers, No.* **162**, 28 S.
- THOMAS, F.M. & U. KIEHNE (1995): The nitrogen status of oak stands in Northern Germany and its role in oak decline. In: NILSSON, L.O., R.F. HÜTTL & U.T.

- JOHANSSON, (Hrsg.): Nutrient uptake and cycling in forest ecosystems, KLUWER Academic Press, Netherlands: 671-676.
- TSAO, P.H. (1990): Why many *Phytophthora* root rots and crown rots of tree and horticultural crops remain undetected. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin **20**:11-17.
- VINCENT, J.M. (1991): Oak decline: Alteration of the fine root biomass with the progress of the disease. In: SIWECKI, R. & W. LIESE (Hrsg.): Oak decline in Europe. Proc. Int. Symp., Kornik, Poland, May 15-18, 1990: 173-175.
- WATERHOUSE, G.M. (1970): The genus *Phytophthora* de Bary. Mycological Papers, No. **122**, 101 S.
- WATERHOUSE, G.M. & J.M. WATERSTONE (1966): *Phytophthora cambivora*. C.M.I. Descriptions of pathogenic fungi and bacteria. No. **112**, 2 S.
- WERRES, S., J. RICHTER & I. VESER (1995): Untersuchungen von kranken und abgestorbenen Roßkastanien (*Aesculus hippocastanum* L.) im öffentlichen Grün. Nachrichtenbl. Dt. Pflanzenschutzd. **47**: 81-85.
- WILCOX, W.F. (1989): Identity, virulence and isolation frequency of seven *Phytophthora* spp. causing root rot of raspberry in New York. Phytopath. **79**: 93-101.
- WOOD, R.K.S., A. BALIO & A. GRANIT (1972): Phytotoxins in plant diseases. Academic Press, London: 530 S.
- ZAK, B. (1964): The role of mycorrhizae in root disease. Annu. Rev. Phytopath. **2**: 377-329.
- ZARE-MAIVAN, H. (1983): Root and mycorrhizal distribution of healthy and declining English oaks (*Quercus robur* L.). M. Thesis. Western Illinois University, Illinois: 59 S.

Dieter Heinsdorf

Forstliche Forschungsanstalt Eberswalde e. V.

Boden- und ernährungskundliche Untersuchungen in geschädigten Eichenbeständen des nordostdeutschen Tieflandes

Einleitung und Problemstellung

Nach den Waldzustandsberichten der letzten Jahre ist die Eiche in vielen Ländern der Bundesrepublik die am stärksten gefährdete Baumart!

Die Aufklärung der Ursachen der Schäden an Stiel- und Traubeneiche ist von besonderer Wichtigkeit, weil

- sowohl im Zuge der befürchteten Klimaänderungen
- als auch bei den vorgesehenen Waldumbauprogrammen der Länder
- sowie der Waldmehrung durch Erstaufforstungen

dem wachsenden Anbau beider Eichenarten eine hervorragende Bedeutung zugeschrieben wird.

Ist es unter den Aspekten der Entwicklung der Waldschäden überhaupt angebracht, daran festzuhalten, den standortgerechten Anbau der Eiche drastisch zu erhöhen, wenn sich die Nadelbaumarten merklich erholen, während die Schäden bei den Eichen in den letzten Jahren ständig fortschreiten?

Eichenschäden sind nichts Neues! Man findet in der Literatur schon vor dem Beginn einer geregelten Forstwirtschaft, vor allem aber in den letzten zweihundert Jahren, immer wieder Beschreibungen von geschädigten Eichenbeständen, deren Symptome in vielem dem gegenwärtigen Krankheitsbild entsprechen. Dieses Krankheitsbild wird von BALDER (1993) folgendermaßen beschrieben:

auffallende Kronenverlichtung, dürrtige Belaubung mit mehr oder weniger intensiver Büschelbildung an den Terminaltrieben, Vergilbungserscheinungen (von mittel- bis dunkelgrün über gelblichgrün bis hin zu gelblichen Verfärbungen), oft gekoppelt mit weiteren Schäden an Stamm und Wurzel, kenntlich durch Nekrosen im kambialen Bereich mit auftretenden Schleimflüssen und bei sehr starken Schäden auch Bohrlöcher und Fraßgänge verschiedener Insekten.

HARTMANN et al. (1989) beschreiben ähnliche Krankheitssymptome, unterteilen diese jedoch in Symptomtypen, die unterschiedliche Erkrankungen charakterisieren und von verschiedenen Ursachen ausgelöst werden (BLANK u. HARTMANN 1993):

- Symptomtyp A ist gekennzeichnet durch lange schmale Bastnekrosen im unteren und mittleren Stammbereich. Die Borkenrisse produzieren keinen Schleimfluß. Als Ursache wird eine Schädigung durch Winterfrost angesehen. Diese Nekrosen führen nicht zum Absterben des Baumes.
- Symptomtyp B: Bei diesem fehlen primäre Frostnekrosen; stellenweise treten hellbraune Bastnekrosen im Stammbereich auf, die durch den Larvenfraß des Eichenprachtkäfers (*Agrius biguttatus*) verursacht werden und Rindenaufbrüche mit Schleimfluß zeigen. Der Kronenzustand steht in engem Zusammenhang mit dem Grad des *Agrius*-Befalls. In der Endphase kommt es zu plötzlichem Absterben im Sommer noch bei relativ guter Belaubung.
- Symptomtyp C: In die Nekrosen der Symptomtypen A und B dringt in fortgeschrittenerem Stadium Hallimasch ein und führt dann zum Symptomtyp C.

Für die in Norddeutschland untersuchten Eichenbestände konnten für die 80er Jahre mehrfach stärkerer Eichenwicklerfraß, Trockenjahre und wiederholt tiefe Spätwinterfröste nachgewiesen werden, die als prädisponierende, primäre Ursachen für das derzeitige verstärkte Absterben der Eichen angenommen werden. Erst der sekundäre Schädlingsbefall durch Pilze und Insekten löst den irreversiblen Schaden aus und führt zum Absterben der Eichen.

Ausgehend von dem gegenwärtigen Wissensstand über das Auftreten von Schäden in Eichenbeständen wurde 1992 ein Forschungsauftrag ausgelöst, in welchem geprüft wird, inwieweit aktuelle boden- und ernährungskundliche Daten weitere Präzisierungen der Schadensursachen ermöglichen.

Methodik

Auswahl der Bestände

Nach Auslösung des Forschungsauftrages wurden im Sommer 1992 mit Hilfe der Forstdirektionen und eingehender Prüfung durch die Bearbeiter 40 typische, geschädigte 100- bis 150jährige Stiel- und Traubeneichenbestände für die Untersuchungen ausgewählt. Dabei wurde darauf geachtet, daß die Bestände mindestens 1 ha groß sind, auf einheitlicher Standortform liegen und im Rahmen der 40 Flächen alle für den Anbau der Stiel- und Traubeneiche in Frage kommenden Nährkraftstufen auf grundwasserfernen Standorten mehrfach vertreten sind. 1993 wurden weitere 23 Eichenbestände ausgewählt und in die Untersuchungen mit einbezogen. Abbildung 1 vermittelt einen Überblick von der Lage der Probestflächen im Untersuchungsgebiet.

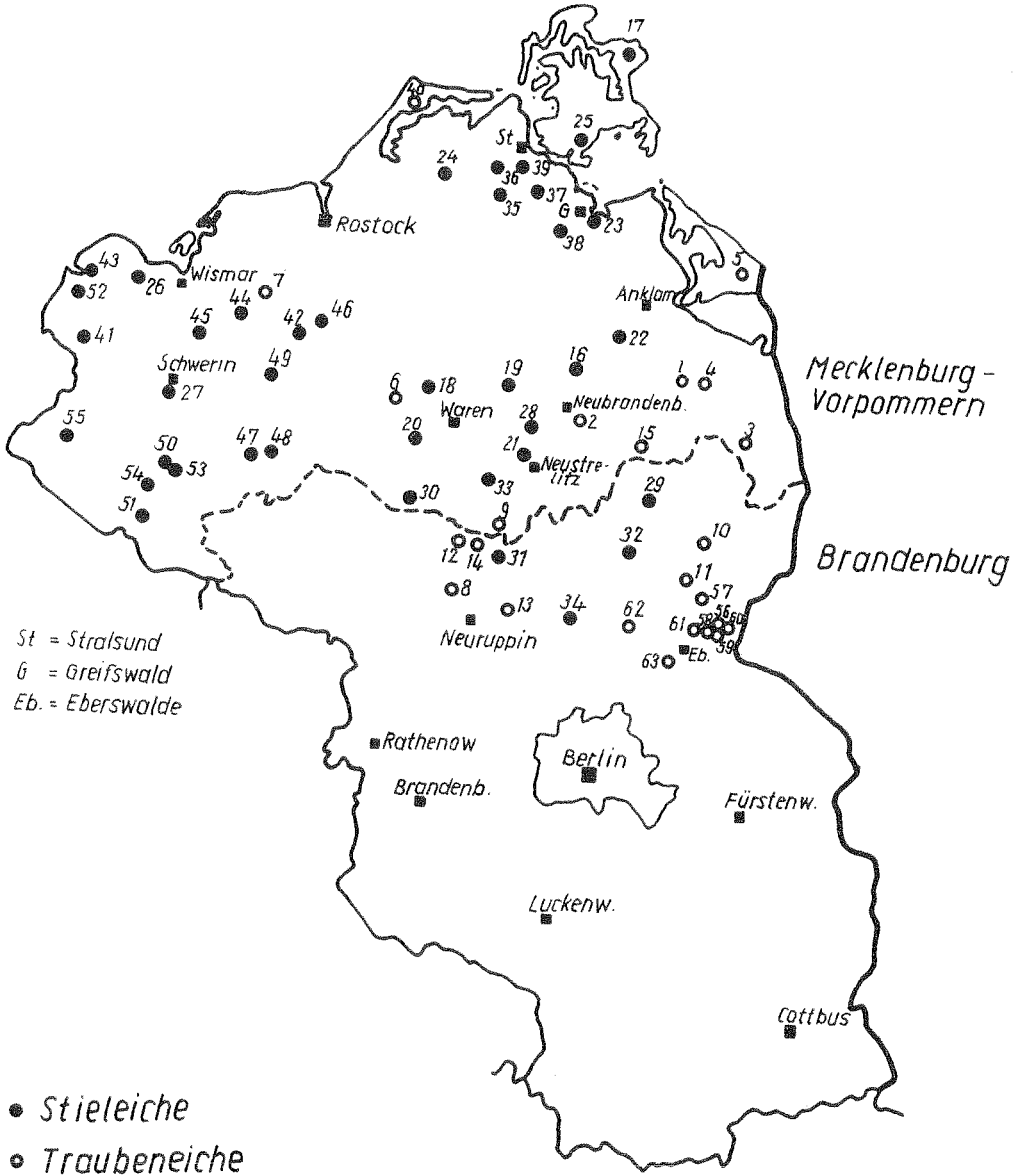


Abb. 1: Lage der Eichenprobeflächen

Kennzeichnung der Probeflächen und Auswahl der Probebäume

In jedem Eichenbestand wurde an einer bestandestypischen Stelle eine meist quadratische Probefläche von 0,1 ha Größe ausgeschieden, dauerhaft markiert und 16 etwa den Bestand repräsentierende Eichen ausgewählt - vorherrschende, herrschende und mitherrschende - und numeriert. Dabei wurde darauf geachtet, etwa den Anteil "gesunder" und "geschädigter" Bäume des Bestandes zu erfassen.

Bonitierung und Erfassung der Schadsymptome

Die Bonitierung der Probebäume erfolgte in der ersten Augushälfte 1992. Sie wurde nach den im Ansprucheschlüssel ausgewiesenen Merkmalen vorgenommen (siehe Tab. 1).

Insgesamt wurden 1 008 Einzelbäume bonitiert. Als Hilfsmittel für die Beurteilung des Belaubungsgrades, dem wichtigsten Merkmal bei der Kartierung und Einstufung des Schädigungsgrades, dienten farbige Eichenkronenbilder sowie die Farbe der Blätter. Bei fortgeschrittener Schädigung trat oft schwarz-brauner Schleimfluß als trockene oder nasse Form auf. Hallimasch wurde in der Regel nur an bereits abgestorbenen und absterbenden Eichen registriert.

Tab. 1: Eichen-Anspracheschlüssel

Soziolog. Stellung:	1 vorherrschend 2 herrschend 3 mitherrschend
Belaubungs% o. u. m/3 in Zehnteln zur Vollbelaubung	
Verzweigungstyp:	A Normalform B Spießform
Verfärbung:	0 gesund, grün 1 grün (gelb) 2 gelb (grün) 3 gelb
Fruktifikation:	0 keine 1 gering 2 mäßig 3 stark

Fortsetzung Tab. 1

Schaderreger:	<ol style="list-style-type: none"> 1 Grüner Eichenwickler 2 Kleiner Frostspanner 3 Blattläuse /Zikaden (Weißfleckigkeit an Blättern) 4 Gallwespen 5 Eichen-Prachtkäfer 6 Eichen-Splintkäfer 7 Schleimfluß am Stamm 8 Hallimasch 9 Eichenrindenbrand (Sonne) 10 Frostleiste 11 Rindenrisse
Blattschäden:	<ol style="list-style-type: none"> 0 keine Schäden 1 Blattnekrosen/Blattbräune 2 Blattrollen, gelbbraune Blätter, zylindrisch, Eichen-Roller 3 Kleinblättrigkeit (1/2 bis 1/3 der normalen Größe) 4 Blattwelke durch Trockenheit 5 Mehltau
Trieb-, Zweig- und Astschäden:	<ol style="list-style-type: none"> 0 keine Schäden 1 kleine Blattbüschel an Triebspitzen 2 verkahlte Triebspitzen, Wasserreiser in der Krone 3 tote Triebe im oberen Kronendrittel 4 tote Zweige im oberen Kronendrittel 5 tote Äste im oberen Kronendrittel
Mechanische Schäden:	<ol style="list-style-type: none"> 1 Fällschaden 2 Rückeschaden 3 Kronenbruch
Kronenaufbau:	<ol style="list-style-type: none"> 0 normal, rund, gesund 1 Spießkrone, längere herausragende Wipfeltriebe 2 Krallenkrone, kurze Wipfeltriebe, nur büschelweise Kurztriebe, Wasserreiser, Verlichtung von innen

Fortsetzung Tab. 1

Schadintensität:	1 geringer Schaden 2 Schädigung in stärkerem Umfang 3 starker Schaden
Besonderheiten:	1 starke Wasserreiserbildung am Stamm 2 vorzeitiger Abfall grüner Blätter 3 Verdickungen/Wucherungen 4 Absprünge 5 Abbrüche durch Reifefraß des Eichen-Splintkäfers vom Sommer und Übertragung von <i>Ceratocystis</i>

Gewinnung von Bodenproben

Auf den 0,1 ha großen Probeflächen wurden an 5 Stellen Bodenproben mittels Stechrahmen bzw. Stechzylinder quantitativ aus Humusaufgabe und den Tiefenstufen 0 bis 5, 5 bis 10, 10 bis 20, 20 bis 30, 30 bis 40 cm Tiefe entnommen, tiefenstufenweise zu Mischproben vereinigt und im Labor auf die in Tabelle 2a aufgeführten Bodenkennwerte untersucht.

Tab. 2a: Bodenanalysen

Parameter	Methode
N	Kjeldahl-Aufschluß; SFA
C	nasse Oxidation mit $K_2Cr_2O_7/H_2SO_4$; Volumetrie
lösliche und leicht austauschbare Nährstoffe und Spurenelemente K, Ca, Mg, P, S, Na, Al, Zn, Fe, Mn, Al, Cu,	Extraktion mit NH_4Cl -Lösung; ICP bzw. AAS
pH-Wert (H_2O und KCl)	Extraktion mit Wasser oder KCl-Lösung; Potentiometrie
Austauschazidität (Gesamt-, H- und Al-Azidität)	Extraktion mit KCl-Lösung; Volumetrie

Gewinnung von Blattproben

Auf jeder Probefläche wurden Blattproben von äußerlich gesunden und von mehr oder weniger deutlich geschädigten Eichen aus den obersten Kronenteilen gewonnen, im Labor umgehend getrocknet und auf die in Tabelle 2b aufgeführten Nährelemente untersucht.

Tab. 2b: Blattproben

Nährelemente	Methode
N _{Org}	Kjeldahl-Aufschluß, SFA
K, Ca, Mg, P, S, Na, Al, Fe, Mn, Zn, Cu, B, (Ni)	HNO ₃ -Druckaufschluß; ICP bzw. AAS
Cl	alkalische Veraschung und Aufnahme in Salpetersäure; SFA

Witterungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet

Studien der Witterungsverhältnisse zeigten, daß im Untersuchungsgebiet für die vergangenen 5 Jahre, 1988 bis 1992, hohe Jahresmitteltemperaturen und drastische Niederschlagsdefizite auftraten, die vor allem im heißen Sommer 1992 zu hohen Streßsituationen führten. In den letzten 5 Jahren fehlten in den einzelnen Kreisgebieten zwischen 405 und 198 mm des durchschnittlichen Jahresniederschlags. Hinzu kommt, daß sich diese Defizite besonders auf die Vegetationszeit konzentrierten.

Ergebnisse

Die nun vorzustellenden Ergebnisse beschäftigen sich hauptsächlich mit dem Einfluß, den der Bodenzustand und die Ernährung auf die Schadsymptome der Eichen ausüben. Bisherige Studien an erkrankten Waldökosystemen (Fichten, Kiefern, Tannen) zeigen, daß Boden- und Ernährungszustand bzw. deren Störungen einen wesentlichen Einfluß auf die Ausbildung von Schadsymptomen haben oder diese direkt verursachen. Der besonders für Eichenkrankungen wichtige phytosanitäre Aspekt bleibt zunächst unberücksichtigt. Ferner dürfte der indirekt aus den Witterungsverhältnissen postulierte Wasserstreß mit hoher Wahrscheinlichkeit die Transpirations- und Assimilationsprozesse, das Feinwurzelnwachstum, die Nähr-

stoffaufnahme und damit den Vitalitätszustand der Eichenbestände wesentlich beeinflussen. Unter diesen Prämissen müssen die vorzustellenden Ergebnisse gesehen werden.

Einflußfaktoren auf den Belaubungsgrad

Nach wie vor stellt der relativ leicht zu erhebende Belaubungsgrad das wichtigste visuelle Merkmal bei der Waldschadenserhebung dar, obwohl allgemein anerkannt wird, daß dieser keine Rückschlüsse auf die Ursachen der Waldschäden erlaubt.

Der Belaubungsgrad ist von vielen natürlichen Faktoren abhängig, so unter anderem ganz entscheidend von der Jahreswitterung. Er signalisiert somit natürliche Belastungssituationen, weist aber auch auf Erkrankungen und Streßsituationen hin, die durch genauere Untersuchungen geklärt werden müssen.

Eine 100%ige Belaubung wurde 1992 bei keinem Probebaum gefunden. Selten traten Belaubungsgrade von 80 % auf. Die Mehrzahl der als "gesund" eingestuften Eichen weisen Belaubungsgrade zwischen 60 und 70 % auf. In der Regel war bei den gesunden Eichen das obere Drittel der Krone voller belaubt als das mittlere Drittel. Eichen mit Belaubungsgraden unter 50 % wurden als geschädigt eingestuft. Zur Zeit der Aufnahme waren bereits alle Stadien der Blattverfärbungen vorhanden.

Um zu erkennen, inwieweit der Belaubungsgrad von den im Ansprucheschlüssel erhobenen Kennwerten, wie soziologische Stellung, Verzweigungstyp, Blattverfärbung, Kronenaufbau, biotische Schaderreger u. a., beeinflusst wird, wurden diese Merkmale mit den Belaubungsgraden von über 1 000 Einzelbäumen korreliert und einer Varianzanalyse unterworfen.

Ergebnisse der Korrelations- und Varianzanalyse zwischen den im Ansprucheschlüssel genannten Faktoren und dem Belaubungsgrad lassen erkennen, daß

- die erfaßte soziologische Stellung der Eichen keinen Einfluß auf den Belaubungsgrad hatte;
- der Verzweigungstyp (Normal- und Spießform) sowie der angesprochene Kronenaufbau deutlich mit dem Belaubungsgrad korrelierte. Verkahlungen und Spießformen wirken sich deutlich negativ aus. Verzweigungstyp und Kronenaufbau bilden sich über Jahre aus und sind Merkmale, die relativ unabhängig von jährlichen Schwankungen sind, daher Merkmale darstellen, die auf permanente oder doch auf länger anhaltende Schäden des Baumes deuten.

Die Blattverfärbungen zeigen einen sehr sicheren Zusammenhang mit dem Belaubungsgrad. Hier ergab sich die plausible Reihenfolge vom "satten Grün" (= durchschnittlich 72 % Belaubung) über "gelblichgrün" (= 65,8 %) und "grünlichgelb" (= 52 %) bis hin zum "gelb" (= 47 %). Verfärbungen deuten auf Chlorophylldefekte, die durch extreme Belastungen -

Wasserstreß, Ernährungsanomalien, Erkrankungen durch biotische Schaderreger, Blockierung der Leitungsbahnen u. a. - verursacht werden können.

Die Fruktifikation wies eine deutliche Abhängigkeit von der Belaubung auf. Nur relativ gut belaubte Eichen trugen Eichelbehang.

Auch die erfaßten Blattschäden signalisieren deutliche Beziehungen; so vor allem die Kleinblättrigkeit und die Blattwelke, weniger die Blattnekrosen und das Blattrollen. Dagegen korrelieren biotische Schaderreger und Belaubungsgrad unterschiedlich. Die Schädlinge "Grüner Eichenwickler", "Blattläuse", "Kleiner Frostspanner" und "Gallwespen" traten am häufigsten bei gut belaubten Eichen auf. Am stärksten gesenkt ist der Belaubungsgrad dagegen bei Eichen mit merklichem Schleimfluß, der durch den Fraß von den Larven des Eichensplinkkäfers oder des Zweifleckigen Eichenprachtkäfers verursacht wird. Sicher läßt sich nachweisen, daß durch den Einfluß mehrerer Schädlinge oder Schadfaktoren (= Befallsintensität) der Belaubungsgrad signifikant gesenkt wird.

Begehungen der geprüften Eichenbestände von Ende Mai bis Mitte August ließen erkennen, daß der Belaubungsgrad verschiedener Probestämme merklich variierte. Ursache hierfür ist mehr oder weniger Blattfraß verschiedener Insekten an den Maitrieben, der später durch die Blätter der Johannistriebe "verhüllt" wird. Diese "frühen Fraßschäden" können im August oft nur am liegenden Stamm erkannt werden.

Weiterhin ist hervorzuheben, daß sich keine signifikanten Beziehungen zwischen der Standortstrophie und dem Belaubungsgrad ergaben.

Ergebnisse der Bodenuntersuchungen

Aus Zeitgründen kann nicht ausführlich über die sehr interessanten Ergebnisse der Bodenanalysen berichtet werden. Es werden daher nur die wichtigsten Ergebnisse skizziert.

Zur Versauerung

Während die pH-Werte der Humusaufgaben bei der überwiegenden Mehrzahl der Versuchstandorte im ökologisch günstig zu beurteilenden Silikatpufferbereich liegen, nimmt mit zunehmender Tiefe des Mineralbodens die Versauerung zu. Das geht einmal aus der prozentualen Verteilung der pH-Werte der untersuchten Bodenschichten auf die Pufferbereiche hervor (Tab. 3) und stützt sich weiter auf die prozentuale Verteilung unterschiedlicher Basensättigungen in den Mineralbodenschichten (Tab. 4). Auch hier nimmt die Basensättigung mit zunehmender Tiefe ab. Am geringsten ist die Basensättigung in der Tiefenstufe 20 bis 30 cm. 60 % aller Probestandorte haben nur eine geringe Belegung der Sorptionskomplexe mit Basen (unter 20 %). Entsprechend hoch ist die Belegung mit sauren Kationen. Das gilt besonders für sandige Bodensubstrate der Trophiestufen M und Z.

Tab. 3: Prozentuale Verteilung der pH-Werte in den Pufferbereichen

pH (H ₂ O)	Auflage	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm	30 - 40 cm
6,2 - 8,3 Ca-Karbonat-P.						8,7
5,0 - 6,2 Silikat-P.	21,7	4,4	4,4	4,4	21,7	13,0
4,2 - 5,0 Austausch-P.	65,2	52,2	69,6	82,6	69,6	73,9
3,8 - 4,2 Aluminium-P.	8,7	34,8	17,4	13,0	8,7	4,4
3,0 - 3,8 Alu./Eisen-P.	4,4	8,6	8,6			

Jedoch sind auch Standorte anderer Nährkraftstufen von der starken Versauerung betroffen. Dies ist insofern hervorzuheben, weil bei eventuell vorzunehmenden Kalkungen nicht nach den kartierten Trophiestufen vorgegangen werden darf, sondern generell Ergebnisse der chemischen Bodenanalyse heranzuziehen sind.

Tab. 4: Prozentuale Verteilung der Stufen unterschiedlicher Basensättigung im Auflagehumus und in den Mineralbodenschichten

Bodenschicht	V _{bKat} %				
	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100
Humusauflage	---	---	4,4	52,2	43,5
0 - 5 cm	---	43,5	43,5	8,7	4,4
5 - 10 cm	43,5	47,8	4,4	---	4,4
10 - 20 cm	62,2	26,1	4,4	---	4,4
20 - 30 cm	60,9	17,4	8,7	4,4	8,7
30 - 40 cm	52,2	13,0	17,4	4,4	13,0

Insgesamt gesehen sind nahezu alle untersuchten Eichenstandorte gut bis sehr gut mit C, mit Abstrichen auch mit N versorgt. Im Durchschnitt gesehen sind zwar die größten C- und N-Vorräte in den Böden der besseren Trophiestufen akkumuliert, jedoch bestehen innerhalb der Standortgruppen große Unterschiede.

Wesentlich differenzierter ist die Versorgung der Böden mit den löslichen Mineralstoffen zu beurteilen.

Überraschenderweise besitzen die nährstoffreichsten terrestrischen Böden (Trophiestufe R) mit die geringsten löslichen P-Mengen (vgl. Abb. 2). Zunehmende Versauerung würde auf diesen Standorten zur besseren P-Verfügbarkeit führen. Im Gegensatz zum P folgen die löslichen K-, Mg-, Ca-Vorräte den kartierten Trophiestufen. Die Gefahr einer unzureichenden K- und Mg-Versorgung ist deshalb nur auf den ärmeren Bodensubstraten gegeben.

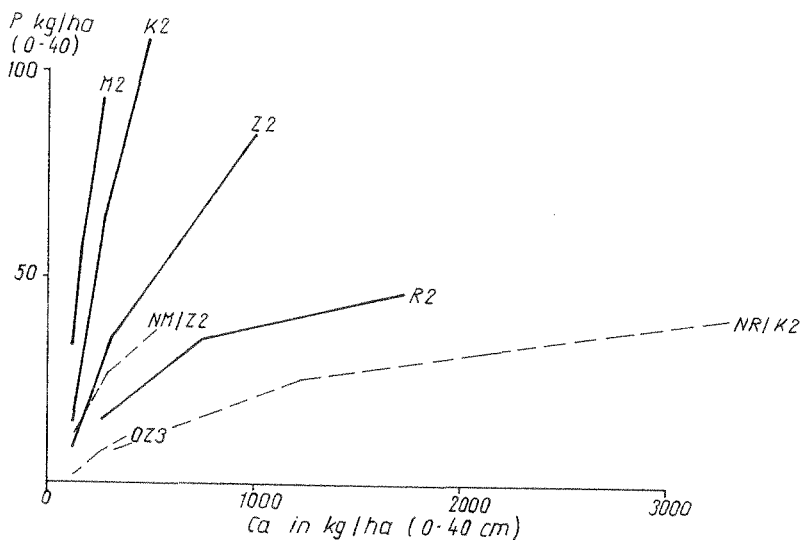


Abb. 2: Beziehungen zwischen Ca- und P-Vorrat im Mineralboden 0-40 cm, geordnet nach Standortgruppen

Ergebnisse der Ernährungsuntersuchungen

Das vorliegende Untersuchungsmaterial in Form der umfangreichen Blattanalysen bot sich an - unter Einbeziehung zahlreicher Eichenblattanalysen aus der Literatur -, Ernährungsstufen zu entwickeln, mit denen der Versorgungszustand der Eichen beurteilt werden kann. In den folgenden Tabellen 5 und 6 sind diese Ernährungsstufen dargestellt. Die beiden Stufen I und II signalisieren eine mangelhafte Ernährung, die beiden Stufen IV und V einen Luxuskonsum bzw. eine schädliche Überernährung, die bei bestimmten Nährelementen in der Regel nur durch atmogene Einträge oder zu starke Düngung hervorgerufen wird.

Die Ergebnisse der Blattanalysen, getrennt nach visuell gesunden und kranken Eichen (kenntlich durch geringe Belaubungsgrade, Verfärbungen und andere Schadsymptome), ermöglichen differenzierte Aussagen zum Ernährungszustand, sowohl zwischen den Standorten als auch zwischen gesunden und geschädigten Eichen.

Tab. 5: Ernährungsstufen - Trauben- und Stieleichen - Hauptnährelemente

	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %
I	1,25 - 1,49 - 1,72	0,070 - 0,082 - 0,097	0,29 - 0,34 - 0,40	0,220 - 0,268 - 0,326	0,055 - 0,069 - 0,086	0,100 - 0,110 - 0,123
II	1,72 - 1,96 - 2,19	0,097 - 0,114 - 0,135	0,40 - 0,47 - 0,54	0,326 - 0,396 - 0,482	0,086 - 0,107 - 0,133	0,123 - 0,136 - 0,151
III	2,19 - 2,43 - 2,66	0,135 - 0,159 - 0,187	0,54 - 0,64 - 0,75	0,482 - 0,586 - 0,713	0,133 - 0,166 - 0,207	0,151 - 0,167 - 0,185
IV	2,66 - 2,90 - 3,13	0,187 - 0,221 - 0,259	0,75 - 0,87 - 1,02	0,713 - 0,867 - 1,054	0,207 - 0,258 - 0,322	0,185 - 0,206 - 0,228
V	3,13 - 3,37 - 3,60	0,259 - 0,306 - 0,360	1,02 - 1,20 - 1,40	1,054 - 1,282 - 1,560	0,322 - 0,401 - 0,500	0,228 - 0,253 - 0,280

06

Tab. 6: Ernährungsstufen - Trauben- und Stieleichen - Spurenelemente

	Al ppm	Fe ppm	Mn ppm	Na ppm	Zn ppm	B ppm	Cl ppm
I	15 - 19 - 25	45 - 54 - 66	200 - 281 - 396	6,5 - 9,4 - 13,5	8,0 - 9,4 - 11,0	12,5 - 15,3 - 18,7	150 - 190 - 240
II	25 - 33 - 42	66 - 80 - 96	396 - 556 - 782	13,5 - 19,4 - 28,0	11,0 - 13,0 - 15,2	18,7 - 22,8 - 27,9	240 - 310 - 400
III	42 - 55 - 71	96 - 116 - 140	782 - 1100 - 1547	28,0 - 40,3 - 58,0	15,2 - 17,9 - 21,0	27,9 - 34,1 - 41,7	400 - 500 - 640
IV	71 - 92 - 119	140 - 170 - 205	1547 - 2175 - 3059	58,0 - 83,6 - 120,5	21,0 - 24,7 - 29,0	41,7 - 50,9 - 62,3	640 - 820 - 1050
V	119 - 154 - 200	205 - 248 - 300	3059 - 4302 - 6050	120,5 - 173,6 - 250,0	29,0 - 34,1 - 40,0	62,3 - 76,1 - 93,0	1050 - 1330 - 1700

Die Blattspiegelwerte der visuell gesunden Eichen lassen erkennen (vgl. Tab. 7), daß

- die Eichenbestände auf nährstoffreichen und kräftigen Standorten außerordentlich gut, einige sogar überreichlich mit N ernährt sind, jedoch einige Bestände auf mittleren und ärmeren Böden noch eine mangelhafte N-Ernährung aufweisen;
- hinsichtlich der P-Ernährung im Vergleich zum N sich die Reihenfolge umkehrt, indem gerade auf den besseren Standorten die niedrigen P-Gehalte auftreten und in einigen Fällen sogar den P-Mangelbereich erreichen;
- beim Kalium gute bis überdurchschnittlich gute Versorgungszustände registriert werden, jedoch
- bei der Ca- und Mg-Ernährung größere Unterschiede auftreten, wobei ein Teil sogar dem akuten Mangelbereich zuzuordnen ist;
- Schwefel, Zink und Kupfer stets in genügenden Mengen aufgenommen werden;
- Fe- und Mn-Gehalte in weiten Bereichen schwanken, wobei die Mn-Gehalte bei den Eichen auf den nährstoffärmeren, sauren Standorten am höchsten liegen.

Andererseits deuten sich gravierende Unterschiede bei dem Vergleich gesunder und geschädigter Eichen an (vgl. Tab. 8). So lassen sich deutliche Differenzierungen herausarbeiten, denn

- die Mehrzahl der erkrankten Eichen besitzt deutlich geringere N-, P-, K-, Ca-, Mg-Spiegelwerte. Vielfach wird dabei der Mangelbereich erreicht. Die Tendenz der niedrigeren Mineralstoffgehalte setzt sich auch bei den Elementen S, Zn, Cu, B, Al, Mn fort. Dagegen ist diese Tendenz bei den Elementen Na und Cl nicht zu erkennen.

Zusammenhänge zwischen Bodenkennwerten und Blattspiegelwerten

Die durchgeführten Untersuchungen über die korrelativen Beziehungen zwischen Bodenkennwerten und Blattspiegelwerten lassen folgende "gestraffte" Aussagen zu:

- Bei den meisten Nährelementen bestimmen deren lösliche Anteile im Boden den Ernährungszustand deutlich. Das betrifft vor allem die Elemente P, K, Ca, Mg, Na, aber auch Mn und Al. Das ist zunächst plausibel und bedarf keiner weiteren Erklärung.
- Daneben beeinflussen aber auch eine Reihe von anderen Bodenkennwerten den Ernährungszustand bei einzelnen Nährelementen merklich. So üben z. B. die sauren Kationen im Boden einen unerwartet großen negativen Einfluß auf die Versorgung der Eichen mit N und K aus, aber besonders natürlich auf die Ca- und Mg-Aufnahme. Umgekehrt wird die P-Ernährung durch die Zunahme saurer Kationen im Boden gefördert, während sich Basensättigung und die Summe der basischen Kationen signifikant negativ auf die Höhe der P-Blattspiegel auswirken.

Tab. 7: Blattspiegelwerte der Eichenbestände - 1993 (gesunde Bäume)

Standortsgruppe		N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Na	Zn	Fe	Al	Mn	B
		-----µg/g-----												
NK2, WK2	\bar{x}	<u>2,86</u>	<u>0,245</u>	<u>0,91</u>	<u>1,03</u>	<u>0,214</u>	<u>0,215</u>	<u>0,028</u>	44	<u>27,3</u>	<u>171</u>	<u>55,1</u>	<u>1187</u>	<u>46,1</u>
	Min.	2,50	0,192	0,87	0,75	0,199	0,204	0,025	29	24,0	157	30,9	384	28,8
	Max.	3,21	0,298	0,94	1,31	0,229	0,226	0,031	58	30,6	184	79,3	1990	63,4
NM2, NZ1	\bar{x}	<u>2,97</u>	<u>0,224</u>	<u>0,97</u>	<u>0,53</u>	<u>0,198</u>	<u>0,247</u>	<u>0,056</u>	164	<u>30,5</u>	<u>130</u>	<u>61,6</u>	<u>297</u>	<u>34,8</u>
	Min.	2,90	0,182	0,94	0,36	0,180	0,214	0,035	134	26,3	91	35,6	261	11,3
	Max.	3,03	0,265	1,00	0,70	0,215	0,260	0,076	194	34,7	168	87,6	332	58,2
NA2	\bar{x}	<u>2,55</u>	<u>0,168</u>	<u>0,89</u>	<u>0,95</u>	<u>0,213</u>	<u>0,173</u>	<u>0,042</u>	58	<u>30,4</u>	<u>87</u>	<u>63,0</u>	<u>771</u>	<u>35,2</u>
R2	\bar{x}	<u>2,81</u>	<u>0,230</u>	<u>0,82</u>	<u>0,84</u>	<u>0,163</u>	<u>0,197</u>	<u>0,036</u>	59	<u>26,3</u>	<u>113</u>	<u>53,2</u>	<u>2400</u>	<u>43,2</u>
	Min.	2,40	0,169	0,64	0,76	0,129	0,152	0,024	12	18,7	90	40,0	1630	28,5
	Max.	3,05	0,304	1,09	0,92	0,209	0,236	0,047	80	30,5	133	61,2	3330	53,5
K2	\bar{x}	<u>2,76</u>	<u>0,211</u>	<u>0,92</u>	<u>0,85</u>	<u>0,153</u>	<u>0,183</u>	<u>0,040</u>	76	<u>23,1</u>	<u>108</u>	<u>51,3</u>	<u>2571</u>	<u>42,3</u>
	Min.	2,51	0,174	0,72	0,60	0,096	0,162	0,022	18	19,4	80	13,3	893	19,7
	Max.	3,05	0,252	1,13	1,24	0,230	0,207	0,070	175	29,4	142	61,7	5140	64,4
M2	\bar{x}	<u>2,67</u>	<u>0,227</u>	<u>0,95</u>	<u>0,83</u>	<u>0,167</u>	<u>0,189</u>	<u>0,032</u>	43	<u>28,2</u>	<u>101</u>	<u>63,2</u>	<u>2750</u>	<u>34,0</u>
	Min.	2,19	0,192	0,81	0,63	0,092	0,153	0,028	31	26,4	92	57,7	1950	28,9
	Max.	3,20	0,246	1,03	1,12	0,233	0,236	0,039	51	31,3	114	72,8	3480	38,2
Z1	\bar{x}	<u>3,25</u>	<u>0,191</u>	<u>0,85</u>	<u>0,44</u>	<u>0,173</u>	<u>0,225</u>	<u>0,035</u>	72	<u>25,9</u>	<u>108</u>	<u>44,3</u>	<u>888</u>	<u>24,7</u>

Tab. 8: Blattspiegelwerte der Eichenbestände - 1993 (geschädigte Bäume)

Standortsgruppe		N	P	K	Ca %	Mg	S	Cl	Na	Zn	Fe μg/g	Al	Mn	B
NK2, WK2	\bar{x}	<u>2,91</u>	<u>0,197</u>	<u>0,82</u>	<u>0,72</u>	<u>0,167</u>	<u>0,210</u>	<u>0,038</u>	<u>77</u>	<u>22,8</u>	<u>103</u>	<u>43,7</u>	<u>594</u>	<u>38,1</u>
	Min.	2,68	0,144	0,58	0,49	0,149	0,199	0,029	49	12,0	89	43,4	456	19,8
	Max.	3,13	0,249	1,07	0,94	0,186	0,220	0,047	105	33,5	117	44,0	732	56,4
NM2, NZ1	\bar{x}	<u>2,15</u>	<u>0,177</u>	<u>0,38</u>	<u>0,87</u>	<u>0,253</u>	<u>0,156</u>	<u>0,080</u>	<u>183</u>	<u>26,1</u>	<u>101</u>	<u>54,1</u>	<u>519</u>	<u>26,2</u>
	Min.	2,13	0,174	0,27	0,87	0,171	0,150	0,075	124	25,4	95	49,0	381	13,8
	Max.	2,16	0,179	0,50	0,87	0,334	0,161	0,085	241	26,7	107	59,2	656	38,5
NA2	\bar{x}	<u>1,59</u>	<u>0,177</u>	<u>0,09</u>	<u>0,62</u>	<u>0,131</u>	<u>0,209</u>	<u>0,083</u>	<u>198</u>	<u>13,8</u>	<u>73</u>	<u>61,1</u>	<u>281</u>	<u>65,6</u>
R2	\bar{x}	<u>2,03</u>	<u>0,212</u>	<u>0,88</u>	<u>0,66</u>	<u>0,114</u>	<u>0,161</u>	<u>0,057</u>	<u>120</u>	<u>14,1</u>	<u>82</u>	<u>38,6</u>	<u>994</u>	<u>28,2</u>
	Min.	1,61	0,164	0,52	0,52	0,083	0,123	0,031	33	10,8	52	31,7	442	14,5
	Max.	2,51	0,265	1,25	0,78	0,169	0,197	0,077	210	18,3	108	45,2	1790	58,0
K2	\bar{x}	<u>2,37</u>	<u>0,197</u>	<u>0,89</u>	<u>0,71</u>	<u>0,132</u>	<u>0,175</u>	<u>0,054</u>	<u>78</u>	<u>19,3</u>	<u>100</u>	<u>55,4</u>	<u>1978</u>	<u>33,8</u>
	Min.	1,60	0,155	0,52	0,47	0,071	0,130	0,013	15	8,3	79	35,6	512	19,0
	Max.	3,40	0,284	1,25	1,09	0,185	0,264	0,158	320	30,8	163	110,0	3510	75,5
M2	\bar{x}	<u>2,35</u>	<u>0,180</u>	<u>0,70</u>	<u>0,68</u>	<u>0,168</u>	<u>0,192</u>	<u>0,046</u>	<u>54</u>	<u>19,0</u>	<u>89</u>	<u>50,9</u>	<u>1897</u>	<u>19,6</u>
	Min.	1,82	0,113	0,51	0,31	0,092	0,135	0,039	44	15,6	66	33,1	1040	11,7
	Max.	2,97	0,226	1,06	0,98	0,221	0,266	0,058	73	25,7	114	74,6	2630	27,5
Z1	\bar{x}	<u>2,95</u>	<u>0,230</u>	<u>1,06</u>	<u>0,46</u>	<u>0,173</u>	<u>0,240</u>	<u>0,040</u>	<u>80</u>	<u>26,3</u>	<u>130</u>	<u>57,3</u>	<u>859</u>	<u>33,6</u>

Interessant ist, daß die B-Blattspiegelwerte hochsignifikante Beziehungen zu den C-, N- und S-Mengen im Boden zeigen, die darauf hinweisen, daß sich zunehmender Humusgehalt fördernd auf die B-Ernährung auswirkt, negativ dagegen die sauren Kationen, insbesondere das Mn.

Beziehungen zwischen Belaubungsgrad und Ernährungszustand

Da der Belaubungsgrad als ein Hauptmerkmal für die Einstufung des Schädigungsgrades der Bäume gilt, erscheint es sinnvoll zu überprüfen, inwieweit sich der Ernährungszustand auf den Belaubungsgrad auswirkt, zumal man davon ausgehen kann, daß die Blattspiegelwerte

- wichtige Weiser für auftretende Nährstoffmängel und Ernährungsdisharmonien sind und zum anderen
- viele Bodeneigenschaften widerspiegeln, die die Vitalität und Stabilität der Bestände wesentlich beeinflussen.

Da zwischen den "gesunden" und "kranken" Eichen z. T. gravierende Unterschiede bestehen, werden die Abhängigkeiten "Nährelementgehalt und Belaubung" sowohl für die "gesunden" als auch für die "kranken" Eichen geprüft.

Abbildung 3 zeigt die Beziehung zwischen N-Gehalt der Blätter und Belaubung. Dabei werden die gesunden Eichen durch die ausgefüllten Kreise, die kranken durch die nicht ausgefüllten Kreise dargestellt. Es zeigt sich, daß

- die N-Gehalte der gesunden Eichenblätter zwischen 2,0 und 3,4 % variieren bei Belaubungsgraden zwischen 60 und 75 %,
- die N-Gehalte der geschädigten Eichen dagegen zwischen 1,3 und 3 % differieren bei Belaubungsgraden zwischen 15 und 50 %!

Daraus ergeben sich folgende Einschätzungen:

Bei den meisten geschädigten Eichen sind die N-Blattspiegelwerte erheblich reduziert worden. Man muß annehmen, daß aufgrund der eingetretenen Schädigung die N-Ernährung bei vielen Bäumen gestört ist. Die varianzanalytische Prüfung ergab Signifikanz. Dabei bleibt zunächst offen, ob der Rückgang der N-%-Gehalte bei starkem Rückgang der Belaubung Ursache oder Wirkung der Schädigung ist. Vieles spricht für das letztere.

Ähnliche Beziehungen bestehen auch bei den anderen Nährelementen, so z. B. zwischen dem K-Gehalt der Blätter und der Belaubung (Abb. 4). Das Schaubild bestätigt, daß Kaliummangel bei den besser belaubten Eichen nicht vorkommt. Es ist demzufolge auch kein Zusammenhang zwischen Belaubungsgrad und K % der Blätter zu erkennen, obwohl die Spreite der K-Gehalte zwischen 0,55 und 1,24 % reicht. Bei den "kranken" Eichen traten deutliche Blattverfärbungen auf, wenn die Spiegelwerte unter 0,50 % fielen. Diese Werte sind in der Regel mit merklich geringeren Belaubungsgraden gekoppelt.

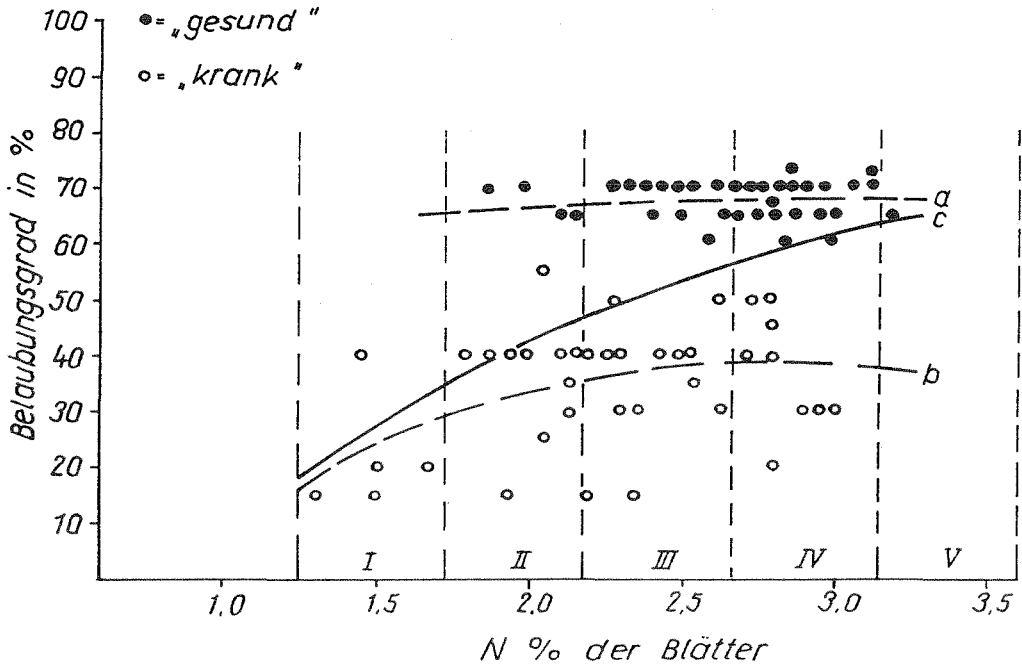


Abb. 3: Beziehungen zwischen N% der Blätter und Belaubungsgrad bei "gesunden" und "kranken" Eichen

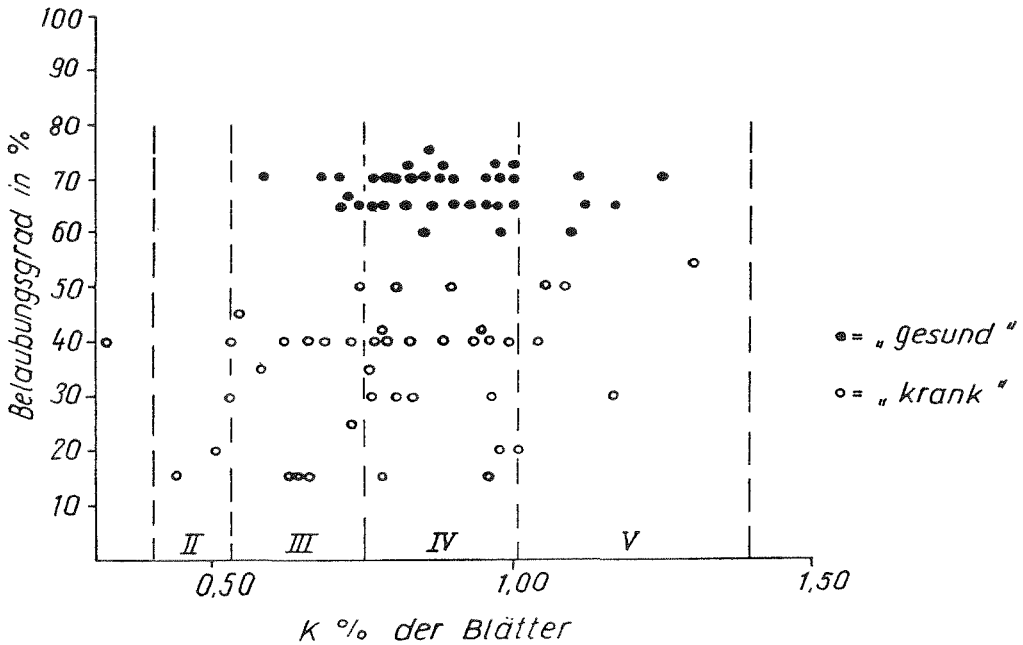


Abb. 4: Beziehungen zwischen K% der Blätter und Belaubungsgrad bei "gesunden" und "kranken" Eichen

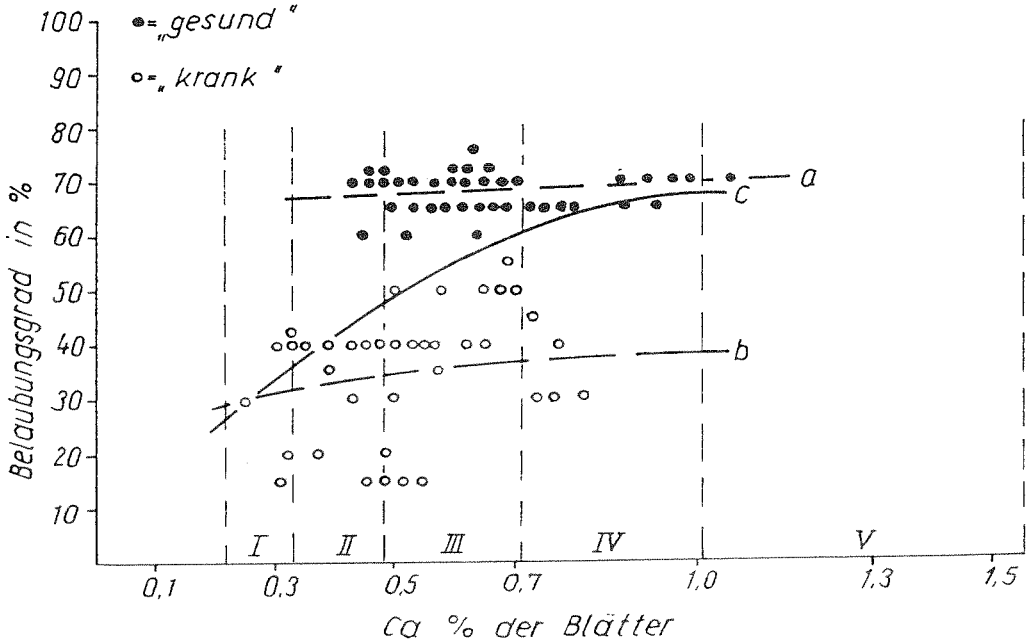


Abb. 5: Beziehungen zwischen Ca% der Blätter und Belaubungsgrad bei "gesunden" und "kranken" Eichen

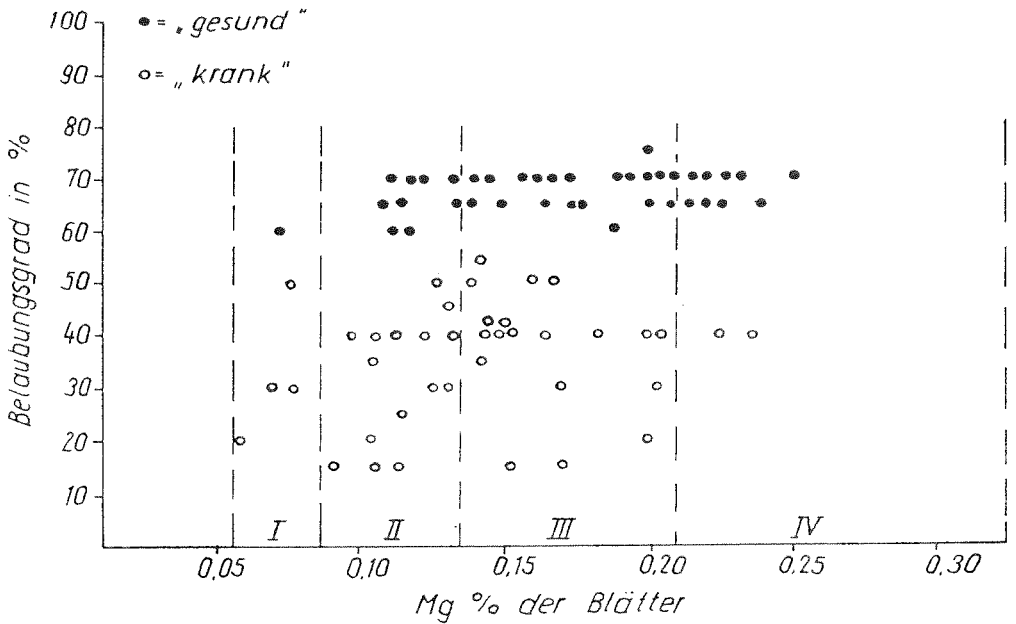


Abb. 6: Beziehungen zwischen Mg% der Blätter und Belaubungsgrad bei "gesunden" und "kranken" Eichen

Es ist aber nicht zu übersehen, daß der Streurahmen sehr weit ist und zahlreiche Eichen mit stark reduziertem Belaubungsgrad durchaus auch hohe K-%-Gehalte in den Blättern besitzen können.

Das nächste Schaubild (Abb. 5) zeigt den Zusammenhang zwischen Ca-Gehalt der Blätter und Belaubung. Es läßt erkennen, daß die Ca-Gehalte der gesunden Eichen zwischen 0,4 und 1,1 % schwanken. Dabei fallen nur 4 Werte in die Ernährungsstufe II. Bei den geschädigten Eichen kommen 16 Werte in den Ernährungsstufen I und II vor (= 40 %!). Ein beachtlicher Teil hat demzufolge eine mangelhafte Ca-Versorgung. Ähnliche Zusammenhänge bestehen auch bei der Mg-Ernährung und der Zn-Ernährung (Abb. 6).

Die gravierenden Unterschiede im Ernährungszustand bei dem Vergleich "gesunde" und "erkrankte" Eichen, bei denen letztere oft eine deutliche Herabsetzung der Mineralstoffgehalte zeigen und viele Nährstoffe in den Mangelbereich gelangen, legen es nahe zu erkunden, inwieweit dieses Absinken Wirkung oder Ursache der Schädigung ist. Um diese Frage zu beantworten, wurden im Frühjahr 1994 Düngeversuche angelegt; mit deren Ergebnissen ist erst 1996 zu rechnen.

Schlußfolgerungen

Unter Beachtung der hier unvollständig dargestellten Forschungsergebnisse lassen sich folgende vorsichtige Schlußfolgerungen für die Eichenerkrankungen ziehen:

1. Die Symptome der Eichenerkrankungen ähneln denen, die in anderen Ländern der Bundesrepublik Deutschland beschrieben werden.
2. Von den Erkrankungen werden Stieleichen und Traubeichen in gleicher Weise betroffen.
3. Die Schäden treten auf terrestrischen Standorten unterschiedlichster Nährkraft auf. Sie äußern sich durch Erkrankungen von Einzelbäumen bis hin zu Erkrankungen von Gruppen. Eine Erkrankung ganzer Bestände, z. B. flächiges Absterben, ist bisher nicht zu verzeichnen.
4. Historische Studien belegen, daß in der Vergangenheit ähnliche Erkrankungen auftraten, wobei sich allerdings nicht immer mit Sicherheit die gleichen Ursachen unterstellen lassen.
5. Witterungsextreme (vor allem Sommertrockenheit) scheinen für die Prädisposition als großflächig auftretende Streßfaktoren von Bedeutung zu sein, Sekundärschädlinge eine maßgebliche Rolle zu spielen.
6. Luftschadstoffe sind als vitalitätsmindernder Faktor regional im Untersuchungsgebiet mit einzubeziehen (N-Eintrag), können aber nicht als entscheidender Faktor für die großflächige Erkrankung angesehen werden.
7. Dem Bodenzustand (Versauerung) scheint zumindest eine prädisponierende Wirkung zuzukommen, weniger als Hauptfaktor für die Erkrankung, vielmehr durch seinen Einfluß auf die Ernährung und damit auf die Vitalität der Eichen.

Wertet man die erzielten Ergebnisse in Verbindung mit den Arbeiten anderer Autoren, so lassen sich folgende Aussagen treffen:

1. Die zur Zeit vorliegenden stärkeren Schäden in Eichenbeständen Nordostdeutschlands werden durch einen Komplex von abiotischen und biotischen Faktoren verursacht, die eng miteinander verzahnt sind. Mit großer Wahrscheinlichkeit spielen klimatisch bedingte Ursachen bei der Ausbildung der Schäden eine größere Rolle, die in Verbindung mit zahlreichen anderen Faktoren (z. B. direkter Wassermangel, Bodenstreß, N-Eutrophierung, Nährstoffungleichgewichte, sekundärer Schädlingsbefall) Schadaufreten und Schadausmaß erheblich modifizieren können.
2. Es handelt sich bei den auftretenden Schäden um kein "Eichensterben". Alle Anzeichen sprechen dafür, daß sich die Bestände in Jahren mit höheren Niederschlägen erholen werden, vorausgesetzt, daß weitere Schwächungen, z. B. stärkerer Insektenfraß (Frostspanner, Eichenwickler, Goldafter, Schwammspinner u. a.), nicht eintreten bzw. unterbunden werden.

Es besteht daher kein Grund, von dem im Rahmen der Waldumbauprogramme sowie der Waldmehrerung durch Erstaufforstungen vorgesehenen größeren Eichenanbau abzugehen. Gerade aus ökologischen Gründen muß die geplante Erhöhung des Eichenanteils realisiert werden. Dabei sind die bewährten Formen der Bewirtschaftung fortzusetzen.

Literatur

- BALDER, H. 1993: Absterbeerscheinungen an Eichen - Symptome, Ursachen und Verbreitung. Bayerische Ak. d. Wissenschaften, 5, S. 33 - 43. Verlag: Dr. Friedrich Pfeil, München
- BLANK, R.; HARTMANN, G. 1993: Eichensterben in Norddeutschland, Symptomatik und mögliche Ursachen. Bayerische Ak. d. Wissenschaften, 5, S. 45 - 56. Verlag: Dr. Friedrich Pfeil, München
- HARTMANN, G.; BLANK, R.; LEWARK, S. 1989: Eichensterben in Norddeutschland - Verbreitung, Schadbilder, mögliche Ursachen. Forst und Holz, 44, S. 475 - 487
- HEINSDORF, D. et al. 1992: Boden- und ernährungskundliche Untersuchungen in geschädigten Eichenbeständen in Mecklenburg-Vorpommern. Forschungsbericht der Forstlichen Forschungsanstalt Eberswalde e.V., unveröff.
- HEINSDORF, D. et al. 1993: Charakteristik der Fremdstoffbelastung in Kiefernökosystemen über die Erfassung von boden- und ernährungskundlichen Kenndaten und unter besonderer Berücksichtigung der Waldrandproblematik sowie der Entwicklung der Bodenvegetation. Forschungsbericht der Forstlichen Forschungsanstalt Eberswalde e.V., unveröff.

Andreas Simon und Aloysius Wild

Institut für Allgemeine Botanik, Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Untersuchungen zum Mineralstoff-, Phenol- und Chlorophyllgehalt in Blatt und Rinde von unterschiedlich stark geschädigten Stieleichen (*Quercus robur*)

Einleitung

Der Schwerpunkt der Forschung zur Problematik der Eichenerkrankung lag in den letzten Jahren auf der Erforschung von klimatischen und biotischen Faktoren. Die Arbeiten auf diesem Gebiet haben zu einer guten Kenntnis von möglichen entomologischen und mykologischen Einflußfaktoren geführt. Über die biochemischen und physiologischen Aspekte ist dagegen relativ wenig bekannt. Auch stand zu Beginn der Forschungsaktivitäten zur Problematik der neuartigen Waldschäden die Baumart Fichte (*Picea abies*) eindeutig im Vordergrund des Interesses. Auch hier wurde die Eiche, u.a. weil sich bei den Nadelbäumen in diesem Zusammenhang die Schadsymptome schon zu Beginn der achtziger Jahre zeigten, eher nebensächlich behandelt. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, daß sich die Eiche biochemisch anders verhält als die Fichte und man die Erkenntnisse über die Pathophysiologie der Fichte nicht auf die Laubbäume übertragen kann.

Material und Methoden

Material

Die untersuchten Eichen stocken im Forstamt Hachenburg Süd, Forstrevier Mündersbach, in den Abteilungen Roßbach 12b u. 17b, sowie in der Abteilung Mündersbach 4c. Es handelt sich dabei um Stieleichen (*Quercus robur*) im Alter von 138 bis 175 Jahren. Im Herbst 1993 wurden insgesamt 82 Eichen markiert, und nach einer Schadansprache im Sommer 1994 durch die Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz 30 Bäume unterschiedlichen Schädigungsgrades zur Untersuchung biochemischer Parameter ausgewählt. Der Schädigungsgrad der Eichen reichte von 10 % Blattverlust bis 95 % Blattverlust, mit einem Schwerpunkt auf mittelstark geschädigten Bäumen. Zwei Eichen der Schadstufe 3 haben im Frühjahr 1995 nicht mehr ausgetrieben. Da nur noch ein Baum der Schadstufe 0 zuzuordnen war, wurden die Bäume der Schadstufen 0-1 zusammengefaßt. Die Bäume der Schadstufe 2 wiesen einen Blattverlust von höchstens 45 % auf, um deutliche Unterschiede in der Bonität zu den Bäumen der Schadstufe 3 zu gewährleisten. Dagegen unterschieden sich die Bäume der Schadstufen 0-1 und 2 kaum, da die meisten Bäume der Schadstufe 1 in der Bonität nur wenig besser waren, als die der Schadstufe 2.

Methoden

Die Mineralstoffanalyse der Blatt- und Rindenproben erfolgte nach Salpetersäuredruckaufschluß mit Hilfe der ICP- Emissionsspektrometrie, die Stickstoff- und Kohlenstoffbestimmung mittels C H N-Analyzer.

Die Bestimmung des Chlorophyllgehaltes in den Blattproben erfolgte nach der Methode von HISCOX & ISRAELSTAM (1979), wobei 0,4 g Blattmaterial mit 10 ml DMSO (Dimethylsulfoxid) überschichtet und für 4 Stunden bei 65 °C inkubiert wurden. Die Chlorophyllkonzentration des DMSO-Extraktes wurde nach der Formel von HARBORNE (1973) bestimmt.

Die Bestimmung des ethanolischen Phenolgesamtgehaltes von Blatt- und Rindenproben wurde nach einer Methode von SIMONS & ROSS (1971), modifiziert nach YEE-MEILER (1974), mit Folin- Ciocalteus Phenolreagenz durchgeführt.

Ergebnisse

Blattproben

Die durchschnittlichen Mineralstoffgehalte aller 30 Bäume sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Signifikante Unterschiede auf den drei Teilflächen traten nur bei Stickstoff und Zink auf. Die Eichen zeigen bei fast allen Elementen eine gute bis sehr gute Nährstoffversorgung. Lediglich die Magnesiumwerte sind als dürftig bis schwach zu bezeichnen. Die Cadmiumgehalte sind, verglichen mit den Gehalten in anderen Eichenbeständen in Rheinland-Pfalz, dagegen relativ hoch (SCHRÖCK, 1994 u. mündl. Mitteilung). Bei Stickstoff konnte kein erhöhter Gehalt festgestellt werden.

Differenziert man nun die Mineralstoffgehalte in die verschiedenen Schadstufengruppen, so treten signifikante Unterschiede bei den Elementen Stickstoff, Kalium und beim N/K- Verhältnis auf. Bei Kalium sind die Gehalte der Schadstufe 3 mit 7,8 mg/g TS zu beiden anderen Schadstufen (10,5 bzw. 11,3 mg/g TS) signifikant erniedrigt (Abb. 1). Auch beim Stickstoff liegt der Gehalt der Bäume der Schadstufe 3 mit 2,27 % TS niedriger als in den beiden anderen Gruppen (2,53 bzw. 2,64 % TS), signifikant jedoch nur zur Schadstufe 2 (Abb. 2). Obgleich sowohl Kalium als auch Stickstoff in der Schadstufe 3 erniedrigt sind, zeigen sich auch beim N/K- Verhältnis signifikante Unterschiede zwischen den Schadstufen 3 und 2, bedingt durch die Tatsache, daß in der Schadstufe 3 die Kaliumwerte deutlicher als die Stickstoffgehalte erniedrigt sind (Abb. 3).

Bei Calcium sind die Gehalte der ersten beiden Gruppen etwa gleich, die der Schadstufe 3 sind tendenziell schwächer (Abb. 4). Allerdings sind hier die Ergebnisse, aufgrund der hohen Standardabweichung in den Schadstufen 0-1 bzw. 3, nicht signifikant. Die relativ hohen Cadmiumwerte verteilen sich auf alle Schadstufen etwa gleich. Den höchsten Wert zeigt die Schadstufe 0-1, allerdings mit einer sehr hohen Standardabweichung (Abb. 5).

Tab. 1:

	Mn	Mg	Ca
mg/g TS	1,582	1,143	6,710
SD	0,487	0,271	1,965

	K	Zn	Fe
mg/g TS	10,354	0,028	0,150
SD	2,081	0,007	0,028

	B	Al	Cd (ppm)
mg/g TS	0,050	0,079	0,230
SD	0,019	0,019	0,097

	P	S	N (%)
mg/g TS	1,515	1,755	2,538
SD	0,213	0,160	0,230

	C/N	N/K	N/Mg
	19,793	2,543	23,418
SD	1,885	0,520	5,581

Magnesium zeigt in allen drei Schadstufengruppen dürftige Gehalte (Abb. 6). Die Werte liegen alle um 1,1 mg/g TS. Auffällig verhalten sich die Bäume der Schadstufe 3. Hier finden sich sowohl die Eichen mit den niedrigsten Magnesiumgehalten (~ 0,7 mg/g TS) als auch der Baum mit der besten Magnesiumversorgung (~1,7 mg/g TS), worauf die große Standardabweichung in dieser Gruppe beruht. Interessanterweise ist dieser Baum im Winter 1994/95 abgestorben und hat im Frühjahr 1995 nicht mehr ausgetrieben.

Die Chlorophyllgehalte zeigen analog zu Magnesium keine signifikanten Unterschiede (Abb. 7). In der Schadstufe 3 ist die Standardabweichung erneut sehr hoch. Trotz ähnlichen Verhaltens in den Mittelwerten und der Standardabweichung korrelieren die Chlorophyllgehalte bei den einzelnen Eichen in keiner Weise mit den Magnesiumgehalten.

Bei den Werten an ethanollöslichen Phenolen in den Blättern zeigen sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede. Lediglich in der Schadstufe 3 ist der Gehalt leicht erhöht (Abb. 8). Die Gehalte der Einzelbäume haben eine große Spannweite von etwa 40 mg/g FS bis hin zu etwa 165 mg/g FS. Durch diese große Spannweite, die sich durch alle Schadstufengruppen zieht, sind klare Aussagen noch nicht möglich. Auffallend ist die Tatsache, daß die Phenolgehalte eine signifikante negative Korrelation zu den Chlorophyllgehalten zeigen (Abb. 9).

Rindenproben

Die Gehalte an ethanollöslichen Phenolen verhalten sich bei den Rindenproben in Bast und Borke tendenziell gleich.

In der Borke liegen die Phenolgehalte in den Schadstufen 0-1 bzw. 2 etwa gleich, in der Schadstufe 3 deutlich darunter (Abb. 10). Aber auch hier sind die Standardabweichungen so groß, daß die Unterschiede nicht als signifikant angesprochen werden können. Die Gehalte der Einzelbäume zeigen mit Werten zwischen ~10 mg/g FS und ~60 mg/g FS eine geringere Spannweite als bei den Blattproben, allerdings sind die Gehalte in der Borke im Schnitt deutlich niedriger als in den Blattproben.

Im Bast zeigt sich ein ähnliches Bild. Hier ist der Unterschied zwischen der Schadstufe 3 und den beiden anderen Schadstufen signifikant, allerdings mit einer nicht akzeptablen Standardabweichung (Abb. 11). Diese große Standardabweichung kommt dadurch zustande, daß in der Schadstufe 3 zwei Bäume im Frühjahr 1995 nicht mehr ausgetrieben haben, und diese beiden Bäume zum Zeitpunkt der Rindenentnahme im Februar 1995 wahrscheinlich bereits abgestorben waren. Sie weisen bei der Analyse nur noch Werte von unter 10 mg/g FS auf.

Zur Mineralstoffanalyse der Rindenproben wurde die Schadstufe 3 um 5 abgestorbene Bäume aufgestockt. Diese Eichen konnten aufgrund von Zersetzungsprozessen bzw. fehlendem Blattmaterial nicht für die obigen Analysen herangezogen werden.

Auf die Ergebnisse in der Borke soll hier nicht näher eingegangen werden. Im Bast sind nur wenige klare Unterschiede zu erkennen, mit Ausnahme bei Cadmium. Der Mittelwert in der Schadstufe 3 liegt bei fast 1 ppm und damit dreimal höher als in den beiden anderen Schadstufen (Abb. 12). Allerdings ist hierzu zu bemerken, daß die Cadmiumgehalte in den abgestorbenen Bäumen höher sind als in den noch lebenden, stark geschädigten Eichen. Diese Tendenz zeigt sich auch bei den Elementen Mangan, Zink, Schwefel und Stickstoff.

Diskussion

Blattproben

Vergleicht man die mittleren Mineralstoffgehalte von Zink, Calcium, Kalium, Eisen, Schwefel und Phosphor aller Bäume mit denen anderer Untersuchungen (THOMAS, 1992; SCHRÖCK, 1994; SCHMITT & WILD, 1995) so kann man, wie erwähnt, die Mineralstoffversorgung als gut bis sehr gut bezeichnen. Die Stickstoffgehalte liegen mit ~2,5 % TS praktisch im Optimum.

Bei der Differenzierung der Mineralstoffgehalte in den Schadstufengruppen zeigen sich beim Kalium in allen drei Gruppen zufriedenstellende Blattspiegelwerte. Der durchschnittliche Gehalt in der Schadstufe 3 ist zwar gegenüber den anderen beiden Gruppen erniedrigt,

aber mit fast 8 mg/g TS nicht als defizitär zu bezeichnen. Lediglich bei einer Eiche der Schadstufe 3 ist die Kaliumversorgung mit etwa 5 mg/g TS dürftig. In der Literatur wird oft über schwache Kaliumversorgung in geschädigten Eichenbeständen berichtet (BALDER, 1989), ebenso in geschädigten Buchenbeständen (FLÜCKIGER et al., 1984; BALSBERG PAHLSSON, 1989). Dies ist in der vorliegenden Untersuchung nicht zu bestätigen. Schwache Kaliumversorgung als Ursache bzw. Auswirkung der Eichenerkrankung erscheint in den hier untersuchten Beständen fraglich.

Gleiche Aussagen können auch für den Stickstoffgehalt getroffen werden. Auch hier ist der Durchschnittswert der Schadstufe 3 niedriger als in den beiden anderen Schadstufen, aber ebenfalls nicht im Mangelbereich. Die Gehalte der Bäume der Schadstufen 0-1 bzw. 2 liegen zwar höher, zeigen aber keine Überversorgung. Hohe Stickstoffgehalte, die oft als prädisponierender Faktor erwähnt werden (MOHR, 1986; HARTMANN, 1989; THOMAS, 1992), spielen in den untersuchten Beständen offensichtlich keine Rolle.

Auch das erhöhte N/K- Verhältnis in der Schadstufe 3 ist wohl nicht von Bedeutung. Zwar scheint ein erhöhtes N/K- Verhältnis zu verstärktem Befall mit saugenden Insekten zu führen (BRÜNNING & UEBEL, 1968; BAULE 1968 & 1984), die Blätter der Eichen der Schadstufe 3 weisen aber in dieser Hinsicht keine größeren Schäden auf als die Bäume der anderen Schadstufen.

Bei Calcium können die gleichen Aussagen gemacht werden wie bei Kalium und Stickstoff. Die hier tendenziell erniedrigten Gehalte in der Schadstufe 3 liegen mit etwa 5,5 mg/g TS ebenfalls im Bereich ausreichender Versorgung. Lediglich einer der beiden Bäume, die im Winter 1994/95 abgestorben sind, zeigt mit 2,8 mg/g TS mangelhafte Calciumversorgung.

Die Magnesiumblattspiegelwerte sind dagegen in allen drei Schadstufengruppen als schwach einzustufen. EVERS (1994) gibt als Mangelgrenzwert für Magnesium bei *Quercus robur* 1,2 mg/g TS an, wobei die Mineralstoffgrenzwerte für Eiche noch nicht so gut gesichert erscheinen, wie beispielsweise für die Fichte. Magnesium kann demnach in den hier untersuchten Eichen als ein Mangelfaktor angesprochen werden. Auffallend ist, daß auch die Eichen mit den niedrigsten Magnesiumgehalten (~ 0,7 mg/g TS) keine, bzw. nur ganz schwach ausgeprägte chlorotische Blattverfärbungen aufweisen.

Alle drei Bestände wurden 1991 mit Dolomit (3 t/ha) gekalkt. Ob die Kalkungsmaßnahme zu einer Verbesserung der Magnesiumgehalte geführt hat, kann aufgrund fehlender Untersuchungen vor der Kalkungsmaßnahme nicht mehr überprüft werden, scheint jedoch in Anbetracht der niedrigen Gehalte 1994 fraglich.

Offen bleibt die Frage nach den hohen Cadmiumwerten. Hohe Schwermetallgehalte in Blättern werden in der Regel durch hohe Kontaminationen des Bodens, trockene Deposition, oder durch mangelndes Ausschlußverfahren der Wurzel erreicht. Da in den untersuchten Beständen die Bodenanalyse noch nicht vorliegt und bisher auch keine Wurzeluntersuchungen durchgeführt worden sind, können die Cadmiumgehalte zur Zeit nicht diskutiert werden.

Zusammenfassend kann man zu den Mineralstoffanalysen in den Blattproben sagen, daß auch die stark geschädigten Eichen in der Regel bei allen Elementen mit Ausnahme von Magnesium im Bereich ausreichender Versorgung liegen. Allerdings reichen die Gehalte nicht an die der beiden anderen Schadstufen heran. Eine gleichartige Untersuchung im Sommer 1995 soll zeigen, ob sich diese Entwicklung bestätigt, oder gegebenenfalls verstärkt.

Die Schadstufen 0-1 bzw. 2 zeigen bei fast allen Elementen (mit Ausnahme Cadmium) gleich hohe Gehalte. Dies liegt daran, daß, wie oben beschrieben, die Unterschiede in der Bonität der Bäume zwischen diesen beiden Gruppen nur gering waren. Man kann bei der vorliegenden Untersuchung also grundsätzlich einen Unterschied zwischen Eichen mit einem Blattverlust bis maximal 45 % und stark geschädigten Eichen mit einem Blattverlust >60 % in der Mineralstoffversorgung feststellen.

Die Chlorophyllgehalte sind, bezogen auf die Trockenmasse, im Vergleich zu anderen Standorten (SCHMITT & WILD, 1995) befriedigend bis gut zu bewerten. Dadurch ist auch zu erklären, warum selbst bei Eichen mit stark erniedrigtem Magnesiumgehalt keine starken chlorotischen Blattverfärbungen zu erkennen waren. Bei der Fichte ist der Schwellenwert, ab welchen Chlorophyllgehalten Nadelvergilbungen auftreten, gut bekannt (SIEFERMANN-HARMS et al., 1993). Bei Eichen und Buchen ist der Schwellenwert, ab welchen Chlorophyllgehalten Vergilbungen auftreten noch nicht klar. Gut belegt ist lediglich, daß die Chlorophyllgehalte bei Eiche und Buche deutlich über denen der Fichte liegen (SCHMITT & WILD, 1995; WILD et al., 1995).

Der Umstand, daß Chlorophyll nicht mit den Magnesiumgehalten korreliert, ist in sofern nicht überraschend, da im Chlorophyll nur etwa 10 % des Blattmagnesiums gebunden sind. Lediglich bei stark geschädigten Fichtennadeln wurde ein Anstieg auf bis zu 30 % beobachtet (FINK, 1992).

Über den Gehalt der ethanollöslichen Phenole können keine vergleichenden Aussagen gemacht werden, da Daten aus anderen Eichenbeständen fehlen. Die Gehalte zeigen keinen Zusammenhang mit dem Schädigungsgrad. Phenole haben in den Blättern u.a. eine Schutzfunktion aufgrund ihrer insekten- und pilzabwehrenden Wirkung. Ein Zusammenhang zwischen Fraßschäden und Phenolgehalt war nicht zu erkennen, was sich mit den Ergebnissen von BALSBERG PAHLSSON (1989) bei der Buche deckt. Die Bestände litten im Frühjahr 1995 stark unter Wicklerfraß (*Tortrix viridana*). Die Bäume mit niedrigen Phenolgehalten wurden dabei nicht stärker befallen als diejenigen mit hohen Gehalten. Abschließend ist zu den Phenolen zu bemerken, daß mit der angewendeten Methode nur die ethanollösliche Fraktion erfaßt werden kann, höhermolekulare Phenole wie Lignin sind nicht mitbestimmt worden. Daher darf man die Daten nicht als Phenolgesamtgehalt ansprechen.

Die Frage, woher die gute negative Korrelation zwischen den ethanollöslichen Phenolen und dem Chlorophyllgehalt rührt, kann zur Zeit noch nicht beantwortet werden. Direkte Konkurrenzreaktionen bei den Synthesen der beiden Substanzen sind eher auszuschließen, da diese Prozesse getrennt voneinander ablaufen. Da Phenole zum Teil auch Enzymreaktio-

nen blockieren können, wäre es denkbar, daß ein hoher Phenolgehalt in der Zelle zu einer Verminderung der Leistung der an der Chlorophyllsynthese beteiligten Enzyme führt. Zum anderen führt Insektenfraß häufig zur Bildung von Phytoalexinen, welche teilweise phenolische Struktur besitzen (GROSS, 1987). Bei massivem Insektenbefall könnte die Zelle nun zu einer erhöhten Phenolproduktion angeregt werden und dabei die Synthese anderer Substanzen drosseln, was allerdings das Verhältnis niedrige Phenolgehalte/ hohe Chlorophyllgehalte nicht erklärt. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß beide Substanzen in Verbindung mit einem dritten, bei den hier bestimmten biochemischen Parametern nicht erfaßten, Faktor stehen.

Rindenproben

Die Gehalte an ethanollöslichen Phenolen in der Borke liegen deutlich niedriger als in den Blattproben, da es sich bei der Borke um totes Gewebe handelt. Die phenolischen Substanzen werden in der Borke nach und nach zu Phlobaphenen autoxydiert, welche mit der angewendeten Methode nicht zu erfassen sind. In der Borke haben die Phlobaphene in erster Linie antiseptische Wirkung, d.h. sie dienen der Abwehr von pilzlichen und bakteriellen Angriffen. Die Rolle der ethanollöslichen Phenole in der Borke ist schwer zu beurteilen, da sie mengenmäßig nicht an die Phlobaphene heranreichen. Eventuell besitzen sie eine stärkere Abwehrwirkung gegenüber Insektenattacken. Die geringeren Gehalte der stark geschädigten Bäume könnten damit eine stärkere Gefährdung durch Rindenparasiten bedeuten.

Erwartungsgemäß zeigten sich im Bast deutlich höhere Gehalte an ethanollöslichen Phenolen als in der Borke, da es sich hier um ein lebendes Gewebe handelt. Aufgrund seiner Funktion als Leitgewebe für die Assimilationsprodukte stellt der Bast ein attraktives Gewebe für Parasiten dar und Bedarf eines intensiveren Schutzes. Auch hier liegen die Gehalte der Eichen der Schadstufe 3 unter denen der Schadstufen 0-1 bzw. 2, welche wiederum etwa gleiche Gehalte aufweisen. Bemerkenswert ist die Geschwindigkeit mit der die ethanollöslichen Phenole nach dem Absterben eines Baumes offensichtlich abgebaut werden. Die beiden abgestorbenen Eichen waren bis in den November 1994 wahrscheinlich noch vital. Bereits im Februar 1995, dem Zeitpunkt der Rindenentnahme, betrug der Phenolgehalt nur noch ein Zehntel des Baumes mit dem nächst niedrigen Gehalt. Dieser schnelle Abbau der phenolischen Komponenten, der auch durch Auswaschungsprozesse bedingt sein könnte, ermöglicht u.a. auch sekundären Besiedlern ein relativ rasches Eindringen in den abgestorbenen Stamm, auch wenn die Rinde noch fest am Stamm anhaftet.

Insgesamt besitzen die stark geschädigten Eichen in beiden Rindengeweben einen geringeren Gehalt an ethanollöslichen Phenolen als die Bäume bis zu mittelgradiger Schädigung. Dies läßt auf eine höhere Anfälligkeit gegenüber biotischen Schädlingen schließen.

Wie bei den Blattproben können auch bei den Bastproben die Cadmiumgehalte nur unzureichend diskutiert werden. Die Cadmiumgehalte in Blatt, Bast und Borke korrelieren in keiner

Weise miteinander, d.h. hohe Cadmiumgehalte in den Blättern ziehen nicht hohe Gehalte in anderen Geweben nach sich.

Die abgestorbenen Eichen übertreffen die schon hohen Cadmiumgehalte der stark geschädigten Bäume der Schadstufe 3. Dies ist bei den Bastproben auch bei den Elementen N, S, Mn und Zn der Fall. Ob es hier zu einer Aufkonzentrierung dieser Elemente im Verlauf des Absterbeprozesses oder durch äußere Einträge gekommen ist, kann nicht beurteilt werden, da diese Eichen nicht im lebenden Zustand beprobt wurden. Aufschluß darüber kann jedoch eine Beprobung der im Laufe der Untersuchung abgestorbenen Bäume im nächsten Winter geben.

Aber auch wenn man die Schadstufe 3 auf die stark geschädigten Bäume reduziert, sind die Cadmiumwerte gegenüber den anderen beiden Schadstufen immer noch signifikant erhöht. Cadmium kann, wie andere Schwermetalle auch, durch seine enzyblockierende Wirkung die Funktion von Geweben erheblich beeinträchtigen. Im Falle des Bastes wäre in erster Linie an Störungen des Assimilattransportes zur Wurzel zu denken.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wurden Blatt- und Rindenproben unterschiedlich stark geschädigter Eichen auf ihren Mineralstoff-, Chlorophyll- und Phenolgehalt untersucht.

In den Blattproben zeigten die stark geschädigten Eichen geringere Gehalte an Stickstoff, Kalium und Calcium sowie ein erhöhtes N/K- Verhältnis. Allerdings befanden sich die Gehalte, von wenigen Ausnahmen abgesehen, nicht im Mangelbereich.

Die Magnesiumgehalte waren in allen drei Schadstufen schwach bis unzureichend.

Die Cadmiumgehalte waren in allen Schadstufen hoch.

Die Schadstufen 0-1 u. 2 unterschieden sich in den Mineralstoffgehalten nur gering.

Bei den Chlorophyllgehalten waren keine Unterschiede zwischen den Schadstufen auszumachen. Die Gehalte können als befriedigend bis gut angesprochen werden.

Auch bei den Gehalten an ethanollöslichen Phenolen in den Blättern zeigten sich zwischen den Schadstufen keine signifikanten Unterschiede. Der durchschnittliche Phenolgehalt bei Bäumen der Schadstufe 3 war nur geringfügig höher als in den beiden anderen Schadstufen.

Die ethanollöslichen Phenole zeigten eine signifikante, negative Korrelation mit den Chlorophyllgehalten.

Die stark geschädigten Bäume hatten sowohl in den Bast- als auch in den Borkenproben niedrigere Gehalte an ethanollöslichen Phenolen. Nach dem Absterben eines Baumes kommt

es zu einer raschen Zersetzung der Phenole im Bast. Zwischen den Schadstufen 0-1 bzw. 2 sind bei den Phenolgehalten keine Unterschiede zu erkennen.

Im Bast zeigten sich bei stark geschädigten und abgestorbenen Eichen stark erhöhte Cadmiumgehalte. Die abgestorbenen Bäume wiesen dabei die höchsten Werte auf.

Literatur

- BALSBERG PAHLSSON, A.M. (1989): Mineral nutrients, carbohydrates and phenolic compounds in leaves of beech in southern Sweden as related to environmental factors. *Tree physiology* **5**: 485-495.
- BAULE, H. (1968): Zusammenhang zwischen Nährstoffgehalten und Krankheiten bei Forstpflanzen. Sonderdruck aus AFZ **49**.
- BAULE, H. (1984): Zusammenhang zwischen Nährstoffversorgung und Walderkrankungen. AFZ **30/31**: 775-778.
- BRÜNNING, D., E. UEBEL (1968): Düngung und Populationsdichte von Napschildläusen. AFZ **30**: 536-537.
- EVERS, F.H. (1994): Magnesiummangel, eine verbreitete Erscheinung in Waldbeständen - Symptome und analytische Schwellenwerte. Mitt. Ver. Forstl. Standortkunde u. Forstpflanzenzüchtung **37**: 7-16.
- FINK, S. (1992): Histologische und histochemische Untersuchungen zur Nährstoffdynamik in Waldbäumen im Hinblick auf die „Neuartigen Waldschäden“. V. Weitere Ergebnisse zum Verhalten von Calcium und Magnesium in verschiedenen Geweben. 8. Statuskolloquium des PEF Karlsruhe: 289-298.
- FLÜCKIGER, W., S. BRAUN, H. FLÜCKIGER-KELLER (1984): Untersuchungen über Waldschäden in der Nordwestschweiz. Schweizerische Zeitschrift f. Forstwesen **135**: 389-444.
- GROSS, D. (1987): Chemische Abwehrstoffe der Pflanze. Biol. Rundschau **25**: 225-237.
- HARBORNE, J.B. (1973): Phytochemical methods Chapman & Hall, London.
- HARTMANN, G., R. BLANK, S. LEWARK (1989): Eichensterben in Norddeutschland - Verbreitung, Schadbilder, mögliche Ursachen. Forst u. Holz **44**: 475-487.
- HISCOX, I.D., G.F. ISRAELSTAM (1979): A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Can. J. Bot. **57**: 1332-1334.
- MOHR, H. (1986): Die Erforschung der neuartigen Waldschäden. BIUZ **16**: 83-89.
- SCHMITT, V., A. WILD (1995): Auswirkung einer Düngemaßnahme auf morphologische und biochemische Parameter von Eichen an der Umweltkontrollstation Merzalben. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland- Pfalz 32/1995: 66-90.
- SCHRÖCK, H.W. (1994): Kronenzustand auf Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland- Pfalz 28/1994.
- SIEFERMANN-HARMS, D., R. BOURGEOIS, K. BAUMANN, G. BAUMBACH, C. BUSCHMANN, W. EINIG, S. FINK, F. FRANKE, R. HAMPP, E.E. HILDEBRAND, E. HOCHSTEIN, H.- J. JÄGER, M. KONNERT, I. KOTTKE, H.K. LICHTENTHALER,

- R. MANDERSCHIED, W. SCHMIDT, H. SCHNECKENBURGER, D. SEEMANN, H. SPIECKER, W. URFER, A. WILD, K. v. WILPERT, U. ZIMMER- RINDERLE (1993):
Ergebnisse und Schlußfolgerungen der koordinierten Forschung zur montanen Vergil-
bung in Hochlagen des Schwarzwaldes (Standort Schöllkopf, Freudenstadt). Kernfor-
schungszentrum Karlsruhe, KfK PEF **104**: 79-126.
- SIMONS, J., F.A. ROSS (1971): Changes in phenol metabolism associated with induced
systemic resistance to tobacco mosaic virus in Samsun NN tobacco. *Phytopathology*
61: 1261-1265.
- THOMAS, F.M., G. BÜTTNER (1992): Der Ernährungszustand von Eichen in Nieder-
sachsen. *Forst u. Holz* **47**: 464-470.
- WILD, A., V. SCHMITT, R.E.J. KLEINER, B. MARSCHALL- WOBITO, C. YANG,
H. ZHU (1995): Biochemische Schadensdiagnose und Untersuchungen zum Metabo-
lismus von Blattorganen an einem Buchenstandort (Standort Zierenberg). Veröffentli-
chung der Ergebnisse von Forschungsarbeiten im Programm Ökologie. BMFT För-
derzeichen 0339350.
- YEE- MEILER, D. (1974): Über den Einfluß flourhaltiger Fabrikabgase auf den Phenolge-
halt von Fichtennadeln. *Eur. J. For. Path.* **4**: 214-221.

Abb.1: Kaliumgehalte im Blatt
Mittelwerte und Standardabweichungen

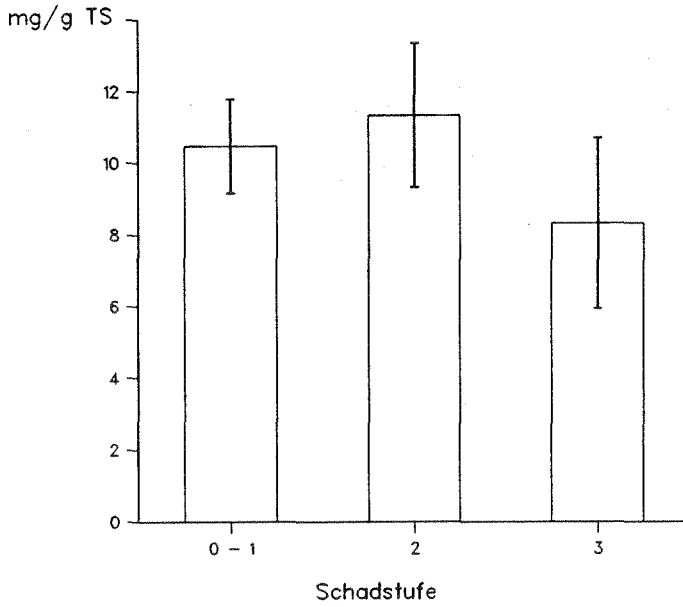


Abb.2: Stickstoffgehalte im Blatt
Mittelwerte und Standardabweichungen

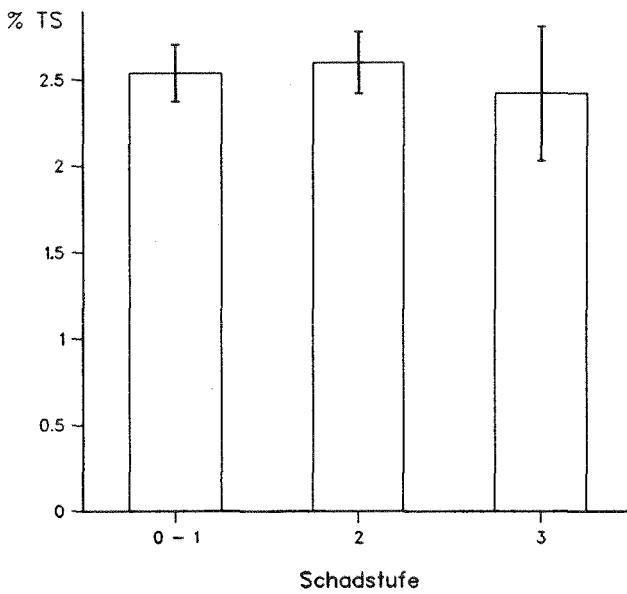


Abb.3: N/K- Verhältnisse im Blatt

Mittelwerte und Standardabweichungen

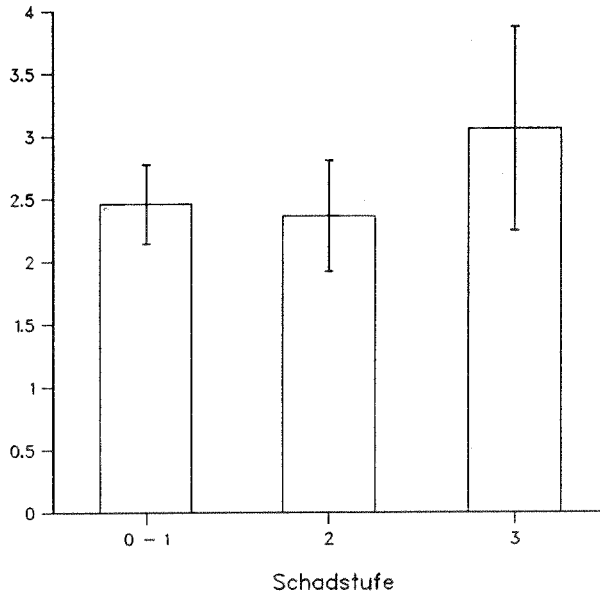


Abb.4: Calciumgehalte im Blatt

Mittelwerte und Standardabweichungen

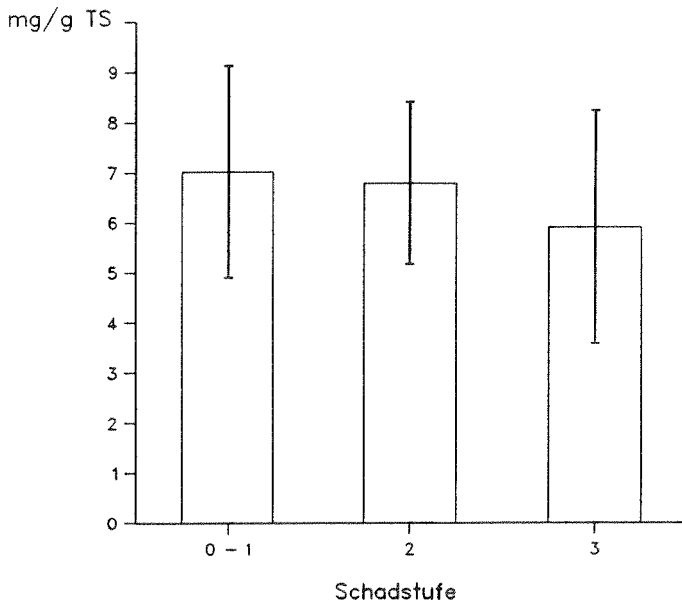


Abb.5: Cadmiumgehalte im Blatt

Mittelwerte und Standardabweichungen

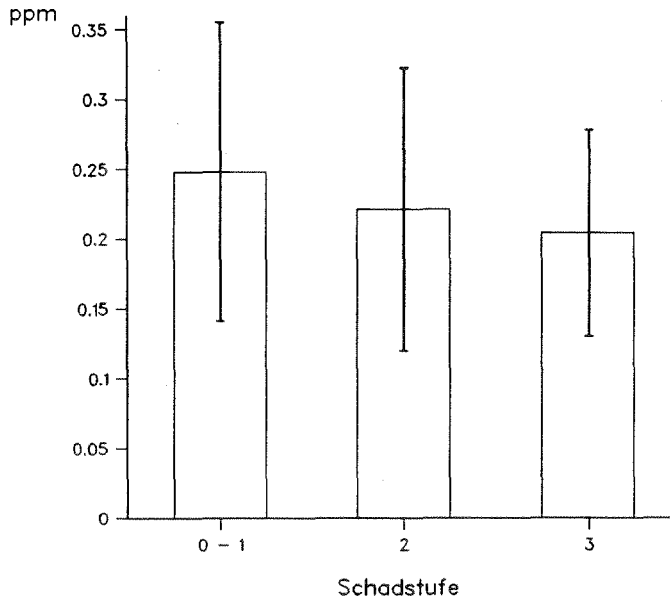


Abb.6: Magnesiumgehalte im Blatt

Mittelwerte und Standardabweichungen

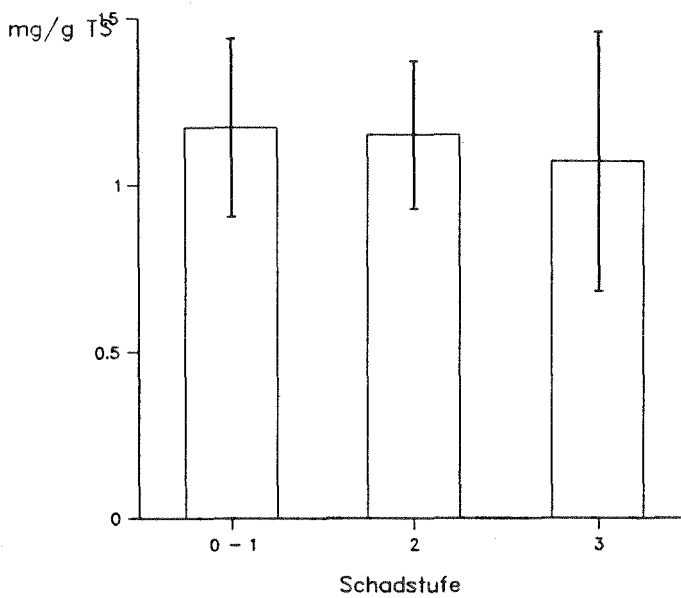


Abb.7: Chlorophyllgehalte im Blatt
Mittelwerte und Standardabweichungen

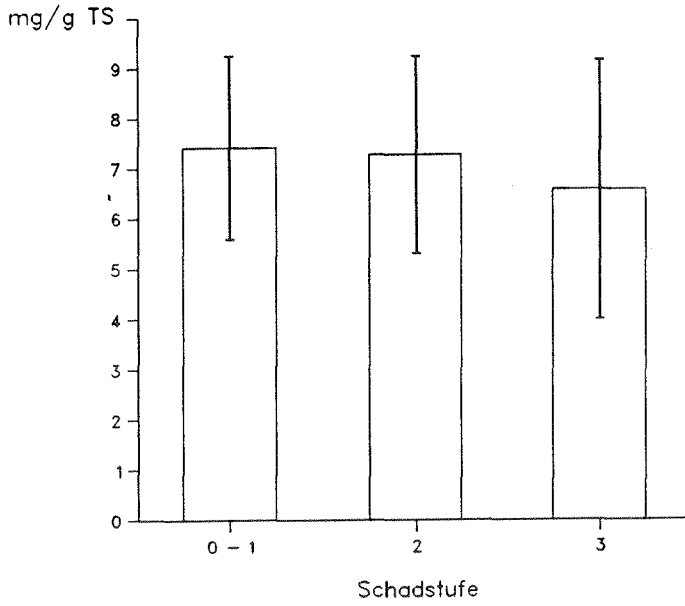


Abb.8: Phenolgehalte im Blatt
Mittelwerte und Standardabweichungen

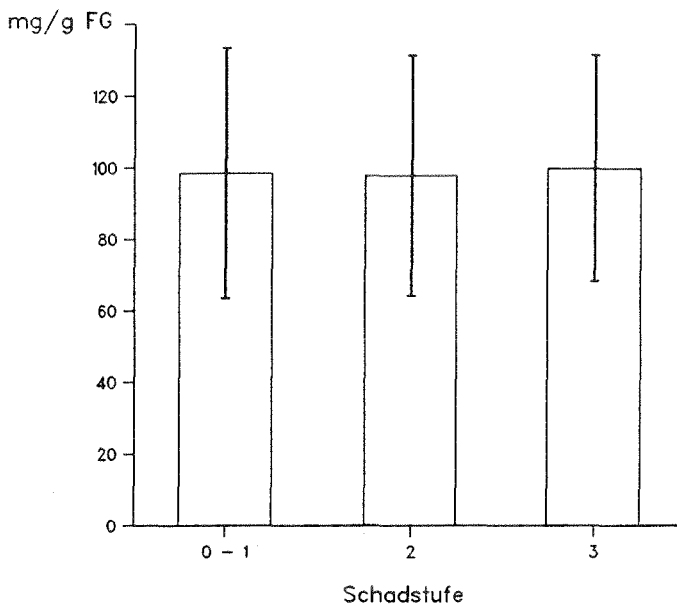


Abb.9: Chlorophyll/Phenolkorrelation

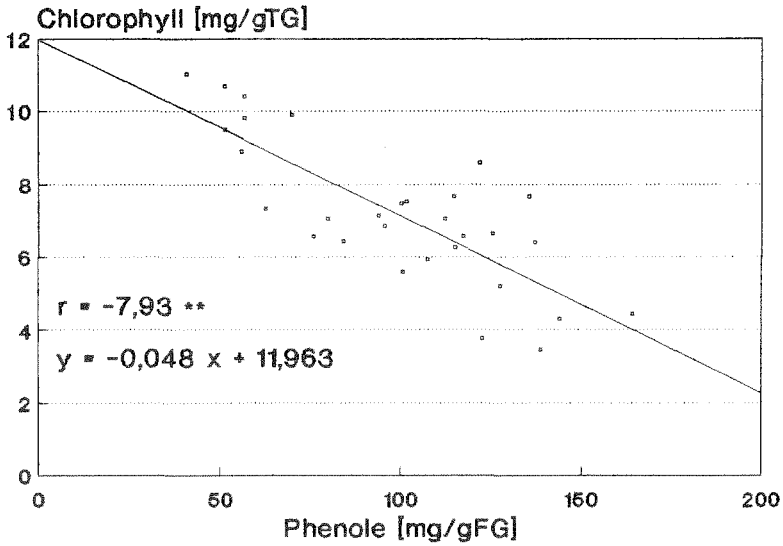
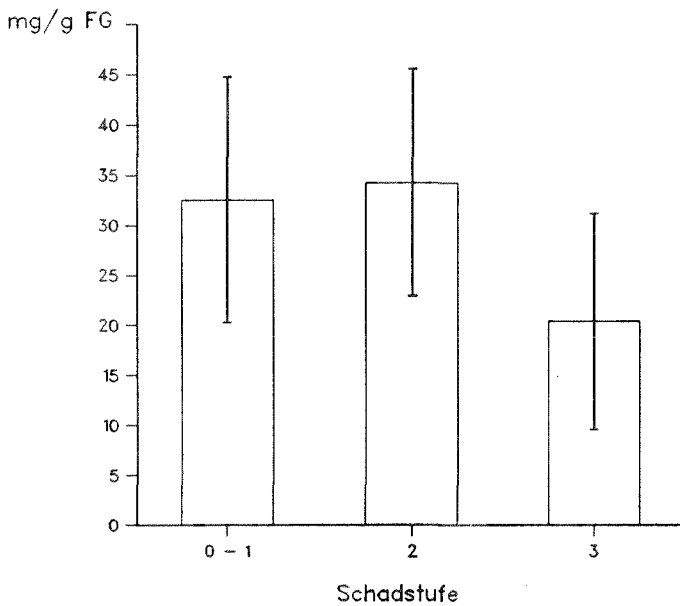
Abb.10: Phenolgehalte in der Borke
Mittelwerte und Standardabweichungen

Abb.11: Phenolgehalte im Bast
Mittelwerte und Standardabweichungen

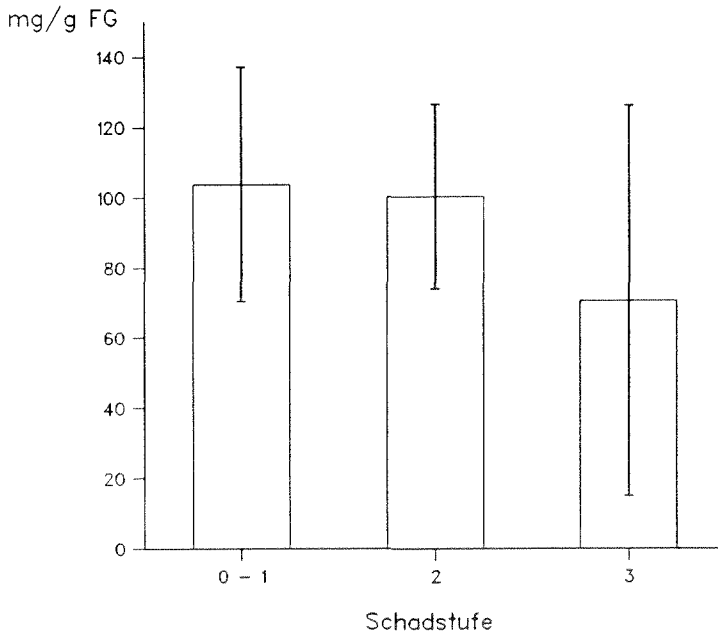
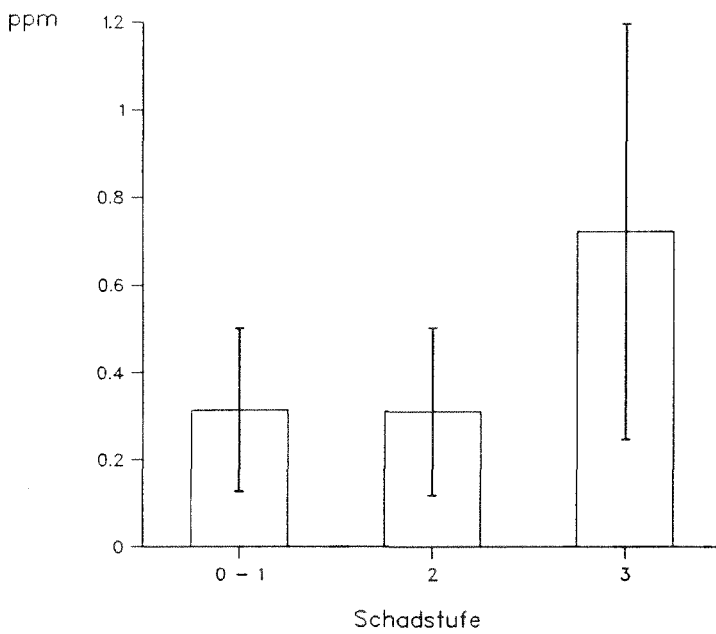


Abb.12: Cadmiumgehalte im Bast
Mittelwerte und Standardabweichungen



Irmtraut Zaspel und Heike Hertel

Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Institut für Forstpflanzenzüchtung,
Waldsieversdorf

Untersuchungen zum Einfluß des Europäischen Eichensterbens auf die genetische Struktur von Eichenbeständen

Einführung

Die langlebigen Waldbäume sind während ihres Lebens einer Vielzahl von sich ändernden abiotischen und biotischen Umweltfaktoren ausgesetzt, die ein hohes Maß an Anpassungsfähigkeit erfordern. Normalerweise können sich Individuen zunächst den verschiedenen aktuellen Umweltbedingungen durch physiologische und morphologische Reaktionen anpassen, wobei die Variationsbreite der möglichen Anpassungsreaktionen vom jeweiligen Genotyp bestimmt wird. Unter diesen Voraussetzungen können darüber hinaus Anpassungsvorgänge von Populationen an langfristige Umweltänderungen durch veränderte genetische Strukturen realisiert werden. Dabei werden durch Selektionsprozesse unzureichend angepaßte Teile von Populationen vor dem Erreichen des generativen Alters absterben bzw. während der reproduktiven Phase eher ausfallen und dadurch weniger als vitale Bäume mit längerer Reproduktionsdauer zum Genbestand der nächsten Generation beitragen. Populationen mit großer genetischer Variation lassen der natürlich ablaufenden und anthropogen bedingten Selektion mehr Spielraum, sie besitzen deshalb nach heutigem Kenntnisstand eine größere Anpassungsfähigkeit als Populationen mit kleiner genetischer Variation.

Unter dem Eindruck der sich vollziehenden raschen Veränderungen in den Waldökosystemen infolge nachhaltiger Standortveränderungen durch Schadeinträge und den Auswirkungen extremer klimatischer Ereignisse, die sich u.a. in Komplexerkrankungen wie dem Europäischen Eichensterben äußern, muß die Frage aufgeworfen werden, ob bestimmte Genotypen in besonderer Weise vom Vitalitätsverfall betroffen sind und ob die Anpassungsfähigkeit der Populationen trotz des erhöhten Ausfalls von Individuen im Bestand erhalten bleibt.

Die Waldschadensberichte der Bundesregierung weisen seit den 90er Jahren einen anhaltend hohen Prozentsatz von deutlich sichtbaren Schädigungen bei den Eichenarten aus. Fast jeder zweite Baum ist von den komplexen Auswirkungen des "Europäischen Eichensterbens" betroffen. Diese Situation wie auch die Prognosen über zu erwartende Klimaveränderungen rechtfertigen verstärkte Bemühungen zur Förderung und Erhaltung der genetischen Ressource der einheimischen Eichenarten *Quercus robur* und *Q. petraea*.

Material und Methodik

Für die Untersuchungen wurden 7 Dauerbeobachtungsflächen in ostbrandenburgischen mittelalten Stiel- und Traubeneichenbeständen angelegt, in denen eine der beiden Arten oder beide Arten gemeinsam zu mindestens 50 % in der Baumschicht vertreten sind und bei denen bereits seit einiger Zeit Vitalitätsverluste in Form unspezifischer Kronenverlichtungen beobachtet wurden (Tab. 1).

Tab. 1: Übersicht der Dauerbeobachtungsflächen

Versuch Nr.	Versuchsbezeichnung	Flächengröße	Anzahl Untersuchungs-bäume	Alter	Mischbaumarten
1	Rosinsee OF Chorin	0.4 ha	70 SEI 30 TEI	100	<i>Carpinus betulus</i> , <i>Fagus sylvatica</i>
2	Plagefenn OF Chorin	0.4 ha	107 SEI 24 TEI	90	<i>Fagus sylvatica</i>
3	Tiefensee OF Heidekrug	0.3 ha	11 SEI 38 TEI	130	<i>Fagus sylvatica</i> , <i>Carpinus betulus</i> , <i>Betula pubescens</i>
4	Blumenthal 1 OF Heidekrug	0.13 ha	65 SEI	85	<i>Pinus sylvestris</i>
5	Blumenthal 2 OF Heidekrug	0.3 ha	34 SEI	120	<i>Carpinus betulus</i> , <i>Acer pseudoplatanus</i> , <i>Tilia cordata</i>
6	Rehhagen OF Beeskow	2 ha	38 TEI	130	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Carpinus betulus</i>
7	Schwarzberg OF Beeskow	1.1 ha	24 SEI 38 TEI	130-180	<i>Tilia cordata</i> , <i>Carpinus betulus</i>

Das Untersuchungsgebiet wurde geomorphologisch und standörtlich durch die letzten beiden Stadien der Weichselvereisung geprägt. Die Jahresmitteltemperaturen betragen 8.2-8.4°C, die langjährigen Niederschlagsmittel liegen zwischen 520 und 570 mm. Die Flächen befinden sich bis auf den Versuch Tiefensee in natürlichen Waldgesellschaften mit einem Schutzstatus (NSG, LSG). Die Bestände wurden nach Angaben der Revierleiter überwiegend gepflanzt, das Saatgut stammte aus umliegenden Beständen. Lediglich die Herkunft der Fläche Blumenthal 1 ist unbekannt.

Die Beschreibung der Vitalität erfolgt durch die okulare Erfassung der Verzweigungsstruktur der Krone im unbelaubten Zustand nach ROLOFF (1989) sowie weiterer Merkmale wie der Wasserreiserbildung, der Ausbildung von Schleimflußnekrosen, des Laubverlustes sowie der Laubverfärbung während der Vegetationszeit. Die erfaßten Merkmale wurden unterschiedlich gewichtet und zu einem Vitalitätskoeffizienten zusammengefaßt (Tab. 2).

Dieses ermöglichte die Einordnung aller Bäume in Schädigungsklassen. Die tolerante Klasse umfaßt Individuen mit Vitalitätskoeffizienten im Bereich bis 2.0, die intermediäre Gruppe rangiert zwischen 2.1-2.6 und das sensitive Teilkollektiv erfaßt Individuen mit Werten über 2.6.

Tab. 2: Boniturschlüssel zur Bewertung phänotypischer Schadensymptome

Merkmal	Skala	Schlüssel	Wichtungsfaktor
Verzweigungsstruktur im unbelaubten Zustand	1	Exploration	0,5
	2	Degeneration	
	3	Stagnation	
	4	Resignation	
	5	abgestorben	
Laubverlust durch Fraß und trockenheitsbedingte Zweigabsprünge	1	unter 10 %	0.1
	2	10-30 %	
	3	30-60 %	
	4	mehr als 60 %	
Laubverfärbung	1	bis 10 % der Krone	0.1
	2	10 % -30 %	
	3	30 %-60 %	
	4	mehr als 60 %	
Wasserreiser in der Krone	1	keine	0.1
	2	vereinzelte	
	3	viele	
Wasserreiser am Stamm	1	keine	0.1
	2	vereinzelte	
	3	viele	
Rindennekrosen am Stamm mit Schleimfluß	1	ohne	0.1
	2	vereinzelte (1-3)	
	3	viele	

Von fast allen Bäumen konnten Zweige mit ruhenden Knospen geerntet werden. Die genetischen Strukturen der Versuchsbestände wurden mit Hilfe der Isoenzymanalyse an 11 Genorten untersucht (ACP-C, AP-B, AAT-B, GDH, IDH-B, MR, NDH-A, NDH-B, PGM-A, PGDH, PGI-B).

Die Proteinextraktion und ihre Auftrennung durch horizontale Stärkegelelektrophorese bzw. Polyacrylamidgelelektrophorese sowie die verschiedenen Färbesysteme wurde bereits beschrieben (HERTEL, ZASPEL im Druck). Anhand der resultierenden Bandenmuster und daraus abgeleiteten Genotypen wurden die folgenden Parameter ermittelt:

Die beobachtete Heterozygotie H_0 an einem Genort ist der Anteil heterozygoter Bäume zur Gesamtzahl untersuchter Bäume. Die erwartete Heterozygotie H_e ist der Anteil von Heterozygoten, der unter Hardy-Weinberg-Strukturen (konstante allelische Strukturen) angenommen werden muß. Der Fixationsindex F , auch als Inzuchtkoeffizient bezeichnet, wird nach der Formel $F = 1 - H_0/H_e$ berechnet. Positive Werte kennzeichnen einen Homozygotenüberschuß und negative Werte einen Heterozygotenüberschuß im Vergleich zur Zufallsverteilung.

Die Genpool-Diversität gibt das harmonische Mittel der allelischen Diversitäten an den untersuchten Genorten an. Die hypothetische gametische Multilocus-Diversität als Produkt der allelischen Diversitäten bringt die Anzahl der möglichen von einer Population bildbaren verschiedenen Gametentypen zum Ausdruck. Die verwendeten Maße wurden nach HATTEMER et al. (1993) berechnet.

Alle Daten wurden mit dem "Statistical Analysis System" (SAS Institute Inc.) ausgewertet. Der Vergleich von Stichproben, die auf ordinalen Daten basieren, erfolgte mit dem KRUSKAL-WALLIS-Test. Der Homogenitätstest der Populationsstichproben wurde mit dem Exakten-Test von FISHER bzw. bei ausreichender Stichprobengröße mit dem LIKE-LIHOOD-Quotienten-Test durchgeführt.

Ergebnisse

Phytopathologische Situation in den Versuchen 1992/93

Das Untersuchungsgebiet wies bereits im Zeitraum 1980 bis 1990 Abweichungen von den langjährigen Witterungsmittelwerten auf, wobei insbesondere zu warme Wintermonate sowie zu trockene Sommer- und Herbstmonate auftraten (SMUKALSKI et al., 1992). Die Trockenperiode setzte sich in den 90er Jahren in extremer Weise fort und äußerte sich 1992 und 1993 im Frühsommer durch vermehrte Zweigabsprünge. Parallel dazu traten in diesen Jahren starke Schäden durch die Eichenfraßgesellschaft (*Tortrix viridana*, *Operophtera brumata*) auf. Später wurde der Fraß durch *Haltica quercetorum* im unteren Kronenbereich vor allem bei den Traubeneichen der Bestände Rehhagen und Tiefensee fortgesetzt. Auf einigen Versuchsflächen (Blumenthal 1 und 2) trat erheblicher Mehltaubefall des Neuaustriebes auf. Auf den weniger vom Mehltau betroffenen Flächen wurden im August Laubverfärbungen festgestellt, die möglicherweise auf die teilweise sehr hohen Tagestemperaturen und auf Nährstoffmangel in Verbindung mit anhaltender Trockenheit in diesem Zeitraum zurückzuführen waren.

Vergleich der Eichenarten

Bei den 7 Versuchsflächen handelt es sich sowohl um Reinbestände von *Q. robur* und *Q. petraea* bzw. um Mischbestände beider Arten in unterschiedlichen Anteilen, die höchst-

wahrscheinlich auf Saatgut- bzw. Pflanzenmischungen bei der Pflanzenanzucht und Bestandesbegründung zurückzuführen sind. Die Vitalitätskoeffizienten der Gesamtstichproben beider Eichenarten betragen für *Q. robur* 2.41 und für *Q. petraea* 2.19 und unterscheiden sich sicher ($p=0.001$). Auch bei einem Vergleich der beiden Arten nur von den Flächen mit Mischbeständen besitzt die Traubeneiche eine höhere Vitalität (2.28) im Vergleich zur Stieleiche (2.43) auf dem gleichen Signifikanzniveau.

Die einzelnen Boniturmerkmale, die gemeinsam den Vitalitätskoeffizienten bilden, zeigen in den meisten Fällen bei *Q. petraea* einen größeren Anteil von Bäumen in den unteren Boniturstufen. Bei den Merkmalen Verzweigung, Laubverfärbung und Wasserreiserbildung in der Krone sind diese Unterschiede auch gesichert. Lediglich das Auftreten von Schleimflußnekrosen ist bei *Q. petraea* in der oberen Boniturstufe stärker (Abb. 1).

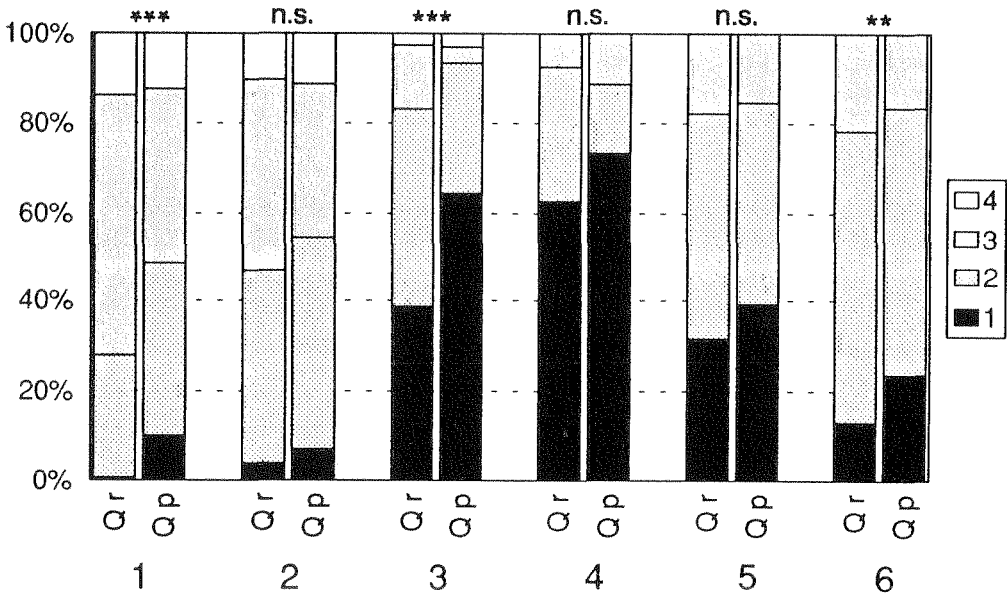


Abb. 1: Verteilung von *Quercus robur* (Qr) und *Q. petraea* (Qp) in die Boniturstufen: 1 Verzweigungsstruktur, 2 Laubverlust, 3 Laubverfärbung, 4 Nekrosen, 5 Wasserreiser Stamm, 6 Wasserreiser Krone

Die genetische Struktur von 435 Einzelbäumen, davon 281 Stieleichen und 154 Traubeneichen, wurden mit Isoenzymmarkern beschrieben. Es wurden insgesamt 46 Allele an den untersuchten 11 Genorten gefunden, 40 Allele bei *Q. petraea* und 41 Allele bei *Q. robur*.

Beträchtliche genetische Unterschiede zwischen den beiden Eichenarten bestehen bei Allelhäufigkeitsverteilungen an den Loci PGM-A, ACP-C, GDH, IDH-B und AP-B. Eine getrennte Betrachtung der Arten ist deshalb unumgänglich.

Vergleich zwischen den Vitalitätsklassen

Die Einteilung aller untersuchten Bäume in drei Vitalitätsklassen basiert auf ihrem Vitalitätskoeffizienten und gestattet eine zusammenhängende Betrachtung zwischen dem jeweiligen Schädigungsgrad und genetischen Parametern nach Arten getrennt.

Entsprechend den Boniturergebnissen ist die Verteilung der beiden Arten in die drei Schadklassen signifikant unterschiedlich. Das Verhältnis der prozentualen Verteilung in die Vitalitätsklassen tolerant : intermediär : sensitiv beträgt für *Q. robur* 22:51:27, für *Q. petraea* 44:40:16.

Bei der Betrachtung der genetischen Parameter der Stieleichen-Stichproben in den einzelnen Vitalitätsklassen ist der Anstieg des Fixierungsindex von der toleranten zur sensitiven Klasse hin auffällig (Signifikanz bei $p=0.05$). Dieses bedeutet eine Zunahme des Homozygotenüberschusses mit abnehmender Vitalität. Der beobachtete Heterozygotiegrad H_0 zeigt in dieser Reihenfolge eine Abnahme für *Q. robur* (Tab. 3).

Tab. 3: Genetische Parameter der Vitalitätsklassen von *Q. robur* und *Q. petraea*

Vitalitätsklasse	<i>Quercus robur</i>			<i>Quercus petraea</i>		
	tolerant	intermediär	sensitiv	tolerant	intermediär	sensitiv
Anzahl Bäume	62	144	75	67	62	25
beobachtete Heterozygotie	0.245 a	0.239 a	0.215 a	0.248 a	0.233 a	0.238 a
erwartete Heterozygotie	0.251 a	0.274 a	0.252 a	0.276 a	0.270 a	0.258 a
Fixierungsindex	-0.020 a	0.062 b	0.111 b	0.059 a	0.046 a	0.063 a
Subpopulationsdifferenzierung	0.050 c	0.024 ab	0.043 bc	0.053 a	0.053 a	0.057 a
Genpool-Diversität	1.36 a	1.40 a	1.36 a	1.40 a	1.39 a	1.39 a
hypoth. gamet. Multilocus-Diversität	50.4	66.4	48.8	67.4	66.4	57.7

Werte mit ungleichen Buchstaben kennzeichnen signifikante Differenzen bei einem Signifikanzniveau von $p=0.05$

Die Parameter, die sich aus den Allelhäufigkeiten der untersuchten Genorte ableiten lassen, wie die erwartete Heterozygotie, die Genpool- und die Multilocus-Diversität, ergeben für die Art *Q. robur* ein Maximum in der intermediären Vitalitätsklasse (Tab. 3).

Die Art *Q. petraea* weist bei der toleranten Vitalitätsgruppe den höchsten beobachteten Heterozygotie-Wert auf. Ansonsten können die für die Stieleiche gefundenen Unterschiede bei dieser Eichenart nicht bestätigt werden.

Diskussion

In den vorliegenden Untersuchungen wird der Versuch unternommen, Beziehungen zwischen der Vitalität der einheimischen Eichenarten und ihrer genetischen Struktur herzustellen.

In den zurückliegenden Beobachtungsjahren wirkten im Untersuchungsgebiet eine Reihe von abiotischen und biotischen Faktoren, die die Vitalität der Bestände nach den bisherigen Erkenntnissen zum Ablauf sowie zur komplexen Wirkung des Eichensterbens nachhaltig beeinflussten. Wiederholte Fraßereignisse verbunden mit anhaltender Trockenheit und hohen Temperaturen sind Ereignisse, die für den Vitalitätsverlust bei Eichen maßgeblich verantwortlich gemacht werden können (KRAPPENBAUER, 1988). Die angesprochenen Boniturmerkmale, die bereits von anderen Autoren zur Beschreibung der Vitalität herangezogen wurden (OOSTERBAAN, 1987), dokumentieren unserer Meinung nach gut den aktuellen Zustand der Einzelbäume. Insbesondere die Verzweigungsstruktur im unbelaubten Zustand (ROLOFF, 1989) belegt den Einfluß von abiotischen und biotischen Langzeiteffekten, weshalb dieses Merkmal auch höher gewichtet wurde als die übrigen Merkmale. Diese sind eher auf kurzfristige abiotische und biotische Faktoren (z.B. Gradationen von Insekten, geringere Laubdichte nach starker Blüte und Fruktifikation, kurzzeitige Witterungsereignisse) bzw. auch waldbauliche Einflüsse zurückzuführen.

Die Zusammenführung aller Boniturmerkmale und die Einteilung der untersuchten Bäume in Vitalitätsgruppen widerspiegelt zum einen die Heterogenität des Schädigungsgrades der Einzelbäume in vom Eichensterben betroffenen Beständen, gleichzeitig wird ersichtlich, daß unter den klimatischen und standörtlichen Bedingungen im Untersuchungsgebiet die Traubeneiche die Eichenart ist, die über eine bessere Vitalität verfügt. Darüberhinaus gestattet die Vitalitätsgruppenbildung den Bezug zu genetischen Parametern durch einen Vergleich der genetischen Strukturen der Klassen.

In unseren Untersuchungen wurden alle Bäume einer Fläche erfaßt, d.h. es erfolgte keine individuelle Auswahl der Versuchspflanzen. Die Flächengröße der einzelnen Versuchskreise richtete sich nach dem Standort, um die Genotyp-Umwelt-Interaktionen möglichst gering zu halten. Durch die Erfassung ganzer Bestandesteile konnte neben den beiden extremen Vitalitätsklassen "tolerant" und "sensitiv" auch eine intermediäre Klasse gebildet wer-

den. Die mengenmäßige Verteilung beider Arten in den drei Gruppen repräsentiert am besten die tatsächlichen Verhältnisse in den untersuchten Beständen.

Für die Art *Q. robur* konnte ein Zusammenhang zwischen Vitalität und beobachtetem Heterozygotiegrad festgestellt werden, der auch bereits durch andere Autoren bei den Baumarten *Picea abies* (BERGMANN u. SCHOLZ, 1987, RADDI et al., 1994), bei *Pinus sylvestris* (MÜLLER-STARCK 1985, 1989) und *Fagus sylvatica* (MÜLLER-STARCK, 1985, HERTEL u. ZANDER, 1991) bestätigt wurde. Neben der Abnahme der beobachteten Heterozygotie vom toleranten zum sensitiven Teilkollektiv tritt bei unseren Untersuchungen parallel ein Anstieg des Fixierungsindex auf, d.h. eine Zunahme des Homozygotenüberschusses mit abnehmender Vitalität der Eichen. Darin kommt eine Selektion gegen Inzuchtnachkommen zum Ausdruck. Es scheint, daß ein erhöhter Selektionsdruck gegen die nicht immer standortgerecht angebaute Stieleiche bei abnehmender Standortsfrische vorliegt. Möglicherweise ist dieser Selektionsdruck bei den untersuchten Traubeneichen auf Grund ihrer standörtlichen Angepaßtheit geringer.

Bei *Q. petraea* konnte diese Beziehung zwischen Fixierungsindex und Vitalität im Gegensatz zu unserer früheren Arbeit nicht mehr nachgewiesen werden. Wahrscheinlich kommt durch die Erweiterung der Versuchsflächenbasis die ohnehin schon bestehende größere geographische genetische Differenzierung der Traubeneiche (MÜLLER-STARCK u. ZIEHE, 1991, KREMER u. PETIT, 1993, eigene Untersuchungen) stärker zum Tragen und verwischt die anfänglich aufgetretenen Zusammenhänge.

In ökologisch-genetischen Untersuchungen an den Resten autochthoner Alteichenpopulationen der Schorfheide konnte der Zusammenhang zwischen Heterozygotie bzw. Fixierungsindex und Vitalität durch KESSLER (1994) ebenfalls bei Stieleichen, aber nicht für Traubeneichen festgestellt werden.

Die Werte der Subpopulationsdifferenzierung der Vitalitätsklassen bei *Q. robur* deuten darauf hin, daß sich möglicherweise eigene Subpopulationen nach einem Differenzierungsprozeß herausgebildet haben. Die geringere Subpopulationsdifferenzierung der intermediären Klasse zeigt, daß sie die Gesamtvariation besser repräsentiert als die beiden anderen Teilkollektive (Signifikanz bei $p=0.05$). Diese Vitalitätsgruppe kann ebenfalls auf Grund ihrer höheren Multilocus-Diversität im Vergleich zu den beiden anderen Klassen eine größere Zahl genetisch verschiedener Gameten produzieren.

Für die Art *Q. petraea* sind die Werte der Subpopulationsdifferenzierung und der Multilocus-Diversität der toleranten und der intermediären Klassen gleich. Damit wäre das Anpassungspotential der Bäume dieser beiden Vitalitätsgruppen dominierender Bestandteil der nächsten Generation.

Bis jetzt ist der Reproduktionserfolg von Eichen mit verringerter Vitalität noch nicht untersucht worden. Es muß aber angenommen werden, daß die Menge der Nachkommen von geschädigten Bäumen über einen langen Zeitraum betrachtet abnimmt im Vergleich zu vitalen Bäumen. Unter den Praxisbedingungen eines heterogen zusammengesetzten Bestandes

und bei ausreichend großen Populationen würde sich die genetische Struktur der nächsten Generation stärker den Strukturen der toleranten und der intermediären Gruppen nähern.

Literatur

- ANONYM (1993): Waldzustandsbericht der Bundesregierung. Ergebnisse der Waldschadenserhebung 1993. Bonn, Bundesrepublik Deutschland
- BERGMANN, F. & SCHOLZ, F. (1987): The impact of air pollution on the genetic structure of Norway spruce. *Silvae Genet.* **36**, 80-83
- HATTEMER, H.H.; BERGMANN, F. & ZIEHE, M. (1993): Einführung in die Genetik für Studierende der Forstwissenschaft, Frankfurt/M., 492 S.
- HERTEL, H. & ZANDER, M. (1991): Genetische Unterschiede zwischen gesunden und geschädigten Buchen eines belasteten Bestandes. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme der Universität Göttingen, Reihe B, Bd **22**, 227-229
- HERTEL, H. & ZASPEL, I. (1995): Investigations on vitality and genetic structure in oak stands. *Ann.Sci.For.* im Druck
- KEßLER, K. (1994): Untersuchungen zur genetischen Struktur der Alteichenpopulation der Schorfheide. Bericht Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin, 56 S.
- KRAPFENBAUER, A. (1988): Kronenverlichtung über die Bildung von Trenngewebe und Zweigabwürfen in Verbindung mit den Eichenerkrankungen. Österreich. Forstzeitung **1**, 52-53
- KREMER, A. & PETIT, R.J. (1993): Gene diversity in natural populations of oak species. *Ann. Sci. For.* **50**: Suppl 1, 186-202
- MÜLLER-STARCK, G. (1985): Genetic differences between "tolerant" and "sensitive" beeches (*Fagus sylvatica* L.) in an environmental stressed adult forest stand. *Silvae Genet* **34**, 241-247
- MÜLLER-STARCK, G. (1989): Genetic implications of environmental stress in adult forest stands of *Fagus sylvatica* L. In: Scholz, F., H-R. Gregorius und D. Rudin (Hrsg.): Genetic effects of air pollutants in forest tree populations, Berlin u. Heidelberg, 127-142
- MÜLLER-STARCK, G., & ZIEHE, M. (1991): Genetic variation in populations of *Fagus sylvatica* L., *Quercus robur* L., and *Q. petraea* Liebl. in Germany. In: Müller-Starck, G. u. M. Ziehe (Hrsg.): Genetic variation in European populations of forest trees, Frankfurt/M., 125-140
- OOSTERBAAN, A. (1987): Eichensterben auch in den Niederlanden. *Allg. Forst Zeitschr.* **37**, 926
- RADDI, S.; STEFANINI, F.M.; CAMUSSI, A. & GIANNINI, R. (1994): Forest decline index and genetic variability in *Picea abies* (L.) Karst.; *Forest Genetics* **1**, 33-40

- ROLOFF, A.(1989): Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemäßigten Breiten. Schriften aus der Forstl. Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächs. Forstl. Versuchsanst., Bd **93**, 258 S.
- SMUKALSKI, M.; ROGASIK, J. & KÜNKEL, K.J. (1992): Landbau und Treibhauseffekt - CO₂-Umsatz bei unterschiedlicher Intensität der Landbewirtschaftung. Landbauforschg.Völkenrode **42**, 55-61

Günter Hartmann

Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen

Ursachenanalyse des Eichensterbens in Deutschland - Versuch einer Synthese bisheriger Befunde

Zusammenfassung

Die in Deutschland zu den Ursachen des derzeitigen Eichensterbens vorliegenden Forschungsergebnisse und Erfahrungen werden kritisch zusammengefaßt. Mögliche prädisponierende, schadensauslösende, schadensverstärkende und begleitende Faktoren werden getrennt dargestellt und soweit möglich Wechselbeziehungen aufgezeigt.

Als prädisponierende Faktoren werden Empfindlichkeit der Eichenarten, Alter, Bestandaufbau, Wasserhaushalt des Standorts, Nährstoffversorgung und deren immissionsbedingte Störung mit dem Sonderfall "Eichenchlorose" behandelt. Als schadensauslösende Faktoren kommen Entlaubung durch blattfressende Insekten, Eichenmehltau, Trockenheit, Überstauung, Winterfrost und kurzfristige Immissionseinflüsse in Betracht. Schadensverstärkende Faktoren können Prachtkäferbefall, Infektion durch *Armillaria* spp., *Phytophthora* spp., *Collybia fusipes*, rindenbesiedelnde Ascomyceten und Deuteromyceten sowie holzbesiedelnde *Ophiostoma* spp. sein.

Schadensauslösend dürfte vor allem eine gleichzeitige Belastung der Eichen durch mehrmaligen Kahlfraß und Witterungsextreme wirken. Kahlfraß führt unter anderem auch zur zeitweisen Reduktion der Feinwurzelbiomasse. Niederschlagsmangel kann besonders für Stieleichen auf Standorten belastend wirken, auf denen sie flach wurzeln. Dort sind weitere Feinwurzelschäden durch Vertrocknen, Sauerstoffmangel bei Vernässung und Pilzinfektion möglich. Auf allen Standorten dürfte sich Spätwinterfrost der Jahre 1985-87 zusätzlich belastend ausgewirkt haben. Hohe Stickstoffeinträge dürften sich negativ auf die Frosthärte sowie auf die Mykorrhizierung der Eichen auswirken und ihre Anfälligkeit für Feinwurzelinfektionen erhöhen. Unmittelbare Absterbeursache an geschwächten Eichen ist meist der Befall durch den Zweipunkt-Eichenprachtkäfer. Diesem Befall kann durch Hygienemaßnahmen kurzfristig entgegengewirkt sowie durch Unterbau der Eichenbestände mit Mischbaumarten langfristig vorgebeugt werden.

Voraussetzung für weitere Gegenmaßnahmen wäre eine Risikoabschätzung, deren Grundlagen z.T. noch fehlen. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

1 Einleitung

Episoden verstärkten Absterbens älterer Stiel- oder Traubeneichen ("Eichensterben") sind in Deutschland seit langem bekannt (HAUSENDORFF 1940; FALCK 1918; STROHMEYER 1912; KRAHL-URBAN et al. 1944; OELKERS & MEINE 1923). Dabei handelte es sich um lokale oder regionale Schadensereignisse begrenzter (5-15 Jahre) Dauer. Als Ursachen des ältesten, belegten Absterbens von Traubeneichen in Norddeutschland wurde extrem tiefer Frost des Winters 1739/40 genannt (HAUSENDORFF 1940; DREYER 1927). Im Lauf dieses Jahrhunderts sind z.B. in Norddeutschland mehrere derartige Episoden beschrieben worden (1911-1924, 1929-1934, 1939-1944). Als Ursache wurde das Zusammenwirken von Kahlfraß durch blattfressende Insekten mit tiefen Winterfrösten, Trockenheit oder Überflutung sowie mit Eichenmehltaubefall, gefolgt von Hallimasch- und Prachtkäferbefall angenommen.

Die wesentlichen äußeren Symptome der derzeitigen Eichenerkrankung, das Zurücksterben der Krone vom Wipfel aus und gehäufte Ausfälle herrschender Bäume, oft in Verbindung mit Schleimfluß am Stamm, wurden in geringem Umfang seit den 70er Jahren und verstärkt seit Mitte der 80er Jahre beobachtet. Die Schäden erreichten, regional unterschiedlich, in der zweiten Hälfte der 80er Jahre bis Anfang der 90er Jahre einen Höhepunkt. Seitdem scheint sich vor allem in Nord- und Ostdeutschland eine rückläufige Tendenz abzuzeichnen mit örtlich völligem Abklingen der Ausfälle. In anderen Gebieten, vor allem in Südwestdeutschland, wo 1993-94 Schwammspinnerfraß aufgetreten ist, sind die Schäden z.Zt. besonders hoch.

Das Schadensausmaß des derzeitigen Eichensterbens führt meist nicht zur großflächigen Auflösung von Beständen, wohl aber im Lauf einer mehrjährigen Episode zu lückiger Bestockung durch jährliche Ausfälle von etwa 3-5 Bäumen je Hektar. Lediglich im Oberrheingebiet sind bestandesbedrohende Ausfälle in allen Alterklassen aufgetreten (BLOCK et al. 1995). Mindererlöse für eingeschlagenes Stammholz aus geschädigten Eichenbeständen haben z.B. im niedersächsischen Landeswald in den letzten Jahren Einbußen von jährlich rund 1 Million DM verursacht.

Bezüglich der Ursachen besteht weitgehend Übereinstimmung darüber, daß die von FALCK (1918) vorgeschlagene Modellvorstellung auch heute noch, mit gewissen Erweiterungen, zur Erklärung der Ursachen des derzeitigen Eichensterbens in Deutschland geeignet ist. Danach können gesunde Eichen durch das Zusammenwirken verschiedener primärer Belastungen und Schadeinflüsse zeitweise soweit geschwächt werden, daß sie anschließend dem Angriff sekundärer Schadorganismen erliegen. Als Primärfaktoren werden besonders mehrfache Entlaubung durch blattfressende Insekten, verstärkt durch Witterungsextreme und nicht optimale Standorte diskutiert. Ob daneben auch frühzeitige Wurzelschäden durch pathogene Bodenpilze (*Armillaria mellea* s. str., *A. ostoyae*, *Phytophthora*-Arten) als Primärfaktoren auftreten, ist offen, ebenso wie die Beteiligung von Immissionseinflüssen am Ursachenkomplex. Als Sekundärfaktoren wirken vorwiegend Prachtkäfer (*Agrilus biguttatus*, *A. sulcicollis*), z.T. in Verbindung mit schwach parasitischen Ascomyceten, die Rindennekrosen verursachen sowie schwach parasitische Bodenpilze (z.B. *Armillaria gallica*, *Collybia*

fusipes) als Verursacher von Wurzelfäulen. Der Ursachenkomplex dürfte in Teilen regional unterschiedlich zusammengesetzt sein, enthält aber auch regelmäßig beteiligte Faktoren wie blattfressende Insekten, Prachtkäfer und Hallimasch. Die ebenfalls in Betracht gezogene Beteiligung von *Ophiostoma*-Arten als Tracheomykoseerreger, sowie von pathogenen Nematoden, Mycoplasmen oder Viren konnte bisher nicht bestätigt werden.

Im Folgenden werden bisherige Erfahrungen und Untersuchungsbefunde zu den Ursachen der derzeitigen Eichenerkrankung in Deutschland zusammengefaßt. Dabei werden alle als mögliche Ursachen in die Diskussion gebrachten Faktoren zumindest kurz behandelt. Mit dieser Übersicht soll versucht werden, eine vorläufige Bilanz aus der bisherigen Ursachendiskussion des Eichensterbens in Deutschland zu ziehen.

2 Ursachen des Eichensterbens

Die in Frage kommenden Ursachenfaktoren werden in Anlehnung an MANION (1981) wie folgt gegliedert und definiert:

Prädisponierende (primäre) Faktoren wirken ständig ein und erzeugen eine langfristig erhöhte Empfindlichkeit gegenüber anderen, kurzfristigen Belastungen. Es sind im wesentlichen die klimatischen und edaphischen Standortgegebenheiten, einschließlich ihrer möglichen langfristigen Veränderung durch Bewirtschaftung, Grundwasserveränderungen und Immissionen, sowie die am Standort vorkommenden Baumarten mit ihrem genetischen Potential, ihrem Alter, dem Aufbau und Pflegezustand der Bestände. Auch eine ständige, symptomlose Besiedlung durch Pilze (Endophyten), Mycoplasmen oder Viren wurde als prädisponierender Faktor in Betracht gezogen.

Schadensauslösende (primäre) Faktoren wirken zeitlich begrenzt als kurzfristige Ereignisse. Sie erzeugen, besonders an prädisponierten Bäumen, Streß und erste sichtbare bzw. meßbare Schäden. Diese sind meist reversibel, führen allein nicht zu dauerhafter Schädigung oder zum Absterben und werden meist beim Nachlassen des Schadeinflusses ausgeheilt. Seltener, bei extrem hoher Intensität, können sie auch direkt zum Absterben führen. In jedem Fall bewirken sie aber eine Schwächung der Abwehrmechanismen der Bäume gegen sekundäre Schadorganismen. Schadensauslösend können vor allem Entlaubung durch Insektenfraß und Witterungsextreme einzeln oder in Kombination wirken. Auch Befall durch andere primäre Schadorganismen oder kurzfristige Immissionseinflüsse kommen als schadensauslösend in Betracht.

Schadensverstärkende (sekundäre) Faktoren treten in der akuten Phase der Erkrankung auf. Sie verursachen an geschwächten und vorgeschädigten Bäumen schnell fortschreitende, schwere Schäden, die den Erkrankungsprozeß erst unumkehrbar machen und schließlich zum Tod führen. Als solche kommen zahlreiche schwach parasitische (opportunistische) Mikroorganismen und tierische Schadorganismen entsprechender Lebensweise in Frage.

Begleitende saprophytische Mikroorganismen und saprophage Insekten treten an absterbenden und frisch abgestorbenen Bäumen auf. Sie sind nicht ursächlich am Krankheitsprozeß beteiligt, treten aber als Folge anderer Schäden in Erscheinung oder tragen in der Sukzession der Zersetzer zum weiteren Abbau abgestorbener Teile lebender Bäume oder von toten Bäumen bei. Dabei entwerten sie vor allem das Stammholz durch Verfärbung, mechanische Beschädigung und Fäule. Sie erschweren auch die Diagnose durch rasche Besiedlung absterbender Teile und Maskierung der typischen Symptome der eigentlichen Ursachenfaktoren.

2.1 Prädisponierende Faktoren

2.1.1 Empfindlichkeit der Eichenarten

Die in Deutschland hauptsächlich vorkommenden Eichenarten, Stiel- (*Quercus robur* L.) und Traubeneiche (*Q. petraea* (Matt.) Lieb.), sind beide von den Absterbeerscheinungen betroffen. Stieleichen weisen oft die schlechteren Kronenzustände als Traubeneichen auf (ACKERMANN & HARTMANN 1992). Soweit dies nicht auf den arttypisch lockereren Kronenaufbau der Stieleiche (ROLOFF 1989) zurückzuführen ist, kommen dafür das häufigere Vorkommen der Stieleiche auf extremen, stark wechselfeuchten oder zu trockenen Standorten sowie ihre höhere Trockenheitsempfindlichkeit (AUSSENAC et al. 1993) als mögliche Ursachen in Frage. Insgesamt ist jedoch nach Erfahrungen in Norddeutschland die Absterberate in Stieleichenbeständen nicht höher als in Traubeneichenbeständen. Allerdings sind Stieleichen aufgrund ihres häufigeren Vorkommens öfter betroffen.

Angesichts der großen genetischen Variabilität der Eichen ist nicht auszuschließen, daß auch innerhalb der Eichenarten genetisch bedingte Unterschiede in der Empfindlichkeit gegenüber den Ursachenfaktoren des Eichensterbens auftreten. Dafür sprechen erste Erfahrungen, wonach Eichen mit schlechterem Kronenzustand einen geringeren Heterozygotiegrad aufweisen als solche mit besseren Kronen (ZASPEL, in diesem Heft). SEEMANN (in diesem Heft) vermutet in der Verwendung ungenügend an den Standort angepaßter Eichen (Art, Herkunft) einen prädisponierenden Einfluß.

Andererseits sind die in Deutschland vorhandenen Bestände nicht autochthoner, slavonischer Stieleichen, die wegen ihres späten Austriebes nicht von der Eichenwickler-Schadgesellschaft befallen werden, nach Beobachtungen in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen nicht vom Eichensterben betroffen. Dies weist auf eine größere Bedeutung des Laubverlustes durch Insektenfraß hin.

2.1.2 Alter der Eichen

Junge, unter 60jährige Eichenbestände sind selten von gehäuftem Absterben durch die für ältere Eichen typischen Ursachenfaktoren betroffen. Eine Ausnahme stellt aber das aktuelle

Eichensterben im Bienwald dar, wo durch wiederholten Schwammspinnerfraß in Verbindung mit Standort- und Witterungsextremen ungewöhnlich starke primäre Schadeinflüsse gewirkt haben (BLOCK et al. 1995). Auch in den Elbauen bei Magdeburg ist nach mehreren Trockenjahren ein Absterben junger Eichen durch Prachtkäferbefall aufgetreten. Dies ließ sich an 20jährigen Stiel- und Traubeneichen auch durch experimentelle Entlaubung in einem trockenen Sommer induzieren. Junge Eichen können also unter extremen Bedingungen ebenfalls betroffen sein. Meist liegt jedoch das Alter erkrankter Eichen zwischen 80 und 150, seltener bis etwa 200 Jahre. Innerhalb dieser Spanne scheint sich bisher keine Altersabhängigkeit des Schädigungsgrades abzuzeichnen.

2.1.3 Bestandesaufbau

Erste Beobachtungen sprechen dafür, daß stufige, gemischte Bestände weniger gefährdet sind als gleichaltrige Reinbestände.

So kann ein dichter Unterbau aus dienenden Baumarten unter Eiche offenbar den sekundären, aber für das Absterben geschwächter Eichen ausschlaggebenden Prachtkäferbefall stark vermindern. Dies belegen Befunde aus Sachsen-Anhalt (KÄSTNER 1993), Niedersachsen (ZANDER 1995) und entsprechende Beobachtungen aus Nordhessen.

2.1.4 Wasserhaushalt des Standorts

Zur Bedeutung des Wasserhaushalts der Standorte im Ursachenkomplex des Eichensterbens liegen Untersuchungen bzw. Beobachtungen vorwiegend aus Norddeutschland (HARTMANN et al. 1989; ACKERMANN & HARTMANN 1992; THOMAS & HARTMANN 1996; THOMAS 1995; BLANK 1996) sowie aus Hessen (HESSISCHE LANDESANST. FÜR FORSTEINRICHTUNG, WALDFORSCHUNG UND WALDÖKOLOGIE 1996), Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg (BLOCK et al. 1995; SEEMANN 1996) vor.

Danach kann Eichensterben in geringem bis mäßigem Umfang (etwa 1-3 Bäume/ha) auf einer breiten Palette von Standorten auftreten. Dazu gehören grund- und stauwasserbeeinflusste ebenso wie grund- und stauwasserfreie Standorte mit sandigen bis tonigen Substraten, flach- bis tiefgründiger Durchwurzelung und verschiedenem Wasserhaushalt. In vielen Fällen handelt es sich um Standorte, die als geeignet bis optimal für die Stiel- bzw. Traubeneiche gelten und auch mit der entsprechenden Eichenart bestockt sind. Dies spricht gegen eine allgemein dominierende, vorwiegend oder allein ausschlaggebende Rolle des Standorts im Ursachenkomplex des Eichensterbens. Andererseits können starke (3-5 Bäume/ha) bis extrem starke Schäden mit Ausfällen von über 30 % der Stammzahl regional oder örtlich gehäuft dort auftreten, wo neben anderen Schadfaktoren auch ungünstige Standortverhältnisse, im wesentlichen ungünstiger Wasserhaushalt, vorkommen. Dies zeigt, daß das Schadensausmaß durchaus vom Wasserhaushalt der Standorte mit bestimmt wird, entsprechend dem

komplexen Charakter der Erkrankung jedoch nur im Zusammenwirken mit anderen Schadfaktoren.

Als **Risikostandorte** in diesem Sinne müssen für **Stieleichen** die Grundwasserstandorte mit tiefer (1 m - 1,50 m unter GOF) stehendem Grundwasser sowie stark wechselfeuchte Stauwasserstandorte gelten, besonders in Verbindung mit der dort oft flachen Durchwurzelung. Hier besteht ein ständiges Risiko, daß in Abhängigkeit von den Niederschlägen, Wassermangel oder anhaltende Vernässung als zeitweise Belastung auftritt (ACKERMANN & HARTMANN 1992; THOMAS & HARTMANN 1996; THOMAS 1995; BLOCK et al. 1995).

Selten belegte Sonderfälle sind **ehemalige Grundwasserstandorte**, auf denen durch schnelle, starke und anhaltende Absenkung des Grundwassers dessen Einfluß dauerhaft und vollständig verloren gegangen ist. Solche Fälle sind z.B. aus dem Hessischen Ried und der südlichen Lüneburger Heide in Niedersachsen belegt. In den betroffenen Stieleichenbeständen kann in und nach Trockenjahren eine erhöhte Mortalität auftreten (HESS. LANDESANST. 1996). Dabei kann es zu einer Differenzierung der betroffenen Bestände kommen in Bäume mit dauerhaft erhöhter Empfindlichkeit gegenüber Trockenheitsstreß und solche, die sich an den veränderten Wasserhaushalt des Standorts anpassen und langfristig keine erhöhte Empfindlichkeit zeigen (BLANK 1996).

Für **Traubeneichen** zeichnen sich ähnliche aber weniger deutliche Beziehungen des Eichensterbens zu wechselfeuchten oder flachgründigen Standorten ab, die jedoch bisher in Deutschland wenig untersucht und in den vorliegenden Untersuchungen nicht sicher nachgewiesen wurden (ACKERMANN & HARTMANN 1992; THOMAS & HARTMANN 1996; THOMAS 1995). Jedenfalls sind an Traubeneichen in Norddeutschland gleichstarke Schäden wie auf den genannten Risikostandorten auch auf tiefgründigen Standorten mit guter, ausgeglichener Wasserversorgung aufgetreten.

2.1.5 Nährstoffversorgung und deren immissionsbedingte Störung

Aus der z.Zt. laufenden bundesweiten Bodenzustandserhebung (BZE) liegen Boden- und Blattanalysedaten auch für Eichenstandorte vor (BÜTTNER 1994, 1996). Auswertungen solcher Daten und weitere spezielle Untersuchungen im Bezug zu den Eichenschäden wurden in Nordwestdeutschland (THOMAS & BÜTTNER 1992; THOMAS & KIEHNE 1995), Nordostdeutschland (HEINSDORF & CHRZON 1993, 1994) und, im Rahmen einer internationalen Untersuchung der Eichenschäden in den Donauländern, in Ostbayern (RÖSEL & REUTHER 1995) durchgeführt. Mehrjährige Untersuchungen der Bodenlösung und der Bodenfestphase in stark und wenig geschädigten Bestandesteilen liegen für je einen Stiel- und einen Traubeneichenbestand auf unterschiedlich stark pseudovergleyten Braunerde-Standorten in Nordwest- bzw. Südostniedersachsen vor (THOMAS 1995).

Im Vergleich der Hauptbaumarten stocken die Eichen in der Regel auf den nährstoffreicheren, besser gepufferten **Standorten**. Dies äußert sich u.a. in höherer Basensättigung der Böden, die z.B. in den untersuchten nordwestdeutschen Eichenbeständen im Mittel 50 % beträgt, gegenüber 24 % in Laubholzmischbeständen, 22 % in Buchenreinbeständen und 10-16 % in Nadelholzbeständen (BÜTTNER 1996). Entsprechend zeigen die Eichenstandorte auch meist günstigere pH-Werte und höhere Nährstoffvorräte als die anderer Baumarten.

Allerdings bestehen erhebliche regionale und substratbedingte Unterschiede. So liegen z.B. die pH-Werte vergleichbarer Bodenhorizonte der in Ostbayern untersuchten Eichenstandorte meist im Silikat-Pufferbereich (pH 5,0 - 6,2), die der norddeutschen Bestände dagegen oft im Aluminium-Pufferbereich (pH 3,8 - 4,2). Dementsprechend sind an knapp der Hälfte der untersuchten nordwestdeutschen Eichenstandorte die Anteile austauschbarer Neutralkationen ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) an der gesamten Austauschkapazität, vor allem in den Oberböden, kleiner als 15 %, die Anteile saurer Kationen (H^+ , Al^{3+} , Mn^{2+} , Fe^{3+}) größer als 10 % (BÜTTNER 1996) und liegen damit in kritischen Bereichen geringer Elastizität gegenüber Säure-(Aluminium-)toxizität (ULRICH et al. 1984). Außerdem können in Gebieten mit hohen Stickstoffeinträgen, z.B. im Nordwesten Niedersachsens, erhöhte Nitratkonzentrationen in der Bodenlösung auftreten (THOMAS & BÜTTNER 1992; THOMAS & KIEHNE 1995; THOMAS 1995).

Positive Korrelationen zwischen solchen ungünstigen bodenchemischen Verhältnissen und der Intensität der Eichenschäden (Wurzelschäden, Kronenverlichtung, Absterben) wurden jedoch in den bisherigen Untersuchungen kaum gefunden. Zwar korrelierte in einem Fall der höhere Schädigungsgrad mit höheren Nitratgehalten in der Bodenlösung. Diese dürften jedoch eher die Folge verringerter Aufnahme durch die aus anderen Gründen geschädigten Eichen sein. Als eigentlich prädisponierender Faktor hat dort die stark ausgeprägte Wechselfeuchte des Standorts gewirkt (THOMAS 1995). Gleichstarke Eichenschäden treten jedenfalls bei entsprechenden Standortverhältnissen auch in Gebieten mit geringerer Stickstoffbelastung auf. Höhere Schädigungsgrade können sogar mit günstigeren, geringe Schädigung mit ungünstigen bodenchemischen Werten einhergehen (THOMAS 1995; BÜTTNER 1996).

Als Indiz für mögliche Wurzelschädigung durch Aluminiumtoxizität gilt das Ca/Al-Verhältnis in der Gleichgewichtsbodenlösung. Bei Werten unter 0,45 ist für Eichen mit Beeinträchtigung des Wurzelwachstums, unter 0,2 (für Buche; Wert für Eichen fehlt) mit dem Absterben von Feinwurzeln zu rechnen (McCORMICK & STEINER 1978; ROST-SIEBERT 1985). Solche Werte wurden an der Mehrzahl der untersuchten Eichenstandorte bisher nicht gefunden, können aber in Nordwestdeutschland auf den ärmsten Sandstandorten auftreten (BÜTTNER 1996). Die Eichenschäden sind jedoch weder auf diese Standorte beschränkt, noch haben sie dort einen besonderen Schwerpunkt.

Die **Nährelementgehalte der Eichenblätter** sind in allen untersuchten Gebieten besonders durch hohe Stickstoffgehalte gekennzeichnet, die bei äußerlich ungeschädigten Bäumen oft im oberen Normalbereich liegen oder ihn überschreiten. Die Kalium- und Phosphorgehalte liegen innerhalb des Normalbereichs, letztere in Nordwestdeutschland jedoch an dessen

Untergrenze oder etwas darunter. Knapp bis mangelhaft sind oft die Magnesiumgehalte, bei abnehmender Tendenz von Bayern über Nordost- nach Nordwestdeutschland. Diese unausgewogene Nährstoffversorgung der Eichen dürfte wesentlich immissionsbedingt sein. Hohe Stickstoffgehalte der Blätter korrelieren mit den Stickstoffeinträgen und den Nitratgehalten der Bodenlösung.

Zum Grad der sichtbaren Schäden (Kronenverlichtung, Absterbeerscheinungen in der Krone und ganzer Bäume) bestehen dagegen keine klaren Beziehungen. Die Elementgehalte der Blätter korrelieren nicht mit den frühen und mittleren Stadien der Kronenverlichtung bis zu einem Verlichtungsgrad von etwa 50 % und dürften daher kaum zu den ausschlaggebenden primären Ursachenfaktoren der Eichenschäden gehören. Eine deutliche Abnahme aller Hauptnähr- und Spurenelemente tritt erst bei fortgeschrittener Erkrankung und Verlichtungsgraden über 50 % ein. Dies dürfte daher eher Folge einer fortgeschrittenen Schädigung durch andere Faktoren als deren Ursache sein.

In der **Zusammenschau** der bisherigen boden- und blattanalytischen Befunde läßt sich ein prädisponierender Einfluß der immissionsbedingten Bodenversauerung im Ursachenkomplex des Eichensterbens nicht belegen. Mit Feinwurzelschäden aufgrund von Säure-(Aluminium) Toxizität ist nach den vorliegenden Befunden bisher nicht in nennenswertem Umfang zu rechnen. Ein Einfluß der Stickstoffeinträge auf Wachstum und Gesundheit der Eichenwurzeln, ihre Mykorrhizierung und Anfälligkeit für pathogene Bodenpilze kann nicht ausgeschlossen werden, ist aber nicht ausreichend untersucht. Daneben sprechen Hinweise auf eine Herabsetzung der Frosthärte in der Rinde übermäßig mit Stickstoff ernährter Eichen für eine mögliche Verstärkung der Schäden durch scharfe Spätwinterfröste, die in Norddeutschland und Ost-Bayern an der Auslösung der Schäden sehr wahrscheinlich beteiligt waren.

Als standortabhängiger Sonderfall, der nach Vorkommen, Symptomen und Ursachen von dem in Mitteleuropa verbreiteten Eichensterben völlig abweicht, ist eine Eichenchlorose zu sehen, die im Zusammenhang mit dem derzeitigen Eichensterben als möglicherweise neuartige Erkrankung diskutiert wurde (SCHÜTT & FLEISCHER 1987; FLEISCHER 1989; KANDLER & SENSER 1991), in ihren wesentlichen Ursachen jedoch bekannt ist. Sie kommt meist an freistehenden oder an Bestandesrändern und -lücken stehenden Stiel- und Roteichen auf Standorten mit schwach saurer bis schwach basischer Bodenreaktion vor und entsteht durch standortbedingt schlechte Verfügbarkeit von Mangan. Die, im Gegensatz zum Eichensterben, stets auftretende typische Blattvergilbung ist eng korreliert mit dem Grad des Mn-Mangels in den Blättern und läßt sich durch Mangansulfat-Düngung zurückdrängen (WITTMANN 1994). Das sehr typische Vergilbungssymptom unterscheidet sich eindeutig von den beim Eichensterben nur teilweise vorkommenden Vergilbungen (HARTMANN et al. 1995). Innerhalb der Eichenkronen ist die Chlorose oft ungleichmäßig stark ausgeprägt. Dies dürfte vorwiegend eine Folge der relativ schlechten Beweglichkeit des Mangans in Pflanzen (BERGMANN 1993) sein.

Nur in Blättern typisch chlorosekranker Eichen, nicht dagegen in vergilbten Blättern von Eichen mit typischem Eichensterbensyndrom, wurden MLO nachgewiesen (AHRENS &

SEEMÜLLER 1994). Dies stützt die Hypothese, daß MLO an der Symptomausprägung der Eichenchlorose beteiligt sein oder sie begleiten könnten (SEEMÜLLER 1991). Die Symptome einer durch MLO verursachten Phloemnekrose wurden allerdings weder an typisch chlorosekranken noch an vom Eichensterben betroffenen Eichen gefunden (SCHLAG 1995).

Die oft zu beobachtende jährlich wechselnde Chloroseintensität derselben Bäume dürfte nicht auf unterschiedlicher Infektionsintensität beruhen, sondern auf witterungsbedingt mehr oder weniger stark oxidierenden Verhältnissen im Boden. Gute Durchlüftung und hohe Temperaturen bewirken zunehmende Festlegung des Mangans in höher oxidierten, schlecht aufnehmbaren Form und verstärken die Chlorose. Sauerstoffmangel bei Bodendurchnässung oder -verdichtung sowie tiefere Temperaturen führen zur Reduktion, Freisetzung leicht aufnehmbarer Mn^{2+} -Ionen und zur Abschwächung der Chlorose (BERGMANN 1993). Dementsprechend zeigen langfristige Beobachtungen auf Kalkstandorten in Südniedersachsen, daß warme, trockene Sommer die Chlorose zeitweise verstärken. Im gleichen Sinne wirkt auch Rand- und Freistellung, die zu Bodenerwärmung und dadurch stärker oxidierenden Bedingungen beiträgt. Eine entsprechende langfristige Wirkung ist wahrscheinlich auch durch Grundwasserabsenkung möglich (WITTMANN 1994).

Gelegentlich führt diese Chlorose auch zum Absterben der Eichen, jedoch wesentlich langsamer als das in Mitteleuropa, vorwiegend auf anderen Standorten verbreitete, typische Eichensterben. Inwiefern dabei weitere Schadfaktoren, möglicherweise MLO beteiligt sind, ist noch ungeklärt.

2.2 Schadensauslösende Faktoren

Als zeitweise wirkende Belastungen, die an prädisponierten Eichen zu Schwächung und Minderung des Abwehrvermögens gegen Sekundärbefall führen können, kommen im wesentlichen Entlaubung durch Insekten sowie Belastung durch Eichenmehltau, Trockenheit, Überstauung, Winterfröste und kurzfristige Immissionseinflüsse in Betracht. Oft wirken diese Faktoren in wechselnden, sich gegenseitig verstärkenden Kombinationen.

2.2.1 Entlaubung durch blattfressende Insekten

Mehrjähriger starker Laubverlust durch den Fraß der "Eichenwicklerschadgesellschaft" (*Tortrix viridana*, *Operophtera brumata*, *Erannis defoliaria*, *Archips* spp. u.a.) hat in älteren norddeutschen Eichenbeständen im Lauf ihres Lebens immer wieder zu tiefen Zuwachseinbrüchen geführt. Das ergibt sich für die untersuchten Forstorte aus dem Vergleich der in Literatur und Archivmaterialien belegten Fraßereignisse mit den Jahrringchronologien der heute dort stockenden meist 80-150jährigen Eichen. Diese haben auf Entlaubung durch Blattfraß stets wesentlich stärker reagiert als auf andere, zeitlich begrenzte Belastungen wie z.B. strenge Winter oder Trockenheit. Allerdings kann gleichzeitiges Auftreten von mehr-

jährigem Blattfraß zusammen mit Trockenheit zu besonders starker Reaktion führen. Besonders tiefe Zuwachseinbrüche treten auch nach Schwammspinnerfraß auf. Fraßbedingte Entlaubung äußert sich auch in weitgehender Entleerung der Reservestoffvorräte in den Speichergeweben der Wurzeln (WARGO 1993, 1975) sowie in erhöhter Feinwurzelmortalität (BLANK et al. 1995). Dadurch dürfte sich auch die Anfälligkeit der Eichen für Trockenheitsbelastung und pathogene Bodenpilze erhöhen.

Eine Mehrfachbelastung der Eichenbestände durch stets beteiligten Kahlfraß sowie mindestens einen weiteren Belastungsfaktor (Trockenheit, Winterfrost, Eichenmehltaubefall) ging in Norddeutschland sowohl allen früheren Schadereignissen (FALCK 1918; KRAHL-URBAN et al. 1944) als auch dem heutigen Eichensterben (HARTMANN et al. 1989; HARTMANN & BLANK 1992) voraus. So trat in den Jahren 1985-87 mehrjähriger, starker Laubverlust durch Blattfraß gleichzeitig mit ungewöhnlich kalten Spätwintern überregional verbreitet auf. In Südwestdeutschland sprechen erste Untersuchungsergebnisse zum aktuellen Eichensterben dafür, daß Eichen nach ein- oder mehrjährigem Blattfraß durch die Eichenwicklerschadgesellschaft in geringerem Umfang und nach Schwammspinnerfraß, gefolgt von starkem Mehltaubefall, besonders stark dort abstarben, wo außerdem extreme Standortverhältnisse je nach Witterung zu starker anhaltender Vernässung oder Trockenheitsbelastung geführt haben (BLOCK et al. 1995; SEEMANN 1995). Weder der Kahlfraß noch die extremen Standortverhältnisse oder sonstigen Belastungen alleine haben nennenswerte Schäden ausgelöst, wohl aber ihr Zusammenwirken.

Eichen sind zwar an häufige Entlaubung durch Insektenfraß angepaßt und können den Blattverlust durch Neuaustrieb von Proventivknospen noch vor dem Johannistrieb ersetzen. Daher führt die fraßbedingte Entlaubung alleine in der Regel nicht zum vermehrten Absterben. Sie stellt aber in jedem Fall eine Belastung dar, die sich u.a. im Absinken der Kohlehydratgehalte der Wurzeln, erhöhter Feinwurzelmortalität, schmalen Jahrringen und verminderter Frosthärte äußern kann. Kommen in dieser Situation weitere Belastungen hinzu, so dürfte das Abwehrvermögen der Eichen so weit herabgesetzt sein, daß sie durch Sekundärschädiger abgetötet werden können.

Zur experimentellen Überprüfung einer derartigen Wirkung von Laubverlusten im Frühjahr wurden Ende Mai/Anfang Juni 1992 und 1993 jeweils 5 äußerlich und aufgrund ihrer Jahrringbildung ungeschädigt erscheinende 20jährige Stieleichen auf einem Pseudogleystandort in Südniedersachsen (Bramwald) experimentell zu 80-90 % entlaubt. Dies führte im Sommer 1992 zu Prachtkäferbefall an 3 der entlaubten Bäume, von denen einer innerhalb eines Jahres abstarb. Die 1993 entlaubten Bäume blieben dagegen befallsfrei und frei von Folgeschäden, ebenso wie alle nicht entlaubten Vergleichsbäume beider Jahre. Der entscheidende Unterschied zwischen den beiden Jahren dürfte auf zusätzlicher Belastung der entlaubten Bäume durch Trockenheit und der Begünstigung der Prachtkäfer durch Wärme im Sommer 1992 (Niederschläge Mai-September 73 % des langjährigen Mittels) beruhen. Der Sommer 1993 war dagegen mit 122 % des langjährigen Mittels sehr niederschlagsreich (BLANK & HARTMANN unveröff.).

Mehrfähriger starker Laubverlust durch Insektenfraß ist im Leben der Eichen ein häufiges und oft überregional synchrones Schadereignis, mit dessen Auftreten mindestens einmal pro Jahrzehnt gerechnet werden muß. Unter den jahringanalytisch geprüften Faktoren Trockenheit, Winterfrost und Kahlfraß geht von letzterem die weitaus schärfste negative Wirkung auf die Jahrringbreite aus, die als Vitalitätsindikator geeignet erscheint (BLANK unveröff.). Dennoch erholen sich die Eichen meist von solchen Fraßereignissen, solange deren Wirkung nicht durch zusätzliche Belastungen der oben genannten Art verstärkt wird.

Das zufällige Zusammentreffen von mehrjährigem starkem Fraß mit einer weiteren verstärkenden Belastung, in der Regel durch Witterungsextreme, dürfte daher der wichtigste und häufigste auslösende Faktorenkomplex für Eichensterben in Mitteleuropa sein.

2.2.2 Laubverlust durch Eichenmehltau

Als obligater Parasit kann Eichenmehltau (*Microsphaera alphitoides*) junge, bis maximal 3 Wochen alte Eichenblätter primär, also unabhängig von vorangegangener Schwächung, infizieren. Daher wurde diesem Befall in der Vergangenheit eine gewisse Bedeutung als primärer, schadensauslösender Faktor in Verbindung mit Blattverlusten durch Insektenfraß beigemessen. Dieser Einfluß dürfte jedoch in der Regel gering sein.

Starker Befall führt zwar zur Vergilbung und schließlich zum vorzeitigen Vertrocknen befallener Blätter. Die damit verbundene Minderung der Assimilationsleistung ist jedoch für Alteichen meist unbedeutend, da die Konidiendichte des Pilzes zu Beginn der Vegetationszeit noch gering und daher der Befall am Mailaub, das bei Alteichen die Hauptassimilationsleistung erbringt, unbedeutend ist. Starker Befall tritt erst an Blättern auf, die vorwiegend im Juli ein infizierbares Alter von bis zu drei Wochen haben (WARAGHAI 1979). Dies sind an unbefressenen Eichen die Blätter der Johannistriebe. Deren Leistungsminderung ist für den unbefressenen Baum nicht sehr bedeutend, da die Maiblätter hier ihre volle Leistung erbringen konnten. An befallenen Eichen handelt es sich um Blätter von Regenerationstrieben aus Proventivknospen. Diese erscheinen nach frühem Fraß durch Eichenwickler und Frostspanner bereits ab Ende Mai und werden deshalb ebenfalls nur wenig von Mehltau befallen. Lediglich nach länger anhaltendem Fraß des Schwammspinners erfolgt die Regeneration so spät, daß die jungen Blätter, wie der Johannistrieb, stark befallen werden. In diesem Fall dürfte dem spät entwickelten Laub eine erhöhte Bedeutung in der Assimilatversorgung zukommen und bei starkem Mehltaubefall auch eine zusätzliche Belastung entstehen (SEEMANN 1996a). Es erscheint jedoch fraglich, ob diese im Vergleich zu den durch Blattfraß bereits eingetretenen Assimilatverlusten noch wesentlich ist.

2.2.3 Belastung durch zeitweise Trockenheit

Stieleichen und in stärkerem Maße Traubeneichen reagieren auf kurzfristige Trockenheitsbelastung tolerant (DREYER et al. 1993; AUSSENAC et al. 1993). Sie regulieren ihren Transpirationssog so, daß kritische Saugspannungen (ab -3 Mpa), die in großem Umfang zu Lufteintritt und Funktionslosigkeit (Cavitation) der Gefäße führen, erst bei sehr hoher Belastung eintreten. Dies geschieht ohne frühzeitigen Stomatenschluß, so daß auch bei erheblicher Trockenheitsbelastung (Saugspannungen ab -2 Mpa) noch eine beträchtliche Photosyntheseleistung erbracht wird (DREYER et al. 1996). Dementsprechend haben jahringanalytisch untersuchte ältere Stiel- und Traubeneichen in Norddeutschland auf Trockenjahre nicht mit wesentlichen Zuwachseinbrüchen reagiert, wie dies nach Kahlfraß durch blattfressende Insekten stets der Fall war. Trockenheitsbelastung alleine verursacht demnach eine geringere Schwächung der Eichen als Kahlfraß. Dieser dürfte allerdings die Trockenheitsempfindlichkeit der Eichen durch Auslösung von Feinwurzelmortalität erhöhen.

Der Grad der bei Niederschlagsmangel eintretenden Trockenheitsbelastung ist entscheidend vom Wasserhaushalt der Standorte und der darauf stockenden Eichenart abhängig (SEEMANN 1996). Unter ungünstigen Standortverhältnissen, auf den oben genannten Risikostandorten, wurzeln die Eichen meist weniger tief und können Feinwurzelschäden durch zeitweise Vernässung oder Austrocknung des Bodens erleiden. Hier ist in Trockenjahren aufgrund verminderter Feinwurzelbiomasse bzw. geringerer Wasservorräte im durchwurzelten Bodenraum eine Trockenheitsbelastung zu erwarten. Dies dürfte vorwiegend für Stieleichen gelten, entsprechend ihrer geringeren Trockenheitstoleranz.

Dazu liegen in Deutschland bisher nur wenige Untersuchungen vor (THOMAS 1995; THOMAS & HARTMANN 1996). Sie belegen deutliche Beziehungen zwischen dem Auftreten von Eichensterben und zeitweiser Trockenheitsbelastung für einen Stieleichenbestand auf stark wechselfeuchtem Standort im nordwestdeutschen Küstenraum. Für Traubeneichen auf flach- bis mittelgründigem Löß über Wellenkalk im Mitteldeutschen Trockengebiet lassen die Ergebnisse dagegen nur bei sehr starker Trockenheit, z.B. durch mehrjährig akkumulierte Niederschlagsdefizite (EISENHAUER 1989), eine Trockenheitsbelastung der Eichen erwarten, die auslösend für Eichensterben sein könnte.

Trockenheitsbelastung dürfte im Ursachenkomplex des Eichensterbens vor allem kleinräumig differenzierend wirken und eine durch großräumige Einflüsse bedingte Schwächung der Eichen örtlich entscheidend verstärken. Die bisherigen Untersuchungen reichen allerdings für eine Beurteilung dieser Zusammenhänge unter verschiedenen standörtlichen und klimatischen Verhältnisse nicht aus. **Hier besteht deshalb vorrangiger Forschungsbedarf, besonders im Hinblick auf eine Risikoabschätzung als Grundlage für waldbauliche Vorbeugung und direkte Gegenmaßnahmen.**

2.2.4 Belastung und Schädigung durch zeitweise Überstauung

Auf wechselfeuchten Standorten kann mehrere Wochen anhaltende Vernässung des Bodens im Frühjahr zum Absterben von Feinwurzeln durch Sauerstoffmangel (Hypoxie) führen (DREYER 1994; WAGNER et al. 1996), wobei die Stieleiche weniger empfindlich reagiert als die Traubeneiche.

Ein extremer Fall dieser Art ist der aktuelle Schaden auf Grund- und Stauwasserstandorten im Oberrheingebiet. Dort hat wahrscheinlich Hypoxie nach längerer Überstauung im Frühjahr und Frühsommer 1994 und 1995 in Verbindung mit starker Entlaubung durch Schwammspinnerfraß zu sehr starker Feinwurzelmortalität und unmittelbar zum Absterben der Stieleichen geführt (BLOCK et al. 1995). Dabei könnte die direkte Schädigung der Feinwurzeln durch Hypoxie noch verstärkt worden sein durch Pilzinfektionen durch *Pythium* spp. oder *Phytophthora* spp., die unter den herrschenden Bedingungen begünstigt werden und wiederholt im Wurzelbereich geschädigter Eichen, besonders auf wechselfeuchten Standorten nachgewiesen wurden (BLASCHKE & JUNG, in diesem Heft).

2.2.5 Belastung und Schädigung durch Winterfrost

In Norddeutschland wurden an einem kleineren Teil (ca. 20 %) der absterbenden Eichen mehrere Meter lange und mehrere Dezimeter breite, streifenförmige Rindennekrosen gefunden, die bevorzugt auf den Süd- bis Westseiten der Stämme auftraten. Die Mehrzahl dieser Nekrosen endete oberhalb des Bodens schmal zulaufend oder erstreckte sich zungenförmig auf den Oberseiten von Wurzelanläufen auch bis in den Boden (BALDER 1989; HARTMANN et al. 1989).

Aufgrund dieser Symptomatik, des Fehlens von Symptomen biotischer Verursacher, des in ganz Norddeutschland gleichzeitigen Auftretens in den Jahren 1985-87 sowie des gleichzeitigen Vorkommens entsprechender Symptome auch an Buche, Esche, Ahorn, Platane und Obstbäumen wird als überregional wirkender Auslöser eine Frostschädigung des Bastes durch die seit 20 Jahren schärfsten Spätwinterfröste (z.B. 1987 noch Anfang März -20°C) nach milden Frühwintern in den genannten Jahren angenommen. Die experimentelle Prüfung der winterlichen Frosthärte im Bast älterer Eichen zu verschiedenen Zeitpunkten (THOMAS & HARTMANN 1992; THOMAS et al. 1996; THOMAS 1995) ergab Anhaltspunkte für das Vorliegen erhöhter Frostempfindlichkeit auf den Süd- und Westseiten der Stämme, wo auch die Mehrzahl der beobachteten Schadsymptome auftraten. Diese Stammseiten erreichen aufgrund der winterlichen Besonnung eine geringere Frosthärte als die beschatteten Stammseiten. Zusätzlich liegen Anhaltspunkte dafür vor, daß übermäßige Stickstoffernährung ebenso wie Kahlfraß durch die Eichenwicklerschadgesellschaft die Frosthärte der Eichenrinde weiter herabsetzen können (THOMAS & BLANK 1996). **Dies macht ein komplexes Zusammenwirken der genannten Faktoren bei der Auslösung des derzeitigen Eichensterbens in großen Teilen Deutschlands plausibel, wobei das zufällige Zusammentreffen der seit 20 Jahren schärfsten Spätwinterfröste in drei aufeinander fol-**

genden Jahren mit mehrjährigem Kahlfraß überregional synchronisierend gewirkt haben könnte.

Das begrenzte Vorkommen äußerlich sichtbarer Rindennekrosen des in Norddeutschland beschriebenen Symptomtyps A (HARTMANN et al. 1989) an nur etwa 20 % der stark geschädigten Eichen wirft allerdings die Frage nach der allgemeinen Bedeutung dieses Symptoms und der angenommenen Winterfrostschädigung in der Ursachenkette des Eichensterbens auf. Neben den sichtbaren Rindenerfrierungen kommen als weitere mögliche Auswirkungen ungewöhnlich tiefer Spätwinterfröste Feinwurzelschäden sowie unnormale winterliche Cavitation der Spätholzgefäße (TYREE & COCHARD 1994) in Frage. Diese haben einen gewissen Anteil an der Wasserleitung der Eichen, besonders zu Beginn der Vegetationszeit vor der Entstehung der großlumigen Frühholzgefäße. Beide Schadwirkungen sind allerdings für Eichen bisher nicht experimentell nachgewiesen worden und bleiben daher hypothetisch. Die überregional gleichzeitige Zunahme des Eichensterbens in ganz Norddeutschland und anderen Teilen Mitteleuropas erfordert jedenfalls die Annahme eines entsprechend großräumig synchronisierenden Einflußfaktors. Als solcher kommt, neben überregionalem Laubverlust durch Insektenfraß, die Frostwirkung in Frage.

Aus anderen Teilen Deutschlands oder dem benachbarten Ausland wurden zwar derartige Schadsymptome nicht beschrieben. Dies dürfte nicht nur auf regionalen Unterschieden in der Stärke und Auswirkung der genannten Frostereignisse beruhen, sondern auch auf dem Zeitpunkt und der Intensität der Symptombesichtigungen in den ersten Jahren nach dem Schadereignis. Für Ostbayern wird aufgrund des extremen Temperaturverlaufs ebenfalls eine schadensauslösende Wirkung von Spätwinterfrösten nach mildem Frühwinter in den Wintern 1985-87 vermutet (MÖSSNANG in RÖSEL & REUTHER 1995).

Die so vorgeschädigten Eichen sind in den Folgejahren durch sekundären Prachtkäfer- und Hallimaschbefall zum größten Teil abgestorben und aus den Beständen entfernt worden. Seither sind solche Witterungsabläufe und entsprechende Symptome nicht mehr neu aufgetreten.

Mit den als frostbedingt beschriebenen Rindennekrosen (HARTMANN et al. 1989; HARTMANN & BLANK 1992: Symptomtyp A) können andere an Eichen auftretende Erscheinungen verwechselt werden. In diesem Zusammenhang werden oft **Wundleisten** (BUTIN & VOLGER 1982; HARTMANN et al. 1995) genannt, die nicht ganz zutreffend auch als "Frostleisten" bezeichnet werden. Dabei handelt es sich nicht, wie bei Symptomtyp A, um flächige Erfrierungen des Bastes, sondern um radiale Längsrisse im inneren Holz des Stammfußes, die bei Frost nach außen durchbrechen und aufreißen können. Durch wiederholtes Aufreißen und Überwallen entstehen, meist in Mehrzahl um den Stammfuß, Wundleisten, die von der Ursachenkette des Eichensterbens in der Regel wohl völlig unabhängig sind.

Häufig treten an stark geschädigten Eichen südseitige **Nekrosen durch Prachtkäferbefall** auf. Sie unterscheiden sich von den Nekrosen des Symptomtyps A durch unregelmäßigere Form und die Fraßgänge der Larven. Allerdings können sich von höher am Stamm sitzen-

den Fraßgängen bisweilen langgestreckte Rindennekrosen über große Distanz (mehrere Meter) abwärts erstrecken, ohne daß sie weiter unten noch weitere Larvenfraßgänge enthalten (HARTMANN & BLANK 1992). Solche Nekrosen können nur durch eine eingehendere Symptomanalyse, möglichst in Verbindung mit jahrringanalytischer Datierung, sicher von Symptomtyp A unterschieden werden.

Nekrosen am Stammfuß durch **bodenbürtige pathogene Pilze** (Hallimasch, ggf. *Phytophthora* spp.) unterscheiden sich von Symptomtyp A stets eindeutig durch ihr Ausgehen vom Boden und ihre meist geringere Höhe am Stammfuß, Hallimasch-Nekrosen zusätzlich durch weißes Myzel unter der Rinde.

2.2.6 Belastung durch kurzfristige Immissionseinflüsse

Neben einer möglichen Prädisposition der Eichen durch langfristige Immissionswirkungen über den Boden ist auch eine Beteiligung mittel- und kurzfristiger Immissionswirkungen auf die Blätter durch SO₂, NO_x und Ozon in Betracht zu ziehen. Dies wurde im Zusammenhang mit Eichensterben in Mitteleuropa bisher nur für die Donauländer geprüft (RÖSEL & REUTHER 1995). Danach werden für SO₂ und NO₂ wegen der allgemein rückläufigen Konzentrationen dieser Schadstoffe und des Vorkommens ihrer höheren Konzentrationen in der Vegetationsruhezeit, wesentliche Schadwirkungen direkt auf das Laub der Eichen als auslösende Faktoren für Eichensterben weitgehend ausgeschlossen.

Für Ozon kann dies angesichts seit mehreren Jahren zunehmender Konzentrationen nicht ohne weiteres angenommen werden. In strahlungsreichen Sommermonaten herrschen in Reinluftgebieten, in denen die Wälder liegen und in denen höhere Langzeitwerte als in Ballungsräumen auftreten, meist Monatsmittelwerte um 60 µg/m³ Luft. Dieser Wert liegt im Grenzbereich der Konzentrationen, bei deren Überschreitung im Vegetationszeitmittel Pflanzenschäden zu erwarten sind. Dabei handelt es sich vorwiegend um Membranschäden im Blattgewebe, die zur verstärkten Auswaschung leicht löslicher Nährelemente wie K und Mg führen, die Photosynthese und Allokation der Kohlehydrate beeinträchtigen und unter anderem die Frosthärte (an Fichten) und die Resistenz gegen Trockenheitsbelastung mindern können.

Welche Bedeutung derartige Schäden für Eichen im Zusammenhang mit der Auslösung des Eichensterbens haben könnten ist nicht untersucht. Es erscheint wenig wahrscheinlich, daß ozonbedingte Nährstoffauswaschung die aufgrund der Bodenversauerung ohnehin schwache Versorgung der Eichen mit basischen Nährelementen noch entscheidend verstärkt und dadurch zum Eichensterben beiträgt, zumal keine positive Korrelation zwischen der Versorgung der Eichen mit basischen Nährelementen und ihrer Schädigung erkennbar ist. Auch die ozonbedingte Beeinträchtigung des Kohlehydratstoffwechsels dürfte bei weitem nicht das Ausmaß erreichen, das durch mehrmaligen Kahlfraß mit weitgehendem Verlust der in den Wurzeln eingelagerten Reservestoffe entsteht. Gemessen an dieser Belastung, die sich auch auf die Feinwurzelsvitalität und damit die Trockenheitsempfindlichkeit sowie auf die Frost-

härte der Eichen negativ auswirkt und die nachweislich sehr eng mit der Auslösung des Eichensterbens korreliert ist, dürfte die Ozonbelastung keine ausschlaggebende Verstärkung der Gesamtbelastung der Eichen mehr darstellen.

Die für Ozonschädigung typische, feine bronzefarbene Sprenkelung der Oberseiten exponierter Blätter, wie sie an Buchen in strahlungsreichen Sommern gelegentlich auftritt, ist an Eichen bisher anscheinend nicht beobachtet worden.

2.3 Schadensverstärkende Faktoren

Die Belastung durch die vorstehend genannten primären Schadfaktoren führt in der Regel nicht unmittelbar zu irreversiblen Schäden und zum Absterben sondern zunächst nur zu einer zeitweisen Schwächung und Minderung der Abwehrkräfte der Eichen, von der sie sich beim Nachlassen der Belastung erholen. Spuren derartiger Belastungssituationen, meist durch Kahlfraß und der danach erfolgten Erholung sind in den Jahrringchronologien norddeutscher Eichen für frühere Kalamitäten dieses Jahrhunderts häufig belegt (BLANK unveröff.).

Schwere, irreversible Schäden, gefolgt vom Absterben der Eichen, werden meist erst durch einen oder mehrere der nachfolgend genannten sekundären biotischen Faktoren verursacht. Sie sind daher die eigentlichen Letalfaktoren.

Selten kann auch exzessiv starke primäre Belastung unmittelbar zum Absterben führen. Der einzige derartige in Deutschland bisher belegte Fall dürfte das derzeitige Eichensterben im Oberrheintal durch Schwammspinnerfraß und Mehлтаubefall in Verbindung mit Hypoxie (BLOCK et al. 1995) sein, bei dem die extreme Belastung unmittelbar zu Wurzelmortalität und zum Absterben der Eichen geführt hat.

2.3.1 Befall durch Prachtkäfer

Eingehende Symptomanalysen an mehreren hundert Eichen verschiedener Erkrankungsstadien in Norddeutschland (HARTMANN et al. 1989; HARTMANN & BLANK 1992) und weitere Beobachtungen aus verschiedenen deutschen Eichenschadgebieten belegen, daß in der Regel der **Zweipunkt-Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus*) als erster und für das Absterben der Eichen ausschlaggebender Sekundärschädiger** auftritt. Andere *Agrilus*-Arten können ebenfalls beteiligt sein. Der erste Befall durch *A. biguttatus* kann schon sehr frühzeitig an äußerlich kaum geschädigten Eichen erfolgen. Dieser Frühbefall, der durch schmale, vorwiegend in Faserrichtung verlaufende Fraßgänge im inneren Bast gekennzeichnet ist, führt an den noch relativ vitalen Bäumen zu Abwehrreaktionen, die sich äußerlich als Schleimfluß an den Befallsstellen manifestieren. Diese können in größerer Zahl auf den Süd- bis Westseiten in allen Höhen der Stämme verteilt liegen und sind bei schwachem Schleimfluß äußerlich oft sehr unauffällig. Die frühen Befallsstellen in der Rinde werden

zwar oft überwallt und endgültig ausgeheilt, sie verursachen aber trotzdem schon eine Verthyllung der darunter liegenden Frühholzgefäße und abnorme Holzbildung in der Umgebung. Dadurch dürfte der Wassertransport an den Befallsstellen unterbrochen und die Schwächung der Bäume verstärkt werden. Erst nach diesem **schadensverstärkenden Frühbefall** führt erneuter Befall, mit breiten, quer zur Faserrichtung verlaufenden Larvenfraßgängen, zum schnellen Absterben innerhalb von meist ein bis zwei Jahren. Voraussetzung dafür ist eine erhebliche Schwächung der Abwehrkräfte der Eichen, die vor allem durch Kahlfraß des Laubes, bei hoher Populationsdichte der Prachtkäfer z.T. aber auch durch den beschriebenen Frühbefall des Prachtkäfers selbst entstehen dürfte.

Agrilus-Befall ist seit langem als Ursache von gehäuften Absterben alter Eichen bekannt (STROHMEYER 1912; WACHTENDORF 1955). Die Schäden wurden vorwiegend als Folge von Störungen des Wasserhaushalts auf entsprechend prädisponierenden Standorten gesehen. Die Bedeutung von wiederholtem Kahlfraß als Auslöser von Prachtkäferbefall auf einer wesentlich breiteren Palette von Standorten, sowie die schadensverstärkende Wirkung des Frühbefalls die sich heute abzeichnet, wurden wahrscheinlich unterschätzt. Dafür spricht, daß die mit dem Frühbefall verbundenen äußerlich sichtbaren Schleimflußstellen und die nach ihrer Ausheilung im Stammquerschnitt zurückbleibenden T-förmigen Wundgewebe dem *Agrilus*-Befall nicht zugeordnet, sondern teils als "T-Krankheit" ungeklärter Ursachen, teils als mögliches Symptom einer Tracheomykose durch *Ophiostoma*-Arten gedeutet wurden.

Das Schadensausmaß hängt in den meisten geschwächten Eichenbeständen heute ganz überwiegend vom Prachtkäferbefall ab. Daher hat die Kenntnis der angedeuteten Zusammenhänge praktische Bedeutung für mögliche Hygienemaßnahmen gegen den Prachtkäferbefall zur Schadensminderung (HARTMANN & KONTZOG 1994; SEEMANN 1995). **Da die bisherigen Kenntnisse dazu nicht ausreichen, wäre eine weitere Untersuchung dieser Zusammenhänge dringend erforderlich.**

Auch die Tatsache, daß in unterbauten Eichenbeständen weniger Prachtkäferbefall und dementsprechend weniger Ausfälle auftreten als in nicht unterbauten, zeigt die Bedeutung des Prachtkäferbefalls als Ursachenfaktor und die Möglichkeit waldbaulicher Vorbeugung.

2.3.2 Wurzelschäden durch *Hallimasch*-Arten

Obwohl dem *Hallimasch* als Ursachenfaktor des Eichensterbens von vielen Autoren große Bedeutung beigemessen wird, fehlen bisher Untersuchungen, in denen die am Eichensterben **beteiligten *Armillaria*-Arten unterschieden und ihrer unterschiedlichen Pathogenität** Rechnung getragen wird. Aufgrund von Symptomanalysen an mehreren hundert Eichen im oberen Wurzelbereich bis etwa 30 cm Tiefe (HARTMANN et al. 1989; HARTMANN & BLANK 1992) und einzelnen, tiefer freigelegten Wurzelsystemen von Eichen unterschiedlicher Schädigungsgrade und unter Berücksichtigung der Literatur zu Vorkommen, Wirtsspezifität, Standortbezügen und Pathogenität der *Armillaria*-Arten in Europa (GUILLAU-

MIN & MOHAMMED 1993; TERMORSHUIZEN & ARNOLDS 1994) lassen sich jedoch über deren wahrscheinliche Bedeutung im Ursachenkomplex des Eichensterbens folgende z.T. hypothetische Aussagen machen.

Hallimasch tritt in fast allen vom Eichensterben betroffenen Beständen an einer großen Zahl absterbender Eichen in Form von weißem, subcorticalem Myzel im oberen Wurzelbereich auf. Daneben sind einzelne typisch geschädigte Bestände bekannt, in denen keinerlei Anhaltspunkte für das Vorkommen von Hallimasch (subcorticales Myzel, Rhizomorphen im Boden und an Wurzeloberflächen) gefunden werden konnten (BLANK 1996; ZANDER 1995). Hallimasch ist also meist, aber nicht immer am Absterben der Eichen beteiligt. Typisches Eichensterben kann auch völlig ohne Beteiligung von Hallimasch auftreten.

Die vorgefundene Symptomatik zeigt meist, daß die Schädigung am Stamm durch *Agrius*-Befall derjenigen durch Hallimasch im oberen Wurzelbereich zeitlich deutlich vorausgeht. Es ist zwar nicht auszuschließen, daß an tieferen Eichenwurzeln auch frühere, durch Abwehrreaktionen begrenzte Hallimasch-Läsionen vorkommen, wie dies für *A. ostoyae* an Tannen nachgewiesen wurde (DELATOUR & GUILLAUMIN 1995). In den wenigen, durch tiefe Wurzelgrabungen überprüften Fällen in Norddeutschland war dies allerdings nicht der Fall, und die Entwicklung größerer Nekrosen an den Hauptwurzeln der Eichen erfolgte meist erst, nachdem sehr weitgehende, stammumfassende *Agrius*-Schäden am Stamm vorhanden waren. Dies spricht für das überwiegende Vorkommen schwachpathogener bis saprophytischer Hallimasch-Arten als späte Folgebesiedler der durch Blattfraß und *Agrius*-Befall schwer vorgeschädigten Eichen.

Das Vorkommen der wichtigsten Hallimasch-Arten, der parasitischen *A. mellea* (Vahl:Fr.) Kumm. und *A. ostoyae* (Romagn.) Herink sowie der saprophytischen *A. gallica* Marxm. Romagn. und *A. cepistipes* Velen, wird offenbar wesentlich stärker durch die edaphischen Standortverhältnisse als durch die Wirtsbaumarten bestimmt (TERMORSHUIZEN & ARNOLDS 1994). Dieser Befund aus den Niederlanden dürfte auch auf das nordwestdeutsche Flachland übertragbar sein. Danach ist die Stieleiche vor Birke und Buche die am häufigsten befallene Baumart. Auf ärmeren, sauren, pleistozänen Sandstandorten kommt auf 86 % der untersuchten Flächen die als pathogen geltende Art *A. ostoyae* als weitaus häufigste vor. Sehr selten, auf nur 5 % der Flächen, ist die pathogene Art *A. mellea*. Die weniger pathogenen bis saprophytischen Arten *A. gallica*/*A. cepistipes* wurden noch an 9 % der armen, sauren Sandstandorte gefunden.

Auf Standorten mit reicheren, ton-, lehm- oder lößhaltigen Substraten, auf denen in Mitteleuropa die meisten Eichenbestände stocken, wurden die beiden pathogenen Arten nur an 11 bzw. 34 % der untersuchten Forstorte gefunden, während die schwach pathogenen bis saprophytischen Arten an 55 % der geprüften reicheren Standorte auftraten.

Dies begründet die Annahme, daß auf den meisten Eichenstandorten, entsprechend den dort vorherrschenden reicheren Substraten, die schwach pathogenen bis saprophytischen Hallimasch-Arten einen hohen Anteil an der Besiedlung geschädigter Eichen haben. Ihr Auftreten ist nach den Befunden der Symptomanalyse eine späte Fol-

ge fortgeschrittener Schädigung durch Prachtkäfer-Befall. Der umgekehrte Fall einer starken Schädigung der oberen Wurzeln durch Hallimasch bei schwachem oder fehlendem Prachtkäfer-Befall wurde in Norddeutschland nur sehr selten vorgefunden. **Den Schäden durch Prachtkäfer am Stamm wird daher auf den meisten Eichenstandorten die weit- aus größere Bedeutung als schadensverstärkender, für das Absterben der Eichen verantwortlicher Sekundärfaktor beigemessen als der Wurzelbesiedlung durch Hallimasch.**

Auf dieser Einschätzung beruht auch die Empfehlung an die forstliche Praxis, die Ausfälle in durch Kahlfraß geschwächten Eichenbeständen durch Sanitärhiebe gegen Prachtkäfer zu vermindern (HARTMANN & KONTZOG 1994). Diese können nur Erfolg haben, wenn die Einschätzung der Bedeutung des Hallimaschs zutrifft. Dafür sprechen zwar die bisherigen Befunde. Eine Überprüfung durch **die Untersuchung der am Eichensterben in Deutschland beteiligten Hallimasch-Arten und ihrer Pathogenität** erscheint jedoch notwendig.

2.3.3 Wurzelschäden durch *Phytophthora*-Arten

Neu in der Ursachendiskussion des Eichensterbens ist die Hypothese, daß verschiedene *Phytophthora*- und *Pythium*-Arten, die neuerdings im Wurzelraum geschädigter Eichen vielfach nachgewiesen wurden, wesentlich zum Krankheitsprozeß der Eichen beitragen (BLASCHKE 1994; JUNG et al. 1996, im Druck; BLASCHKE & JUNG, in diesem Heft).

Die Isolierung von mindestens 8 verschiedenen *Phytophthora*-Arten, meist aus dem Boden im Wurzelbereich geschädigter Eichen und anderer Baumarten, belegt ihr bisher unerkanntes, offenbar verbreitetes Vorkommen in Waldböden, nicht nur in Eichenbeständen. Der Nachweis ihres Vorkommens in frisch geschädigtem Gewebe von Schwach- und Feinwurzeln sowie erfolgreiche Infektionsversuche durch Boden- und Stammbeimpfung an Eichensämlingen zeigen die potentielle Pathogenität der *Phytophthora*-Isolate für Eichen.

Weniger klar ist die Bedeutung dieser Pilze im Ursachenkomplex des Eichensterbens. Die bisher identifizierten Arten sind nicht als spezifische Parasiten der Eiche bekannt. Sie dürften als wirtsunspezifische, fakultative Parasiten mit ausreichender saprophytischer Lebensfähigkeit teils an totem organischem Substrat, teils parasitisch in Eichenwurzeln und Wurzeln anderer Wirte leben. Dadurch bedingte Verluste von Schwach- und Feinwurzeln können die Eichen, bis zu einem nicht bekannten Grad, im Rahmen ihres Feinwurzelumsatzes wahrscheinlich tolerieren. Dafür spricht unter anderem, daß Eichen angepaßt sein müssen auch an andere bedeutende Feinwurzerverluste, die nach vorläufigen eigenen Befunden häufig als Folge von Kahlfraß durch blattfressende Insekten auftreten.

Bei hoher Infektionsdichte und bereits herabgesetzter Abwehrfähigkeit der Eichenwurzeln durch andere Belastungen dürften die infektionsbedingten Wurzelschäden einen so erheblichen Umfang erreichen, daß sie einen wesentlichen **Beitrag zur Schwächung der Eichen** leisten. Dies ist vor allem auf stark wechselfeuchten Standorten an der dort meist stok-

kenden Stieleiche zu erwarten. Dort fördert zeitweise Vernässung die Sporulation der Pilze und beeinträchtigt gleichzeitig die Eichenwurzeln durch Sauerstoffmangel. Weiter verstärkend auf die Empfindlichkeit der Wurzeln kann auf solchen Standorten oft vorausgegangene Trockenheitsbelastung wirken (DUNIWAY 1983; WESTE 1983). Es handelt sich also um die gleichen Standorte, die bereits wegen ihres unausgeglichene Wasserhaushalts als Risikostandorte eingestuft wurden. Welchen Anteil hier direkte Schäden durch Vertrocknen oberflächennaher Feinwurzeln bzw. Absterben durch Hypoxie haben, ist nicht bekannt. **Unter diesen Standortverhältnissen erscheint jedenfalls ein wesentlicher Beitrag pathogener Bodenpilze, vor allem von *Phytophthora*-Arten, zur Gesamtschädigung der Wurzeln sehr wahrscheinlich.**

Der Zeitpunkt ihres verstärkten Auftretens als Wurzelparasiten dürfte einerseits von hohen Niederschlägen, andererseits auch vom Eintritt starker Entlaubung durch Insekten bestimmt werden. Letztere trägt zur Schwächung der Abwehrfähigkeit der Wurzeln gegen pathogene Bodenpilze bei (WARGO 1993) und dürfte auch die *Phytophthora*-Infektion begünstigen.

2.3.4 Wurzelschäden durch den Spindeligen Rübbling

Der vorwiegend in Frankreich (DELATOUR & GUILLAUMIN 1984; GUILLAUMIN et al. 1985), aber auch in Deutschland (KREISEL 1961) als Parasit an Wurzeln älterer Eichen nachgewiesene Spindelige Rübbling (*Collybia fusipes* [Bull. ex Fr.] Quéf.) ist auf Standorte mit relativ hohen pH-Werten beschränkt. Er wurde an mehreren Stellen in Sachsen-Anhalt auf entsprechenden Standorten an Nekrosen im oberen Teil des Wurzelsystems absterbender Traubeneichen sowie besonders stark an Roteichen gefunden. Der Pilz lebt lange Zeit in der äußeren Wurzelrinde, ohne in radialer Richtung in die innere Rinde vorzudringen. Dies kann jedoch nach bedeutender Schwächung der Eichen offenbar möglich werden.

An den in Deutschland näher untersuchten Traubeneichen ist *C. fusipes* erst nach sehr weitgehender Vorschädigung durch wiederholten starken Blattfraß und *Agrius*-Befall in die innere Wurzelrinde absterbender Eichen vorgedrungen. Ein Infektionsversuch mit *C. fusipes* in der Rinde von Wurzelanläufen absterbender Traubeneichen blieb erfolglos. Das Absterben der Eichen ist im wesentlichen aufgrund der vorausgegangenen *Agrius*-Schäden erfolgt. An den offenbar deutlich anfälligeren Roteichen kann möglicherweise schon starke Trockenheitsbelastung allein ein Fortschreiten der Infektion auslösen.

Diese auf eigenen Symptom- und Jahrringanalysen sowie einem Infektionsversuch an einem Standort basierenden Annahmen sind zwar noch nicht ausreichend abgesichert. **Wegen seiner Bindung an neutrale bis basische Standorte und seiner geringen Pathogenität dürfte dem Pilz in Deutschland jedoch kaum eine Bedeutung als Ursachenfaktor des Eichensterbens zukommen. Er dürfte auf basischen Standorten eher als begleitender Besiedler auftreten.**

2.3.5 Rindenschäden an Stamm und Krone durch Pilze

Schwach pathogene Ascomyceten bzw. Deuteromyceten können in der Rinde schwer vorgeschädigter Eichen oft ausgedehnte Nekrosen verursachen (HARTMANN et al. 1989; KEHR & WULF 1993).

Am Stamm tritt in dem von *Agrilus*-Fraßgängen durchzogenen Bastgewebe vor allem *Cytospora intermedia* regelmäßig und häufig auf. Welchen Anteil dieser Pilz neben der von *Agrilus*-Fraßgängen selbst ausgehenden nekrotisierenden Wirkung auf das Bastgewebe hat, ist nicht bekannt. Im Infektionsversuch an jungen Traubeneichen wurde die Entwicklung des Pilzes in der Rinde erst bei sehr starkem Wasserstreß gefördert. Dies spricht für seine geringe Pathogenität in Eichenrinde. Daneben tritt vor allem im Kronenbereich oft *Pezicula cinnamomea* als Verursacher begrenzter Nekrosen auf, die sich ebenfalls nur nach erheblicher Vorschädigung entwickeln.

Die genannten und weitere rindenbesiedelnde Pilze dürften zum Absterben von Zweigen und Ästen und damit zum "die-back"-Symptom sowie zur Ausdehnung von Rindennekrosen am Stamm an Eichen beitragen, die bereits fortgeschrittene Schäden durch andere Ursachen aufweisen.

2.3.6 Gefäßbesiedlung durch *Ophiostoma*-Arten

Nach Verwundungen und Schädigungen durch verschiedenste Ursachen entwickeln sich im Splintholz *Ophiostoma*-Arten, die dort oft schon als Endophyten gelebt haben können. Sie verursachen Bläue des Holzes und wurden als mögliche Pathogene und Verursacher einer tracheomykoseartigen Erkrankung in Betracht gezogen (BALDER 1989; SKADOW & TRAUE 1986; EISENHAUER 1990). **Diese Hypothese wurde in verschiedenen europäischen Ländern wiederholt geprüft, konnte aber bisher nicht bestätigt werden.** Zwar ließ sich die Kolonisierung von Gefäßen nach Inokulation nachweisen, Pathogenität durch Ausscheidung von Pathotoxinen oder zumindest eine indirekte schadensverstärkende Wirkung auf den Wasserhaushalt von Eichen unter Trockenheitsbelastung ließ sich dagegen nicht deutlich belegen (SIMONIN et al. 1996).

2.4 Begleitende Faktoren

In der Sukzession der Organismen, die stark vorgeschädigte, absterbende und tote Eichen besiedeln, treten außerordentlich zahlreiche Insekten- und Pilzarten als Folgebesiedler ohne erkennbaren ursächlichen Zusammenhang mit dem Eichensterben auf. Einige davon verursachen schon relativ früh im Zerfallsprozeß auffällige Symptome, so daß sie auch als mögliche Ursachenfaktoren in Betracht gezogen wurden.

Dazu gehören vor allem der **Eichensplintkäfer** (*Scolytus intricatus*), seltener der Zottige **Eichenborkenkäfer** (*Dryocoetes villosus*), die in Ästen bzw. am Stamm absterbender Eichen massenhaft vorkommen. Dies löst flächenhafte Rötung der Borke an Ästen und Stämmen durch Spechtabschläge aus, die absterbende Eichen oft weithin auffällig kennzeichnen. Der Eichensplintkäfer wurde zunächst als Vektor möglicher tracheomykoseartiger Krankheitserreger in Betracht gezogen. Dies kommt jedoch, abgesehen vom bisher fehlenden Nachweis pathogener Erreger, wegen des meist erst sehr späten Auftretens des Käfers an bereits durch andere Ursachen absterbenden Eichen, nicht als Ursachenfaktor in Betracht.

In der durch Prachtkäfer-Befall und Ascomycetenbesiedlung nekrotisierten Rinde stark geschädigter, absterbender und toter Eichen treten regelmäßig in großer Zahl **Bockkäferlarven** auf. Sie zerstören durch ihre intensive Fraßtätigkeit die Symptome der ursächlich beteiligten Prachtkäfer. Dadurch können deren Symptome maskiert und ihre Bedeutung falsch eingeschätzt werden.

Der meist auf der Südseite der Stämme beginnende Absterbeprozess hinterläßt dort ausgedehnte tote Rindenpartien, unter denen sich anschließend **holzbesiedelnde Käferarten** (*Platypus cylindrus*, *Xyleborus* spp., *Hylecoetus dermestoides*, *Lymexylon navale*) ansiedeln können. Bis zum Absterben und dem Einschlag der zunächst einseitig geschädigten Eichen können mehrere Jahre vergehen, während derer die Käfer auf den zuerst abgetöteten Stammseiten Schäden im Splint und Kernholz verursachen können. Diese können besonders in warmen Sommern stärker auftreten und zu Mindererlösen für das Schadholz führen (HESS. LANDESANST. 1996).

An Stämmen und Ästen noch stehender, absterbender Eichen verursacht bisweilen der an lagerndem Eichenholz häufig fruktifizierende Ascomycet *Bulgaria polymorpha* begrenzte Rindennekrosen. Die Diagnose wird meist durch noch fehlende Fruktifikation erschwert.

3 Schlußfolgerungen

Die gegenwärtig als Eichensterben oder Europäische Eichenerkrankung bezeichneten Schäden sind nicht neuartig. Ähnliche Kalamitäten, z.T. wesentlich stärkeren Ausmaßes, sind in Deutschland mehrfach im Laufe dieses Jahrhunderts aufgetreten. Das älteste ähnliche Schadereignis ist in Norddeutschland für Anfang des 18. Jahrhunderts belegt.

Als auslösender Faktorenkomplex ist das zeitliche Zusammentreffen von wiederholtem starkem Laubverlust durch blattfressende Insekten mit Witterungsextremen anzunehmen. Großräumiger, überregional synchroner Kahlfraß ist im Leben der Eichen eine häufige, etwa einmal pro Jahrzehnt zu erwartende Belastung, die alleine schon zu erheblicher, zeitlich begrenzter Schwächung führt. Diese äußert sich unter anderem in starken Zuwachseinbrüchen und wahrscheinlich auch zeitweise reduzierter Feinwurzelbiomasse.

Entscheidende zusätzliche Belastungen entstehen, für Stieleichen stärker als für Traubeneichen, durch Niederschlagsmangel oder Vernässung auf bestimmten Risikostandorten, die sich durch unausgeglichenen Wasserhaushalt und flache Durchwurzelung auszeichnen. Feinwurzelschäden durch Vertrocknen, Hypoxie oder pathogene Bodenpilze dürften hier die durch Kahlfraß bereits reduzierte vitale Feinwurzelmasse weiter vermindern.

Als großräumig synchrone, zusätzliche Belastung befallener Eichen kommen auch die Spätwinterfröste der Jahre 1985-87 in Frage.

Wesentliche Einflüsse von Immissionsbelastungen durch saure Deposition oder durch direkte Schadwirkungen von Luftschadstoffen (SO_2 , NO_x , Ozon) auf die Entstehung der Eichenkrankung in Deutschland lassen die bisherigen Befunde nicht erkennen. Hohe Stickstoffeinträge könnten jedoch die Frosthärte der Eichen vermindert und ihre Mykorrhizierung beeinträchtigt haben. Dies könnte unter anderem zur Entstehung der Winterfrostschäden sowie zu vermehrten Wurzelschäden durch pathogene Pilze beigetragen haben.

Unmittelbare Absterbeursache geschwächter, vorgeschädigter Eichen ist in der Regel der Befall durch den Zweipunkt-Eichenprachtkäfer, ohne den sich die meisten geschwächten Eichen beim Nachlassen der zeitweisen Belastungen erholen. Hygienemaßnahmen in Form geeigneter Sanitärhiebe gegen den Prachtkäfer-Befall dürften daher das Schadensausmaß kurzfristig vermindern. Langfristig vorbeugend gegen Prachtkäfer-Befall und Eichensterben wirkt ein Unterbau der Eichenbestände mit Mischbaumarten.

Weitere Gegenmaßnahmen, einschließlich möglicher Bekämpfung der blattfressenden Insekten als wichtigstem primärem Schadfaktor, wären zwingend gebunden an die Eingrenzung der zu behandelnden Bestände durch eine Risikoabschätzung. Voraussetzung dafür wäre eine genauere Kenntnis der Risikostandorte, die bisher jedoch fehlt. Weitere Elemente der Risikoabschätzung wären eine verbesserte Prognose der Fraßereignisse sowie die bessere Kenntnis der Biologie des Zweipunkt-Eichenprachtkäfers.

In den letztgenannten Bereichen sowie zu den biotischen und abiotischen Ursachen von Wurzelschäden an Eichen besteht daher vorrangiger Forschungsbedarf.

Literatur

- ACKERMANN, J. & G. HARTMANN (1992): Kronenschäden in Eichenbeständen Niedersachsens nach Farbinfrarot-Luftbildern aus den Jahren 1988/89. *Forst und Holz* **47**: 452-460. *
- AHRENS, U. & E. SEEMÜLLER (1994): Detection of mycoplasma-like organisms in declining oaks by polymerase chain reaction. *Eur. J. For. Path.* **24**: 55-63.
- AUSSENAC, G., A. GRANIER, N. BREDA & H. COCHARD (1993): Drought induced dysfunctions of the water transport in oak trees. In: LUISI, N., P. LERARIO & A.

- VANNINI (Hrsg.): Recent Advances in Studies on Oak Decline. Proceedings Internat. Congress, Selva di Fasano (Brindisi), Italien, 13.-18. Sept. 1992, 413-423.
- BALDER, H. (1989): Untersuchungen zu neuartigen Absterbeerscheinungen an Eichen in den Berliner Forsten. Nachrichtenblatt Deut. Pflanzenschutzdienst **41**: 1-6.
- BERGMANN, W. (1993): Ernährungstörungen bei Kulturpflanzen. 3. Aufl., Fischer Stuttgart, 835 S.
- BLANK, R. (1996): Ursachenanalyse des Eichensterbens in der Abt. 1 A des Forstamtes der Stadtwerke Hannover AG in der Südheide unter besonderer Berücksichtigung der Grundwasserabsenkung. Untersuchung im Auftrag der Stadtwerke Hannover AG, 49 S., unveröff.
- BLANK, R., G. HARTMANN, M. HUBRIG & D. SEEMANN (1995): Untersuchungen zur Vitalität der Feinwurzeln 100jähriger Stieleichen nach Schwammspinnerfraß 1993/94 im Forstamt Bruchsal. unveröff. *
- BLASCHKE, H. (1994): Decline symptoms on roots of *Quercus robur*. Eur. J. For. Path. **24**: 386-398.
- BLOCK, J., H. DELB, G. HARTMANN, D. SEEMANN & H.W. SCHRÖCK (1995): Schwere Folgeschäden nach Kahlfraß durch Schwammspinner im Bienwald. AFZ/Der Wald **50**: 1278-1281.
- BUTIN, H. & C. VOLGER (1982): Untersuchungen über die Entstehung von Stammrissen ("Froststrissen") an Eiche. Forstwiss. Centralbl. **101**: 295-303.
- BÜTTNER, G. (1994): Der Zustand niedersächsischer Waldböden und die Ernährung der Bäume. Forst und Holz **49**, 699-702.
- BÜTTNER, G. (1996): (Ergebnisse der bundesweiten Bodenzustandserhebung (BZE) für Niedersachsen). Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Univ. Göttingen und der Nds. Forstl. Versuchsanstalt, in Vorbereitung
- DELATOUR, C. & J.J. GUILLAUMIN (1984): Une pouridie meconnue: le *Collybia fusipes* (Bull. ex Fr.) Quel.. C.R. Acad. Agric. de France **79**: 123-126.
- DELATOUR, C. & J.J. GUILLAUMIN (1995): Role of *Armillaria* in the decline of silver fir in the Vosges and in the Massif Central. In: LANDMANN, G. & M. BONNEAU (Hrsg.): Forest decline and atmospheric deposition effects in the french mountains. Springer, Paris, 461 S.
- DREYER (1927): Bestandesgeschichtliches aus der preußischen Staatsoberförsterei Dannenberg im Reg.-Bez. Lüneburg. Zeitschr. Forst- und Jagdwesen **59**: 513-536.
- DREYER, E. (1994): Compared sensitivity of seedlings from 3 woody species (*Quercus robur* L., *Quercus rubra* L., *Fagus sylvatica* L.) to water-logging and associated root hypoxia: effects on water relations and photosynthesis. Ann. Sci. For. **51**: 417-429.
- DREYER, E., A. GRANIER, N. BREDA, H. COCHARD, D. EPRON & G. AUSSENAC (1993): Oak trees under drought constraints: ecophysiological aspects. In: LUISI, N., P. LERARIO & A. VANNINI (Hrsg.): Recent Advances in Studies on Oak Decline. Proceedings Internat. Congress, Selva di Fasano (Brindisi), Italien, 13.-18. Sept. 1992, 293-322.
- DREYER, E., D. EPRON, G. MATTEUCCI, P. de ANGELIS & R. VALENTINI (1996): Photosynthesis of oak trees during drought stress. Ann. Sci. For. **53**: im Druck

- DUNIWAY, J.M. (1983): Role of physical factors in the development of *Phytophthora* diseases. in: ERWIN, D.C., S. BARTNICKI-GARCIA & P.H. TSAO (Hrsg.): *Phytophthora*, its biology, taxonomy, ecology and pathology, APS Press, 175-187.
- EISENHAUER, D.-R. (1990): Zur Entwicklung der ökologischen Stabilität von Eichenbeständen im nordöstlichen Harzvorland. Beitr. f. d. Forstwirtschaft **23**: 55-62.
- FALCK, R. (1918): Eichenerkrankung in der Oberförsterei Lödderitz und in Westfalen. Zeitschr. Forst- und Jagdwesen **50**: 123-132.
- FLEISCHER, M. (1989): Untersuchungen über zwei neue Eichenerkrankungen in Bayern. Diss. Forstwiss. Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München
- GUILLAUMIN, J.J., C. MOHAMMED & 12 beitragende Autoren (1993): Geographical distribution and ecology of the *Armillaria* species in Western Europe. Eur. J. For. Path. **23**: 321-341.
- HARTMANN, G. R. BLANK & S. LEWARK (1989): Eichensterben in Norddeutschland. Forst und Holz **44**: 475-487.
- HARTMANN, G. & R. BLANK (1992): Winterfrost, Kahlfraß und Prachtkäferbefall als Faktoren im Ursachenkomplex des Eichensterbens in Norddeutschland. Forst und Holz **47**: 443-452. *
- HARTMANN, G., H. BUTIN & F. NIENHAUS (1995): Farbatlas Waldschäden. 2. Aufl., 164-165, Ulmer Stuttgart, 288 S.
- HARTMANN, G. & H.G. KONTZOG (1994): Anleitung zur Beurteilung des Gesundheitszustandes von Alteichen in vom "Eichensterben" geschädigten Beständen. Forst und Holz **49**: 216-217. *
- HAUSENDORFF, F.(1940): Frostschäden an Eichen. Zeitschr. Forst- und Jagdwesen **72**: 3-35.
- HEINSDORF, D.& S. CHRZON (1993, 1994): Boden- und ernährungskundliche Untersuchungen in geschädigten Eichenbeständen in Mecklenburg-Vorpommern. Forschungsbericht Teil I und II, unveröff., 125 S., 112 S.
- HESSISCHE LANDESANSTALT für Forsteinrichtung, Waldforschung, und Waldökologie (1996): Untersuchungen zu kernholzentwertenden Insekten an Eiche in absterbenden Eichenbeständen des Hessischen Rieds. Jahresbericht **1994/95**: 9-12
- JUNG, T., H. BLASCHKE & P. NEUMANN (1996): Isolation, identification and pathogenicity of *Phytophthora* species from declining oaks. Eur. J. For. Path., eingereicht.
- KANDLER, O. & M. SENSER (1993): Eichenvergilbung im Raum München: eine Fallstudie. Rundgespräche der Kommission für Ökologie **5**, "Zustand und Gefährdung der Laubwälder", Verlag Dr. F. Pfeil, München, 153-168.
- KÄSTNER, J. (1993): Einfluß des Unterbaus in Eichenbaumhölzern auf das Auftreten des Eichensterbens am Beispiel des Reviers Lindau, Forstamt Lindau (Bezirk Dessau). Diplomarbeit am Fachbereich Forstwirtschaft der Fachhochschule Hildesheim/Holzminde, 47 S. *
- KEHR, R. & A. WULF (1993): Fungi associated with above-ground portions of declining oaks (*Quercus robur*) in Germany. Eur. J. For. Path. **23**: 18-27.
- KRAHL-URBAN, J., J. LIESE & F. SCHWERDTFEGER (1944): Das Eichensterben im Forstamt Hellefeld. Zeitschrift f. d. gesamte Forstwesen **76/70**: 70-86.

- KREISEL, H. (1961): Die phytopathogenen Großpilze Deutschlands. Nachdruck 1979, Cramer, Vaduz, 284 S.
- McCORMICK, L.H. & K.C. STEINER (1978): Variation in aluminium-tolerance among six genera of trees. *Forest Sci.* **24**: 565-568.
- MANION, P.D. (1981): Tree disease concepts. Prentice-Hall, New Jersey, 399 S..
- OELKERS, J. & MEINE (1923): Trauben- und Stieleichen in der Provinz Hannover. *Zeitschr. Forst- und Jagdwesen* **55**: 209-218.
- ROLOFF, A. (1989): Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemäßigten Breiten. Schriften aus der Forstl. Fakultät der Univ. Göttingen u. der Nds. Forstl. Versuchsanst. **93**, Sauerländer, Frankfurt, 258 S.
- RÖSEL, K. & M. REUTHER (Hrsg.) (1995): Differentialdiagnose der Schäden an Eichen in den Donauländern. GSF-Bericht **11**, 377 S.
- ROST-SIEBERT, K. (1985): Untersuchungen zur H- und Al-Ionentoxizität an Keimpflanzen von Fichte (*Picea abies* Karst.) und Buche (*Fagus sylvatica* L.) in Lösungskultur. *Berichte Forschungszentr. Waldökosysteme/Waldsterben* **12**: 1-219.
- SCHLAG, M. (1995): The condition of the phloem in declining oaks. *Eur. J. For. Path.* **25**: 83-94.
- SCHÜTT, P. & M. FLEISCHER (1987): Eichenvergilbung, eine neue, noch ungeklärte Krankheit der Stieleiche in Süddeutschland. *Österr. Forstz.* **98**: 60-62.
- SEEMANN, D. (1996): Site related aspects on oak decline in Germany. *Eur. J. For. Path.*, im Druck
- SEEMANN, D. (1996a): Biotische Aspekte der Eichenerkrankung. *Agrarforschung in Baden-Württemberg*, in Vorbereitung
- SEEMÜLLER, E. (1993): Mykoplasma-Krankheiten bei Laubhölzern des Waldes in Europa. *Rundgespräche der Kommission für Ökologie* **5**: "Zustand und Gefährdung der Laubwälder", Verlag Dr. F. Pfeil, 145-152.
- SIMONIN, G., H. COCHARD, C. DELATOUR, A. GRANIER & E. DREYER (1996): Vulnerability of young oak seedlings (*Quercus robur* L.) to embolism: responses to drought and to an inoculation with *Ophiostoma quercus* (Georgevitch) Nannf. *An. Sci. For.* **53**: im Druck.
- SKADOW, K. & H. TRAUE (1986): Untersuchungsergebnisse zum Vorkommen einer Eichenerkrankung im nordöstlichen Harzvorland. *Beiträge f. d. Forstwirtschaft* **20**: 64-74.
- STROHMAYER (1912): Kleine Beobachtungen über verschiedene Forstschädlinge (*Agrilus biguttatus*). *Entomologische Blätter* **8**: 249.
- TERMORSHUIZEN, A.J. & E.J.M. ARNOLDS: Geographical distribution of the *Armillaria* species in the Netherlands in relation to soil type and hosts. *Eur. J. For. Path.* **24**: 129-136.
- THOMAS, F.M. (1995): Ursachenanalyse des Eichensterbens in Norddeutschland - Teil 5: Bodenkundliche und baumphysiologische Untersuchungen. Abschlußbericht des BMBF-Forschungsvorhabens, Förderkennzeichen 0339382A, unveröff., 54 S. *
- THOMAS, F.M. & R. BLANK (1996): The effect of excess nitrogen and of insect defoliation on the frost hardiness of bark tissue of adult oaks. *Ann. Sci. For.* **53**, im Druck

- THOMAS, F.M., R. BLANK & G. HARTMANN (1996): Der Einfluß von Stammexposition, Stickstoffstatus und Blattfraß auf die Frosthärte des Bastes von Alteichen. *Verhandl. Ges. Ökologie* **25**: im Druck. *
- THOMAS, F.M. & G. BÜTTNER (1992): Der Ernährungszustand von Eichen in Niedersachsen. *Forst und Holz* **47**: 464-470. *
- THOMAS, F.M. & G. HARTMANN (1992): Frosthärte des Bastes älterer Traubeneichen auf besonnten und absonnigen Stammseiten. *Forst und Holz* **47**: 462-464. *
- THOMAS, F.M. & G. HARTMANN (1996): Soil and tree water relations in mature oak stands of northern Germany differing in the degree of decline. *Ann. Sci. For.* **53**: im Druck. *
- THOMAS, F.M. & U. KIEHNE (1995): The nitrogen status of oak stands in northern Germany and its role in oak decline. in: NILSSON, O.L., R.F. HÜTTL & U.T. JOHANSSON (Hrsg.): *Nutrient uptake and cycling in forest ecosystems*. Kluwer Academic Publishers, 671-676. *
- TYREE, M.T. & H. COCHARD (1996): Winter and summer embolism in oaks: impacts on water relations. *Ann. Sci. For.* **53**: im Druck.
- ULRICH, B., MEIWES, K.J., KÖNIG, N. & P.K. KHANNA (1984): Untersuchungsverfahren und Kriterien zur Bewertung der Versauerung und ihrer Folgen in Waldböden. *Forst und Holzwirt* **39**: 278-286.
- WACHTENDORF, W. (1955): Beiträge zur Kenntnis des Eichenprachtkäfers *Agilus biguttatus* Fabr. und *Coraebus undatus* Fabr. *Zeitschr. f. Angew. Entomologie* **37**: 327-339.
- WAGNER, P.-A., G. AUSSÉNAC, E. DREYER, Y. LEFEVRE & G. LEVY (1996): Responses of pedunculate and sessile oaks to a succession of waterlogging and drought. *Ann. Sci. For.*, im Druck.
- WARAGHAI, A. (1979): Untersuchungen über die Infektionsbiologie des Eichenmehltaus (*Microsphaera alphitoides* Griff. et Maubl.) sowie über die an der Wirtspflanze verursachten Schäden. Diss. Georg-August-Universität Göttingen.
- WARGO, P.M. (1993): Multiple factors in oak decline in the United States. In: LUISI, N., P. LERARIO & A. VANNINI (Hrsg.): *Recent advances in studies on oak decline*, Proceedings Internat. Congr. Selva di Fasano (Brindisi), Italien, 13.-18. Sept. 1992, 1-9.
- WESTE, G.: Population dynamics and survival of *Phytophthora*. ERWIN, D.C. et al. (Hrsg.): *Phytophthora*, its biology, taxonomy, ecology, and pathology, APS Press, 237-257.
- WITTMANN, R. (1994): Eichen am Golfplatz des Wittelsbacher Ausgleichsfonds in Neuburg-Rohrenfeld. Gutachterliche Analyse des Vitalitätsverlustes und der Vergilbungsursachen. Sachverständigenbüro R. Wittmann, Gutachten Nr. 23/94, unveröff., 84 S.
- ZANDER, O., (1995): Eichensterben und Prachtkäferbefall (*Agilus biguttatus*) am Beispiel eines Stieleichenbestandes in der südlichen Lüneburger Heide. Diplomarbeit am Fachbereich Forstwirtschaft der Fachhochschule Hildesheim/Holzminde, 58 S.

Diskussion

Kontzog stellt fest, daß bezüglich der Entstehung des Eichensterbens dem massiven Blattfraß insgesamt doch eine sehr große Bedeutung beigemessen werden sollte. Auf die Frage von **Schröck**, ab wieviel toten Stämmen pro ha und Jahr von einem Eichensterben gesprochen werden kann, antwortet **Kontzog**, daß am Höhepunkt der Entwicklung 5-10 Stämme pro ha und Jahr absterben können. **Emschermann** betont, daß ein Abgang von mehr als 2 Bäumen pro ha und Jahr nicht mehr als normal angesehen werden kann, und **Hartmann** nennt 3-5 Bäume pro ha für Niedersachsen als Spitzenwerte auf dem Höhepunkt einer Eichensterbensphase.

Heinsdorf fragt, warum Nordrhein-Westfalen trotz der hohen Stickstoffeinträge weiter an der Kompensationskalkung festhält, da doch die Gefahr der Anregung des Humusabbaus und somit der Stickstoffauswaschung steigt. **Emschermann** antwortet, daß der Prozeß der Bodenversauerung zumindest aufgehalten werden soll und daß nicht auf allen Standorten ein Stickstoffüberschuß auch frei würde. **Büttner** betont dazu, daß die Kalkung gerade bei Eiche akzeptabel sei, weil dort aufgrund der überwiegend günstigen Humusformen kein Auflagehumus vorhanden sei. Zur Problematik der Immissionen als Ursache führt **Hartmann** aus, daß Säureschäden an Feinwurzeln bislang nicht belegt sind und daß die Kalkung nicht im Hinblick auf das Eichensterben, sondern auf die allgemeine Immissionssituation durchgeführt wird.

Zur Situation in Hessen fragt **Kehr**, welche tatsächliche prädisponierende Bedeutung allein der Veränderung der Grundwasserstände beigemessen wird. **Winterhoff** sieht den Wassermangel durch Grundwasserabsenkung für das Hessische Ried als wichtigen prädisponierenden Faktor, wobei niederschlagsarme Jahre und erhöhter Blattfraß dazu kommen. **Seemann** erwähnt, daß vorwiegend die Stieleiche hierdurch beeinträchtigt wird und sich in Baden-Württemberg nur 5 % der Eichenfläche in grundwasserbeeinflussten Gebieten befindet. Es ist zwar bekannt, daß Grundwasserabsenkungen zum Absterben führen können, aber Pegelmessungen an Orten mit vermutetem Verlust an Grundwasseranschluß haben gezeigt, daß dort in den letzten 20-30 Jahren keine Absenkung auftrat. Für Baden-Württemberg kommt laut **Seemann** daher dieser Faktorenkomplex nicht als Ursache für die derzeitige Schwächung der Eiche in Frage. **Winterhoff** betont, daß die Situation insbesondere im Hessischen Ried ohne Grundwasserabsenkung sicher nicht so dramatisch wäre. Da aber auch in anderen Regionen Eichensterben auftritt, könne dieser Vorgang nur regional als prädisponierender Streßfaktor gewertet werden. **Heinsdorf** erwähnt ebenfalls, daß im nordöstlichen Deutschland durch die Landwirtschaft in den 70er und 80er Jahren schwere Baumschäden durch Entwässerungsmaßnahmen ausgelöst wurden. Solche Schäden seien aber Sonderfälle und hätten nichts mit dem Eichensterben zu tun.

Zum Vortrag von **Schröck** bemerkt **Maschnig**, daß auch in Bayern bereits nach einem Jahr Schwammspinnerfraß die Gefahr von Abgängen einzelner Eichen gegeben sei, da die Eichen dann von Mitte Mai bis Ende Juli ohne Laub sind, weil der Schwammspinner bis in den Johannistrieb hinein frißt und dieser zusätzlich noch durch den Eichenmehltau stark geschädigt bzw. vernichtet wird. Im Folgejahr können daher einzelne Bäume wegen fehlender bzw. nicht ausreichender Reservestoffe keinen oder nur einen unzureichenden Austrieb zustandebringen. So kommt es zu einem einzel- bis gruppenweisen Absterben. **Hartmann** gibt zu Bedenken, daß es historisch gesehen selten zu Fraß mit direkt nachfolgender Mortalität gekommen sei, sondern daß eher eine Phase des Eichensterbens durch einen "Faktor X" plus Fraß aufgetreten sei. Nach Ansicht **Hartmanns** ist letztlich die Höhe der Prachtkäferpopulation entscheidend dafür, ob Bäume sich erholen können oder absterben. Für Norddeutschland sei die Mortalität nach Fraß nur in Verbindung mit hoher Prachtkäferdichte gegeben. **Seemann** betont nochmals, daß der Schwammspinner durchaus stärker schädigend sei als die anderen blattfressenden Eicheninsekten, da er bis in den Johannistrieb hinein fresse und direkt anschließend Mehltau auftrete. **Maschnig** stellt insbesondere die Kombination Wickler- und Schwammspinnerfraß, oft mit nachfolgendem starken Mehltau, als gravierend dar. Während es bei alleinigem Wicklerbefall bis zu 5 Jahre lang zu Fraß kommen könne, ohne daß die Eichen ernstlich geschädigt werden, sei dieser kombinierte Fraß bereits im ersten Jahr sehr bedrohlich. Wegen mangelhafter Bildung von Reservestoffen kann es hier schon im Folgejahr zu einem gruppenweisen Absterben kommen.

Volz fragt, ob bestimmte waldbauliche Konzepte auch Auslöser für die Eichenschäden sein können. **Seemann** antwortet, daß waldbauliche Maßnahmen nicht primär verantwortlich seien, aber daß in einzelnen reinen Eichenbeständen insbesondere hinsichtlich der Provenienzwahl möglicherweise Fehler gemacht wurden. **Hartmann** wirft ein, daß in sekundärer Hinsicht waldbauliche Fehler gemacht wurden, indem z.B. Eichenbestände nicht genügend unterbaut wurden, was durch die stärkere Besonnung den Prachtkäfer fördere.

Kehr fragt nach der Pathogenität der einzelnen *Phytophthora*-Arten, und **Jung** antwortet, daß eine gewisse Pathogenität bei allen vorhanden ist und es somit nicht von so entscheidender Bedeutung sei, welche Art man isoliere. **Werres** weist in diesem Zusammenhang darauf hin, daß die von Jung und Blaschke nicht gefundene *Phytophthora cinnamomi* evtl. doch vorhanden sein könnte, da sie in Baumschulen z.B. weit verbreitet gefunden würde.

Zur aufgeworfenen Frage von **Heinsdorf**, ob die Nährstoffversorgung einzelner Bäume Ursache oder Wirkung der Schäden sei, sagt **Hartmann**, daß sie seiner Meinung nach eher als Folge in Frage komme, z.B. weil der Prachtkäferbefall oder Wurzelschäden den Nährstofftransport und die Nährstoffaufnahme behinderten.

Heinsdorf gibt zu bedenken, daß aus seiner Sicht Trockenjahre durchaus zu Zuwachseinbrüchen führen könnten und daß evtl. in dieser Beziehung regionale Unterschiede bestünden. In Nordostdeutschland jedenfalls gebe es Beispiele für Zuwachseinbrüche durch Trockenjahre. **Heinsdorf** erwähnt ebenfalls, daß nach seiner Einschätzung immer noch die Forschung im Boden- und Wurzelraum Nachholbedarf hat. **Büttner** nimmt Stellung zu dem Thema der Magnesium- und Stickstoffversorgung und nennt zwischen diesen beiden Nähr-

elementen eine antagonistische Beziehung. Ein hoher Stickstoffeintrag geht mit einem hohen Magnesiumaustrag einher, wodurch es trotz hoher Magnesiumvorräte zu einer Knappheit in den Blättern kommen könne.

Schröck fragt, warum es denn nur ein Eichensterben gegeben habe, obwohl in der Vergangenheit 5-6 Fraßereignisse registriert wurden und ob dies Grund genug sei, blattfressende Insekten zu bekämpfen. **Hartmann** antwortet, daß "Eichensterben" als Tod von mehr als zwei Bäumen pro Jahr/ha definiert werden kann, und daß es daher durchaus auch früher nach Fraßereignissen ein Eichensterben gegeben habe, das aber teilweise nicht registriert wurde. Zwei frühere Eichensterbensphasen wurden nur dank der genauen Beobachtungen und Beschreibungen von Prof. Falk und Prof. Krahl-Urban erkannt. Nach Meinung von **Hartmann** ist es schon früher nach jedem größeren Fraßereignis zu einem solchen Absterben gekommen. Daher bräuchten wir mehr Forschung zu den Schadensschwellen, bei denen eine Bekämpfung blattfressender Insekten an Eichen gerechtfertigt erscheint. Zur Frage von **Krüger**, wie man möglicherweise gegen Mehltau vorgehen könnte, antwortet **Seemann**, daß eine direkte Bekämpfung technisch nicht machbar sei, aber daß man den Mehltau indirekt durch eine Bekämpfung der Insekten reduzieren könne, da Mehltau nur auf stark fraßgeschädigten Bäumen in nennenswertem Umfang auftrete. **Emschermann** fragt, ob sich die Nahrungsqualität für Insekten durch den Stickstoff-Eintrag positiv verändert hat. **Heinsdorf** antwortet, daß es sicherlich Zusammenhänge gebe, die aber noch nicht genügend erforscht seien.

Auf die Frage von **Kehr**, was die Teilnehmer, basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen, forstlich empfehlen sollten, um den Zustand der Eichen zu verbessern, antwortet **Hartmann**, daß es drei wichtige Möglichkeiten gebe: Zum einen könnte man blattfressende Insekten bei starken Gradationen bekämpfen, des weiteren sollte man diejenigen Eichen früh entnehmen, die stark mit Prachtkäfern besetzt sind und die somit als Brutbäume dienen, und schließlich sollte man zur Unterbindung einer Prachtkäferübervermehrung die Eichenbestände gezielt unterbauen.

Wulf dankt den Referenten und Diskussionsteilnehmern für ihre konstruktiven Beiträge sowie den Mitarbeitern der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt für die gelungene Ausrichtung des Symposiums vor Ort.

**Teilnehmer am Symposium
"Eichenerkrankungen in Deutschland"
am 13./14. September 1995 in Göttingen**

Baier, Ulf, Dr.	Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Referat Waldschutz	Jägerstr. 1 99867 Gotha
Berges, Rainer	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für Pflanzenschutz im Obstbau	Schwabenheimer Str. 101 69221 Dossenheim
Blank, Ratburg	Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt Abt. B - Waldschutz -	Grätzelstr. 2 37079 Göttingen
Blaschke, Helmut, Dr.	Lehrstuhl für Forstbotanik Forstwiss. Fakultät München	Hohenbachernstr. 22 85354 Freising
Büttner, Gerhard	Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt Abt. B - Waldschutz -	Grätzelstr. 2 37079 Göttingen
Emschermann, Frank, Dr.	Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe Institut für Pflanzenschutz, Saatgutuntersuchung und Bienenkunde	Nevinghoff 40 48147 Münster
Essiamah, Sammy, Dr.	Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt Abt. B - Waldschutz -	Grätzelstr. 2 37079 Göttingen
Frick, Thomas	Forstl. Versuchs- u. Forschungsanstalt Baden-Württemberg Abt. Waldschutz	Postfach 7 08 79007 Freiburg
Hartmann, Günter, Dr.	Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt Abt. B - Waldschutz -	Grätzelstr. 2 37079 Göttingen

Heinsdorf, Dieter, Prof. Dr.	Forstl. Forschungsanstalt Eberswalde e.V. Abt. Standort/Umwelt	Alfred-Möller-Str. 1 16225 Eberswalde-Finow
Heydeck, Paul, Dr.	Forstl. Forschungsanstalt Eberswalde e.V. Abt. Waldschutz	Alfred-Möller-Str. 1 16225 Eberswalde-Finow
Jung, Thomas	Lehrstuhl für Forstbotanik Forstwiss. Fakultät München	Hohenbachernstr. 22 85354 Freising
Kehr, Rolf, Dr.	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für Pflanzenschutz im Forst	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
König, Jürgen, Dr.	Sächsische Landesanstalt für Forsten	Bonnewitzer Str. 34 01827 Graupa
Kontzog, Hans-Günter, Dr.	Forstliche Landesanstalt Sachsen-Anhalt	Behnsdorfer Str. 45 39345 Flechtingen
Krüger, Frank	Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt Abt. B - Waldschutz -	Grätzelstr. 2 37079 Göttingen
Maschning, Erwin	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Sachgebiet VI:Waldschutz	Hohenbachernstr. 20 85354 Freising
Niemeyer, Hans, Dr.	Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt Abt. B - Waldschutz -	Grätzelstr. 2 37079 Göttingen
Schröck, Hans Werner	Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz Abt. Waldschutz	Schloß 67705 Trippstadt
Seemann, Dieter, Dr.	Forstl. Versuchs- u. Forschungsanstalt Baden-Württemberg Abt. Waldschutz	Wonnhaldestr. 4 79100 Freiburg

Simon, Andreas	Fachbereich Biologie (21) Institut für allgemeine Botanik der Johannes Gutenber-Universität Mainz	Müllerweg 6, 55099 Mainz
Stürtz, Mathias	Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Referat Waldschutz	Postfach 3 45 99854 Gotha
Thomas, Frank	Syst.-Geobot. Institut der Universität Göttingen	Untere Karaspüle 2 37073 Göttingen
Volz, Hans Albert	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten	Rochusstr. 1 53123 Bonn
Werres, Sabine, Dr.	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Winterhoff, Britta, Dr.	Hess. Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie	Prof.-Oelkers-Str. 6 34346 Hann. Münden
Wulf, Alfred, Dr.	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für Pflanzenschutz im Forst	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig
Zaspel, Irmtraut, Dr.	Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Institut für Forstpflanzenzüchtung	Eberswalder Chaussee 3 15377 Waldsiedersdorf