

BERICHTE AUS DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

Zusammenhänge zwischen Insektenfraß, Witterungsfaktoren und Eichenschäden



Bayerisches
Staatsministerium
für Ernährung,
Landwirtschaft
und Forsten



Titelbild: Schwammspinner-Raupe (*Lymantria dispar* L.) vor kahlgefressenem unterfränkischen Eichen-Bestand [Fotos: F. RUGGIERO, LWF].

ISSN 0945 - 8131

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, auch auszugsweise, sowie fotomechanische und elektronische Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers.

Verfasser: PD Dr. Dr. habil. Gabriela Lobinger
**Herausgeber und
Bezugadresse:** Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)
Am Hochanger 11
85354 Freising
Tel. 08161-71-4881
Email: lwf@lwf.uni-muenchen.de * Internet: <http://www.lwf.uni-muenchen.de>
Verantwortlich: Der Leiter der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Schriftleitung: Christian Wild

Februar 1999

Vorwort

Seit Mitte der 70er Jahre werden in Osteuropa, seit den 80er Jahren auch in mittel- und westeuropäischen Ländern Vitalitätsverluste und Absterbeerscheinungen an Eiche beobachtet. Sogar die Zukunft der Eiche als Baumart wurde in Frage gestellt. Zahlreiche Forschungsprojekte befassen sich seitdem mit dieser Problematik.

Es besteht größtenteils Einigkeit darüber, daß für die Eichenerkrankungen ein umfangreicher Ursachenkomplex verantwortlich ist. Witterungsextrema, Wasserdefizit, Immissionen, Kahlfraß durch Insekten oder Pathogenitätsänderung ursprünglich sekundärer Schadorganismen (z.B. Pilze) sowie holz- oder rindenbrütende Käfer werden als Verursacher, als prädisponierende oder zum Schadbild beitragende Faktoren diskutiert. Den einzelnen Einflußgrößen wird dabei regional unterschiedliches Gewicht beigemessen.

Aufzeichnungen zeigen, daß in Europa seit Anfang des Jahrhunderts immer wieder Phasen von „Eichensterben“ auftraten, die in der Hauptsache durch extreme Witterungsereignisse ausgelöst wurden. Auffällig ist, daß sich die Schwerpunkte der Eichenschäden mit den Kalamitätsgebieten von phyllophagen Schadinsekten, vor allem Schwammspinner, Eichenwickler und Frostspanner decken.

Gerade diesem für die Erklärung der Eichenschäden wesentlich erscheinenden Zusammenhang zwischen Witterung und Insektenfraß sollte in einem Forschungsprojekt nachgegangen werden, das von 1993 bis 1998 an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft bearbeitet wurde. Gleichzeitig sollten das Zusammenwirken verschiedener Schadinsekten untersucht und daraus Entscheidungshilfen im Hinblick auf erforderliche Bekämpfungsmaßnahmen abgeleitet werden. Im vorliegenden Bericht sind die Grundlagen und Ergebnisse dieser Projekt-Arbeit zusammengestellt.

Prof. Dr. Ulrich Skatulla

Sachgebiet Waldökologie und Waldschutz

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation und Zielsetzung der Untersuchungen	1
1.2 Die Schwammspinner-Massenvermehrung 1992 – 1994.....	2
1.3 Dauerbeobachtungsflächen.....	6
1.4 Methode.....	9
1.4.1 Ansprache und Dokumentation der Schadsymptome.....	9
1.4.2 Aufnahme klimatischer Daten.....	10
2 Ergebnisse	11
2.1 Entwicklung der Schadbilder in Abhängigkeit von der 1993 dokumentierten Ausgangssituation.....	11
2.1.1 Absterbeerscheinungen in Eichenbeständen nach unterschiedlicher Belastung durch Insektenfraß.....	12
2.1.2 Der Belaubungszustand als Maß für die Vitalität.....	15
2.1.3 Veränderung der Vitalität zwischen 1994 und 1998	24
2.1.4 Abhängigkeit der Schadensausprägung vom Baumalter	26
2.1.4.1 Absterberaten bei verschiedenen Altersklassen.....	27
2.1.4.2 Belaubungszustand bei Bäumen verschiedener BHD-Stufen	28
2.1.5 Zustand der Feinverzweigung	29
2.1.6 Bildung von Wasserreisern und Klebästen.....	30
2.1.7 Auftreten von Totästen im Kronenbereich	33
2.1.8 Einfluß der Eichenschäden auf den Radialzuwachs	34
2.2 Biotische Schadeinwirkungen im Untersuchungszeitraum.....	37
2.2.1 Auftreten phyllophager Schädlingsarten	37
2.2.2 Fraßschäden und Auswirkungen von Eichenwicklerfraß auf die Vitalität der Eiche in unterschiedlich geschädigten Beständen	38
2.2.2.1 Blattmassenverlust durch Wicklerfraß im Beobachtungszeitraum	38
2.2.2.2 Auswirkungen von Eichenwicklerfraß auf die Schadentwicklung.....	43
2.2.2.3 Nachtriebsfähigkeit der Eiche nach Wicklerfraß	47
2.2.2.4 Einfluß von Wicklerfraß auf das Dickenwachstum.....	49
2.2.3 Beeinflussung des Schadverlaufs durch sekundäre Schadorganismen.....	51
2.2.3.1 Blattpilze.....	52
2.2.3.2 Schäden durch Blattpilze im Beobachtungszeitraum	53
2.2.3.3 Zusammenhang zwischen Eichenwicklerfraß und Mehltaubefall.....	55

2.2.3.4 Pilze an Holzteilen.....	56
2.2.3.5 Eichenprachtkäfer (<i>Agrilus spec.</i>).....	58
2.3 Abiotische Einflußfaktoren auf die Vitalität der Eiche - Witterungsbedingungen im Beobachtungszeitraum	62
2.3.1 Temperaturbedingungen	62
2.3.1.1 Lufttemperatur.....	62
2.3.1.2 Bodentemperaturen.....	66
2.3.2 Niederschläge.....	67
2.3.2.1 Jahresmenge der Niederschläge 1994 bis 1998	67
2.3.2.2 Kleinräumige Unterschiede in der Niederschlagsversorgung.....	69
3 Zusammenfassende Diskussion der Ergebnisse	72
4 Schlußfolgerungen für die forstliche Praxis.....	74
5 Summary.....	76
6 Literatur	78
7 Anhang	84
7.1 Temperaturverhältnisse auf den Dauerbeobachtungsflächen 1994 - 98.....	85
7.2 Niederschlagsverhältnisse auf den Dauerbeobachtungsflächen 1994 - 97.....	88

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Zielsetzung der Untersuchungen

In Bayern war zwischen 1983 und 1994 die Zunahme der Eichenerkrankungen mit einem Anstieg deutlich geschädigter Bäume von 34% auf 71% zu verzeichnen (Schadstufen 2 - 4 nach Waldzustandserhebung). Die gravierendsten Schadsymptome traten dabei im Bereich der Fränkischen Platte, insbesondere Unterfranken auf, wo bis zu 84% der Eichen diesen Schadklassen zuzuordnen waren [BAYER. LANDESANSTALT F. WALD U. FORSTWIRTSCHAFT 1997].

Im Wuchsgebiet Fränkische Platte liegt ein Eichenanteil von fast 38% vor. Die gesamte Region gehört zu den Massenvermehrungsgebieten der Eichenschädlinge Schwammspanner (*Lymantria dispar*), Grüner Eichenwickler (*Tortrix viridana*) sowie Großer und Kleiner Frostspanner (*Erannis defoliaria* bzw. *Operophtera brumata*). Bereits in den letzten 10 Jahren erlitten 2/3 der Bestände ein- bis zweimal Licht- oder Kahlfraß durch eine dieser Arten.

In den Jahren 1992 - 94 kam es zur ersten pandemischen Schwammspanner-Massenvermehrung in Europa. Schwerpunkte der Kalamität in Deutschland lagen im Bereich der wärmebegünstigten Weinbaugebiete Baden-Württembergs und Bayerns. Es traten Fraßschäden in bisher unbekanntem Ausmaß auf [WULF et al. 1996], wobei das gesamte Ausbreitungsgebiet ca. 80.000 ha umfaßte.

Die Befallsfläche in Bayern betrug insgesamt 30.000 ha im Bereich der Fränkischen Platte. Hier verursachte außerdem der Eichenwickler auf einem Befallsgebiet von 44.000 ha unterschiedlich starken Fraß. Durch großflächige Bekämpfungsmaßnahmen konnten Fraßschäden durch den Schwammspanner weitgehend vermieden werden.

Einige kleinere Kontrollflächen wurden von der Behandlung ausgenommen, um als Versuchsflächen der LWF eine Dokumentation eventuell eintretender Folgeschäden zu ermöglichen.

Als Ansatzpunkt der Untersuchungen wurden aus dem Komplex möglicher biotischer und abiotischer Schadfaktoren 2 Elemente herausgestellt:

- Im Vordergrund steht der Kahlfraß durch Insekten als angenommene Ursache für die massive Zunahme der Eichenschäden.
- Hinzu kommen weitere biotische (sekundäre Schadorganismen) und abiotische Einwirkungen (klimatische Parameter).

Ziel war es, akute und langfristige Auswirkungen von Insektenkahlfraß zu erfassen, den Anteil sekundärer Schadorganismen einzuschätzen sowie die Rolle von Witterungsfaktoren auf den Verlauf der Erkrankung zu durchleuchten. So sollte sich ein Zusammenhang zwischen Art und Ausmaß von Schadeinwirkungen und ihrer Bedeutung für die Vitalität der Eiche herstellen lassen.

Hierzu war es erforderlich, den Verlauf der Eichenerkrankung in seiner symptomatischen Ausprägung genau zu dokumentieren sowie die maßgeblichen biotischen und abiotischen Einflußfaktoren qualitativ und quantitativ zu erfassen.

Die Ergebnisse aus diesen Untersuchungen sollen dazu beitragen, möglichst zuverlässige Voraussagen über zu erwartende Folgeschäden nach Schädlingsfraß unter gegebenen Voraussetzungen treffen zu können. So lassen sich im Bedarfsfall frühzeitig jeweils angemessene Bekämpfungsstrategien zur Erhaltung der Bestände bei geringstmöglicher Beeinträchtigung des Ökosystems entwickeln.

1.2 Die Schwammspinner-Massenvermehrung 1992 - 1994

In den Kalamitätsjahren 1992 - 1994 wurden in weiten Bereichen Unter- und Mittelfrankens mehrere hundert, zum Teil sogar mehrere tausend Eigelege des Schwammspinners pro Eiche am Stamm und vor allem im Bereich der Astanläufe vorgefunden (Abb. 1).

Dabei liegt die ermittelte kritische Dichte, also die Gelegedichte, die Kahlfraß erwarten läßt, für den Schwammspinner bei einem Gelege in Sichthöhe/Baum, bei jüngeren Beständen und vor allem nach Vorschädigung bei nur 0,5 Gelegen/Baum.



Abb. 1: Schwammspinner (*Lymantria dispar*)-Weibchen bei der Eiablage (Ergersheim 1994)

a. Kahlfraß durch den Grünen Eichenwickler (Abb. 2)

Der Grüne Eichenwickler (*Tortrix viridana*) gehört zu den früh fressenden Arten mit einer Larvenentwicklung von Ende April bis Anfang Juni. Die Raupen vernichten den Maitrieb z.T. bereits in der Knospe, so daß das Laub nicht oder nur partiell zur Entfaltung kommt.

Nach einer Kahlstellungszeit von 3-4 Wochen zu Beginn der Vegetationsperiode erfolgt üblicherweise schnell Wiederbelaubung durch Ersatz- und nachfolgenden Johannistrieb.

Kahlfraß durch Eichenwickler wurde im Jahr 1993 auf insgesamt 15.000 ha verzeichnet. Hiervon waren zum Teil auch Flächen betroffen, in denen Bekämpfungsmaßnahmen gegen Schwammspinner stattgefunden hatten (1993: 8.020 ha; Bekämpfungszeitpunkt z.T. erst nach Wicklerfraß). Es kam in diesen Flächen im Fraßjahr zur Vernichtung der Blütenknospen und zum Ausfall von Blüte und Mast; akute Absterbeerscheinungen traten nicht auf.

Im Untersuchungsgebiet Unter- und Mittelfranken wurden die Eichenbestände im Jahr 1993 in unterschiedlichem Ausmaß durch Insektenfraß geschädigt. Es ergaben sich 3 Konstellationen, die in verschiedenem Maße auf die Laubmassenentwicklung im Verlauf dieser Vegetationsperiode wirkten. Die Schäden wurden 1993 detailliert aufgenommen (Belaubungskontrolle in Abständen von 2 Tagen bis maximal 1 Woche). Im Folgenden sind die Auswirkungen der unterschiedlichen Fraßkonstellationen auf die Verfügbarkeit assimilationsfähiger Blattmasse im Jahr 1993 dargestellt.

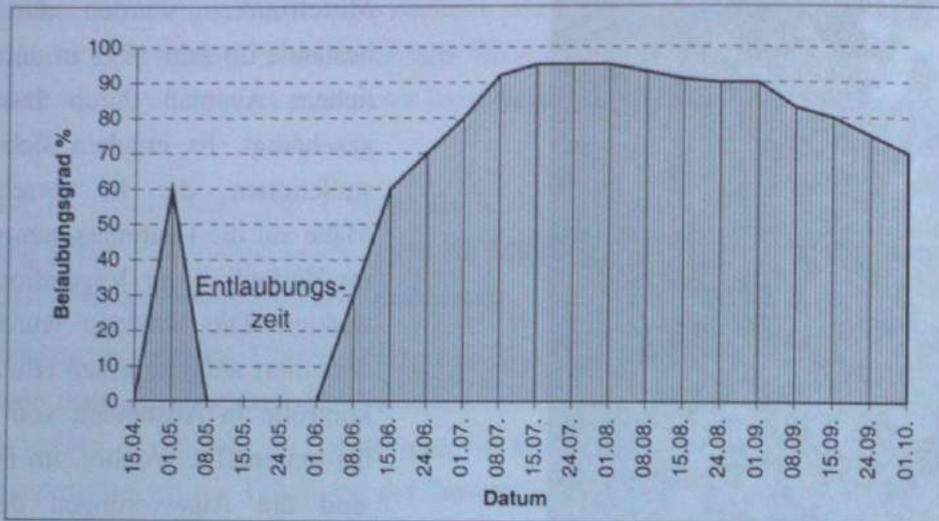


Abb. 2: Belaubungszustand der Eiche im Verlauf der Vegetationsperiode 1993 auf einer Fläche mit Eichenwicklerkahlfraß

b. Schwammspinnerkahlfraß (Abb. 3)

Die Raupe des Schwammspinners schlüpft Anfang Mai, nach Laubausbruch. Deutliche Fraßschäden werden erst ab dem 3./4. Larvenstadium (Juni), also nach Erreichen der Vollbelaubung sichtbar. 1993 fiel der gesamte Maitrieb sowie zum Teil auch der Johannistrieb dem Schwammspinnerfraß zum Opfer. Danach erfolgte Neubelaubung, jedoch war die Laubmasse für den Rest der Vegetationsperiode stark reduziert, da die Ersatztriebe noch vor Entfaltung der Blätter durch Eichenmehltau zerstört wurden. Die Eiche hatte in diesen Flächen für einen Großteil der Vegetationsperiode nur ca. 1/3 der vollen Assimilationsmasse zur Verfügung.

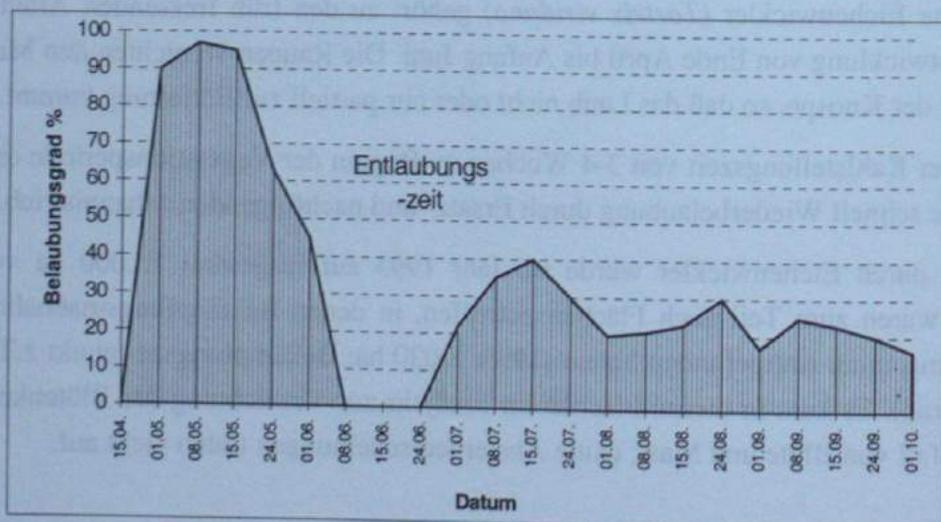


Abb. 3: Belaubungszustand der Eiche im Verlauf der Vegetationsperiode 1993 auf einer Fläche mit Schwammspinnerkahlfraß

Diese Situation führte bereits 1993 zu Ausfallerscheinungen bis 5% in den so betroffenen Flächen (z.B. FoA-Bereich Uffenheim). Der alleinige Fraß von Schwammspinner war allerdings im übrigen Untersuchungsgebiet kaum anzutreffen.

c. Kombinationsfraß Eichenwickler und Schwammspinner (Abb. 4)

Die vorherrschende Situation auf der Fränkischen Platte war das kombinierte Massenaufreten von Eichenwickler und Schwammspinner.

Es kam bereits kurz nach Beginn des Maitriebes zum Verlust der gesamten Blattmasse durch Eichenwickler. Alle Ersatztriebe und der Johannistrieb wurden in der Folge durch Schwammspinnerfraß zerstört. Aufgrund des geringen Nahrungsangebotes durch diese Fraßkonkurrenz verzögerte sich die Entwicklung des später auftretenden Schwammspinners, so daß seine Fraßtätigkeit bis Ende Juli andauerte. Nachfolgende Wiederaustriebe wurden noch vor Laubentfaltung vom Mehltau zerstört. So besaßen die Eichen in diesen Beständen über die gesamte Vegetationsperiode kaum nennenswerte Blattmasse.

Durch die Produktion von z.T. bis zu 5 Blattgenerationen in diesem Jahr aus ruhenden Knospen kam es zu einer erheblichen Schwächung der Eichen bei dieser Fraßkonstellation und zum Verbrauch der angelegten Reservestoffe. In den so betroffenen Flächen waren bereits 1993 Ausfälle bis zu 12% zu verzeichnen.

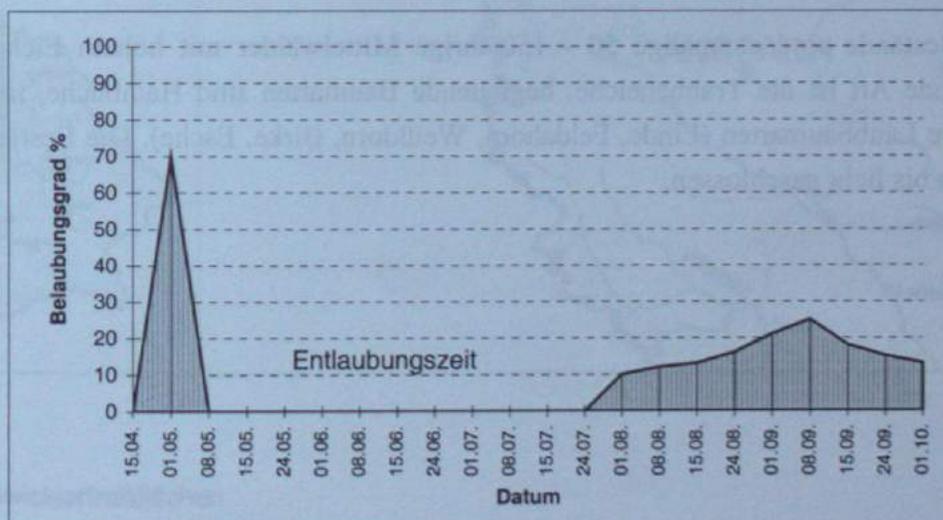


Abb. 4: Belaubungszustand der Eiche im Verlauf der Vegetationsperiode 1993 auf einer Fläche mit Kombinationsfraß durch Eichenwickler und Schwammspinner

1.3 Dauerbeobachtungsflächen

Die Zielsetzungen des Projektes erforderten eine längerfristige Datenaufnahme in Testbeständen mit unterschiedlichen Ausgangsbedingungen hinsichtlich der Fraßbelastung durch Insekten unter Beachtung möglichst vieler Beurteilungskriterien.

Insgesamt wurden 12 Dauerbeobachtungsflächen im Bereich Unter- und Mittelfranken nach den 3 beschriebenen Konstellationen ausgewählt (Abb. 5).

W sporadischer oder chronischer Licht- bis Kahlfraß durch Eichenwickler

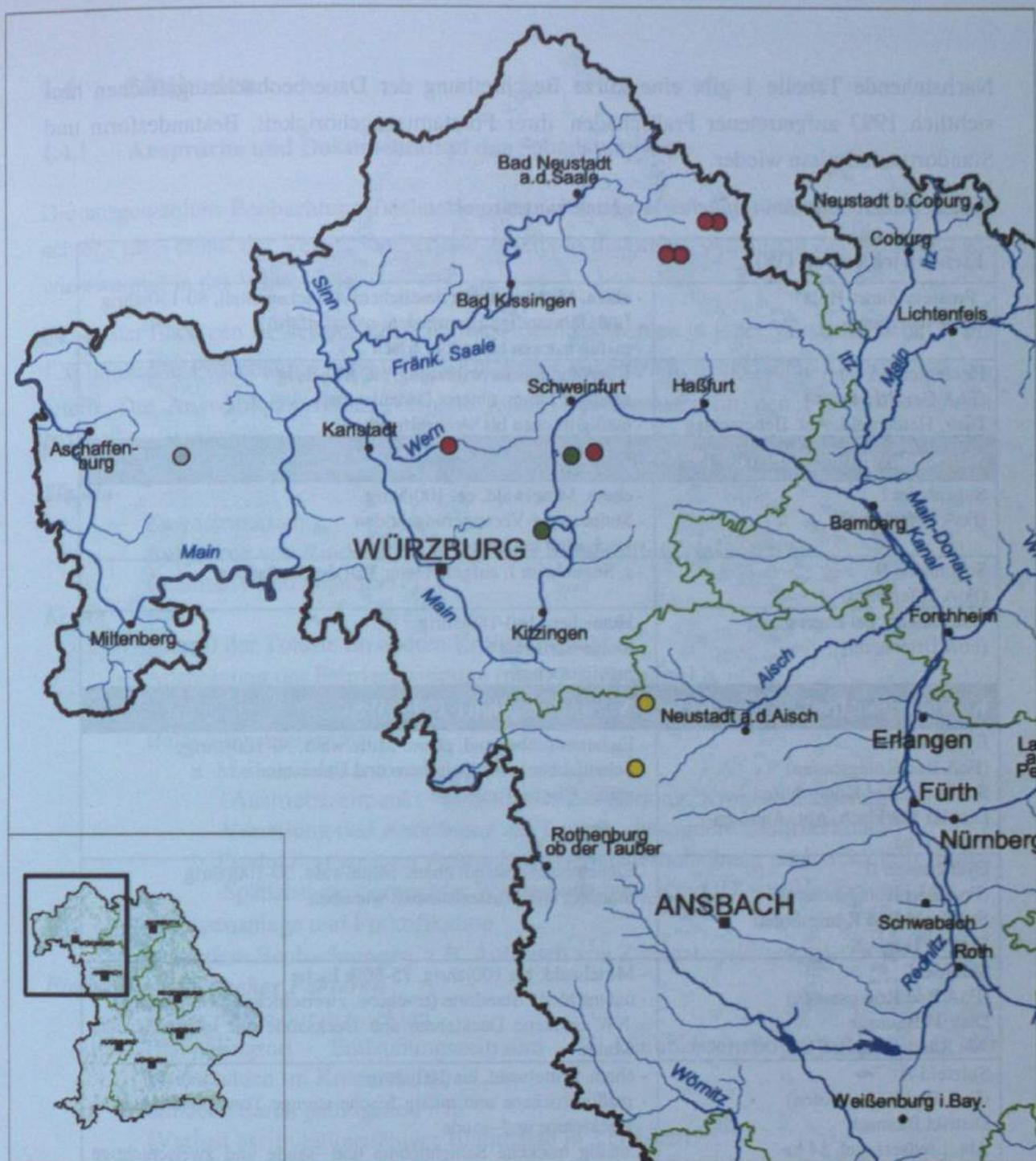
Hier wurde auch eine Beobachtungsfläche im Spessart, abseits vom Schwammspinner-Kalamitätsgebiet, einbezogen (Weibersbrunn). Der Bestand wies ebenfalls in den vergangenen 10 Jahren regelmäßig Schäden durch Eichenwickler- bzw. Frostspannerfraß auf und zeigte zu Beginn der Untersuchungen deutliche Schäden.

Von Bekämpfungsmaßnahmen ausgenommene Flächen:

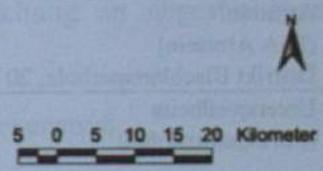
S Schwammspinner-Kahlfraß 1993

WS Kombinationsfraß von Eichenwickler und Schwammspinner 1993

Fast alle Bestände sind ehemalige 50 - 150jährige Mittelwälder mit hohem Eichenanteil. Überwiegende Art ist die Traubeneiche, begleitende Baumarten sind Hainbuche, im Unterstand andere Laubbaumarten (Linde, Feldahorn, Weißdorn, Birke, Esche). Die Bestände sind geschlossen bis licht geschlossen.



- Eichenwicklerfraßflächen
- Schwammspinnerfraßflächen 1993
- Kombinationsfraß Eichenwickler / Schwammspinner 1993
- Abseits-Kalamitätsgebiet
- Regierungssitz
- Regierungsbezirksgrenze
- Landesgrenze



Bayerische Landesanstalt
für Wald und Forstwirtschaft

Freising, d. 28.08.98

Bearbeitung: Dipl.-Biol. G. Falst

Abb. 5: Lage der Versuchsflächen

Nachstehende Tabelle 1 gibt eine kurze Beschreibung der Dauerbeobachtungsflächen hinsichtlich 1993 aufgetretener Fraßschäden, ihrer Forstamtszugehörigkeit, Bestandesform und Standortverhältnisse wieder.

Tab. 1: Dauerbeobachtungsflächen des Forschungsprojektes

Eichenwicklerfraß (W)	
"Prosselsheimer Holz" (FoA Würzburg)	- ehem. Mittelwald mit deutlichem Alteichenanteil, 80-130jährig - Löß; feinsandige Braunerden; nährstoffarm - mäßig trocken bis mäßig frisch
Heidenfeld (FoA Gerolzhofen): Distr. Heidenfeld, Abt. Beberschlag	- Überführungsdurchforstung, ca. 100jährig - sandiger Lehm; unterer Lettenkeuper - mäßig trocken bis wechselfrisch
Schwammspinnerkahlfraß 1993 (S)	
Sugenheim I (FoA Uffenheim)	- ehem. Mittelwald, ca. 100jährig - Steinmergel-Verwitterungsböden - wechselnd trocken
Sugenheim II (FoA Uffenheim)	- s. Sugenheim I, aufgelichteter Teil des Bestandes
"Dachsberg" bei Ergersheim (FoA Uffenheim)	- Huteichen, 140-180jährig - tonige Substrate - mäßig trocken
Kombinationsfraß Eichenwickler + Schwammspinner 1993 (WS)	
Eyershausen I (FoA Bad Königshofen) Stadtwald Bad Königshofen Distrikt Märklach, Abt. Ameisenbrunn, 6 ha	- Eichenmischbestand; ehem. Mittelwald, 50-100jährig; - Schattlaubholz im Zwischen- und Unterstand - mäßig frische Tonlehme
Eyershausen II (FoA Bad Königshofen) Stadtwald Bad Königshofen Distrikt Hünlich	- Eichenmischbestand; ehem. Mittelwald, 50-100jährig - Standort und Wasserhaushalt wie oben
Sulzfeld I (FoA Bad Königshofen) Distrikt Baunach Abt. Lindserzage, 6 ha	- Mittelwald, bis 100jährig, 75-80% Eiche - unterschiedl. Standorte (trockene, zweischichtige Hangböden) - NW trockene Decklehme und Decksande mit wechselfeuchte Mulde
Sulzfeld II (FoA Bad Königshofen) Distrikt Baunach Abt. Lindserzage, 54 ha	- ehem. Mittelwald, bis 100jährig - mäßig trockene und mäßig frische strenge Tone, mäßig frische Decklehme und -sande - mäßig trockene Schichtlehme und -sande und zweischichtige Hangböden
Arnstein (FoA Arnstein) Distrikt Blachlämmerholz, 20 ha	- ehem. Mittelwald - trockener bis sehr trockener Muschelkalk/Kalkbraunlehm - Lettenkeuper
Unterspießheim (FoA Gerolzhofen)	- 70 bis 80jährige Eiche mit wenig Unterstand - diluviale Sandablagerung, Lettenkeuper - trocken bis mäßig trocken
Abseits des Schwammspinner-Kalamitätsgebietes (W)	
"Weißenstein" bei Weibersbrunn (FoA Rothenbuch)	- Hochwald, 160jährig - Buntsandstein

1.4 Methoden

1.4.1 Ansprache und Dokumentation der Schadsymptome

Die ausgewählten Beobachtungsflächen wurden zwischen 1994 und 1998 regelmäßig begutachtet - im Verlauf der Vegetationsperiode jeweils in maximal 2-wöchigen Zeitabständen sowie zweimal in der Winterruhe.

Neben der flächigen Bewertung des Vitalitätszustandes wurden in jeder Versuchsfläche 70 bis 120 markierte Probestämme einzeln nach folgender kurz zusammengefaßter Kriterienliste beurteilt. Die Auswahl der Bäume erfolgte jeweils repräsentativ für den Flächenquerschnitt (BHD) im unbelaubten Zustand.

Stamm

- Zuwachsmessung
- Aufnahme von Rindenschäden, Rissen, Schleimfluß, Nekrosen etc. (qualitativ und quantitativ)

Krone

- Anzahl der Totäste im oberen Kronenbereich
- Ausprägung der Feinverzweigung (nach 3 Kategorien)
- Ausbildung von Wasserreisern und Klebästen (3 Intensitätsstufen)
- Belaubungsmerkmale:
 - a. Mai- und Johannistrieb
(Austriebszeitpunkt - quantitative Beurteilung: Kronentransparenz - Verteilung und Anordnung des Laubes - besondere Blattmerkmale)
 - b. Produktion weiterer Austriebe (z.B. Wiederbelaubung nach Schädlingsfraß, Spätfrost etc); erreichter Wiederbelaubungsgrad (% von Vollbelaubung)
- Knospenanlage und Fruktifikation
- besondere Beobachtungen, z.B. Auftreten von Zweigabsprüngen

Einwirkung Biotischer Faktoren

- Fraßschäden durch Insekten
(Schädlingsart - Entlaubungszeitraum - % Laubmassenverlust - Verteilung der Fraßschäden im Kronenraum)
- Schäden durch pathogene Pilze
(Verlust assimilationsfähiger Blattmasse in 3 Graden)
- Auftreten von rinden- und holzbrütenden Käfern (Prachtkäfer, Borken- und Bockkäfer) äußerliche Befallssymptome, Stichprobenuntersuchung an abgestorbenen Bäumen

Abiotische Schadeinwirkungen

- Schäden durch extreme Temperaturbedingungen oder Trockenstreß
(Symptome und Schadausmaß)

Photographische Dokumentation der Schadbilder (2 x jährlich)

Flächige Schadbewertung

- Anteil an Bäumen verschiedener Schadstufen / Fläche
- Absterberate / Fläche à > 200 - 500 Bäume

1.4.2 Aufnahme klimatischer Daten

Die Eiche reagiert bekanntermaßen empfindlich auf langanhaltende Frostperioden mit tiefen Temperaturen, frühe Frosteinbrüche bzw. Spätfröste sowie stark wechselnde Temperaturverhältnisse während der Vegetationsperiode [KLEIN U. PERKINS 1988; KUBLIN et al. 1988; BECKER U. GLASER 1991; KIESSLING U. STERBA 1992]. Auch die Wasserversorgung ist ein wichtiger Faktor für die Vitalität der Eichen [FÜHRER 1992].

Klimatische Bedingungen wirken sich aber auch indirekt auf den Verlauf der Eichenschäden aus, da Schadorganismen in ihren Auftreten, Populationsdichten sowie Aktivität bzw. pathogener Wirkung meist maßgeblich durch Witterungsparameter gesteuert bzw. beeinflusst werden [CAMPBELL 1976; HOUSTON 1987; MILLER et al. 1989; DREYER et al. 1996].

Das weist vor allem auf die Notwendigkeit hin, Witterungsdaten möglichst direkt im Untersuchungsbestand selbst zu messen. Häufig ergeben sich auch über geringe Entfernungen Unterschiede im Kleinklima, die ausschlaggebend für die Intensität von Schadeinwirkungen bzw. die Folgen sein können. Das gilt besonders für extreme Ereignisse wie Fröste oder Dürre, die u.a. wesentlich von Exposition und Höhenlage einer Fläche abhängen.

Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurden in 5 über das Untersuchungsgebiet verteilten Flächen mobile, computergesteuerte Wetterstationen installiert:

- Sugenheim (Klimabezirk Mittelfranken)
- Prosselsheim, Heidenfeld, Eyershausen I und II (Klimabezirk Mainfranken)
- Weibersbrunn (Klimabezirk Spessart)

Diese Geräte lieferten über den gesamten Beobachtungszeitraum Meßdaten zu wichtigen Parametern des Standortklimas:

Temperaturen:

- Lufttemperatur, Temperatur im Kronenraum
- Bodentemperatur (Bodenstreu; 40, 60, 80 cm Tiefe)

Niederschläge:

- Zeitpunkt und Dauer der Niederschläge
- Regenintensität, gemessen in auf Sensor auftreffende Tropfenzahl/Zeiteinheit
- Menge und Verteilung des Wassereintrags (mm/m^2)

2 Ergebnisse

Im ersten Teil dieses Abschnitts (Kap. 2.1) werden zunächst die über den gesamten Beobachtungszeitraum dokumentierten Erkrankungssymptome in den verschiedenen Flächen dargestellt sowie Schadverlauf und Endzustand beurteilt. Die Schadensbewertung erfolgte nach Absterberaten und den bei lebenden Eichen jeweils erreichten Belaubungsgraden. Desweiteren wurden Merkmale wie Ausprägung der Feinverzweigung, Dickenwachstum, Bildung von Wasserreisern und Klebästen sowie Auftreten von Totästen im Kronenraum zur Darstellung des Gesundheitszustandes herangezogen.

Bei der Beurteilung des Schadverlaufs darf nicht außer Acht gelassen werden, daß detaillierte Kenntnisse nur für den Beobachtungszeitraum bestehen und frühere Ereignisse, die zum Endergebnis beigetragen haben mögen, hier nicht berücksichtigt werden können und somit einen Unsicherheitsfaktor darstellen. Dennoch ergab sich ein aufschlußreiches Bild von den zu erwartenden Folgeschäden nach Insektenfraß unter verschiedenen Begleitbedingungen.

Der zweite Teil (Kap. 2.2) befaßt sich mit den Faktoren, die im Verlauf der Untersuchungen positiven oder negativen Einfluß auf die Schadensausprägung genommen haben. Im Beobachtungszeitraum wirkte ein ganzer Komplex von negativen Stressoren (Fraß, sekundäre Schadorganismen, Witterung) gleichzeitig, so daß eine Abschätzung der Nachwirkungen einzelner Faktoren ohne Kenntnis der Effekte einzelner Einflußgrößen schwierig und mit Unsicherheiten behaftet ist. Durch detaillierte Aufzeichnung biotischer und abiotischer Einwirkungen sowie quantitative Erfassung und Bewertung der Folgeerscheinungen ließen sich Erkenntnisse gewinnen, die eine Beurteilung des Geschehens 1993 und in den Folgejahren ermöglichten.

2.1 Entwicklung der Schadbilder in Abhängigkeit von der 1993 dokumentierten Ausgangssituation

Im Verlauf der Untersuchungen prägte sich immer deutlicher eine Abstufung im Schädigungsgrad der Eichenbestände sowie ein unterschiedlicher Schadverlauf in Abhängigkeit von Art und Intensität der Fraßbelastung im Kalamitätsjahr 1993 aus.

Dieser Zusammenhang war vorherrschend vor standortsbezogenen Unterschieden in der Entwicklung der Schadbilder. Daher wird in den folgenden Darstellungen die Einteilung der Versuchsflächen nach den drei bereits in Kapitel 1.2 eingeführten Kategorien vorgenommen.

W	Flächen nach chronischem oder sporadischem Eichenwicklerfraß
S	Flächen nach Schwammspinner-Kahlfraß 1993
WS	Flächen nach Kombinationsfraß Eichenwickler + Schwammspinner 1993

2.1.1 Absterbeerscheinungen in Eichenbeständen nach unterschiedlicher Belastung durch Insektenfraß

Allgemein verlaufen Baumkrankheiten häufig in 2 Phasen [HOUSTON 1987]:

1. „dieback“, d.h. das Zurücksterben von Ästen und Wurzeln. Hier sind noch Möglichkeiten der Erholung vorhanden, wenn keine weiteren Streßfaktoren hinzukommen
2. „decline“ (Absterbephase): Diese wird häufig durch sekundäre Schadorganismen ausgelöst. Ein Überleben der Bäume ist dann kaum noch möglich.

Im Zusammenhang mit dem „Eichensterben“ herrschten zunächst geteilte Meinungen über das zu erwartende Ausmaß der Folgeschäden nach Schwammspinner-Kalamitäten. Inzwischen kam es in den betroffenen Regionen zu teilweise verheerenden Schäden, wobei regional auch Standortbedingungen eine wesentliche Rolle spielten [BLOCK et al. 1995; DELB 1996; WEZEL 1996].

Die Situation in den bayerischen Schadgebieten Unter- und Mittelfrankens wird im Folgenden detailliert dargestellt. Dabei werden die irreversiblen akuten Folgeschäden, d.h. die im Untersuchungsverlauf aufgetretenen Ausfälle, vorweggenommen.

In den Beobachtungsflächen waren in Abhängigkeit von den Fraßschäden 1993 sehr unterschiedliche Absterberaten zu verzeichnen. Unmittelbar auf das Fraßereignis zu beziehen sind dabei Mortalitäten, die im Jahr 1993 bzw. im Folgejahr als spontane Reaktion auf den Schwammspinnerkahlfraß auftraten.

Spätere Absterbeerscheinungen sind ursächlich nicht mehr eindeutig zuzuordnen. Hier wirken zusätzlich im Beobachtungszeitraum aufgetretene sekundäre Faktoren und Rahmenbedingungen, auf die im zweiten Teil des Abschnitts noch gesondert eingegangen wird (Kap. 2.2).

Die Absterberaten auf den einzelnen Versuchsflächen und ihre Veränderung über den Beobachtungszeitraum (akkumulierend) sind in nachstehender Abbildung 6 zusammengestellt.

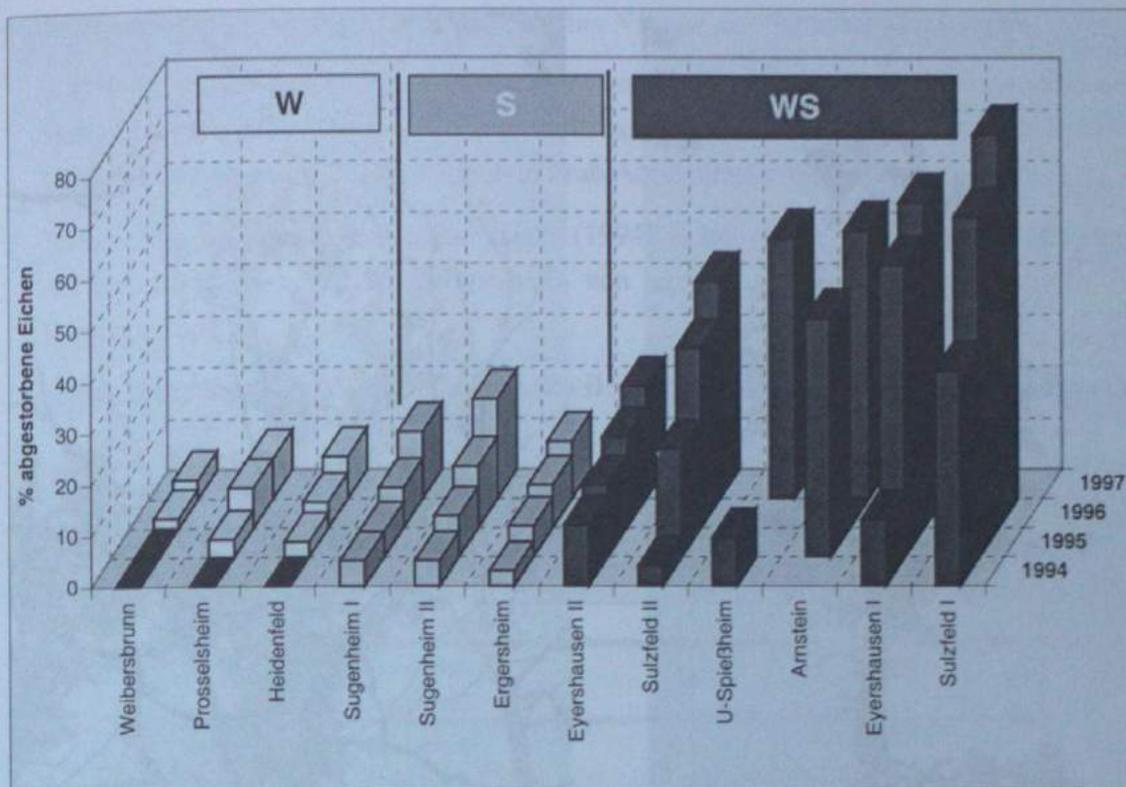


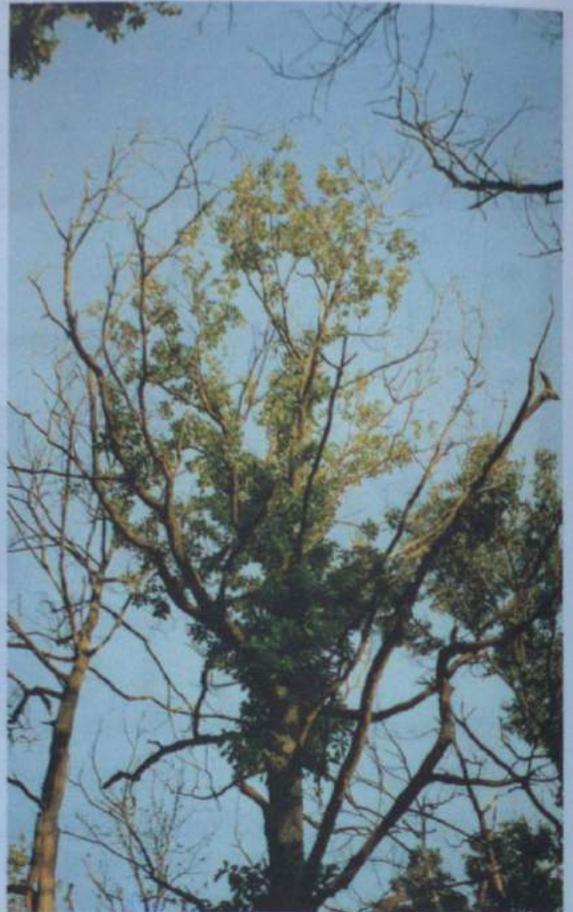
Abb. 6: Absterberaten 1994-1998 auf den Dauerbeobachtungsflächen mit verschiedener Fraßgeschichte 1993

1. Die **Eichenwickler-Schadflächen** waren nur wenig von den Absterberscheinungen betroffen. Es lagen zwar leicht erhöhte Ausfallraten vor, zu einer Auflichtung der Bestände kam es nicht. In diese Kategorie wurde auch die Fläche im Spessart (Weibersbrunn) einbezogen, die ebenfalls keine auffällig erhöhten Absterberaten aufwies.
2. Dagegen waren in vom **Schwammspinnerkahlfraß** 1993 geschädigten Beständen merklich erhöhte Mortalitäten zu verzeichnen. Es kam hier spontan zu Ausfällen von bis zu 5% noch im Fraßjahr und Anstieg bis auf knapp 20% abgestorbene Eichen in einem Teil des Bestandes Sugenheim (Sugenheim II) und damit stellenweiser Auflichtung. Insgesamt lagen jedoch keine bestandesbedrohenden Absterberaten vor.
3. Die gravierendsten Schäden wiesen von **Kombinationsfraß** betroffene Flächen auf. Bereits im Jahr nach dem Fraßgeschehen wurden akute Ausfälle von bis zu 42% (Eyershausen I, Sulzfeld I) registriert. Bei dieser Konstellation blieben die Endwerte der Absterberaten nur selten unter 50%, meist starben 2/3 bis 3/4 der Bäume ab.

Bereits hieraus wird der negative Einfluß von Schwammspinnerfraß auf die Eiche deutlich (5% Spontanmortalität 1994). Während allerdings Schwammspinnerfraß allein hinsichtlich der Absterberaten noch toleriert werden konnte, führte der Kombinationsfraß mit Wickler zu massiver Auflichtung bzw. in den meisten Fällen zur Auflösung der betroffenen Bestände.



a) Auflichtung der Kronenperipherie durch kahle Astenden



b) Totäste im Kronenraum



c) Kronenverlichtung durch Feinreisigverlust (büschelige Restbelaubung)

Abb. 7a-c: Ursachen für Belaubungsdefizite

Es zeichnete sich ein akuter und ein chronischer Verlauf der Schadentwicklung ab:

- Auf den geringer geschädigten Flächen (W und S) stiegen die Absterberaten langsam und stetig über den gesamten Beobachtungszeitraum an, während die Kombinationsfraßflächen (WS) meist bereits im 2. Jahr nach dem Fraß Auflösungserscheinungen zeigten.
- Eichen, die im ersten Beobachtungsjahr (1994) Belaubungsgrade von 30% und darunter aufwiesen, starben zu 95% innerhalb von einer, maximal in der nächsten Vegetationsperiode ab.

Folgende Situation (Tab. 2) war am Ende des Beobachtungszeitraums (1998) zu beobachten:

Tab. 2: Endmortalitäten in den Versuchsbeständen in Abhängigkeit von der Fraßbelastung 1993

	Fläche	Absterberate bis 1998
W	Weibersbrunn	3,7%
W	Prosselsheim	7,8%
	Heidenfeld	9,2%
S	Ergersheim	11,1%
	Sugenheim I	14,8%
	Sugenheim II	19,4%
WS	Eyershausen II	21,8%
	Sulzfeld II	46,4%
	Unterspießheim	50,5%
	Arnstein	52,0%
	Eyershausen I	63,2%
	Sulzfeld I	76,5%

2.1.2 Der Belaubungszustand als Maß für die Vitalität

Die Bestimmung der Vitalität diente dazu, Hinweise auf chronische Schadentwicklungen zu erkennen.

In allen Flächen wurde zwischen 1994 und 1998 im Verlauf der Vegetationsperiode in regelmäßigen Zeitabständen (maximal 14 Tage) der Belaubungsgrad der markierten Testbäume festgestellt. Sowohl der Zustand bei Vollbelaubung, als auch Ereignisse wie Fraß etc., die zu Laubverlust führten, wurden dadurch erfaßt.

Dabei waren es verschiedene Symptome (Abb. 7), die zu einem verminderten Belaubungsgrad führten wie Totäste im Kronenraum, kahle Astenden (dadurch Auflichtung der Kronenperipherie) und büschelige Belaubung (aufgrund von Feinreisigverlust).

Nachfolgende Graphiken geben die Entwicklung des Belaubungszustandes der verschiedenen Beobachtungsflächen über den gesamten Untersuchungszeitraum wieder. Es werden fast alle Bestände einzeln angesprochen, sodaß hier bereits Hinweise auf die Auswirkungen unterschiedlicher Rahmenbedingungen entnommen werden können.

Den Darstellungen ist die jeweilige Verteilung der Testbäume auf die verschiedenen Belaubungsstufen für jedes Versuchsjahr zugrundegelegt. In die Belaubungsdiagramme gingen die Werte ein, die dem maximal von den Testbäumen erreichten Belaubungsgrad in der jeweiligen Vegetationsperiode entsprechen, also vor Auftreten von Fraßschäden bzw. nach deren Regeneration. Zusätzlich wurden jedes Jahr je 100 Bäume zufällig ausgewählt und in die Bewertung aufgenommen, um so die gleichbleibende Repräsentativität des Testbaumkollektivs zu überprüfen. In die Belaubungsdiagramme wurden auch abgestorbene Bäume einbezogen; sie sind gekennzeichnet durch den Belaubungswert 0. Der Belaubungsgrad der lebenden Bäume ist in 10%-Intervallen registriert (1-10%/11-20% Belaubung etc.).

Aus den Belaubungsdaten wurde als Vitalitätskennzeichen der Belaubungsdurchschnitt/Fläche und Jahr abgeleitet und die Entwicklung der Vitalität durch eine Trendlinie verdeutlicht (Regression). Bei diesen Darstellungen sind die abgestorbenen Bäume herausgenommen worden. Sie würden den Linienverlauf verzerren, da sie sich in einem statischen Zustand befinden, lebende Bäume dagegen in einem dynamischen. Bei steigender Mortalität würden dann nämlich auftretende Verbesserungen im Belaubungszustand der lebenden Bäume im Durchschnittswert zahlenmäßig nicht oder stark abgeschwächt in Erscheinung treten.

Im Folgenden werden zum Teil nur diese Entwicklungsverläufe für die verschiedenen Flächen dargestellt, da sie einen Überblick über positive und negative Trends geben. Belaubungsdiagramme werden für die Flächen verwendet, in denen der Anteil toter Eichen überwiegt und der Restbestand keine aufschlußreiche Entwicklungstendenz aufweist, da z.B. forstliche Eingriffe vorgenommen werden mußten.

Eichenwicklerfraßflächen W

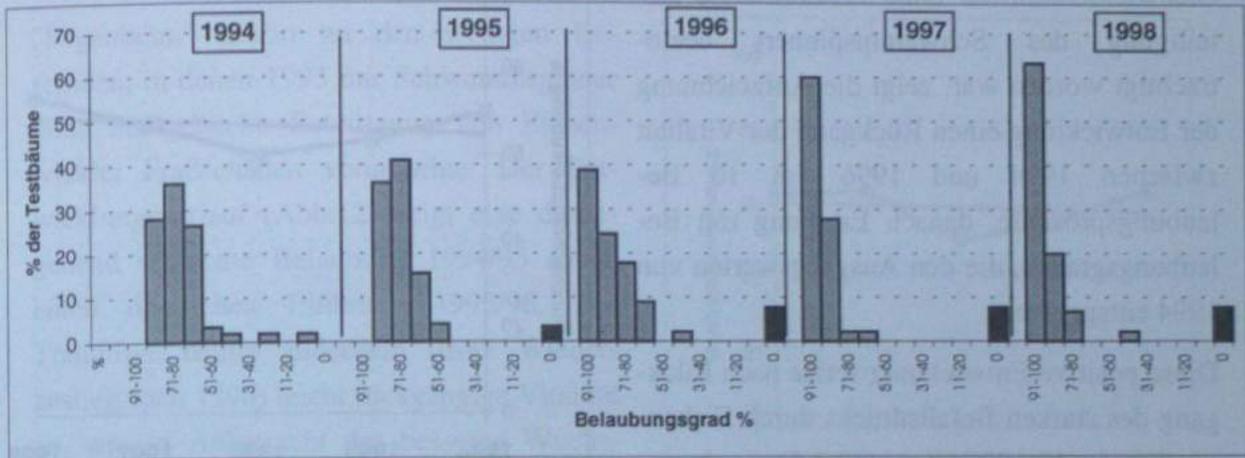


Abb. 8: Belaubungsdiagramme 1994 -1998 für die Fläche Prosselsheim

Prosselsheim (W)

Die Eichenwicklerfraßfläche Prosselsheim weist über den gesamten Beobachtungszeitraum eine allgemeine Tendenz zur Verbesserung des Gesundheitszustandes auf. Dies geht aus den Belaubungsdiagrammen in Form einer Verschiebung der Anteile in Richtung zu den besseren Belaubungsgraden hervor (Abb. 8). Allerdings kam es ab 1995 zu Absterbererscheinungen bis 7,8% im Testkollektiv.

Die Entwicklung (Abb. 9) zeigt nach zögerlichem Anstieg der Belaubungsgrade zwischen 1994 und 1995 aufgrund von Eichenwicklerfraß und Trockenschäden einen stetigen Trend zur Erholung.

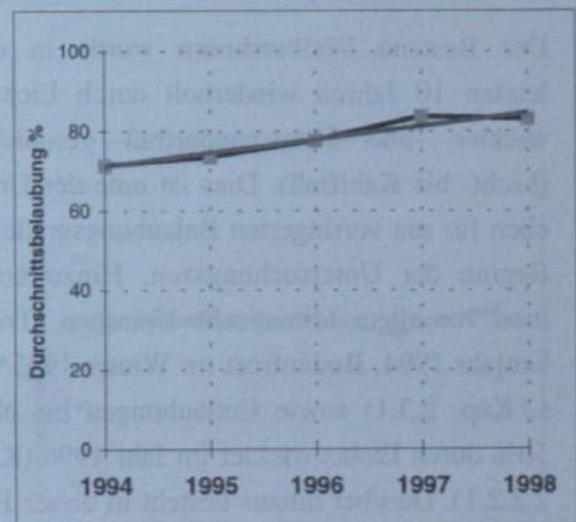


Abb. 9: Entwicklung der Durchschnittsbelaubung im Prosselsheimer Holz mit Trendlinie

Heidenfeld (W)

Obwohl auch Heidenfeld 1993 nur durch Eichenwicklerkahlfraß ohne nennenswerte Beteiligung des Schwammspinners beeinträchtigt worden war, zeigt die Aufzeichnung der Entwicklung einen Rückgang der Vitalität zwischen 1994 und 1996 um 10 Belaubungsprozente, danach Erholung mit Belaubungsgraden, die den Ausgangswerten von 1994 entsprechen.

Diese positive Entwicklung setzte nach Rückgang des starken Befallsdrucks durch Eichenprachtkäfer ab 1996 (Kap. 2.2.3.5) ein. Insgesamt resultiert ein positiver Trend. Im Verlauf der Beobachtungszeit kam es allerdings zu knapp 10% Mortalität.

Weibersbrunn (W)

Der Bestand Weibersbrunn wurde in den letzten 10 Jahren wiederholt durch Eichenwickler- und Frostspannerfraß geschädigt (Licht- bis Kahlfraß). Dies ist eine der Ursachen für die verringerten Belaubungsgrade zu Beginn der Untersuchungszeit. Hinzu kommen vor allem klimatische Ursachen (Trockenjahr 1994, Bodenfrost im Winter 1995/96; s. Kap. 2.3.1) sowie Entlaubungen bis über 50% durch Eichenwickler im Jahr 1996 (Kap. 2.2.2.1). Darüber hinaus besteht in dieser Fläche starke Konkurrenz durch die Buche. Der Verlauf der Trendlinie zeigt insgesamt aber eine positive Entwicklung zwischen 1994 und 1998 an. Im Beobachtungszeitraum kam es nicht zu nennenswerten Ausfällen bei den Testbäumen.

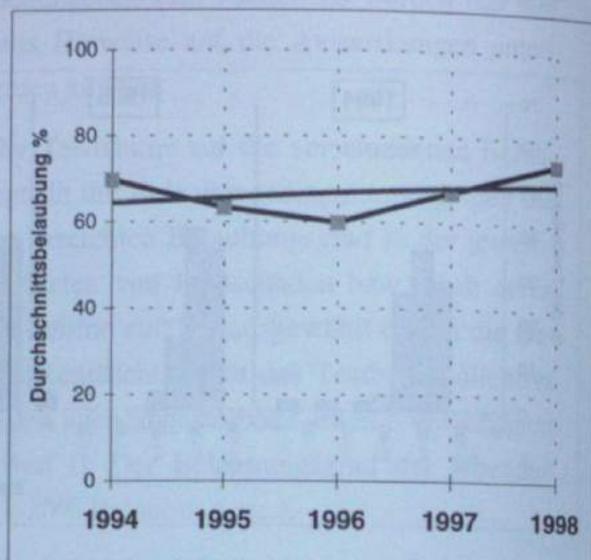


Abb. 10: Entwicklung der Durchschnittsbelaubung in Heidenfeld mit Trendlinie

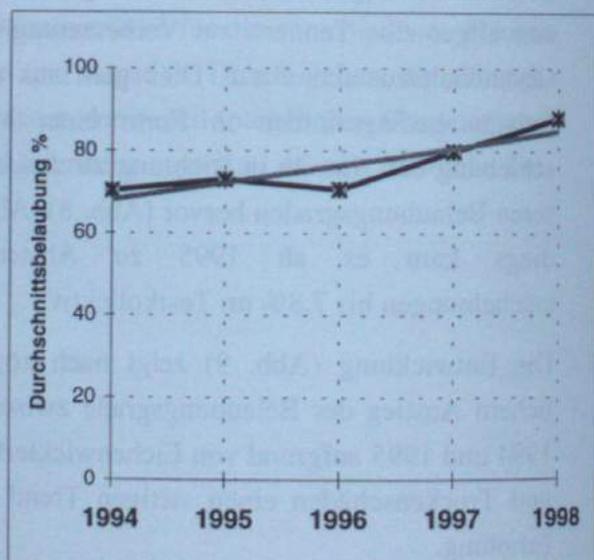


Abb. 11: Entwicklung der Durchschnittsbelaubung in Weibersbrunn mit Trendlinie

Schwammspinnerfraßflächen 1993

Sugenheim (S)

"Sugenheim" gehört zu den wenigen Beständen, in denen 1993 nur Schwammspinner ohne maßgebliche Beteiligung von Eichenwickler Fraßschäden verursachte. Der Entwicklungsverlauf (Abb.12) zeigt eine durchgehend schlechte Belaubung 1994/95 sowie einen deutlichen Einbruch 1995/96. Die Trendlinie deutet außerdem (trotz Wiederanstieg nach 1996) leicht rückgängige Vitalität an, was in Anbetracht der besseren Wachsbedingungen in den letzten beiden Untersuchungsjahren auf einen chronischen Schadverlauf hinweist. Allerdings wurden hier zwischen 1994 und 1998 fast jährlich Verluste am Maitrieb durch für diese Region typische Spätfröste registriert (s. Kap. 2.3.1), was physiologisch mit Wicklerfraß vergleichbar ist. Die weitere Entwicklung wird von den Streßeinwirkungen in den kommenden Vegetationsperioden abhängen.

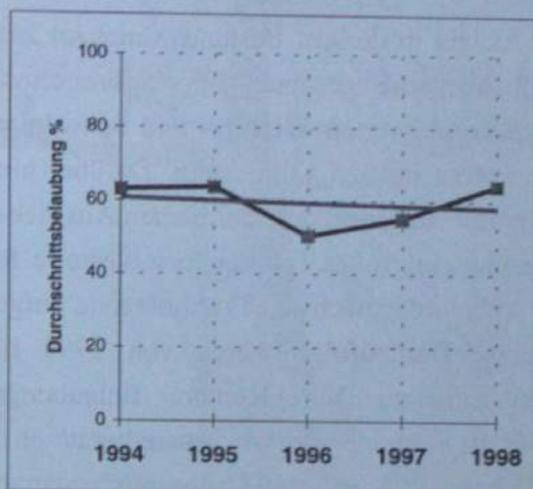


Abb. 12: Entwicklung der Durchschnittsbelaubung in Sugenheim mit Trendlinie

Ergersheim (S)

Diese Fläche wurde ebenso wie "Sugenheim" 1993 durch Schwammspinner kahlgefressen. Hier ist, trotz vergleichbarer allgemein schlechter Belaubungsgrade, kein Einbruch festzustellen, wie es in der Vergleichsfläche "Sugenheim" der Fall war (Abb. 13).

Ein Grund dafür ist sicher das Ausbleiben von Eichenwicklerkahlfraß 1994 aufgrund einer Bekämpfungsmaßnahme. Auch traten Laubverluste durch Spätfröste aufgrund einer geschützteren Lage hier kaum auf, obwohl in dieser Region ebenfalls fast alljährlich Spätfröste an Bestandesrändern zu beobachten waren. Dadurch wies die Fläche in Folge, trotz des zum Teil lichten Bestandes, kaum Disposition für Eichenprachtkäfer auf (s. Kap. 2.3.5). Dennoch waren die Ausfälle mit > 10% deutlich erhöht. Es ist jedoch keine Zunahme der Schäden zu erwarten.

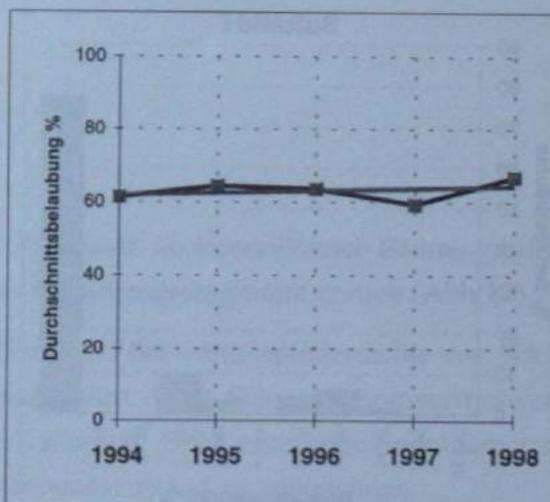


Abb. 13: Entwicklung der Durchschnittsbelaubung in der Fläche Ergersheim mit Trendlinie

Sulzfeld II (WS)

Die Eichen in diesem Bestand waren im Jahr 1993 über die gesamte Vegetationsperiode durch kombinierten Wickler- und Schwammspinnerfraß nahezu kahlgestellt. Darüber hinaus wurde aufgrund der zahlreichen Austriebsversuche ein großer Teil der Reservestoffe für die Anlage der nächsten Frühholzzone aufgebraucht. Demzufolge waren von 1994 bis 1996 zunehmend schlechtere Belaubungswerte zu verzeichnen. Die Absterberate stieg zwischen 1994 und 1995 sprunghaft, danach kontinuierlich an auf 1/2 der Eichen in diesem Bestand. Obwohl in der Vegetationsperiode 1998 wieder deutlich mehr Bäume gute Belaubung aufwiesen geht der Trend dennoch stark in eine negative Richtung. Die Erhaltung des Bestandes in diesem Zustand ist fraglich, da ab 1995 starker Befall durch Eichenprachtkäfer einsetzte.

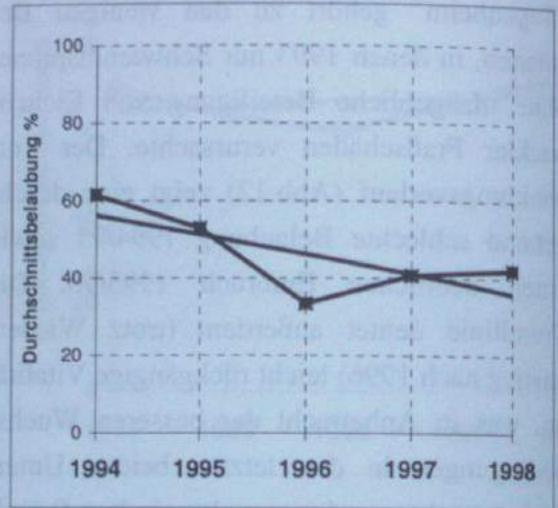


Abb. 14: Entwicklung der Durchschnittsbelaubung in Sulzfeld II mit Trendlinie

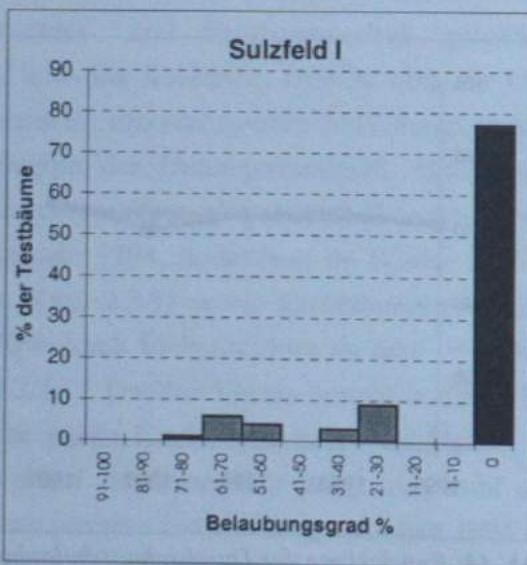


Abb. 15: Belaubungsdiagramm für die Beobachtungsfläche Sulzfeld I

Eine angrenzende Testfläche (Sulzfeld I) wurde ebenfalls hinsichtlich der auftretenden Schäden untersucht. Aufgrund ihrer warmen, trockenen Hanglage und des lichten Bestandes lagen hier 1993 noch höhere Besatzdichten mit Schwammspinner vor als in der hangabwärts liegenden Fläche Sulzfeld II. Auch wirkte sich deshalb das Niederschlagsdefizit von 1994 als zusätzlicher Stressfaktor deutlicher aus.

Hier wurden die Aufnahmen 1996 abgebrochen, da die Eichen bis 1995 bereits zu fast 80% abgestorben waren. Das Belaubungsdiagramm für 1996 (Abb. 15) und die Aufnahme (Abb.16) vermitteln einen Eindruck vom Schadausmaß.



Abb. 16: Fläche Sulzfeld I im Juli 1995

Eyershausen I (WS)

Aufgrund der hohen Absterberaten und geringen Zahl noch zu beurteilender Bäume greifen wir hier auf die Grundlage unserer Auswertung, das Belaubungsdiagramm zurück (Abb.17).

In diesem Bestand lag 1993 eine extrem hohe Wickler- und Schwammspinnerdichte vor. Nach Kahlfraß durch Eichenwickler wurde jeder Nachtrieb sofort durch Schwammspinnerfraß vernichtet. Demzufolge war bereits im Folgejahr der Kalamität, 1994, eine hohe Spontanmortalität der Bäume sowie ein allgemein schlechter Belaubungszustand zu verzeichnen.

Im Verlauf der Jahre 1994 und 1995 nahmen die Schäden weiter zu. Die Ausfallrate stieg bereits 1995 auf 2/3 der Bäume an, 1996 wurden die Einzelaufnahmen beendet.

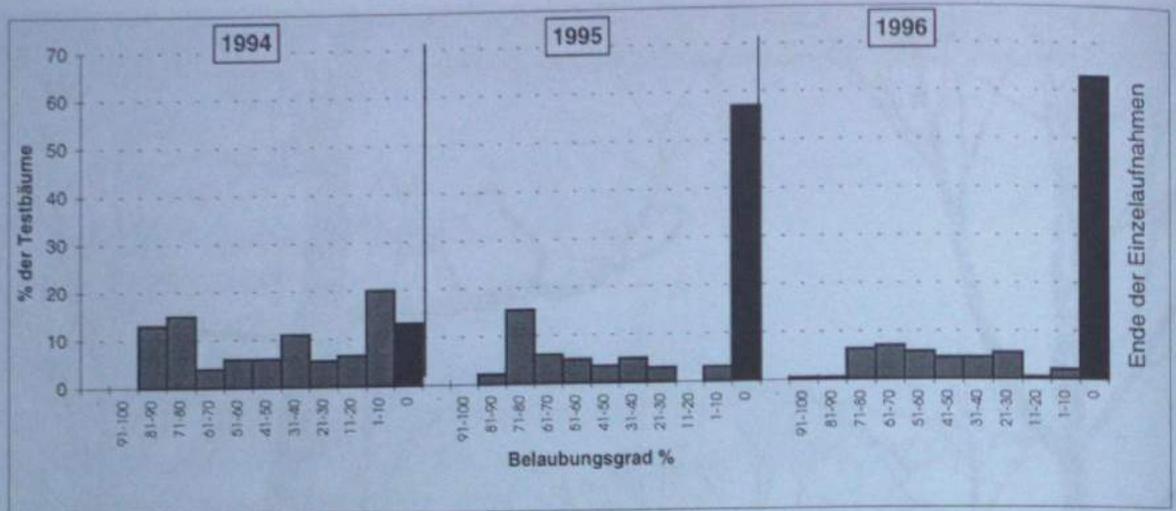


Abb. 17: Belaubungsdiagramme für Eyershausen I

Eyershausen II (WS)

Auch hier zeigte sich in der nahegelegenen Fläche (Eyershausen II), daß die Besatzdichte des Schwammspinners und damit die Fraßintensität erhebliche Auswirkungen auf die Ausprägung der Folgeschäden hat (Abb. 18).

In Eyershausen II wurde 1993 eine deutlich niedrigere Schwammspinnerdichte registriert als in Eyershausen I. Im Gegensatz zu anderen Flächen mit Kombinationsfraß WS, die über die gesamte Vegetationsperiode kahlgestellt waren stand hier den Bäumen zwischen Wickler- und Schwammspinnerfraß zumindest ein Teil der Assimilationsmasse zur Verfügung. Entsprechend geringer war die Belastung durch wiederholtes Austreiben und Mehлтаubefall.

In diesem Bestand verlief die Schadentwicklung wesentlich günstiger. Die Ausfallraten blieben unter 1/4 der Bäume. Es kam zwar zu stellenweise starker Auflichtung, jedoch nicht zu bestandesbedrohenden Schäden.

Die überlebenden Bäume wiesen über den Beobachtungszeitraum mäßige Belaubungsqualität auf. Nach weiterer Verschlechterung 1996 war in den Jahren 1997 und 1998 aber eine leichte Tendenz zur Erholung der Eichen in diesem Bestand aufzuweisen.

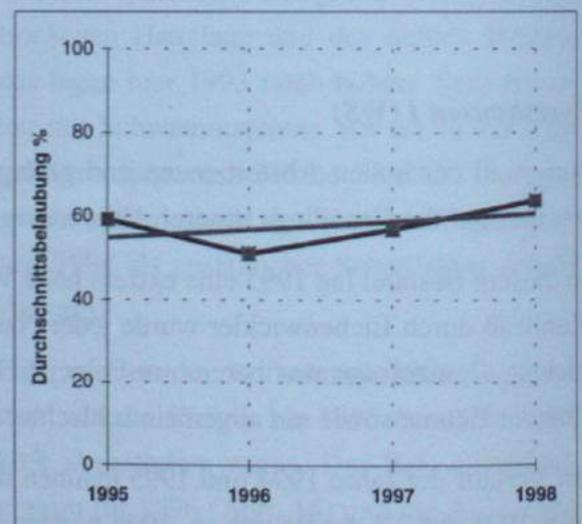


Abb. 18: Entwicklung der Durchschnittsbelaubung in Eyershausen II mit Trendlinie

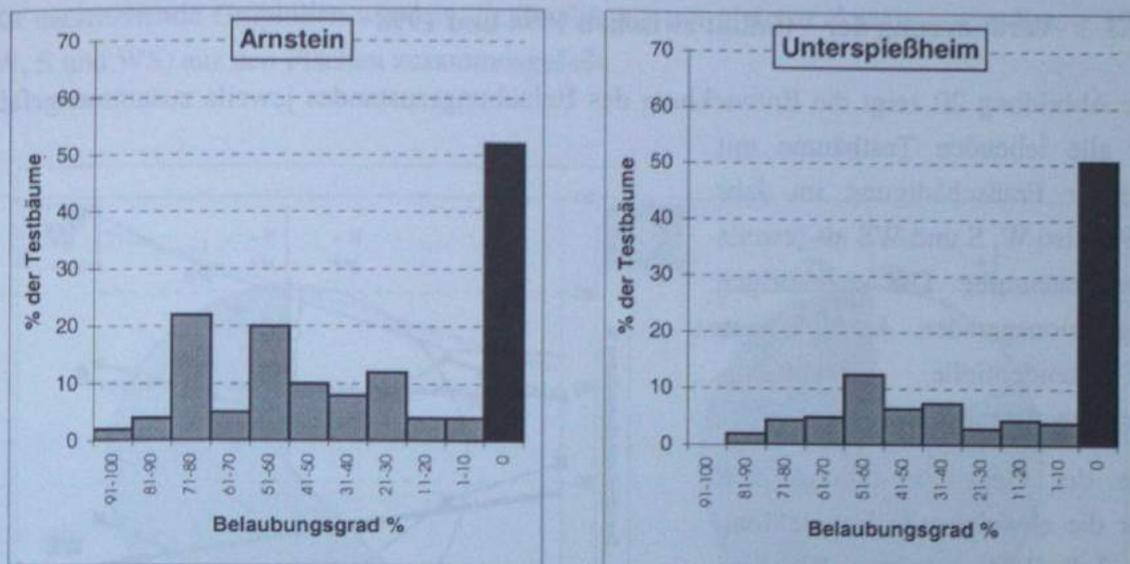


Abb. 19: Belaubungsdiagramme für die WS-Flächen Arnstein und Unterspießheim 1996

In zwei weiteren Beständen mit Kombinationsfraß 1993 (Arnstein, Unterspießheim) fanden zwischen 1994 und 1997 einmal jährlich Aufnahmen des Belaubungszustandes an jeweils > 200 zufällig ausgewählten Testbäumen statt. Die Absterberate wurde flächig überprüft (>200-500 Bäume/Jahr/Fläche). Die Situation entwickelte sich hier wie in den meisten bereits geschilderten Dauerbeobachtungsflächen mit Kombinationsfraß. Es kam zu sehr hohen Ausfallraten, die überlebenden Eichen wiesen mittelmäßige bis schlechte Belaubungen auf. Dies war vor allem auch auf die Einwirkung des Prachtkäfers zurückzuführen, der in diesen Flächen starken Befall verursachte. Abbildung 19 zeigt die Belaubungsdiagramme für beide Bestände im Jahr 1996.

Aus den Belaubungsdaten wurden in nachstehender Tabelle 3 die durchschnittlichen Anteile an Bäumen mit Belaubungswerten unter 75%, also Eichen mit deutlichen Schäden, für Flächen mit unterschiedlicher Fraßgeschichte zusammengestellt.

Tab. 3: Prozentanteil der Testbäume mit Belaubung unter 75% (Schadstufen 2-4 nach WZE) in Abhängigkeit von der Fraßschädigung 1993

Fraßschaden 1993	Anteil Bäume (%) mit Belaubung unter 75% (=deutliche Schäden nach WZE-Maßgaben)				
	1994	1995	1996	1997	1998
Wicklerfraßflächen W	54,6	56,3	44,1	34,1	22,8
W (Weibersbrunn)	56,0	66,4	71,0	42,6	19,5
Schwammspinnerfraßflächen S	55,9	70,3	56,3	60,0	46,3
Kombinationsfraß WS	69,5	81,5	80,2	Ende der Aufnahmen	

2.1.3 Veränderung der Vitalität zwischen 1994 und 1998

Die Abbildung 20 zeigt die Entwicklung des Belaubungszustandes jeweils zusammengefaßt für alle lebenden Testbäume mit gleicher Fraßschädigung im Jahr 1993, also W, S und WS als jeweils eine Datenreihe. Die zugehörigen Regressionsgeraden kennzeichnen die tendentielle Vitalitätsentwicklung für die 3 Kollektive.

Aus der Gegenüberstellung geht klar die abweichende Entwicklung der 3 Kollektive hervor. Während für die Wicklerflächen ein positiver Trend aufgezeigt wird, bleibt der Vitalitätszustand in den Flächen mit Schwammspinnerfraß gegenüber dem Ausgangspunkt 1993 (mit deutlichen Schäden) weitgehend unverändert (s. Tab. 3).

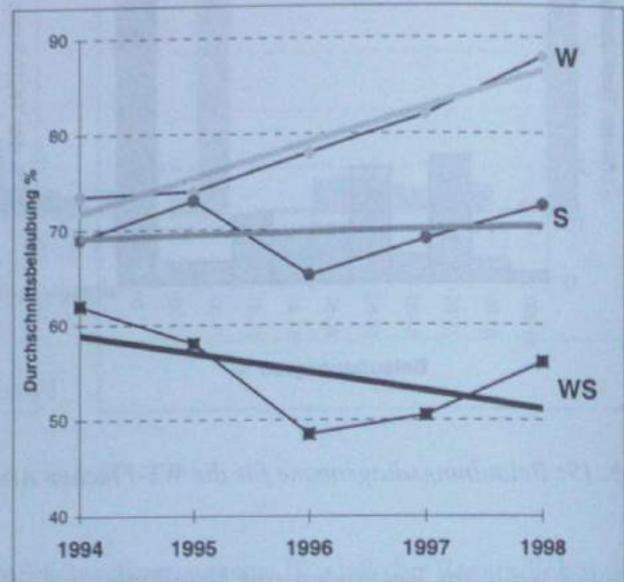


Abb. 20: Entwicklung der durchschnittlichen Belaubungsgrade für Testbäume der 3 Fraßkategorien (W, S, WS) und jeweilige Trendlinie

Der Belaubungsgrad der Kombinationsfraß-Flächen weist deutlich in eine negative Entwicklungsrichtung. Es besteht damit ein signifikanter Zusammenhang zwischen den unterschiedlichen Schädigungsgraden durch Insektenfraß und den daraus resultierenden Folgeschäden.

Die Veränderungen im Gesundheitszustand der Einzelbäume je nach Fraßschädigung über den Beobachtungszeitraum werden in nachstehender Abbildung 21 verdeutlicht. Berücksichtigt sind nur die über die gesamte Zeitspanne lebenden Bäume.

Bei dieser Aufstellung werden nicht Veränderungen des Belaubungszustandes in den einzelnen Beobachtungsjahren beurteilt, sondern der zuletzt festgehaltene Status von 1998 mit der Ausgangssituation (1994) verglichen. Totbäume gingen nicht in die Berechnung ein, da der chronische Aspekt der Folgeschäden aufgezeigt werden soll.

Die Dimension der Veränderung im Belaubungszustand wird in 5 Stufen ausgedrückt.

- +II Verbesserung um 2 Stufen (über 30% Belaubungszunahme)
- +I Verbesserung um 1 Stufe (11-30% Belaubungszunahme)
- O Ausgangszustand blieb erhalten (+/- 10%)
- I Verschlechterung um 1 Stufe (11 - 30% Belaubungsabnahme)
- II Verschlechterung um 2 Stufen (über 30% Belaubungsabnahme)

Für nachstehende Graphiken wurden alle Testbäume mit gleicher Ausgangsschädigung 1993 (W, S und WS) aus den Flächen zusammengefaßt.

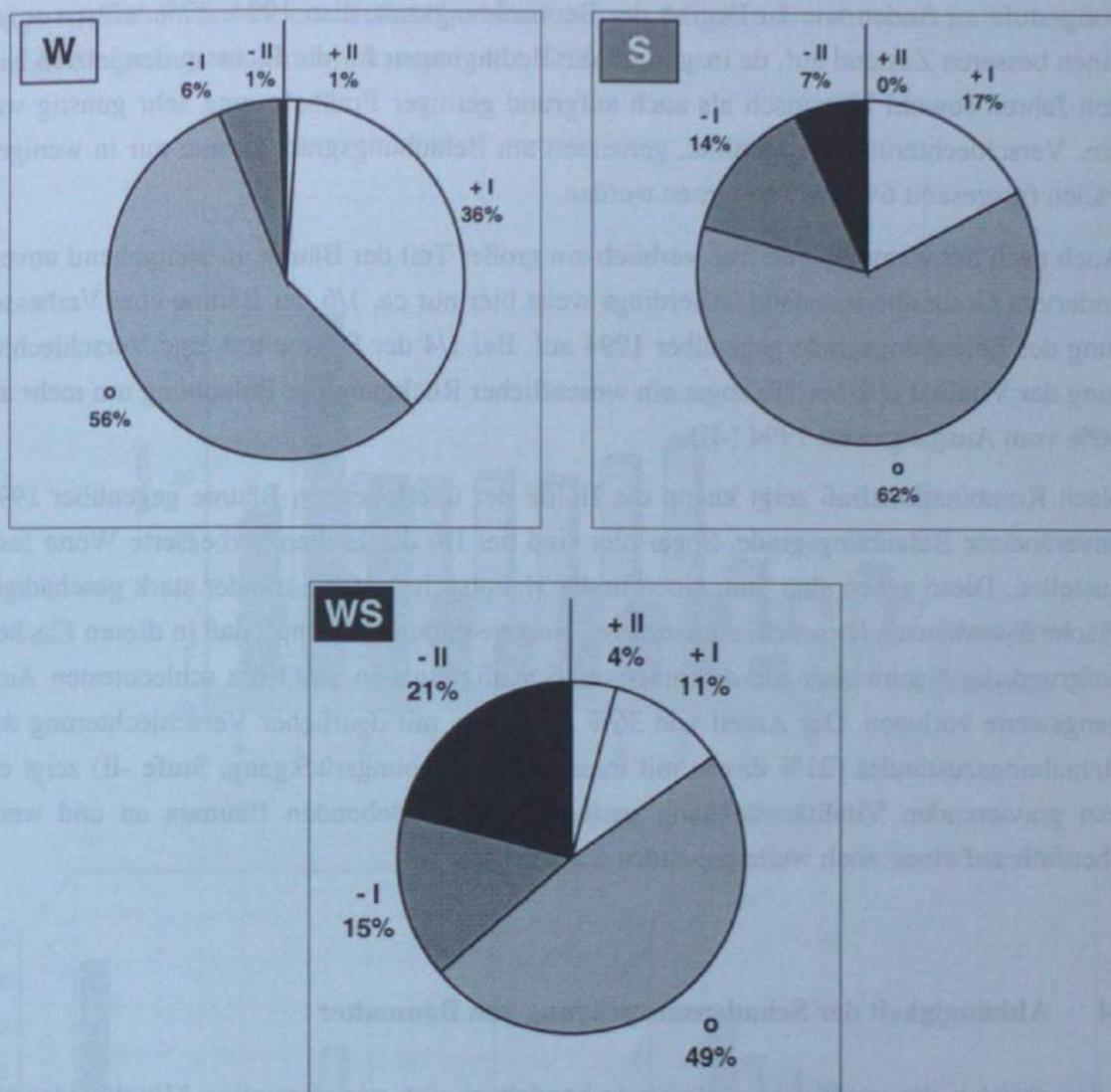


Abb. 21: Anteile der Testbäume an den Veränderungsstufen in Abhängigkeit von Fraßschäden (Vergleich Belaubungsgrade 1994 und 1998)

Dimension der Veränderung:

+ II = > 30% mehr Belaubung 1998 als 1994 = deutliche Verbesserung

+ I = 11-30% Verbesserung

0 = Gleichstand 1994 und 1998 (+/-10%)

- I = Verschlechterung um I Stufe = 11-30%

- II = Verschlechterung um II Stufen = > 30% weniger Belaubung 1998 als 1994

Es traten auch hier eindeutig Unterschiede zwischen den verschiedenen Fraßkategorien von 1993 zutage:

- Mehr als die Hälfte der Bäume auf den Wicklerfraßflächen war 1998 in derselben Belaubungsstufe zu finden wie zu Beginn der Beobachtungszeit, also 1994. 37% wiesen sogar einen besseren Zustand auf, da insgesamt die Bedingungen für die Eiche in den letzten beiden Jahren sowohl klimatisch als auch aufgrund geringer Fraßbelastung sehr günstig waren. Verschlechterung der Vitalität, gemessen am Belaubungsgrad, konnte nur in wenigen Fällen (insgesamt 6%) nachgewiesen werden.
- Auch nach Schwammspinnerfraß verblieb ein großer Teil der Bäume in weitgehend unverändertem Gesundheitszustand. Allerdings weist hier nur ca. 1/6 der Bäume eine Verbesserung der Belaubungsgrade gegenüber 1994 auf. Bei 1/4 der Bäume trat eine Verschlechterung der Vitalität ein, bei 7% sogar ein wesentlicher Rückgang der Belaubung um mehr als 30% vom Ausgangswert 1994 (-II).
- Nach Kombinationsfraß zeigt knapp die Hälfte der überlebenden Bäume gegenüber 1994 unveränderte Belaubungsgrade. Sogar hier sind bei 1/6 der Eichen verbesserte Werte festzustellen. Diese gehen aber zum einen in der Hauptsache auf die minder stark geschädigte Fläche Eyershausen II zurück, zum anderen sind sie dadurch bedingt, daß in diesen Flächen aufgrund der Nachwirkungen der massiven Schädigung von 1993 die schlechtesten Ausgangswerte vorlagen. Der Anteil von 36% an Eichen mit deutlicher Verschlechterung des Belaubungszustandes (21% davon mit massivem Belaubungsrückgang, Stufe -II) zeigt einen gravierenden Vitalitätsrückgang auch bei den überlebenden Bäumen an und weist ebenfalls auf einen noch weitergehenden Schaden hin.

2.1.4 Abhängigkeit der Schadensausprägung von Baumalter

Bei den meisten der untersuchten Bestände handelt es sich um ehemalige Mittelwälder mit Alteichenanteil. Durch Einbeziehung verschiedener für die Versuchsflächen repräsentativer Altersklassen (nach BHD) in die Daueraufnahmen war es möglich, Unterschiede in der Schadensausprägung bei Bäumen verschiedener Stärke festzustellen.

2.1.4.1 Absterberaten bei verschiedenen Altersklassen

Betrachtet man den gesamten Testbaumbestand aus allen Beobachtungsflächen, so zeigt sich, unabhängig von Schadbildern und Alterszusammensetzung eine erhöhte Absterbetendenz bei jüngeren Eichen bis 20 cm Brusthöhdendurchmesser. Mittlere Durchmesserstufen bis 35 cm wiesen die geringsten Mortalitäten auf (Abb. 22a).

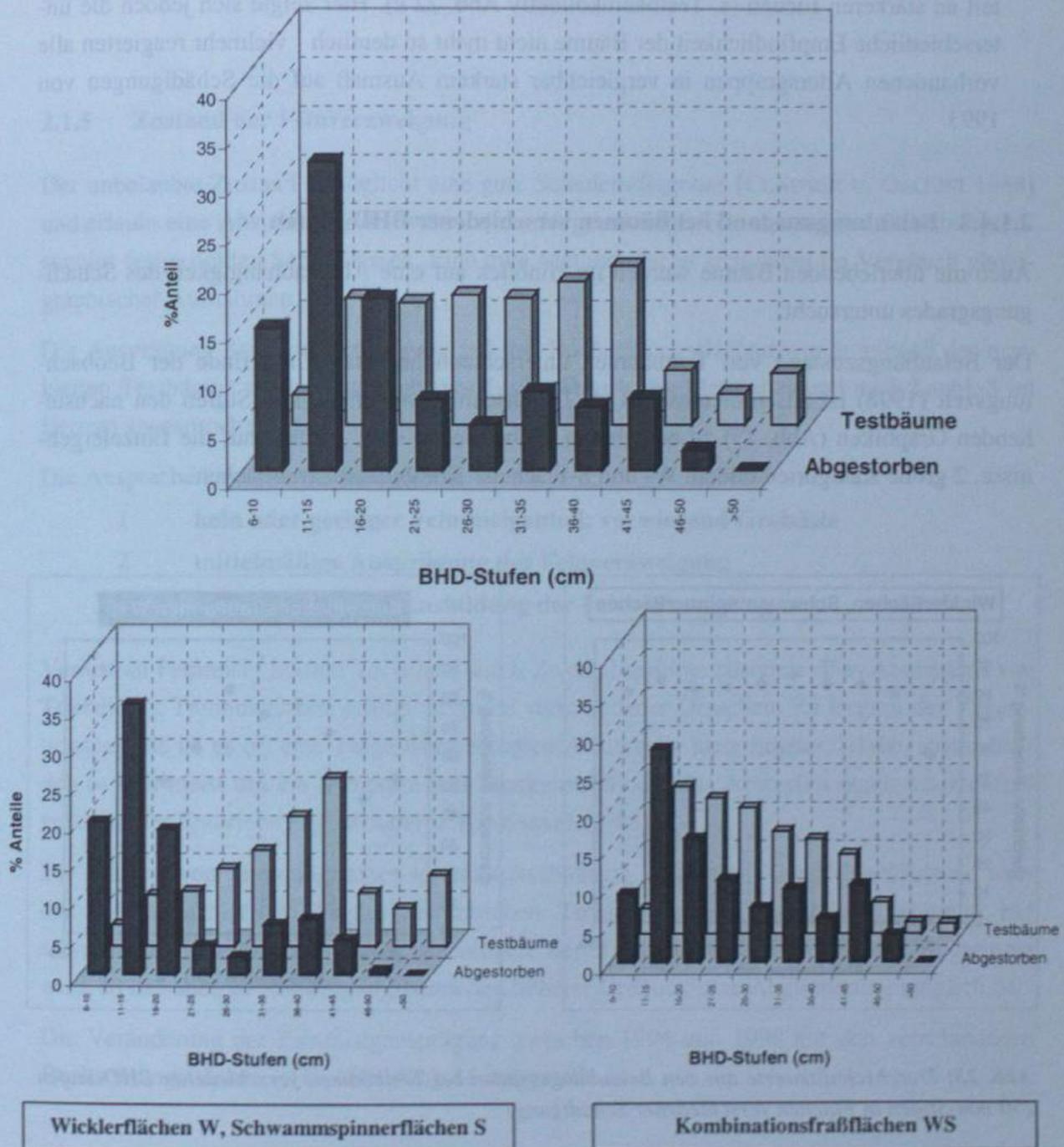


Abb. 22 a - c: Anteile abgestorbener Eichen an BHD-Stufen im Vergleich zur Altersverteilung im Testkollektiv: a (oben): gesamter Testbaumbestand; b, c (unten links bzw. rechts): in Abhängigkeit vom Fraßschaden 1993

Aus den Auswertungen von Einzelflächen lassen sich jedoch folgende Sachverhalte entnehmen:

- Auf den Eichenwickler- und Schwammspinnerflächen bestätigt sich die voranstehende Aussage. Hier tritt noch etwas deutlicher zutage, daß auch bei den stärkeren Eichen (> 35 cm BHD) wieder höhere Absterberaten vorliegen (Abb. 22 b.).
- Bei den Kombinationsfraßflächen handelte es sich meist um Bestände mit geringerem Anteil an stärkeren Eichen (s. Testbaumkollektiv Abb. 22 c). Hier zeigte sich jedoch die unterschiedliche Empfindlichkeit der Bäume nicht mehr so deutlich - vielmehr reagierten alle vorhandenen Altersgruppen in vergleichbar starkem Ausmaß auf die Schädigungen von 1993.

2.1.4.2 Belaubungszustand bei Bäumen verschiedener BHD-Stufen

Auch die überlebenden Bäume wurden im Hinblick auf eine Altersabhängigkeit des Schädigungsgrades untersucht.

Der Belaubungszustand von Testbäumen unterschiedlicher Stärke am Ende der Beobachtungszeit (1998) ist zusammenfassend als Durchschnittswert in 50 mm-Stufen den nachstehenden Graphiken (Abb. 23) zu entnehmen. Dabei ließen sich, gestützt auf die Einzelergebnisse, 2 große Kategorien bilden: W- und S-Flächen / Kombinationsfraßflächen.

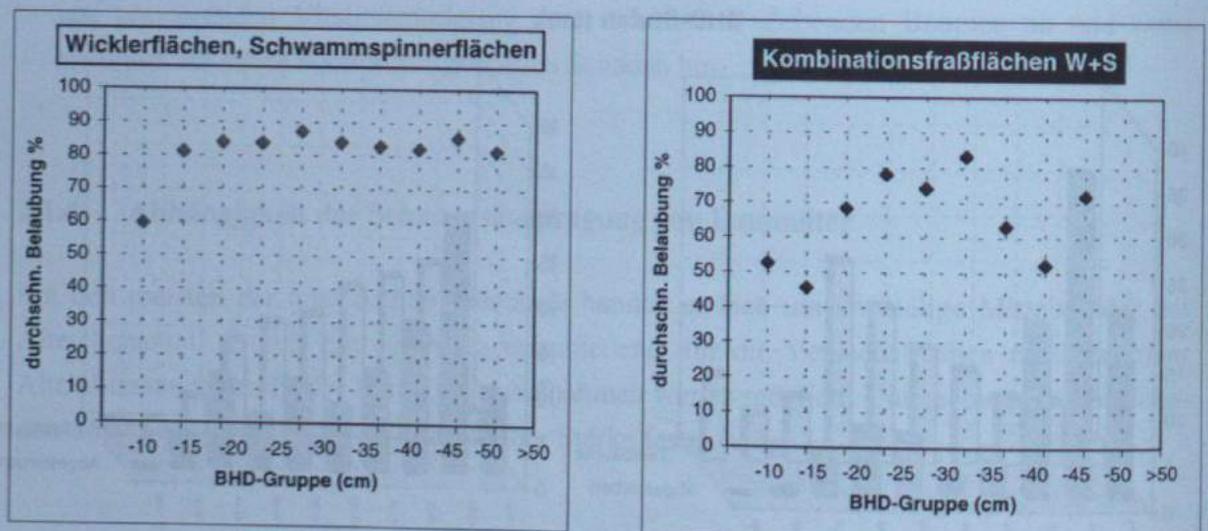


Abb. 23: Durchschnittswerte aus den Belaubungsgraden bei Testbäumen verschiedener BHD-Stufen (50-mm-Stufen in Flächen verschiedener Schädigung)

Es ließ sich eine Abhängigkeit vom Schädigungsgrad der Flächen erkennen. Auf den W- und S-Schadflächen waren sich kaum Unterschiede hinsichtlich der Belaubungsgrade bei den verschiedenen BHD-Stärken feststellen. Lediglich Eichen unter 15 cm Brusthöhendurchmesser zeigten im Durchschnitt schlechtere Belaubungswerte.

Eine deutliche Auflösung ist bei den Kombinationsfraßflächen erkennbar und signifikant. Hier liegt eine ausgeprägte Vitalitätseinbuße bei schwächeren Eichen (bis 15 cm BHD) und der Bäume mit BHD > 35 cm vor.

2.1.5 Zustand der Feinverzweigung

Der unbelaubte Zustand ermöglicht eine gute Schadensdiagnose [CLAUSER U. GELLINI 1988] und erlaubt eine Absicherung der während der Vegetationsperiode anhand des Belaubungszustandes festgestellten Schadklassen. Eine gute Methode bietet sich dabei im Vergleich photographischer Aufnahmen.

Die Ausprägung der Feinverzweigung auf den Beobachtungsflächen wurde anhand der markierten Testbäume zweimal jährlich (vor Laubausbruch des Maitriebes und nach Laubfall im Herbst) angesprochen.

Die Ansprache erfolgte in 3 Kategorien:

- 1 **kein oder geringer Feinreisiganteil; vorwiegend Grobäste**
- 2 **mittelmäßige Ausprägung der Feinverzweigung**
- 3 **gute bis sehr gute Ausbildung der Feinverzweigung**

Verlust an Feinreisig kommt vor allem durch Zweigabsprünge zustande. Das Abgliedern von Trieben mit Trennungszone erfolgt aufgrund verschiedener Ursachen. Zu Beginn der Vegetationsperiode ist es oft eine Folge frostbedingten Absterbens unverholzter Triebe, später handelt es sich meist um ein Symptom von Trockenstreß oder das Abwerfen durch Insektenfraß geschädigter Endtriebe [vgl. ROLOFF u. KLUGMANN 1998].

Die Bildung von Trennungszonen ist vitalitätsabhängig. Bei gutem Gesundheitszustand werden nur an schlechtwüchsigen Seitentrieben Trennungszonen ausgebildet, während mit schlechterer Vitalität die Wahrscheinlichkeit der Triebeingliederung zunehmend geringer wird, so daß auch in Abzweigungsbereichen höherer Ordnung eine Abgliederung möglich ist.

Die Veränderung der Feinreisigausprägung zwischen 1994 und 1998 auf den verschiedenen Beobachtungsflächen ist in Abbildung 24 dargestellt.

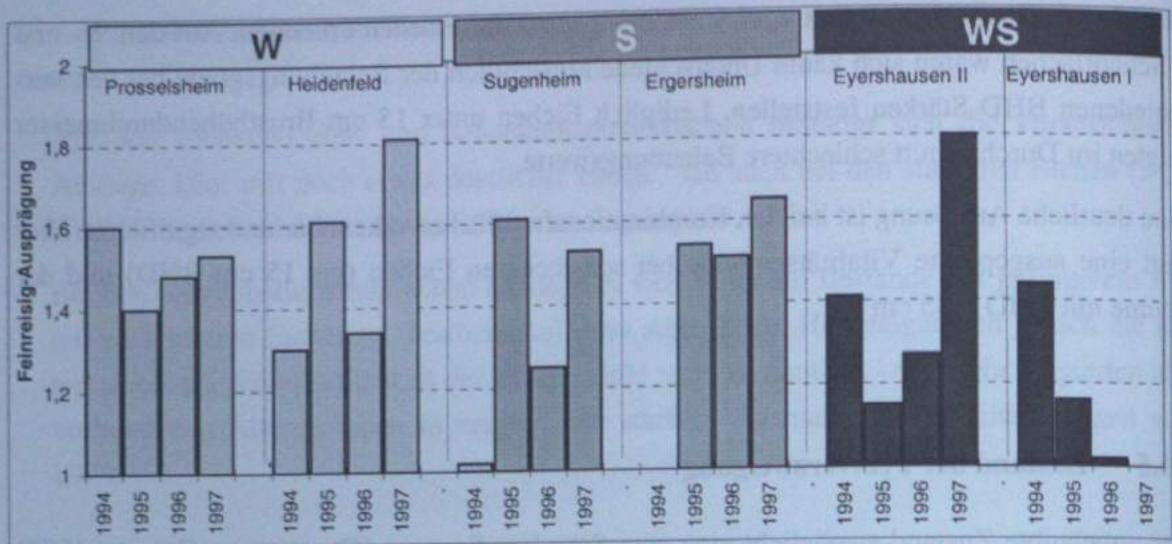


Abb. 24: Durchschnittswerte der Feinreißigausprägung zwischen 1994 und 1998 auf den Flächen

Auf einigen Versuchsflächen traten zwischen 1994 und 1998 vermehrt Absprünge auf (Abb. 25). Das Phänomen wurde in größerem Ausmaß im Jahr 1994 vor allem auf den Flächen Prosselsheim, Heidenfeld und Eyershausen beobachtet. 1994 läßt der Zeitpunkt der Abgliederung (im Juli/August) auf Fraßschäden (massiver Eichenwicklerfraß) in Zusammenwirken mit erheblichen Niederschlagsdefiziten in den Sommermonaten schließen (s. Kap. 2.3.2).



Abb. 25: Zweigabsprünge auf der Fläche Prosselsheim (Juli 1994)

2.1.6 Bildung von Wasserreisern und Klebästen

Die Eiche besitzt eine ausgeprägte Fähigkeit zur Bildung von Wasserreisern und Klebästen aus Präventivknospen. Sie stellen eine Mobilisierungsmaßnahme nach plötzlicher Rückbildung des Kronenvolumens dar, sei es infolge von Schädlingsfraß oder durch andere Einwirkungen [SCHREINER 1933].

Im Untersuchungsgebiet trat in den durch Schwammspinnerfraß geschädigten Flächen häufig extreme Wasserreiserbildung auf. Bei einem Großteil der Bäume von mittlerem und starkem Schädigungsgrad stellten sie den Hauptteil des Laubvolumens.

Dabei handelte es sich meist nicht um reversible Bildungen, sondern um starke, bleibende Wasserreiser. Abgesehen von der dadurch entstehenden Holzentwertung können diese allerdings einen positiven Effekt bewirken: Durch Beschattung des Stammes stellen sie einen gewissen Schutz vor Befall durch Prachtkäfer dar.

Nachstehende Tabelle 4 zeigt die Intensität der Wasserreiserbildung in den unterschiedlich geschädigten Flächen. Die Bewertung erfolgte nach 3 Graden:

Tab. 4: Intensität der Wasserreiserbildung in 3 Gradstufen

1 keine oder nur vereinzelte, schwache Wasserreiserbildung

2 mittelstarke WR-Bildung, Laubvolumen der WR bleibt aber deutlich unter dem der Krone

3 Bildung zahlreicher und starker WR; Laubmasse der WR übertrifft die der Krone

Fläche	Prozentanteil Bäume mit Wasserreiserbildung			durchschnittl. Grad der WR-Bildung	
	Grad I	Grad II	Grad III		
W Prosselsheim	keine maßgebliche Wasserreiserbildung			-	
	Heidenfeld	38,5	28,2	30,8	1,9
S Sugenheim	47,6	26,2	26,2	1,8	
	Ergersheim	92,9	7,1	0	1,1
WS Eyershausen I	29,5	38,6	20,5	1,7	
	Eyershausen II	16,2	17,6	66,2	2,5
	Sulzfeld	38,1	28,6	33,3	2,0

Abgesehen von Prosselsheim (W) und Ergersheim (S), den Flächen, die als geringer geschädigt anzusehen sind, wies in allen anderen Beständen mehr als die Hälfte der Bäume bleibende Wasserreiser von mittlerer bis starker Ausprägung auf. Auf den Kombinationsfraßflächen Eyershausen II und Sulzfeld übertraf die Laubmasse der Wasserreiser häufig das Volumen der Krone bzw. stellte die gesamte Laubmasse dar (Abb. 26).



Abb. 26: Extreme Wasserreiserbildung auf der Kombinationsfraßfläche Eyershausen I (1994)

Absterben von Feinwurzelmasse geführt. Dadurch entstand ein Mißverhältnis zwischen Kronenmasse und Wurzelausprägung. Die reduzierte Wurzelmasse war nicht in der Lage, nachtreibende Wasserreiser hinreichend zu versorgen. Dies bezieht sich sowohl auf die Nährstoffversorgung als auch auf die Zuleitung von Wasser. Aufgrund des Kahlfraßes und der Kahlstellung über die gesamte Vegetationsperiode mit mehrfachen Austriebsversuchen konnte die wasserleitende Frühholzschicht für die nächste Vegetationsperiode nur unzureichend angelegt werden, so daß dadurch ein Defizit in der Wasserversorgung der oberirdischen Teile entstand. Dies stellt ein spezielles Problem der Eiche als ringporige Baumart dar.

Bemerkenswert war, daß bei einer Restbelaubung der Krone von 30% und weniger auch bei extremer Wasserreiserbildung die Eichen maximal 2 Vegetationsperioden überlebten. Bis 1995 waren diese Bäume zu 60% abgestorben. Solche mit gänzlich abgestorbener Krone, auch wenn sie zum Teil enorme Blattmassen an Wasserreisern zur Verfügung hatten, starben zu 98% innerhalb einer Vegetationsperiode, spätestens aber nach 2 Vegetationsperioden ab.

Der Laubverlust durch Insektenfraß hatte 1993 und im Folgejahr zum

2.1.7 Auftreten von Totästen im Kronenbereich

Im Verlauf der Beobachtungsjahre fiel besonders auf den stärker geschädigten Flächen eine Zunahme von abgestorbenen Starkästen im oberen Bereich der Krone auf (s. a. Abb. 8c.), was auf einen Befall durch Eichenprachtkäfer hinweist.

Stichprobenuntersuchungen bestätigten diese Annahme in den meisten Fällen (Kap.2.2.3.5).

In Tabelle 5 ist die durchschnittliche Anzahl an Totästen bei Testbäumen der Beobachtungsflächen akkumulierend von 1995 bis 1998 aufgeführt.

Die Veränderung der Feinreisigausprägung zwischen 1994 und 1998 auf den verschiedenen Beobachtungsflächen ist in Abbildung 24 dargestellt.

Tab. 5: Durchschnittswerte Totäste/Baum in verschiedenen Testflächen

Fläche		Totäste/Baum		
		1995	1996	1997
W	Prosselsheim	-	0,2	0,4
	Heidenfeld	0,9	1,3	1,3
S	Sugenheim	1,5	1,6	1,8
	Ergersheim	0,8	1,1	1,1
WS	Eyershausen I	1,8	2,2	-
	Eyershausen II	1,0	1,5	1,5

Allgemein ließ sich ein Anstieg der Zahl abgestorbener Kronenäste zwischen 1995 und 1996 feststellen. Mit Ausnahme der Eichenwicklerschadfläche Prosselsheim wurde die relativ hohe Anzahl von durchschnittlich 1 - 2 Totästen/Baum gezählt, wobei der höchste Wert in der WS-Fläche Eyershausen auftrat.

Die hohen Totastanteile auf fast allen Flächen lassen sich mit dem z.T. starken Befall durch Eichenprachtkäfer erklären. Selbst in der geringer geschädigten Wicklerfläche Heidenfeld wurde dieses Merkmal verstärkt vorgefunden.

Nach 1996 war keine weitere nennenswerte Zunahme der Totastanteile mehr zu beobachten; der Neubefall durch Prachtkäfer hatte nach 1996 in den meisten Beständen deutlich nachgelassen.

2.1.8 Einfluß der Eichenschäden auf den Radialzuwachs

Das Dickenwachstum ist von einer ganzen Reihe von Einzelfaktoren abhängig. Klimatische Parameter sind dabei höher zu bewerten als z.B. Standortbedingungen [KUBLIN et al. 1988, GÖTTLEIN 1993]. Großen Einfluß auf das Wachstum hat Schädlingsfraß [PIPER 1998]. Entlaubungen ab 25% bewirken unter Umständen bereits Zuwachsminderungen, die sich bei höheren Blattverlusten über mehrere Jahre fortsetzen können [FRATZIAN 1973].

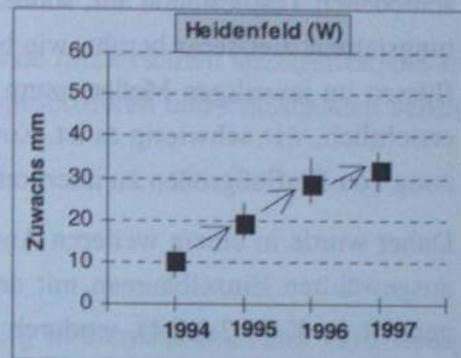
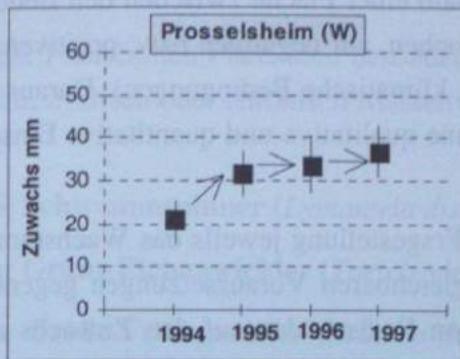
Auf 5 der Dauerbeobachtungsflächen wurden über den Zeitraum 1994 - 1998 die Zuwächse in regelmäßigen Zeitabständen aufgenommen. Daraus wurde die Wachstumsleistung der markierten Einzelbäume auf den unterschiedlichen Flächen für die Vegetationsperioden 1994 mit 1997 ermittelt. Bäume, die im Verlauf dieses Zeitraums abstarben, wurden dabei aus dem Kollektiv herausgenommen.

Bei der Interpretation der Zuwachsergebnisse muß berücksichtigt werden, daß der Einfluß des Fraßgeschehens 1993 auf das Dickenwachstum durch Auswirkungen anderer Einflußgrößen wie weitere Fraßschäden durch Wickler, klimatische Stressoren aber auch positive Einwirkungen überlagert wird (s. Kap. 2.2.2.4). Auch der Vitalitätszustand der einzelnen Bäume spielt eine wesentliche Rolle [STANDOVAR U. SOMOGYI 1998]. Das zeigt sich bereits in den oft sehr unterschiedlichen Jahreszuwächsen der Bäume innerhalb einer Fläche in verschiedenen Jahren.

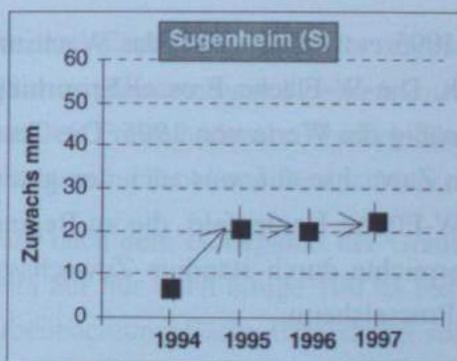
Eine Quantifizierung des Dickenwachstums in Abhängigkeit von verschiedenen Einflußfaktoren ist mit Hilfe einer Zeitreihenanalyse möglich [YUE 1997]. Solche Modelle erfordern allerdings lange Beobachtungszeiträume und große Testbaumkollektive.

In den folgenden Graphiken (Abb. 27) ist das Dickenwachstum der Testbäume auf den verschiedenen Flächen als Durchschnittswert mit jeweiligem Konfidenzbereich dargestellt. Die Zuwachsunterschiede zwischen den Probejahren wurden auf Signifikanz überprüft.

Wicklerfraßflächen W



Schwammspinnerfraßfläche S



Kombinationsfraßflächen WS

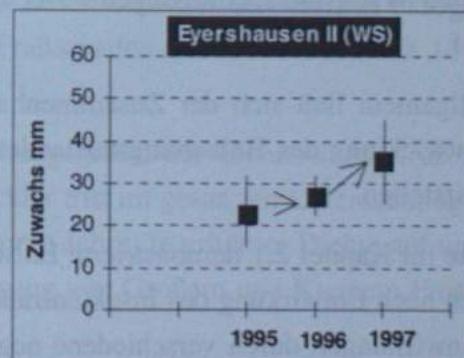
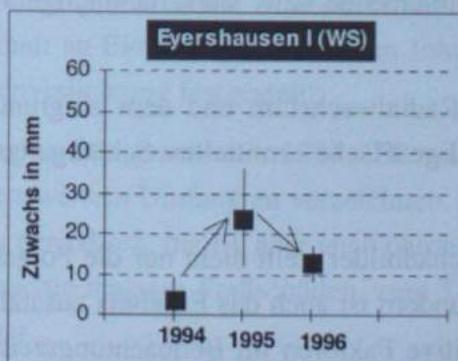


Abb. 27: Zuwächse über den Beobachtungszeitraum als Durchschnittswerte/Fläche/Jahr mit 5% Konfidenzintervallen; Signifikanztest: ↗ ↘ = Zu-/Abnahme, => kein Unterschied

Aus den Darstellungen lassen sich folgende Zusammenhänge aufzeigen:

- Die Zuwachswerte wiesen nicht nur deutliche Unterschiede beim Vergleich der verschiedenen Testbestände auf, sondern auch innerhalb einer Fläche zwischen den Beobachtungsjahren. Letzteres beruht, wie bereits angesprochen, auf negativen bzw. positiven Einflüssen im jeweiligen Meßzeitraum (Fraßschäden, klimatische Bedingungen). Daraus wird ersichtlich, wie schwierig es ist, Zuwachsdaten ohne qualitative und quantitative Einschätzung von Einflußgrößen zu interpretieren.

Daher wurde in einem weiteren Ansatz für diese Fragestellung jeweils das Wachstum von ausgewählten Einzelbäumen mit definierten, vergleichbaren Voraussetzungen gegenübergestellt (s. Kap. 2.2.2.4), wodurch der Einfluß von Fraßschäden auf den Zuwachs abgegrenzt werden konnte.

- alle Flächen wiesen im 1. Beobachtungsjahr als Nachwirkung des Fraßgeschehens 1993 nur geringes Dickenwachstum auf. Auffällig ist, daß dies auch für die Wicklerschadflächen gilt, wenn auch im Fall von Prosselsheim in geringerem Ausmaß.
- Nach meist sprunghaftem Anstieg der Zuwächse 1995 entwickelte sich das Wachstum in den verschiedenen Beständen sehr unterschiedlich. Die W-Fläche Prosselsheim hielt bis zum Ende des Beobachtungszeitraum sehr gleichmäßig die Werte von 1995. Die Testbäume in dieser Fläche wiesen insgesamt die höchsten Zuwächse auf, was auch den guten Vitalitätsmerkmalen entspricht (s. Kap. 2.1.2). Die W-Fläche Heidenfeld, die zu Beginn der Aufnahme sehr geringe Radialzuwächse zeigte, erreichte durch ständige Zuwachssteigerung bis 1997 das Niveau der W-Vergleichsfläche Prosselsheim.

Auch die geringer geschädigten Bäume der WS-Fläche Eyershausen II, in der 1997 eine erhebliche Verbesserung der Vitalität zu verzeichnen war, steigerten ihr Dickenwachstum 1997 aufgrund der sehr günstigen Bedingungen auf ein vergleichbares Niveau.

Dagegen wiesen die S-Fläche sowie die stark geschädigte WS-Fläche Eyershausen I trotz der guten Wachstumsbedingungen 1996 und 1997 gleichbleibende bzw. stark rückläufige Werte auf.

Allgemein ließ sich der Zusammenhang zwischen Radialwachstum und dem aufgrund der Entwicklung des Belaubungszustandes für die jeweilige Fläche ermittelten Schädigungsgrad feststellen.

Die im Kapitel 2.1 demonstrierte Entwicklung der Schadbilder stellt nicht nur die Folgeschäden nach Einwirkung des Insektenfraßes 1993 dar, sondern ist auch das Ergebnis zusätzlicher Einwirkungen durch verschiedene negative und positive Faktoren im Beobachtungszeitraum 1994 - 1998. Auf einige dieser Einflußgrößen wird im Folgenden (Kap. 2.2 und 2.3) näher eingegangen.

2.2 Biotische Schadeinwirkungen nach der Kalamität

2.2.1 Auftreten phyllophager Schädlingsarten

Auf der Fränkischen Platte sind besonders 3 blattfressende Insektenarten anzutreffen, die sporadisch, zyklisch oder chronisch Massenvermehrungen produzieren und Fraßschäden verursachen.

- der **Schwammspinner** (*Lymantria dispar*)
- der **Grüne Eichenwickler** (*Tortrix viridana*)
- der **Große Frostspanner** (*Erannis defoliaria*), häufig in Gemeinschaft mit dem weniger schädlichen **Kleinen Frostspanner** (*Operophtera brumata*)

Vorkommen und Dichteentwicklung der Arten, Auftreten und Effektivität von limitierenden Faktoren (z.B. Antagonisten: Prädatoren, Parasitoide, Pathogene) wurden über den gesamten Beobachtungszeitraum aufgenommen.

Als weiterer Eichenschädling, der regional in erhöhter Dichte auftrat, ist der **Eichenprozessionsspinner** (*Thaumetopoea processionea*) zu nennen. Die Raupen dieser Art treten aber weniger durch Fraßschäden in Erscheinung, sondern verursachen durch die allergene Wirkung ihrer Behaarung Probleme für den Menschen.

Ein Jahr nach dem Höhepunkt der Gradation hatte sich das Kalamitätsgebiet des Schwammspinners auf nur noch einige 100 ha reduziert. Hohe Besatzdichten wurden z.B. noch in der Dauerbeobachtungsfläche Ergersheim vorgefunden (s. Eigelegebesatz in Abb. 1); Fraßschäden wurden hier durch Bekämpfungsmaßnahmen verhindert.

1995 - 1998 war die Schwammspinnerdichte im gesamten Gebiet auf den eisernen Bestand zurückgegangen. Geringe Schäden traten nur in der Dauerbeobachtungsfläche "Weibersbrunn" im Spessart auf, wobei in dieser Region aufgrund der klimatischen Bedingungen der Schwammspinner keine Massenvermehrungen aufbaut. Zusammen mit der übrigen Fraßgesellschaft an Eiche wurde nach dem Johannistrieb ein Fraßschaden mit durchschnittlich 13% Kronenverlichtung festgestellt.

Im Beobachtungszeitraum 1994 - 98 war im Untersuchungsgebiet nur Eichenwicklerfraß in nennenswertem Umfang zu verzeichnen. Der Eichenwickler tritt im gesamten Untersuchungsgebiet periodisch, häufig aber auch chronisch (über mehrere Jahre) in erhöhter Dichte auf und verursachte massive Fraßschäden, zum Teil mit Beteiligung von Großem und Kleinem Frostspanner.

Frostspanner produzieren in Unterfranken zyklisch kurze Kalamitäten von 2 - 3 Jahren Dauer (letzte ausgedehnte Massenvermehrung des Großen Frostspanners zwischen 1987 - 1989).

Die Fraßzeit der Raupen erstreckt sich vom Laubaustrieb bis Ende Juni, deckt sich also zeitlich etwa mit der des Eichenwicklers. Dabei wird Buche als Fraßpflanze bevorzugt, bei hoher Populationsdichte aber auch die Eiche geschädigt.

Im Beobachtungszeitraum 1994 - 1998 waren beide Frostspannerarten punktuell in erhöhter Dichte vertreten, so daß in einigen Beständen Kahlfraß zu verzeichnen war. Es kam allerdings nicht zur Massenvermehrung auf größeren Flächen. Frostspanner waren an Fraßschäden auf den Versuchsflächen mit maximal 20% beteiligt.

Eine Differenzierung der Fraßbilder von Eichenwickler und Frostspannern ist bedingt möglich, da der Eichenwickler seine Fraßtätigkeit im oberen Kronenbereich, bevorzugt südseitig beginnt, während der Fraß durch Frostspanner von unten nach oben erfolgt. Von der physiologischen Wirkung her ist eine Unterscheidung der Fraßschäden durch Wickler oder Frostspanner nicht von maßgeblicher Bedeutung.

2.2.2 Fraßschäden und Auswirkungen von Eichenwicklerfraß auf die Vitalität der Eiche in unterschiedlich geschädigten Beständen

2.2.2.1 Blattmassenverlust durch Wicklerfraß im Beobachtungszeitraum

Im Beobachtungszeitraum 1994 - 1998 kam es mehrmals zu erheblichen Fraßschäden durch *T. viridana*.

In nachstehender Tabelle 6 sind die Laubmassenverluste durch Eichenwickler anhand markierter Testbäume auf den verschiedenen Flächen in 10%-Stufen sowie als Durchschnittswert für die Entlaubung der Fläche dargestellt

Tab. 6: Entlaubung (%) durch Eichenwicklerfraß auf verschiedenen Flächen 1994 - 98; Anteil der Bäume (%) je Fläche an den Entlaubungsgraden

Fläche	Jahr	Anteil % Bäume der verschiedenen Entlaubungsgrade										durchschnittl. Entlaubungsgrad /Fläche
		0-10 %	11-20 %	21-30 %	31-40 %	41-50 %	51-60 %	61-70 %	71-80 %	81-90 %	91-100 %	
W Prosselsheim n = 71	1994	5,8	25,0	23,1	-	1,9	13,5	7,7	9,6	13,4	-	51,8 %
	1995	2,0	-	6,1	4,1	16,3	14,3	20,4	20,4	12,3	4,1	68,8 %
	1996	90,2	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10 %
	1997	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10 %
	1998	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10 %
	1994	18,8	21,8	6,2	7,7	1,5	1,5	14,0	4,6	3,1	20,8	56,5 %
1995	44,4	7,8	7,8	3,3	14,4	4,5	5,6	7,8	2,2	2,2	22,2 %	
1996	96,2	1,9	1,9	-	-	-	-	-	-	-	< 10 %	
1997	78,3	4,3	4,3	6,5	-	-	2,2	2,2	2,2	-	< 10 %	
1998	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10 %	
S Sugenheim I,II n = 104	1994	15,7	9,6	19,3	2,4	10,8	1,2	9,6	2,4	4,8	24,2	52,4 %
	1995	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10 %
	1996	24,2	1,5	9,1	9,1	6,1	9,1	4,5	12,1	13,6	10,7	50,1 %
	1997	53,8	21,3	9,6	1,9	7,7	-	1,9	-	1,9	1,9	16,7 %
	1998	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10 %
	1994	5,1	5,1	15,4	-	7,7	25,6	5,1	-	12,8	23,2	56,7 %
1995	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10 %	
1996	4,9	4,9	4,9	4,2	4,9	12,2	7,3	26,8	12,2	17,7	68,8 %	
1997	85,7	9,5	-	4,8	-	-	-	-	-	-	< 10 %	
1998	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10 %	

Fläche	Jahr	Anteil % Bäume der verschiedenen Entlaubungsgrade											durchschnittl. Entlaubungsgrad /Fläche		
		0-10 %	11-20 %	21-30 %	31-40 %	41-50 %	51-60 %	61-70 %	71-80 %	81-90 %	91-100 %				
WS Eyershausen I n = 76	1994	97,4	2,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10 %
	1995	97,4	2,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10 %
	1996	13,2	5,3	2,6	-	5,3	5,3	2,6	15,8	18,4	31,5	-	-	-	70,3 %
	1995	82,5	9,5	1,6	3,2	3,2	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10 %
	1996	18,2	1,5	-	3,0	7,6	1,5	6,1	9,1	21,2	31,8	-	-	-	71,4 %
	1997	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10 %
	1998	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10 %
	1994	14,3	39,3	-	-	46,4	-	-	-	37,1	-	-	-	-	48,5 %
W Weibersbrunn n = 72	1995	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10 %
	1996	23,4	46,9	-	-	16,7	-	-	13,0	-	-	-	-	-	21,2 %
	1997	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10 %	
	1994	17,9	-	5,4	3,6	1,8	35,7	8,9	5,4	3,6	17,7	-	-	-	56,3 %
1995	23,1	10,7	12,5	10,7	17,9	5,4	10,7	3,6	1,8	3,6	-	-	-	38,2 %	
1996	35,8	12,5	12,5	5,4	8,9	8,9	7,1	7,1	1,8	-	-	-	-	30,5 %	
1997	98,1	-	-	-	-	-	1,9	-	-	-	-	-	-	< 10 %	

Zwischen 1994 und 1998 waren in 4 der Flächen (W: Prosselsheim und Heidenfeld, S: Sugenheim und Ergersheim) je 2 mal starke Eichenwickler-Fraßschäden mit Entlaubungsgraden von teilweise über 70% (1994 und 1995 bzw. 1994 und 1996) zu verzeichnen.

Um nochmaligen Fraß zu verhindern, wurden im Jahr 1996 in beiden chronischen Wicklerfraßflächen Heidenfeld und Prosselsheim, 1997 nur in Heidenfeld, kleinflächig Versuchsbekämpfungen durchgeführt.

Die übrigen Testbestände waren zwischen 1994 und 1998 nur einmal von Wicklerfraß mit Laubmassenverlust > 50% betroffen.

Nach CRAWLEY et al. [1988] werden bei Wicklerfraß jedes Jahr dieselben Bäume schwer geschädigt. Dies würde bedeuten, daß jeweils ein Teil der Eichen in stärkerem Maße beeinträchtigt wäre als die übrigen Bäume des Bestandes und entsprechend größere Vitalitätseinbußen erleiden. Diese Annahme wurde anhand der markierten Testbäume an den zweimal befallenen Bäumen überprüft. Das Ergebnis ist nachstehenden Tabellen 7 a, b und c zu entnehmen.

Die in 10%-Stufen aufgenommenen Fraßschäden wurden für die Auswertung in 3 größere Kategorien zusammengefaßt:

- 0 - 30% Entlaubung = leichter Fraß
- 31 - 60% Entlaubung = mittelschwerer Fraßschaden
- > 60% Entlaubung = starker Lichtfraß bis Kahlfraß

Tab. 7: Anteil der Testbäume an den Fraßkategorien auf 3 Flächen mit Wicklerfraß in 2 aufeinanderfolgenden Jahren (a. Prosselsheim, b. Heidenfeld, c. Sugenheim)

a

PROSELSSHEIM	Anteil Bäume mit Entlaubungsgrad				
	Entlaubung 1996	Entlaubung 1994			
durchschnittl. Entlaubung: Fraß 1994: 51,8% Fraß 1995: 68,8%		0 - 30%	31 - 60%	> 60%	
	0 - 30%	4,8	-	-	
	31 - 60%	21,4	-	9,5	
	> 60%	35,8	9,5	19,0	
	Anteil Bäume, die 2x derselben Entlaubungsstufe zuzuordnen waren				23,8%

b

HEIDENFELD	Anteil Bäume mit Entlaubungsgrad			
	Entlaubung 1996	Entlaubung 1994		
		0 - 30%	31 - 60%	> 60%
durchschnittl. Entlaubung Fraß 1994: 56,5% Fraß 1995: 22,2%	0 - 30%	30,0	8,6	28,6
	31 - 60%	12,9	1,4	-
	> 60%	7,1	8,5	2,9
	Anteil Bäume, die 2 x der selben Entlaubungsstufe zuzuordnen waren			34,3%

c

SUGENHEIM	Anteil Bäume mit Entlaubungsgrad			
	Entlaubung 1996	Entlaubung 1994		
		0 - 30%	31 - 60%	> 60%
durchschnittl. Entlaubung Fraß 1994: 52,4% Fraß 1996: 50,1%	0 - 30%	14,3	1,6	9,5
	31 - 60%	6,3	6,3	14,5
	> 60%	22,2	6,3	19,0
	Anteil Bäume, die 2 x der selben Entlaubungsstufe zuzuordnen waren			39,6%

Es zeigte sich, - unabhängig davon, daß die Fraßintensität in den Folgejahren nicht immer gleich hoch war - dennoch eine überraschende Übereinstimmung zwischen den Probeflächen:

- nur ca. 1/3 der Bäume (bei der Fläche Prosselsheim nur knapp 1/4) waren in beiden Schadjahren der gleichen Fraßkategorie zuzuordnen.
- 1/3 der Bäume unterschieden sich bei den 2 Fraßereignissen 1994/1996 um eine Intensitätsstufe (0-30%/31-60% oder 31-60%/0-30% oder 31-60%/> 60% oder >60%/31-60%)
- 1/3 der Bäume zeigte Intensitätsunterschiede zwischen den Fraßereignissen 1994/1996 von 2 Gradstufen (0-30%/>60% oder >60%/0-30%)

Damit trifft die Aussage von CRAWLEY et al. [1988], daß Bäume immer wieder in etwa gleichem Ausmaß durch Wickler befallen werden, nach unseren Beobachtungen nur für ca. 1/3 der Bäume zu und weist damit nicht auf eine signifikante Bevorzugung von Einzelbäumen hin.

2.2.2.2 Auswirkungen von Eichenwicklerfraß auf die Schadentwicklung

Die Auswirkungen von Laubverlust werden oft nur kurzfristig untersucht, da häufig die Ansicht vertreten wird, daß bei Laubbäumen nach erfolgter Wiederbelaubung keine weiteren Folgeschäden zu erwarten sind.

Im Rahmen der Untersuchungen wurde die Belaubungsentwicklung bei Testbaumkollektiven mit jeweils vergleichbarem Ausmaß an Fraßschädigung durch Eichenwickler über den gesamten Beobachtungszeitraum hinsichtlich ihrer Vitalitätsentwicklung (Belaubungsgrad, andere Schadsymptome) überprüft. Auf diese Weise sollte der Einfluß von frühem Laubverlust durch Wicklerfraß auf vorhandene Eichenschäden unterschiedlicher Ausprägung abgeklärt werden.

Testflächen mit zweimal starkem Wicklerfraß in 2 aufeinanderfolgenden Jahren (1994/95)

Eichenwicklerschadflächen Prosselsheim und Heidenfeld (Ausgangsbelaubung > 70%)

a. Einzelbäume, die in beiden Jahren starke Fraßschäden aufwiesen (Abb. 28a)

Die Testbäume auf den beiden Eichenwicklerschadflächen reagierten trotz ihrer vergleichbaren Ausgangsbelaubung sehr unterschiedlich auf das Fraßgeschehen. In Prosselsheim wirkte

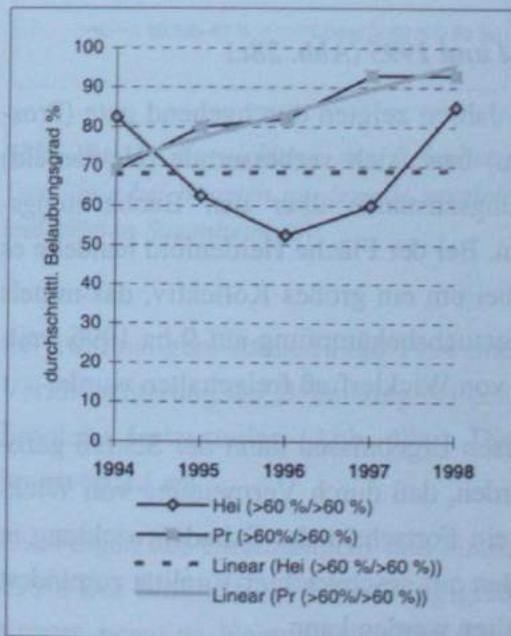


Abb. 28a: Entwicklung des Belaubungsgrades (Durchschnitt aus Testbaumkollektiven/Jahr) bei Bäumen mit zweimaligen Fraßschäden durch Wicklerfraß in Prosselsheim (W) und Heidenfeld (W)

sich der Fraßschaden 1994 in Form eher mäßiger Belaubungsgrade aus. Der Belaubungszustand verbesserte sich in den Folgejahren 1995 und 1996 kaum. Danach wurden gute Durchschnittswerte erreicht.

Insgesamt wirkte sich der zweimalige Wicklerfraß nicht nachhaltig vitalitätsschwächend auf den Bestand aus, was auch in der Regressionslinie zum Ausdruck kommt.

Dagegen zeigten die ebenfalls zweimal stark befallenen Eichen der Fläche Heidenfeld nachhaltige Verschlechterung ihrer Vitalität nach dem Fraß 1994. Es kommt zwischen 1994 und 1996 nicht zur Erholung, sondern vielmehr noch zu einem Einbruch der Belaubungsgrade 1995 und 1996. Danach deutet sich eine Erholung des Bestandes an.

b. Bäume, die nur einmal stark befallen wurden (1994 oder 1995) (Abb. 28b)

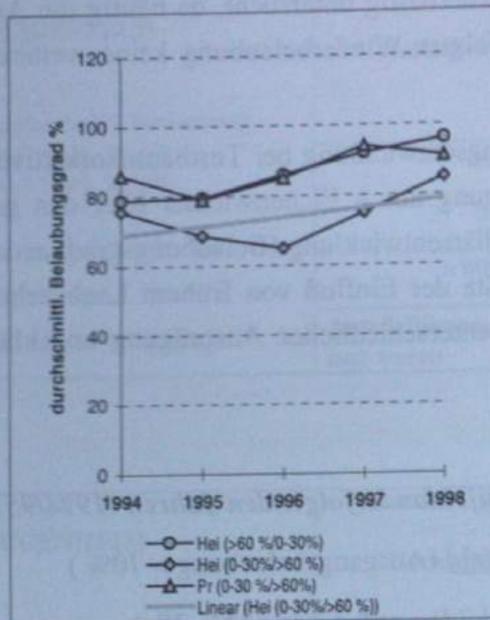


Abb. 28b: Entwicklung des Belaubungszustandes bei Bäumen mit einmaligem Fraßschaden

c. Testbäume ohne nennenswerte Fraßschäden 1994 und 1995 (Abb. 28c)

Bäume ohne nennenswerte Fraßschädigung in beiden Jahren zeigten durchgehend gute (Proselsheim) bzw. sich verbessernde (Heidenfeld) Belaubungszustände über den Beobachtungszeitraum.

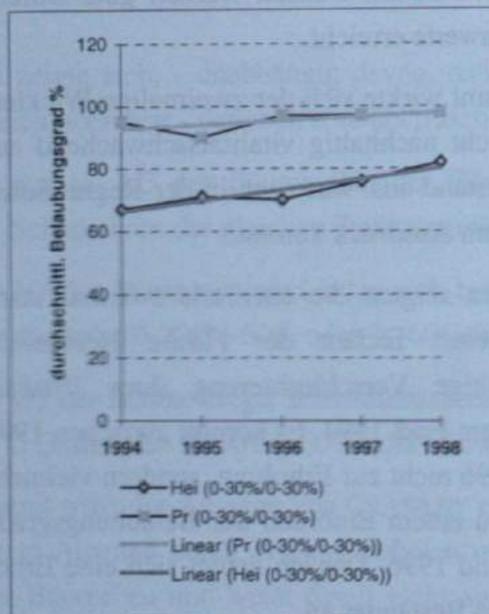


Abb. 28c: Entwicklung des Belaubungszustandes bei Bäumen ohne nennenswerten Fraßschaden

Die Belaubungsentwicklungen für die Testbaumkollektive, die nur einmal stark befallen worden waren (also 1994 oder 1995), weisen darauf hin, daß der Fraß 1995 sich hier allgemein gravierender auswirkte als der im Jahr 1994, obwohl 1994 als zusätzlicher Streßfaktor ein erhebliches Niederschlagsdefizit über die gesamte Vegetationsperiode hinzukam. Dieser Sachverhalt läßt auf eine kumulative Auswirkung von wiederholten Fraßereignissen durch Eichenwickler schließen. Bestätigt wird die Annahme auch dadurch, daß das Heidenfelder Kollektiv durch einmaligen Fraß geringere Vitalitätseinbußen erfährt als nach zweimaligem Fraß (vgl. Trendlinie in Abb. 28 a, b).

Bei der Fläche Heidenfeld handelte es sich dabei um ein großes Kollektiv, das mittels einer Versuchsbekämpfung auf 9 ha 1996 weitgehend von Wicklerfraß freigehalten wurde.

Aus diesen Ergebnissen kann der Schluß gezogen werden, daß durch Vermeidung von Wicklerfraß ein Fortschritt der Schadentwicklung in Beständen mit geschwächter Vitalität zumindest aufgehalten werden kann.

Testfläche mit zweimal starkem Fraßschaden mit 1 Jahr Unterbrechung (1994 und 1996)
(Abb. 29)

Schwammspinnerschadfläche Sugenheim (Ausgangsbelaubung 60-75%)

a. zweimal stark befallene Testbäume

b. einmal stark befallene Testbaum

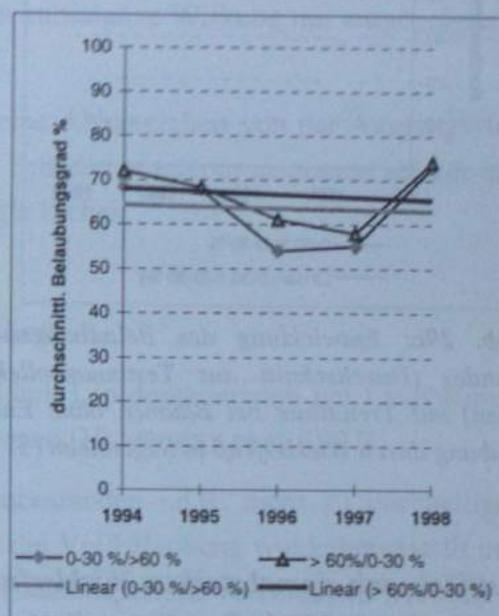
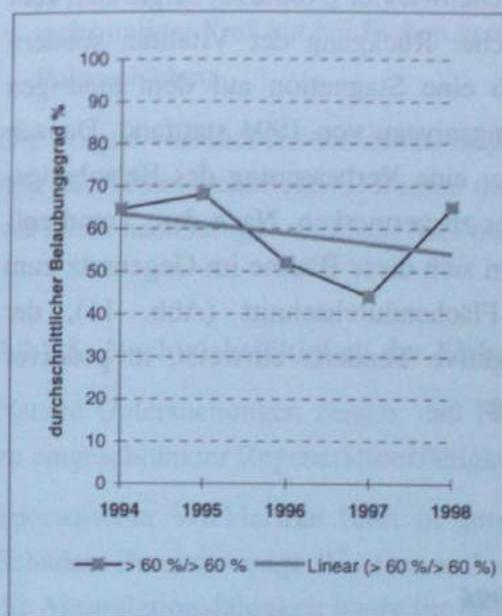


Abb. 29a, b: Entwicklung des Belaubungszustandes (Durchschnitt aus Testbaumkollektiven) mit Trendlinie bei Bäumen mit jeweils vergleichbarem Ausmaß an Entlaubung durch Wicklerfraß 1994 und 1996 in Sugenheim (S)

Bei zweimaligem starkem Fraß 1994 und 1996 kommt es in Sugenheim zu einer nachhaltigen Verschlechterung der Belaubung bei den betroffenen Testbäumen bis 1997. Erst 1998 ist eine Erholung festzustellen (Abb. 29a.). Die Regressionsgerade zeigt einen negativen Entwicklungsverlauf an.

Die Folgen aus zweimaligem und einmaligem starkem Wicklerfraß unterschieden sich (Abb. 29b.). Der Einbruch der Belaubungsgrade ist bei einmaligem Fraß schwächer ausgeprägt (geringere negative Neigung der Trendlinie) als bei Testbäumen mit zweimaligem Fraß. Die Nachwirkungen der Fraßereignisse 1994 bzw. 1996 unterscheiden sich nicht.

Dabei muß angesprochen werden, daß der Effekt von Wicklerfraß durch eine klimatische Besonderheit dieser Region überlagert wird. In jedem Frühjahr kam es dort zu Spätfrösten

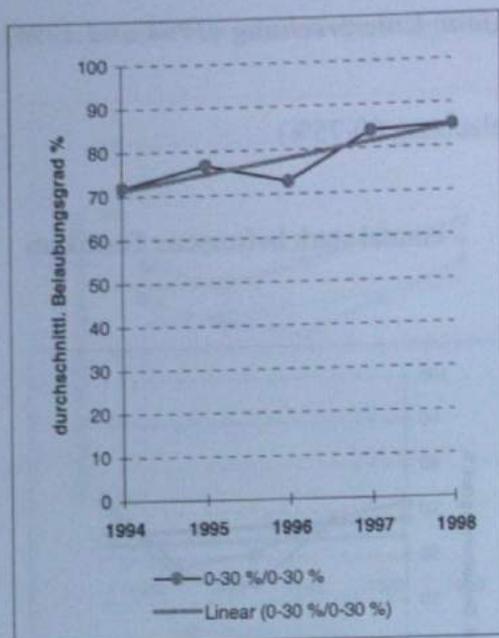


Abb. 29c: Entwicklung des Belaubungsstandes (Durchschnitt aus Testbaumkollektiven) mit Trendlinie bei Bäumen ohne Entlaubung durch Wicklerfraß in Sugenheim (S)

während der Austriebszeit, die 1995 besonders massiv ausfielen und einen großen Teil des Maitriebes zerstörten (s. Kap. 2.3.1).

Dennoch kann die Schädigung durch den Insektenfraß abgegrenzt werden. Bei dem Kontrollkollektiv ganz ohne starke Fraßbelastung durch Eichenwickler (Abb.29c) zeigte sich kein wesentlicher Rückgang der Vitalität, sondern bis 1996 eine Stagnation auf dem niedrigen Belaubungsniveau von 1994 stattfand. Danach war sogar eine Verbesserung des Belaubungszustandes zu vermerken. Nach dem Trend entwickelten sich diese Bäume im Gegensatz zum Gesamt-Flächendurchschnitt (Abb. 11), der eine negative Tendenz aufweist, in positiver Richtung.

Testfläche mit einmal starkem Wicklerfraßereignis 1996

Kombinationsfraßfläche Evershausen II (Ausgangsbelaubung: 55 - 65%)

Bei den Testbaumkollektiven in der durch Kombinationsfraß geschädigten Fläche Evershausen II zeigt sich deutlich die Auswirkung von Eichenwicklerfraß auf Bäume verminderter Vitalität. Im Gegensatz zu den 1996 nicht befallenen Bäumen ließ sich nach Fraß ein starker Rückgang der Vitalität mit nachhaltiger Auswirkung auf die folgenden 2 Vegetationsperioden beobachten.

Bis 1998 ist nur eine zögerliche Erholung dieses Kollektivs zu verzeichnen. Eichen, die nach dem Eichenwicklerfraß durch Prachtkäferbefall abstarben, wurden nicht in dieses Kollektiv einbezogen.

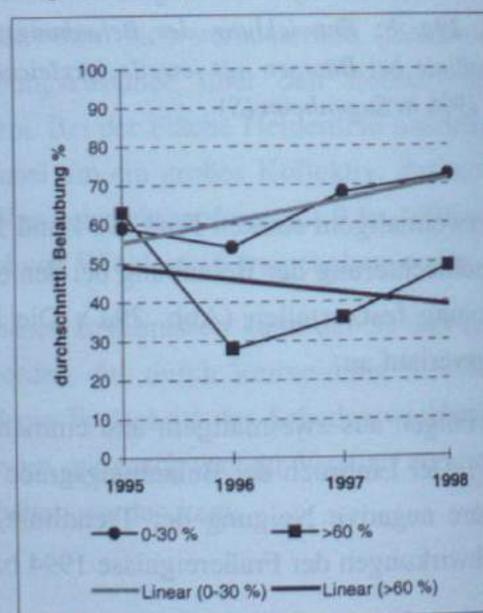


Abb. 30: Vergleich der Belaubungsentwicklung eines stark befallenen Testbaumkollektivs (> 60% Laubverlust) mit der von kaum durch Wicklerfraß geschädigten Eichen (< 30% Laubverlust)

Aus den dargestellten Vergleichsuntersuchungen läßt sich allgemein schließen:

- 1- oder 2 maliger Eichenwicklerfraß hat keine nachhaltigen Auswirkungen auf Bestände von gutem Belaubungszustand
- bei bereits geschädigten Eichen bewirkt bereits einmaliger Wicklerfraß Vitalitätseinbußen, die über mehrere Vegetationsperioden fortwirken können. Liegt in den Folgejahren kein Fraßereignis vor, so erholen sich die Bestände unter günstigen Rahmenbedingungen.
- mehrmaliger Fraß hat bei Eichen geringer Vitalität kumulative Wirkung mit ausgeprägteren Folgeschäden.

Die Folgen von Eichenwicklerfraß zeigen deutlich eine Abhängigkeit von der Ausgangsvitalität des Testbaumkollektivs. Bäume mit deutlichen Schäden reagieren insgesamt stärker und vor allem nachhaltiger als leicht oder nicht geschädigte Eichen.

2.2.2.3 Nachtriebsfähigkeit der Eiche nach Wicklerfraß

Neuere Untersuchungen zeigen, daß Fraßschäden durch Lepidopterenarten bei Laubbäumen zu eingeschränkter Regenerationsfähigkeit führen können [HUMPHREY et al. 1997].

Sporadischer Wicklerfraß führt in gesunden Eichenbeständen i.d.R. nicht zu nachhaltigen Schäden. Bereits wenige Wochen nach dem Fraß ist die Vollbelaubung wiederhergestellt und die Assimilationsfähigkeit bleibt für den Rest der Vegetationsperiode voll erhalten (Abb. 2).

Auf den Beobachtungsflächen ließ sich jedoch erkennen, daß je nach dem Schädigungsgrad der Eichen (als Folge der Schwammspinnerkalamität 1993) die durch Wicklerfraß verlorene Blattmasse oft nur zögerlich und unvollständig ersetzt wurde.

Nachstehende Tabelle 8 zeigt das Nachtriebsvermögen in unterschiedlich geschädigten Flächen nach Wicklerfraß 1994 und 1995 bzw. 1996.

Als Ausgangswert wird der maximale registrierte Belaubungsgrad vor dem Fraß als angegeben. Setzte der Fraß an Spätaustreibern bereits in den noch geschlossenen Knospen des Maitriebs ein, so wurde der Belaubungszustand aus dem Vorjahr herangezogen. Es wurden nur Bäume, die insgesamt ihren Belaubungsgrad über die Beobachtungszeit nicht wesentlich veränderten hier einbezogen.

In die Beurteilung gingen Bäume ein, die Licht- bis Kahlfraß durch Eichenwickler aufwiesen (Entlaubung > 60%).

Tab. 8: Wiederbelaubung nach Eichenwicklerfraß in unterschiedlich geschädigten Eichenbeständen

Fläche	Wicklerfraß 1994		Wicklerfraß 1995 bzw. 1996		
	Ausgangs-Belaubung	erreichte Wiederbelaubung	Ausgangs-belaubung	erreichte Wiederbelaubung	
W	Prosselsheim	71,5%	43,5%	77,8%	69,4%
	Heidenfeld	69,8%	37,7%	75,2%	59,9%
S	Sugenheim	63,2%	36,7%	64,3%	36,7%
	Ergersheim	-	-	80,2%	69,0%
WS	Sulzfeld II	61,5%	22,1%	43,2%	25,6%
	Eyershausen II	57,0%	17,1%	43,5%	15,6%

Aus den Tabellenwerten wurde der Grad der Wiederbelaubung als % der Ausgangsbelaubung errechnet, um eine Vergleichsbasis für die verschiedenen Flächen zu schaffen.

Die Ergebnisse für die beiden Fraßereignisse sind in Abbildung 31 vergleichend dargestellt. Es zeichnen sich 2 Merkmale ab:

- Die Fähigkeit, durch Fraß verlorene Laubmasse im Verlauf der Vegetationsperiode zu ersetzen, ist von der Vitalität der Bäume abhängig. Durch Kombinationsfraß geschädigte Eichen erreichten mittels Ersatz- und Johannistrieb nach Wicklerfraß kaum noch die Hälfte der Ausgangsbelaubung.
- Mit einer Ausnahme (Sugenheim) war der Ersatztrieb 1995/96 auf den Flächen unabhängig von der Vitalität effektiver als 1994. Dies ist zum Einen darauf zurückzuführen, daß die Bestände nach dem Fraßschaden 1993 allgemein schlechteren Zustand aufwiesen. Zum Anderen waren 1994 die Witterungsbedingungen sehr ungünstig (Trockenheit), während 1996 bessere Bedingungen vorherrschten.

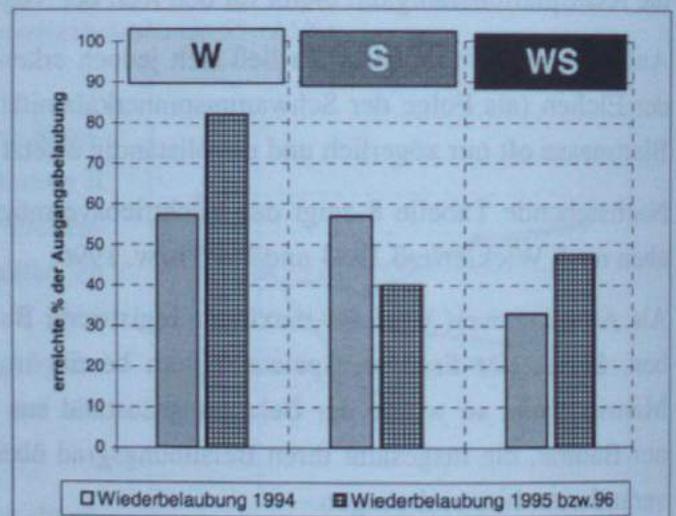


Abb. 31: Wiederbegrünung nach Wicklerfraß 1994 und 95/96 (erreichter Belaubungsgrad in % von der Ausgangsbelaubung)

Die Ausnahmestellung von Sugenheim hierbei läßt sich dadurch erklären, daß der Bestand durch Spätfröste 1995 und 1996 sowie starken Prachtkäferbefall im Jahr 1996 besonderem Streß ausgesetzt war. Andeutungsweise ist dies auch im Fall der Fläche Eyershausen II zu erkennen, die 1996 ebenso schlechte Wiederbelaubung zeigte wie im Jahr 1994.

Einen Eindruck von der verminderten Nachtriebsfähigkeit vermittelt Abbildung 32.

Eine zusätzliche Ursache für die schlechten Belaubungszustände in diesen Flächen war der Befall des jungen Laubes durch Eichenmehltau (s. Kap. 2.2.3.3).



Abb. 32: Mangelhafte Wiederbelaubung nach Wicklerfraß (Sulzfeld I, Juli 1994)

2.2.2.4 Einfluß von Wicklerfraß auf das Dickenwachstum

Die Zuwachsleistung der verschiedenen Bestände über die einzelnen Beobachtungsjahre wurde bereits in Kapitel 2.1.8 in Abhängigkeit vom Schädigungsgrad der Testbäume nach dem Fraßgeschehen 1993 dargestellt.

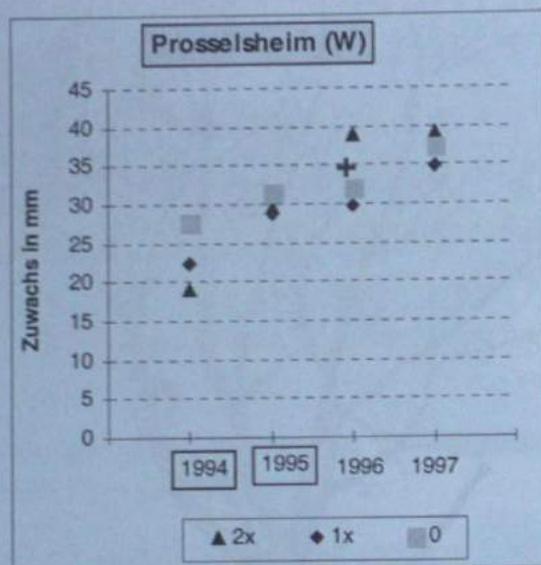
Die Beeinflussung des Wachstums durch weitere Schadereignisse im Verlauf des Beobachtungszeitraums darf jedoch dabei nicht unberücksichtigt bleiben. Hier ist besonders der zum Teil mehrmalige Schadfraß durch Eichenwickler zu nennen. Zum Zeitpunkt des Fraßgeschehens ist bereits ca. 1/4 des Jahreszuwachses angelegt. Die Folgen der Entlaubung beziehen sich also auf die Bildung der Spätholzschicht. Häufig wurde allerdings beobachtet, daß der Effekt von Wicklerfraß noch über die darauffolgende Vegetationsperiode anhält (s. Kap. 2.2.2.2).

Das Wachstumsverhalten der Testbäume auf den Beobachtungsflächen wurde auf diese Fragestellung hin untersucht. Es erfolgte ein Vergleich der Zuwächse von Testbaumkollektiven, die zwischen 1994 und 1998 stark durch Wicklerfraß geschädigt worden waren mit nicht oder nur leicht befallenen Bäumen des jeweiligen Bestandes.

Es wurden Beispiele ausgewählt, in denen die Stichproben für befallene/nicht-befallene Bäume mit Zuwachsmessung $n > 10$ waren. Für Prosselsheim und Sugenheim konnten auch 2x befallene Bäume als jeweils eigenes Kollektiv in die Untersuchung einbezogen werden.

Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 33a, b und c dargestellt.

a.



b.

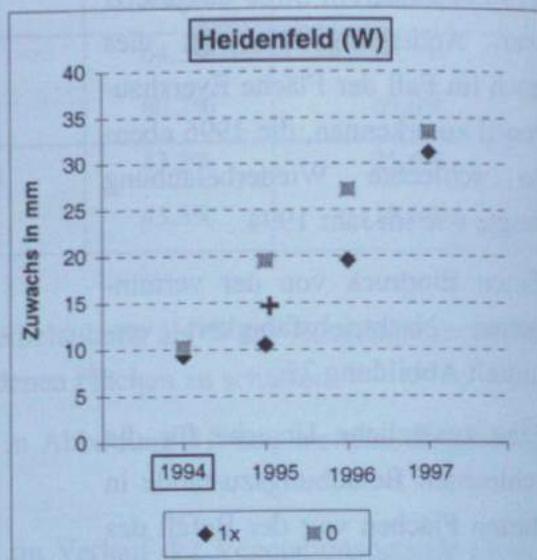
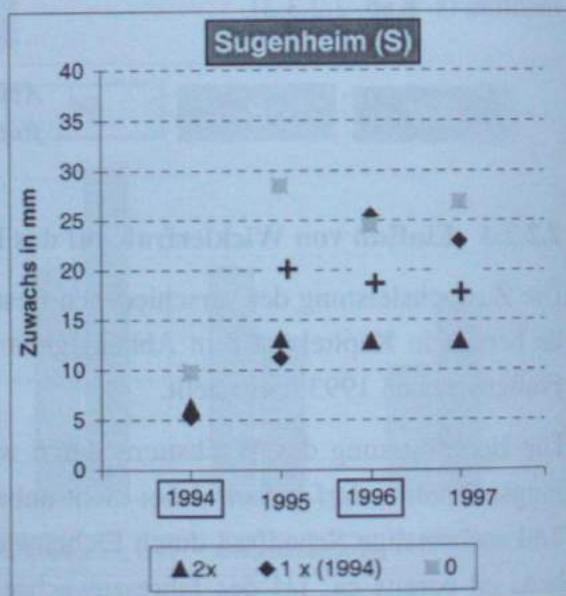


Abb. 33a, b, c: Zuwächse bei Bäumen ohne maßgebliche (0) bzw. mit 1 oder zweimaliger starker Fraßschädigung durch Eichenwickler auf den chronischen Eichenwicklerschadflächen Prosselsheim und Heidenfeld sowie auf der Schwammspinnerschadfläche Sugenheim (+ = signifikanter Unterschied zwischen den Kollektiven; = □ Fraßjahre)



- Auf den Wickler-Schadflächen (Prosselsheim, Heidenfeld) waren allgemein die Zuwachseinbußen bei Fraßbäumen relativ gering, allerdings deutlicher ausgeprägt bei Heidenfeld, obwohl die hieraus verwendeten Testbäume nur einmal massiv befallen worden waren. Interessanterweise zeigten die zweimal befallenen Bäume in Prosselsheim im Jahr nach dem Fraßereignis sogar signifikant stärkeres Dickenwachstum als die übrigen Testbäume (Abb. 33a)

Heidenfeld verzeichnete 1994 insgesamt minimale Zuwächse, so daß eine weitere Reduktion nach Wicklerfraß nicht erfolgte. 1995 dagegen stieg die Wachstumsleistung nicht befallener Bäume auf das Doppelte vom Vorjahr an, während die Fraßbäume das niedrige Zuwachsniveau von 1994 beibehielten. Der Effekt setzte sich auch 1996 fort, allerdings aufgrund großer Streuungen statistisch nicht belegbar (Abb. 33b)

- Die durch Schwammspinnerfraß geschädigte Fläche Sugenheim (Abb.33c) reagierte sehr deutlich auf zweimaligen Wicklerfraß (1994 und 1996) in Form von gleichbleibend geringen Zuwächsen über den gesamten Beobachtungszeitraum.

Das nur einmal befallene Testkollektiv (1994) zeigte signifikant verringerte Zuwächse noch im Folgejahr 1995.

In diesem Zusammenhang konnte auch die Abhängigkeit der Zuwachseinbußen vom Entlaubungsgrad durch Wicklerfraß für Flächen mit deutlichen Schäden aufgezeigt werden. Die Zuwachsreduktion bei Testbäumen vergleichbaren Wachstumsverhaltens wurde im Fraßjahr 1996 für verschiedene Entlaubungsgrade durch Eichenwicklerfraß verglichen (Abb. 34). Dabei wurden die Zuwächse im Fraßjahr und im Folgejahr in die Berechnung einbezogen. Eine signifikante Zuwachsreduktion wird bei Entlaubungen von mehr als 30% erkennbar und verstärkt sich tendentiell bei zunehmendem Grad der Fraßschädigung.

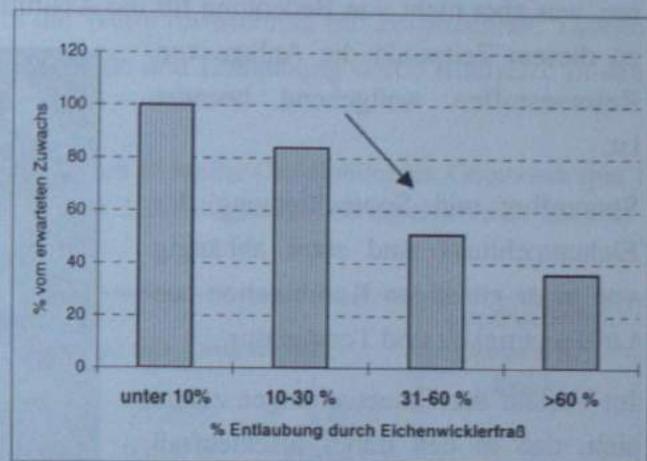


Abb. 34: Durchschnittlich erreichte Zuwachsleistung in Abhängigkeit vom Entlaubungsgrad durch Eichenwicklerfraß (→ = signifikante Änderung der Zuwächse im Testbaumkollektiv)

2.2.3 Beeinflussung des Schadverlaufs durch sekundäre Schadorganismen

Nach WARGO [1977] resultiert der Tod von durch Insektenfraß geschädigten Eichen meist aus Angriffen sekundärer Schadorganismen wie Hallimasch oder Prachtkäfer.

Dieser Sachverhalt bestätigte sich auf den Versuchsflächen des Projektes zumindest im Hinblick auf den chronischen Erkrankungsverlauf. Auszuschließen sind allerdings die Bäume, die bereits zwischen 1993 und 1994 spontan und eindeutig infolge des Fraßereignisses 1993 abstarben.

2.2.3.1 Blattpilze

Allgemein wird den Endophyten im Rahmen der Eichenerkrankungen keine wesentliche Bedeutung zugemessen [HALMSCHLAGER et al. 1993]. Ausnahmen bilden unter bestimmten Voraussetzungen der Eichenmehltau [KEHR U. WULF 1993] sowie Blattbräunepilze [BUTIN 1973].

Eichenmehltau (Microsphaera alphitoides)

Eichenlaub ist in den ersten 3 Wochen nach Austrieb hoch anfällig für eine Infektion durch Mehltau. Der Befall führt bei frischem Laub zum Absterben und somit zu z.T. erheblichen Verlusten an Assimilationsmasse. Neben dem Absterben der Blätter kommt es auch zum Zurückbleiben der Triebentwicklung und damit zu erhöhter Empfindlichkeit gegenüber starkem Frost. Nach Aushärten des Laubes erfolgt nur noch oberflächlicher Besatz durch Mehltausporen, was aber nicht von Bedeutung für die Assimilationsfähigkeit der Eiche ist, vor allem, da zu diesem Zeitpunkt die Anlage von Reservestoffen weitgehend beendet ist.

Sporenflug und Sporenkeimung des Eichenmehltaus sind stark abhängig von einer günstigen Kombination aus Luftfeuchtigkeit und Temperatur.

Im Verlauf der Untersuchungen zeigte sich, daß in den durch Insektenfraß geschwächten Eichenbeständen auch Blattpilze erheblichen Einfluß auf die Schadensentwicklung nehmen können. Nach massivem Befall und Laubverlust durch Mehltau im Jahr 1993 waren im 1. Beobachtungsjahr (1994) hohe Ausgangsdichten an Sporen aus 1993 vorhanden. Nach Eichenwicklerfraß und Wiederaustrieb Ende Juni (Haupt-Sporenflugzeit des Mehltaus) in den Beständen kam es zu intensivem Mehltaubefall des frischen Laubes noch vor Entfaltung der Blätter.

Die Folgen waren Laubverlust und wiederholte Nachtriebsversuche. Neues Laub wurde allerdings bis spät in den Herbst immer wieder durch Mehltau zerstört (Abb. 35)



Abb. 35: Wiederholter Befall frischer Ersatztriebe durch Eichenmehltau (Sugenheim, 30.7.94)

Blattbräunepilze (*Gnomonia spec.*)

In einigen Flächen des Untersuchungsgebietes (vor allem Heidenfeld und Eyershausen I + II) fielen ab Anfang Juni neben dem Mehltaubefall braune Blattnekrosen auf, die ebenfalls zum Absterben des Laubes, z.T. noch vor endgültiger Entfaltung führten. Verursacher sind Blattbräunepilze der Gattung *Gnomonia*.

2.2.3.2 Schäden durch Blattpilze im Beobachtungszeitraum

Zwischen 1994 und 1998 wurde regelmäßig der Befallsgrad sowie der Verlust an assimilationsfähiger Laubmasse durch Blattpilze aufgenommen. Hierbei spielte fast ausschließlich der Eichenmehltau eine Rolle. Bräunepilze trugen trotz hoher Befallsdichten an Einzelbäumen flächenbezogen nicht wesentlich zum Verlust an Blattmasse bei. Sie wurden deshalb bei der prozentualen Erhebung des Laubverlustes in die Werte für Mehltau mit eingerechnet. Tabelle 9 zeigt eine detaillierte Aufstellung der Befallsgrade und Entlaubung durch Blattpilze in den Dauerbeobachtungsflächen.

Tab. 9: Verlust an assimilationsfähiger Blattmasse durch Blattpilze (*M. alphitoides*, *Gnomonia spec.*) im Untersuchungsgebiet: Anteil der Bäume/Fläche an 3 Befallsgraden und durchschnittl. Laubverlust/Fläche

Fläche	Jahr	% Bäume mit Laubverlust			durchschnittl. Laubverlust/Fläche	
		0-30% (Grad I)	31-60% (Grad II)	> 60% (Grad III)		
W	Prosselsheim	1994	100	-	-	< 10%
		1995	90,4	9,6	-	16,7%
		1996	100	-	-	< 10%
		1997	100	-	-	< 10%
	Heidenfeld	1994	46,3	31,5	22,2	42,9%
		1995	41,4	40,0	18,6	42,6%
		1996	87,1	11,4	1,5	< 10%
		1997	100	-	-	< 10%
S	Sugenheim	1994	71,4	6,5	22,1	50,2%
		1995	85,7	14,3	-	20,5%
		1996	83,2	15,5	1,3	18,6%
		1997	100	-	-	< 10%
WS	Eyershausen I	1994	16,7	16,7	66,6	52,4%
		1995	78,6	16,7	4,7	19,8%
		1996	38,5	58,3	3,2	25,9%
	Eyershausen II	1995	89,5	8,9	1,6	18,0%
		1996	100	-	-	< 10%
		1997	100	-	-	< 10%
	Sulzfeld I,II	1994	39,3	70,7	-	43,6%
		1995	100	-	-	< 10%
		1996	100	-	-	< 10%

Große Laubmassenverluste durch Eichenmehltau waren in allen Versuchsflächen außer Prosselsheim im Jahr 1994 zu verzeichnen. Dies ist zurückzuführen auf 3 begünstigende Faktoren:

- Hohe Ausgangsdichte an überwinterten Sporen aus dem Jahr 1993
- Viel anfälliges Laub durch Neutriebe nach Eichenwicklerfraß
- Licht- bis Kahlfraß und günstige Witterungslage für Sporenflug und -keimung (Temperatur, Feuchtigkeit).

1995 ließen sich im Mai trotz hoher Ausgangsdichte aufgrund der für die Sporenkeimung ungünstigen klimatischen Bedingungen nur geringfügige Blattverluste feststellen.

Eine Ausnahme stellte in diesem Jahr der Bestand Heidenfeld dar. Hier kam es im fraglichen Zeitraum immer wieder zu geringen Niederschlägen (s. Abb. 44, Kap. 2.3.2). Auch war Naschfraß, an manchen Bäumen Licht- oder Kahlfraß durch Eichenwickler zu verzeichnen. Diese Faktoren waren ausschlaggebend dafür, daß Heidenfeld als einzige Fläche 1995 nennenswerte Blattverluste von über 20% durch Mehltau aufwies.

Obwohl in der nur 30 km entfernten Fläche Prosselsheim 1995 starker Wicklerfraß zu verzeichnen war (Laubverlust über 68%), trat hier Befall durch Mehltau nur minimal in Erscheinung. Dies ist zum Teil zurückzuführen auf die ausgeprägte Trockenheit in dieser Region sowie die geringe Ausgangsdichte an Sporen aus 1994.

Für die über den gesamten Beobachtungszeitraum geringen Mehltauschäden in diesem Bestand ist noch ein weiterer, vermutlich ausschlaggebender Umstand verantwortlich: der geringe Unterstand und das weitgehende Fehlen von Wasserreiserbildung (s. Tab. 5) sowie die allgemein aufgelockerte Struktur des Bestandes bewirkt eine gute Durchlüftung und Sonneneinstrahlung und damit für Mehltau ungünstige Vermehrungsbedingungen.

Genau die gegenteilige Situation war in der Fläche Sugenheim gegeben:

Durch dichten Unterwuchs und extreme Wasserreiserbildung und damit schlechter Durchlüftung sowie Beschattung und hohe Feuchtigkeit in den unteren Schichten waren die Voraussetzungen für eine Mehltauvermehrung in diesem Bestand bei entsprechenden klimatischen Bedingungen optimal.

1995 war die Niederschlagsverteilung der in Heidenfeld vergleichbar. Auch war eine hohe Ausgangsdichte von Mehltau aus 1994 vorhanden. Obwohl in diesem Bestand kaum Schäden durch Eichenwicklerfraß vorlagen, gingen 1994 dennoch 20% der Laubmasse durch Mehltau verloren, was zu einer weiteren Schwächung der Bäume beitrug.

1996:

Aufgrund niedriger Temperaturen und zu hoher Feuchtigkeit zur Zeit des Maitriebes waren die Witterungsbedingungen 1996 nicht günstig für Sporenflug und Keimung. Dementsprechend waren allgemein nur geringe Laubverluste durch Mehltau zu verzeichnen. Ein erhöhtes Aufkommen ließ sich nur auf den Wickler-Fraßflächen Ergersheim, Sugenheim und Eyershausen (I und II) feststellen, wo immerhin Verluste bis zu 1/4 der Laubmasse durch Blattpilze auftraten.

In den Folgejahren 1997 und 1998 fand kaum Eichenwicklerfraß auf den Versuchsflächen statt. Auch lagen die Witterungsbedingungen für Sporenflug und -keimung extrem ungünstig, so daß in diesem Zeitraum kein nennenswerter Laubverlust durch Mehltau registriert wurde.

2.2.3.3 Zusammenhang zwischen Eichenwicklerfraß und Mehлтаubefall

Wie bereits an mehreren Stellen darauf hingewiesen, ist Laubverlust durch Eichenmehltau kaum ursächlich zu trennen von vorausgegangenen Schäden durch Insektenfraß.

Neben dem entscheidenden Einfluß der Witterung ließ sich an den Testbäumen der Zusammenhang zwischen Ausmaß des Fraßschadens durch Eichenwickler und Befallsgrad durch Mehltau quantifizieren (Tab. 10; Abb. 36). Dabei mußten Flächen ausgewählt werden, in denen im betreffenden Beobachtungsjahr hohe Entlaubungsgrade durch Wicklerfraß entstanden und zudem klimatische Bedingungen vorlängen, die Mehлтаubefall begünstigen. Dies traf nur für die Flächen Heidenfeld und Sugenheim in den Beobachtungsjahren 1994 und 1995 zu. Ausmaß der Fraßschädigung sowie Befallsgrad durch Mehltau wurden in 3 Gradstufen zusammengefaßt.

Tab. 10: Zusammenhang zwischen Grad der Entlaubung durch Eichenwickler und Befallsausmaß durch Eichenmehltau; Beurteilung nach 3 Gradstufen:

Wicklerfraß I = Entlaubung 0-30% Mehлтаubefall: i = Entlaubung 0-30%
II = Entlaubung 31-60% ii = Entlaubung 31-60%
III = Entlaubung >60% iii = Entlaubung > 60%

Fläche/Fraßjahr	übereinstimmender Grad Wicklerfraß und Mehлтаubefall (I / i oder II / ii oder III / iii)	Unterschied von I Gradstufe (I / ii oder II / iii oder II / i oder III / ii)	Unterschied von II Gradstufen (I / iii oder III / i)
Heidenfeld 1994	47,8%	26,2%	26,0%
Sugenheim 1994	57,2%	37,4%	5,4%
Heidenfeld 1995	66,0%	18,0%	16,0%

Bei mehr als der Hälfte der untersuchten Testbäume kam es zu einer Übereinstimmung im Ausmaß von Wicklerfraß und anschließendem Mehлтаubefall. In nur 1/6 der Fälle war eine deutliche Abweichung um 2 Gradstufen: starker Fraß - kein oder geringer Mehлтаubefall und umgekehrt, festzustellen.

Von Bedeutung für das Befallsausmaß durch Mehltau nach Wicklerfraß ist vor allem die Konstitution der Eichen im jeweiligen Bestand. Auf den deutlich geschädigten Flächen Sugenheim (S) und Eyershausen I, II (WS) erfolgte der Nachtrieb nach dem Fraß sehr viel langsamer und nur noch partiell (s. Kap. 2.2.2.3). Dementsprechend war die Schädigung durch Mehltau dort weit gravierender als in weniger geschwächten Beständen, da in der Haupt-Vermehrungszeit des Mehлтаues oft noch frisch ausgetriebenes oder unausgehärtetes Laub der Ersatztriebe und vor allem an Wasserreisern zur Verfügung stand (Abb. 37).

In solchen Beständen kann der Befall durch Mehltau, dem sonst nur geringe Bedeutung als Eichenschädling zukommt, durch Zerstörung der ohnehin geringen Assimilationsmasse wesentlich zum Fortgang der Erkrankung beitragen. Dies trifft vor allem zu, wenn solche Eichen durch wiederholte Ersatztriebbildung nur geringe Reservestoffrücklagen besitzen.

2.2.3.4 Pilze an Holzteilen

Im Zusammenhang mit den Eichenerkrankungen wird in neueren Untersuchungen eine mögliche Primärwirkung von Holzpilzen diskutiert.

Die Rolle der Pilze an Holzteilen des Baumes ist bislang nicht hinreichend geklärt. Umfangreiche Untersuchungen von KOWALSKI [1991] ergaben, daß bisher in Europa keine Art aufgefunden wurde, die nachweislich am Entstehen des Eichensterbens beteiligt ist.

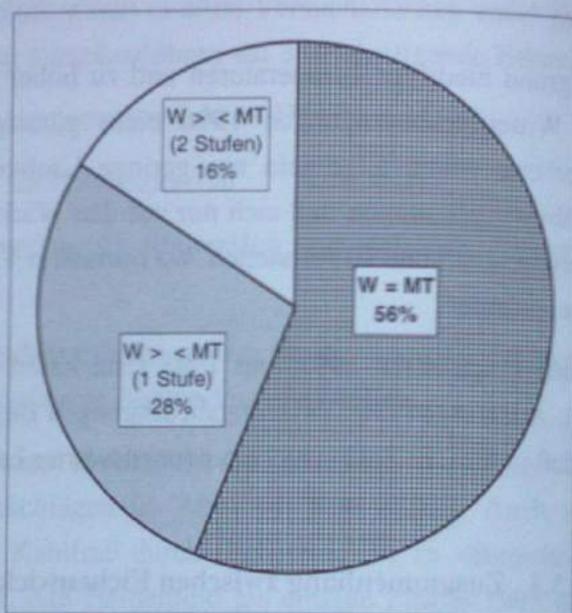


Abb. 36: Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Fraßschäden durch Eichenwickler und nachfolgendem Befallsgrad durch Mehltau

Year	Location	Wicklerfraß (Stufen)	Mehltaubefall (Stufen)
1991	Sugenheim	2,1	2,1
1991	Eyershausen I	2,1	2,1
1991	Eyershausen II	2,1	2,1

Von anderen Autoren wiederum werden mehrere Arten als besonders pathogen herausgestellt:

- *Fusarium eumarti*: wird als eine der Absterbeursachen bei Eichenarten in Norditalien angesehen [RAGAZZI et al. 1993]
- *Armillaria spec.* (Hallimasch)
- *Phytophthora spec.* (Wurzelfäule)

Über den Gesundheitszustand von Wurzelsystemen gibt es bisher nur wenige Untersuchungen.

Verschiedene Arten der Gattung *Phytophthora* (*P. quercina*, *P. cambivora*, *P. citricola*, *P. cactorum*, *P. syringae*, *P. cinnamomi*) werden in neuerer Zeit als wichtiger Faktor bzw. sogar Verursacher des Eichensterbens besonders an grundwassernahen und wechselfeuchten Standorten diskutiert [BLASCHKE U. JUNG 1996; JUNG et al. 1996a]. Diese Pilze werden bevorzugt an kalkreichen Standorten vorgefunden und rufen Wurzelschäden sowohl bei vorgeschädigten, aber



Abb. 37: Starker Mehltaubefall nach Licht- bzw. Kahlfraß durch Eichenwickler (Sugenheim, 7/1994)

auch bei gesunden Eichen noch vor Auftreten oberirdischer Symptome hervor. Es kommt zu reduzierter Wasserleitfähigkeit und Nährstoffversorgung. Im Endstadium zeigen die Bäume Symptome von Wasserstreß und Streifenkrebse am Stammfuß. Daraus erfolgt auch eine Prädisposition für sekundäre Folgeschädlinge. Dabei ist noch fraglich, ob diese Schäden nur bei disponierten, geschwächten Eichen zum Absterben führen können, oder auch bei als gesund eingestuften Bäumen. Dem Fraß durch Schwammspinner oder Eichenwickler kommt demnach keine primäre Wirkung zu [JUNG et al. 1996b], sondern nur noch eine Rolle als Verstärker der Schadsymptome: Bei durch *Phytophthora spec.* geschädigtem Feinwurzelsystem ist der Ersatz verlorener Blattmasse stark eingeschränkt.

2.2.3.5 Eichenprachtkäfer (*Agrilus spec.*)

Die physiologische Schwächung durch Schwammspinner- und Eichenwicklerkahlfraß 1993, chronischen Eichenwicklerfraß sowie negative klimatische Einwirkungen (Fröste, Trockenis) hatten eine Prädisposition der Eiche für verschiedene Sekundärschädlinge zur Folge. Verschiedene dieser Opportunisten ließen sich auch im Untersuchungsgebiet nachweisen.

Rinden- und holzbewohnende Coleopteren dienen als Indikator für den Gesundheitszustand eines Bestandes [BÜCHS 1990]. Neben verschiedenen Borkenkäferarten (vor allem *Scolytus intricatus*, *Xyleborus monographus*) und Bockkäfern zeigte sich auf den Beobachtungsflächen z.T. eine erheblich gesteigerte Dichte von Prachtkäfern der Gattung *Agrilus*.

Unter- und Mittelfranken stellen die Hauptvorkommen Bayerns an Eichenprachtkäfern dar. Von den 20 an Eiche lebenden Arten ist zahlenmäßig der **Zweipunktige Eichenprachtkäfer** (*Agrilus biguttatus*) im Untersuchungsgebiet am stärksten vertreten.

Er tritt als Sekundärschädling nach Vitalitätsminderung der Eiche infolge Insektenfraß, aber auch z.B. durch extreme Witterungsbedingungen in Erscheinung und ist ein typischer Folgeschädling von Schwammspinner- und Eichenwicklerkalamitäten. Auf den Beobachtungsflächen lag aufgrund des regelmäßigen, teils chronischen Eichenwickler-Massenaufkommens bereits erhöhte Prachtkäferdichte vor, so daß die Vermehrung schnell anlaufen konnte. Erste Kennzeichen für *Agrilus*-Befall wurden ab 1994 (z.B. auf den WS-Flächen Eyershausen I und II) vorgefunden. Eichenprachtkäfer sind wärmeliebend und werden durch heiße, trockene Sommer sowie durch die Auflichtung der Bestände z.B. nach Insektenfraß oder Ausfälle von Bäumen begünstigt. In der Regel befallen sie Stämme und Starkäste ab 10 cm Durchmesser. Die Fraßgänge der Larven befinden sich im Bast und Kambium und verlaufen i.d.R. quer zur Faserrichtung (Abb. 38).



Abb. 38: Larvengänge von *Agrilus biguttatus* (Heidenfeld, 1996)

Befall durch Prachtkäfer führt zu Feinreisigverlust, Absterben einzelner Äste oder Kronenteile und büscheliger Restbelaubung. Im späteren Befallsverlauf kennzeichnen Spechtabschläge und halbmondförmige Ausbohrlöcher der adulten Käfer die betroffenen Bäume. Umfassen die Larvengänge den gesamten Stamm, so können bereits wenige Larven den Baum durch Unterbrechung des Saftstroms zum Absterben bringen.

Im Untersuchungsgebiet herrschte eine 2jährige Entwicklungszeit von *Agrilus* vor.

Der Reifefraß der adulten Käfer findet an Eichenlaub statt (Juni bis Ende August), ist aber im Hinblick auf Laubverluste unbedeutend.

Das Absterben von Eichen durch Prachtkäferbefall erfolgt häufig spontan. Nach dem Maiaustrieb verfärbt sich das Laub und vertrocknet (Abb. 39).

Das häufig beobachtete gruppenweise Absterben *Agrilus*-befallener Eichen weist auf die Notwendigkeit von Hygienemaßnahmen hin. Befallene Bäume sind einzuschlagen und vor Ausschlüpfen der Käfer aus dem Bestand zu entfernen. Es gelten hier die Anforderungen der sauberen Waldwirtschaft wie z.B bei Borkenkäferbefall üblich.

Ein großes Problem stellt allerdings die Befallsdiagnose an noch lebenden Bäumen dar.

Spechtabschläge und Schleimfluß als Befallsmerkmale

Spechtabschläge gehören zu den späten Befallssymptomen (Abb. 40a). Schwierig ist jedoch eine Früherkennung von *Agrilus*befall. Ein Kennzeichen dafür kann das Auftreten von Exsudatflecken im Stammbereich sein (Abb. 40b). Dieser Schleimfluß steht allerdings nur generell für eine Verletzung des Kambiums und muß nicht zwingend Prachtkäferbefall bedeuten.

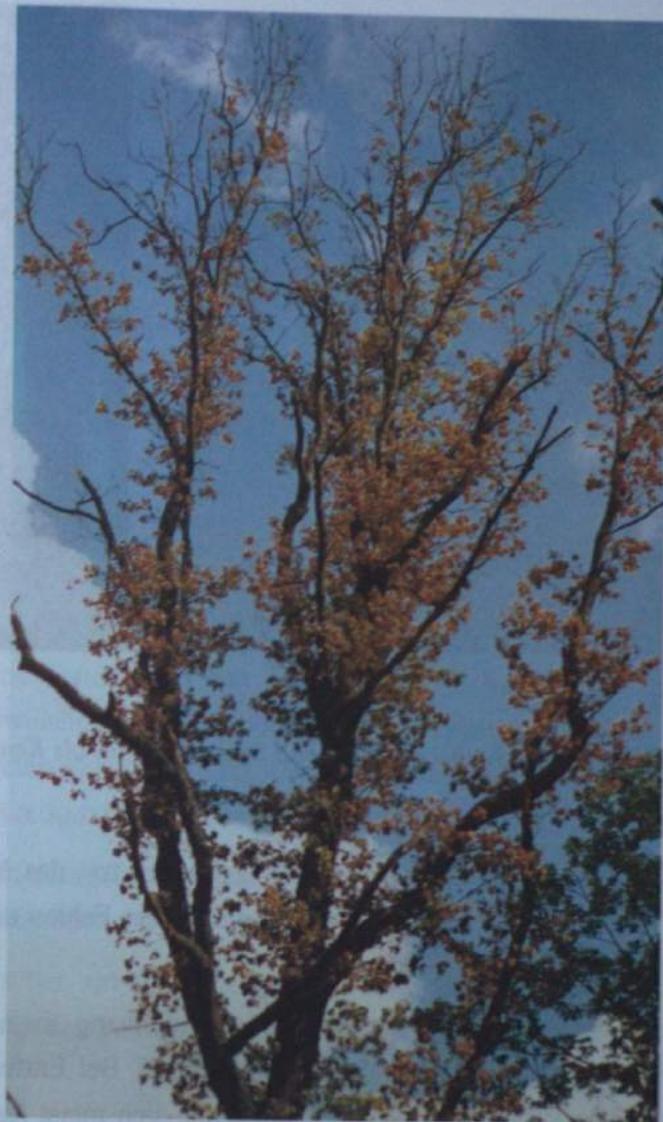
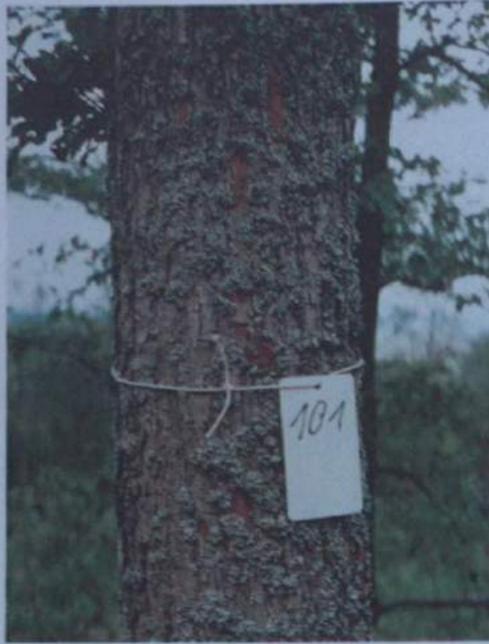


Abb. 39: Nach Laubaustrieb durch Prachtkäferbefall abgestorbene Eiche (Eyershausen I, 1997)



a



b

Abb. 40: Spechtabschläge (a) und Schleimfluß (b) als Kennzeichen von Prachtkäferbefall

In einigen der Dauerbeobachtungsflächen trat das Merkmal "Schleimfluß" in zunehmender Häufigkeit auf (Tab. 11). Allerdings ist das Fehlen dieses Symptoms kein Hinweis auf Nicht-Befall.

Es ergab sich ein positiver Zusammenhang zwischen dem gehäuften Vorkommen von Schleimflußflecken und Prachtkäferbefall. Bei Entfernen der Rinde im Bereich der Schleimflußflecken noch lebender Bäume ließ sich meist feststellen, daß ein Befall bzw. Befallsversuch durch *Agrilus* stattgefunden hatte. Bei der Hälfte dieser Bäume konnten Prachtkäferlarven oder Larvengänge in einer Stammhöhe von 0 - 2 m aufgefunden werden.

Tab. 11: Häufigkeit von Schleimfluß (% der Testbäume) auf den Beobachtungsflächen

Fläche		% Testbäume mit Schleimflußflecken			
		1994	1995	1996	1997
W	Prosselsheim	3,8	7,7	7,7	7,7
	Heidenfeld	7,1	19,1	23,7	30,9
S	Sugenheim	6,5	18,2	23,2	
	Ergersheim	0	3,3	3,3	3,3
WS	Eyershausen I	9,1	18,6	27,3	-
	Eyershausen II	0	7,4	18,8	18,8

Nach der Schwammspinnerkalamität 1992 - 1994 nahmen die Schäden durch Eichenprachtkäfer stark zu. Während 1994 nur vereinzelt in abgestorbenen Eichen Larvengänge vorgefunden wurden, war an bis zu 75% der 1995 und 96 ausgefallenen Eichen Befall festzustellen. Es ist davon auszugehen, daß dieser Befall die Bäume zum Absterben brachte.

Schwierig ist die Einschätzung, ob bei entsprechender Populationsdichte auch vitale, überlebensfähige Eichen dem Prachtkäferbefall zum Opfer fallen können.

In Flächen, die 1993 durch Schwammspinnerkahlfraß oder Kombinationsfraß Eichenwickler + Schwammspinner geschädigt worden waren, lag bei fast allen Eichen mit Belaubungsgraden unter 50% *Agrilus*-Befall vor. Diese Bäume waren aufgrund ihrer geschwächten Konstitution nicht mehr in der Lage zu Abwehrreaktionen und zeigten keinen Schleimfluß oder nur Exsudatflecken aus früheren Jahren.

Dagegen sind vitalere Bäume oft in der Lage, einen Befall abzuwehren; das sind, nach HARTMANN U. KONTZOG [1994] Bäume, die nicht mehr als 25% Belaubungsdefizit aufweisen.

Dementsprechend starben in der Fläche Heidenfeld (W) trotz massiven Auftretens von Schleimfluß nur 5,3% der Bäume nachweislich durch Prachtkäfer ab. Hierbei wiesen allerdings die betroffenen Eichen bei Auftreten der Schleimflußflecken durchweg Belaubungen von 50 -70% auf, waren also zum Befallszeitpunkt in relativ gutem Vitalitätszustand.

Die geschilderten Einwirkungen durch Schadorganismen stellen sicher nur einen Bruchteil der tatsächlich vitalitätsbestimmenden Einflußgrößen dar.

Darüber hinaus können Faktoren abiotischer Art (vor allem klimatische Bedingungen) wesentlich die Auslösung und den Fortgang der Schadentwicklung beeinflussen oder gar bestimmen.

2.3 Abiotische Einflußfaktoren auf die Vitalität der Eiche - Witterungsbedingungen im Beobachtungszeitraum

Die klimatischen Bedingungen seit 1988 stellen mit dem gehäuften Auftreten von warmen, niederschlagsarmen Sommern und relativ milden Wintern zusätzlichen Streß für die Eiche sowie eine Begünstigung der Schadinsekten Eichenwickler und Schwammspinner dar, die in dieser Zeit Massenvermehrungen aufbauten. Im Verlauf der Beobachtungsjahre 1994 bis 7/98 waren klimatische Faktoren als wichtige abiotische Einflußgrößen auf den Vitalitätszustand der Eichen nach der zum Teil massiven Schädigung durch Insektenfraß anzusehen.

Die Fränkische Platte gilt als wärmebegünstigte und z.T. niederschlagsarme Region. Die Dauerbeobachtungsflächen lagen in 3 Klimabezirken mit unterschiedlichen Charakteristika.

Klimabezirk	Beobachtungsflächen	Jahresdurchschnitt Lufttemperatur	Jahresdurchschnitt Niederschläge
Mittelfranken	<i>Sugenheim I, II / Ergersheim</i>	7 - 8 °C	700 mm
Mainfranken	<i>Prosselsheim / Heidenfeld / Eyershausen I, II Sulzfeld I, II / Unterspießheim / Arnstein</i>	8 - 9 °C	500 - 650 mm
Spessart	<i>Weibersbrunn</i>	6 - 8 °C	1.100 mm

kursiv = Standort der Meßstation

Von Bedeutung für die Entwicklung der Eichenschäden und unterschiedliche Schadentwicklungen in Flächen mit vergleichbaren Voraussetzungen können aber vor allem Besonderheiten im jeweiligen Standortklima sein. Dieses wurde mit Hilfe von Wetterstationen während des Projektzeitraums lückenlos erfaßt und ist in den folgenden Kapiteln als Überblick über die klimatischen Bedingungen in den Meßflächen dargestellt. Extremereignisse und Besonderheiten verschiedener Standorte werden jeweils herausgestellt und erörtert.

2.3.1 Temperaturbedingungen

2.3.1.1 Lufttemperatur

Die aufgenommenen Temperaturwerte wurden jeweils als Minimal- und Maximalwert/Tag in die Auswertung aufgenommen. Aus den Einzeldaten der 15minütigen Erfassung wurden der Jahresdurchschnitt 1994 bis 1997 sowie die Monatsmittelwerte errechnet und mit dem langjährigen Mittel für den jeweiligen Klimabereich verglichen [DEUTSCHER WETTERDIENST - Monatlicher Witterungsbericht). Die Werte sind in Tabelle 12 aufgeführt.

Tab. 12: Monatsmittel für Lufttemperatur über den Beobachtungszeitraum im Vergleich zum langjährigen Monatsmittel [DWD, 1951 – 1980]

Fläche	Jahr	Gemessener Mittelwert/Monat Lufttemperatur												Jahresmittel °C
		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Sugenheim	langj.Mittel Neustadt/A.	-1,2	0,6	3,8	7,9	12,4	16,1	17,4	16,7	13,3	8,3	3,8	0,6	8,7
	1994	0,9	-1,4	5,0	6,3	12,0	16,2	19,3	16,1	15,1	12,6	4,8	1,3	9,2
	1995	-3,5	-1,4	0,6	5,4	9,9	12,2	18,2	14,8	9,9	12,6	-2,4	-4,0	6,0
	1996	-5,8	-4,5	-1,2	6,3	9,5	14,4	14,0	14,4	8,3	6,6	1,7	-5,7	4,9
	1997	-5,6	1,6	4,3	5,0	11,7	14,4	15,6	18,4	12,2	5,5	2,2	0,0	7,2
	1998	-0,2	1,2	4,0	8,3	13,0	15,6	Ende der Aufnahmen						
Prosselsheim	langj.Mittel Würzburg	-0,3	1,0	4,6	8,8	13,2	16,6	18,2	17,5	14,2	9,2	4,2	1,0	9,0
	1994	1,3	0,2	6,7	8,1	13,7	18,0	23,3	16,7	12,9	6,9	6,8	3,1	8,6
	1995	-0,6	4,3	3,4	9,6	13,2	15,4	20,7	18,3	12,5	11,9	1,9	-1,6	9,1
	1996	-3,3	-1,8	1,7	9,4	12,0	14,8	16,1	12,7	14,8	8,8	3,9	-0,1	7,4
	1997	0,0	5,1	6,7	7,0	11,2	15,2	16,3	19,2	13,8	6,8	3,4	1,2	8,8
	1998	1,4	3,2	5,4	8,6	Ende der Aufnahmen								
Heidenfeld	langj.Mittel Schweinfurt	-0,5	0,8	4,2	8,6	13,1	16,5	17,9	17,1	13,8	8,9	4,1	0,9	8,8
	1994	-	0,4	4,2	7,6	12,3	15,5	19,6	17,1	12,7	6,7	6,4	3,9	-
	1995	0,0	4,0	2,9	9,1	11,7	14,4	19,2	17,3	12,7	11,7	3,3	-1,5	9,4
	1996	-2,9	-1,8	1,8	8,3	11,3	15,1	14,7	15,7	10,1	8,4	3,5	-3,6	6,7
	1997	-4,7	3,2	6,1	6,0	12,0	14,2	15,4	18,5	12,3	6,3	2,9	1,0	7,8
	1998	1,8	5,3	5,1	9,8	14,1	Ende der Aufnahmen							
Bad Königshofen	langj.Mittel Bad Kissingen	-2,0	0,5	3,3	7,7	12,2	15,8	17,0	16,3	13,0	7,9	3,0	-0,5	7,8
	1994	keine Messungen					16,6	20,7	17,0	11,3	4,8	4,1	1,0	-
	1995	-2,6	2,5	1,4	-	11,5	13,9	19,0	18,1	-	8,1	1,8	-2,9	-
	1996	-0,7	-	2,2	10,7	10,7	15,1	14,2	15,5	9,0	7,5	2,6	-4,8	-
	1997	-5,0	2,1	5,6	5,5	12,1	14,3	15,4	19,1	12,5	3,7	2,1	-0,3	7,5
	1998	0,2	2,1	4,2	8,3	13,5	Ende der Aufnahmen							
Weibersbrunn	langj.Mittel Lohr	-0,6	0,5	3,9	8,0	12,4	16,0	17,5	16,6	13,2	8,4	4,0	0,9	
	1994	0,8	-0,7	5,3	6,2	12,0	15,7	20,6	18,0	11,8	7,3	7,3	2,1	9,1
	1995	-3,6	-	2,5	8,1	11,6	13,2	19,2	17,0	11,7	-	1,4	-2,5	8,6
	1996	-3,9	-	3,0	8,3	9,6	14,3	14,0	15,1	9,3	8,0	2,6	-3,6	8,1
	1997	-4,7	2,8	5,5	11,2	13,1	14,7	18,0	14,4	8,5	Ende der Aufnahmen			

Die graphische Darstellung der Abweichungen von den langjährigen Mittelwerten stellt klimatische Extrema im Untersuchungszeitraum heraus (Anhang 6.1). Dabei muß darauf hingewiesen werden, daß es sich bei den Referenzwerten nicht um "Waldklima" handelt, so daß bereits hierdurch gewisse Abweichungen von den Mittelwerten bedingt sein können.

Im Folgenden werden solche Ereignisse bzw. Extrembedingungen bezogen auf die Temperaturverhältnisse im Verlauf der Beobachtungszeit herausgestellt, die eine entscheidende Rolle für die Vitalitätsentwicklung der Eiche spielten und auf die in vorangegangenen Kapiteln jeweils in konkretem Zusammenhang mit der Ausprägung von Schadsymptomen Bezug genommen wurde.

Frosteinwirkung

Von besonderer Bedeutung für die Vitalität der Eiche sind Frosteinbrüche gegen Ende der Vegetationsperiode (Frühfrost) sowie vor oder während der Austriebszeit, also Mitte April bis Mai, im empfindlichen Stadium der schwellenden und aufbrechenden Knospen (Spätfröste).

Langanhaltende Frostperioden während der Wintermonate (Entstehen von Frostrissen, Wurzelschäden) sowie anhaltende Hitzeperioden während der Vegetationszeit (erhöhter Dampfdruckquotient und dadurch auftretendes Wasserdefizit) stellen ebenfalls bedeutende Streßfaktoren dar.

Frühfrost

Am Höhepunkt der Schwammspinnerkalamität, 1993, kam es zu nachteiligen Einwirkungen durch Witterungsextrema. Nach Wickler- und Schwammspinnerkahlfraß und nachfolgendem Mehltaubefall erfolgte Wiederbelaubung durch mehrmaliges Austreiben. Diese, bis zum Spätherbst nur unzureichend verholzten Triebe, starben durch frühe Frosteinwirkung ab (z.B. in Sugenheim wurden Temperaturen bis -15 °C bereits ab Anfang November registriert).

Spätfröste

Zu Beginn der Vegetationsperioden 1994 und 1995, 1996 und 1997 wurden im Bereich des Forstamtes Uffenheim (Mittelfranken) verbreitet Spätfröste registriert, die zu Einbußen am Maitrieb führten (Abb. 41).

Besonders 1995 wurden sehr tiefe Temperaturen von bis zu -7 °C an 22 Tagen im Mai gemessen, was das Absterben großer Teile des Maitriebes sowie den Ausfall von Blüte und Mast bewirkte. Dies führte auch zu verstärkten Nachwirkungen des massiven Wicklerfraßes von 1994 hinsichtlich Ausmaß und Nachhaltigkeit (s. Kap. 2.2.2.3 und 2.2.2.4)

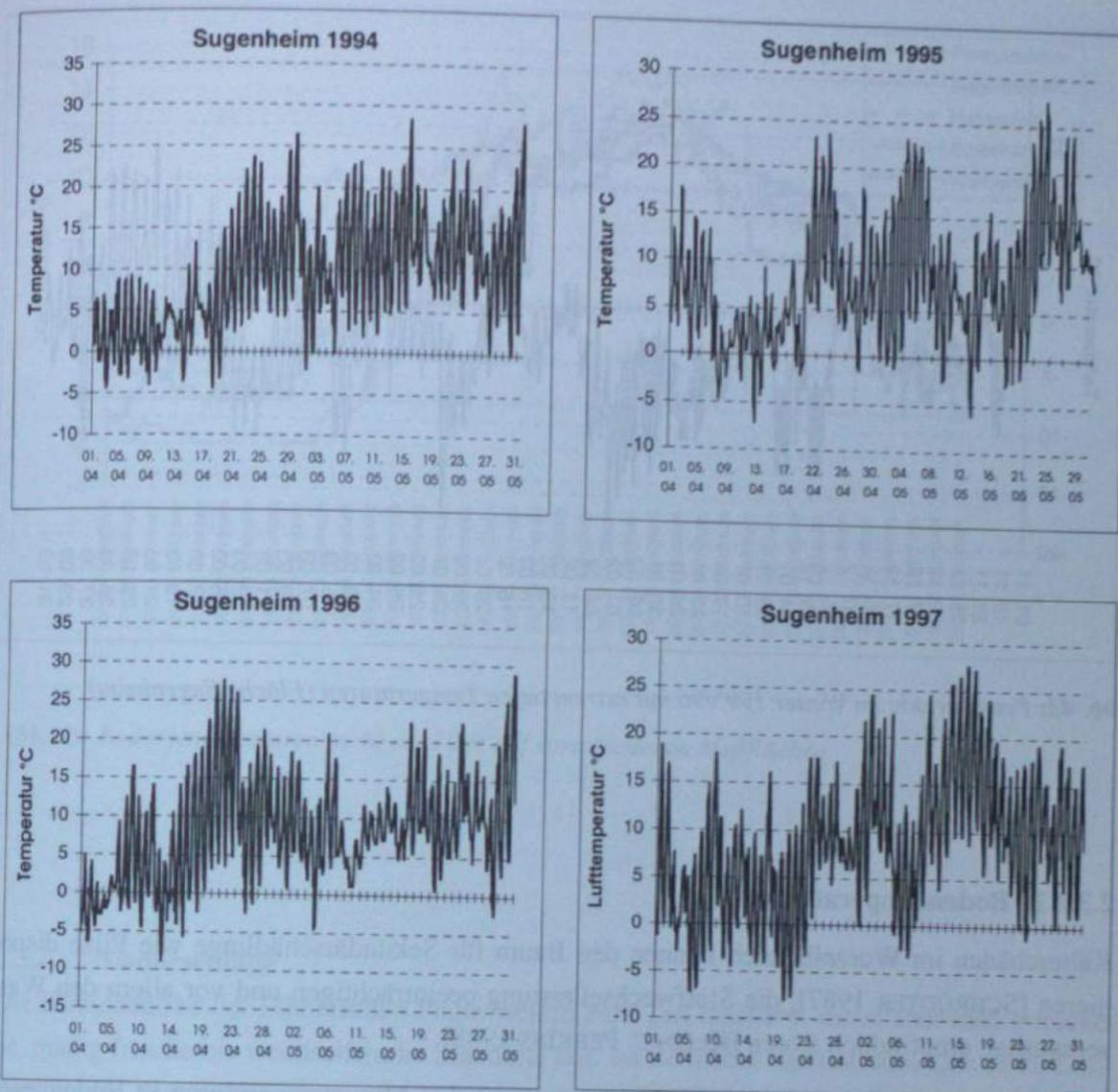


Abb. 41: Spätfröste auf der Fläche "Sugenheim" (April/Mai 1994, 1995, 1996 und 1997)

Winterfrost 1995/96

Im Winter 1995/96 herrschten im gesamten Untersuchungsgebiet anhaltende Frostperioden mit z.T. sehr niedrigen Temperaturen. Mindestwerte bis -18 °C traten besonders in Mittelfranken von Anfang November bis Ende März fast durchgehend auf (Abb. 42). Auch in allen anderen mit Wetterstationen ausgestatteten Beobachtungsflächen wurden anhaltend tiefe Temperaturen bis -15 °C (Prosselsheim, Heidenfeld, Eyershausen und Weibersbrunn) gemessen.

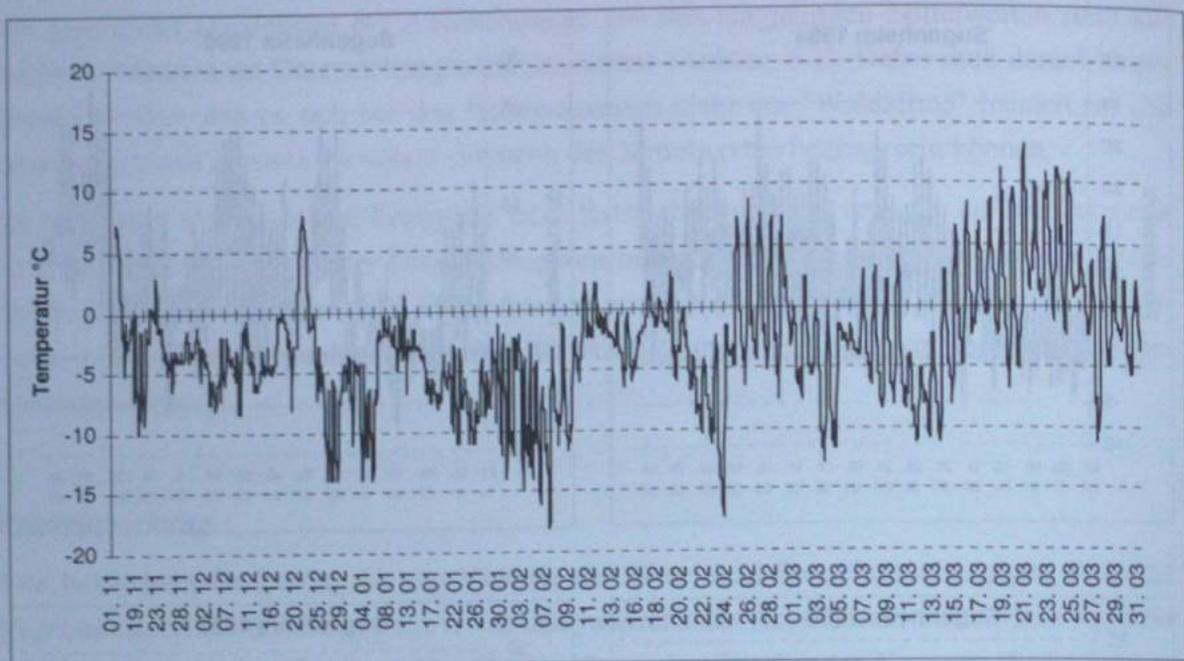


Abb. 42: Frostperiode im Winter 1995/96 mit extrem tiefen Temperaturen (Fläche Sugenheim)

2.3.1.2 Bodentemperaturen

Kälteschäden im Wurzelbereich können den Baum für Sekundärschädlinge wie Pilze disponieren [SCHRÖDTER 1987], die Stoffwechselleistung beeinträchtigen und vor allem den Wasserhaushalt empfindlich stören [KLEIN U. PERKINS 1988].

Schädigungen des Feinwurzelwerks sind zu erwarten bei Minustemperaturen in Bodentiefen ab 40 cm. Es kommt dann zu reduzierter Wasserversorgung und demzufolge Symptomen von Trockenstreß.

In der Regel blieben die Bodentemperaturen in den tieferen Schichten über die Wintermonate oberhalb des Gefrierpunktes. Lediglich im extrem kalten Winter 1995/96 sowie regional 1996/97 kam es zu tiefergehenden Bodenfrösten.

Auf den Versuchsflächen Sugenheim und Bad Königshofen wurden in den Monaten Januar bis April 1996 in 40 cm Tiefe durchgehend Werte bis unter -2°C gemessen (Abb. 43).

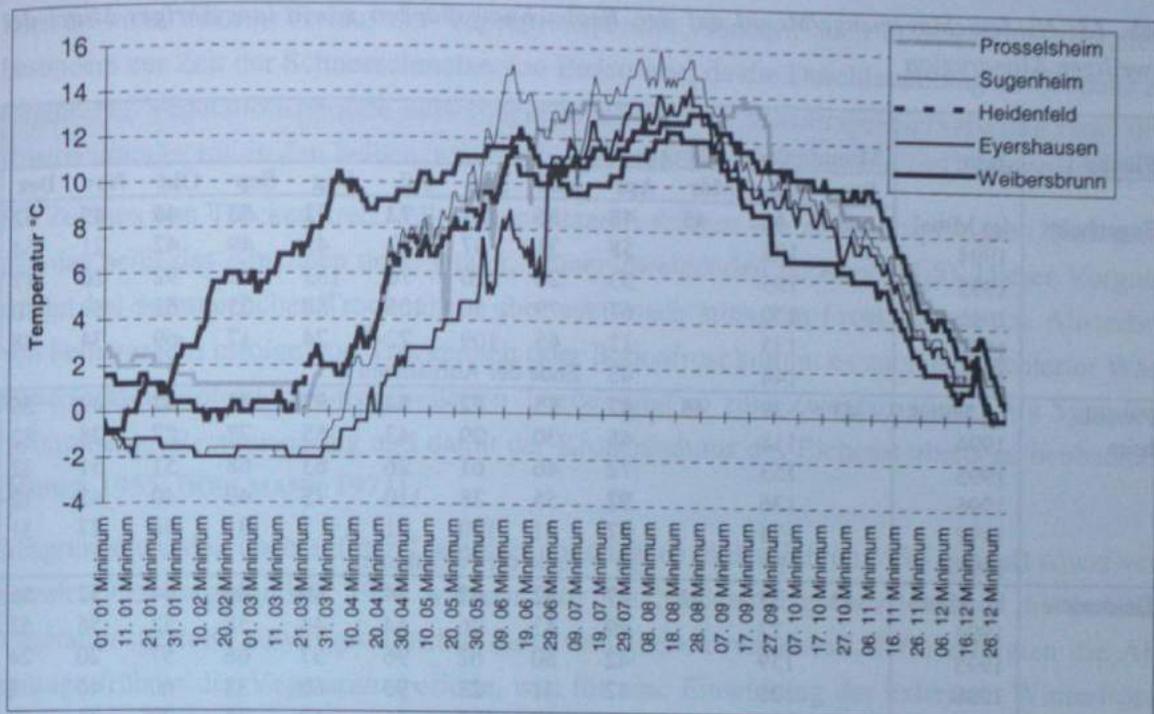


Abb. 43: Bodentemperaturen in 40 cm Tiefe auf verschiedenen Meßflächen

2.3.2 Niederschläge

Die Klimabezirke der Fränkischen Platte weisen zum Teil trockene, meist aber mäßig trockene, mäßig frische bis wechselfrische Standorte auf. Im Beobachtungszeitraum kam es zu Defiziten in der Wasserversorgung, die sich besonders in Verbindung mit anderen negativen Einflüssen (z.B. Fraßschäden) verstärkt nachteilig auswirkten.

2.3.2.1 Jahresmenge der Niederschläge 1994 bis 1998

Für die Jahre 1994 - 1997 wurden die Monats- sowie die Jahres-Niederschlagsmengen auf den verschiedenen Versuchsflächen ermittelt. Die Werte sind in nachstehender Tabelle 13 zusammengefaßt und den jeweiligen langjährigen Mitteln der Region gegenübergestellt.

Tab. 13: Niederschlagsmenge/Monat auf den Beobachtungsflächen sowie langjähriges Mittel der jeweiligen Klimaregion

Fläche	Jahr	Monatsniederschlag mm/m ²												mm/m ² / Jahr	
		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		
Sugenheim	lgj.Mittel	49	42	45	48	55	81	72	72	53	46	49	52	664	
	1994		108		58	31	57	72	45	49	42	21	54	537	
	1995		195		53	20	26	76	133	90	92	20	17	769	
	1996		130		67	79	50	105	88	35	61	59	10	722	
	1997		135		11	65	109	72	24	17	69	34	48	584	
	1998		144			48	Ende der Aufnahmen								
Prosselsheim	lgj.Mittel	43	39	45	47	55	72	54	57	43	42	49	56	602	
	1994		118		46	30	29	43	55	72	27	28	82	530	
	1995		153		72	46	61	26	63	68	51	51	32	623	
	1996		136		92	55	38	110	75	40	40	42	12	640	
	1997		174		47	41	129	61	1	31	46	27	31	588	
	1998		125			38	Ende der Aufnahmen								
Heidenfeld	lgj.Mittel	43	39	41	47	52	69	54	60	46	44	52	56	603	
	1994		77		49	43	26	44	44	38	52	56	52	481	
	1995		159		42	50	62	96	57	66	57	20	24	633	
	1996		125		42	41	23	93	60	38	60	40	1	523	
	1997		127		10	19	102	46	17	35	20	33	29	438	
	1998		88			37	Ende der Aufnahmen								
Bad Königshofen	lgj.Mittel	61	51	58	53	62	70	59	62	51	54	68	80	729	
	1994	keine Aufnahmen						24	61	68	55	39	50	61	-
	1995		189		71	50	49	85	31	63	40	42	50	670	
	1996		130		53	60	75	98	58	38	82	20	19	633	
	1997		130		25	37	45	77	22	23	36	37	28	465	
	1998		84			69	Ende der Aufnahmen								
Weibersbrunn	lgj.Mittel	68	64	57	53	55	70	59	67	49	53	70	85	750	
	1994		151		83	38	44	43	100	88	135	44	56	782	
	1995		249		57	104	110	52	71	150	102	98	119	1.112	
	1996		142		42	105	64	137	58	92	108	50	23	817	
	1997		204		20	96	153	34	135	27	Ende der Aufnahmen				

Die Graphiken in Anhang 7.2 stellen die Abweichungen der Monats-Niederschläge von den jeweiligen langjährigen Mittelwerten dar.

Die Eiche gilt als relativ trockenresistente Baumart. Wasserdefizit, das von gesunden Bäumen ohne nachhaltige Schädigung überdauert würde, kann sich jedoch nach Fraßschäden und in der Folge erhöhter physiologischer Aktivität des Baumes wesentlich gravierender auswirken und den Baum für Schwächeparasiten disponieren. Als "Dürre" bezeichnet man dabei Niederschlagsmengen, die unter 80% des für ein Gebiet üblichen Durchschnitts liegen.

Dies ist nicht nur im Verlauf der Vegetationsperiode, sondern auch in den Wintermonaten, besonders zur Zeit der Schneeschmelze von Bedeutung, da die Durchfeuchtung des Bodens zu Beginn der Vegetationsperiode ausschlaggebend für seine Wasserspeicherkapazität bzw. den Austrocknungsgrad in den heißen, niederschlagsarmen Sommermonaten ist [FÜHRER 1992].

Dies ist nicht nur im Verlauf der Vegetationsperiode, sondern auch in den Wintermonaten, besonders zur Zeit der Schneeschmelze von Bedeutung, da die Durchfeuchtung des Bodens zu Beginn der Vegetationsperiode ausschlaggebend für seine Wasserspeicherkapazität bzw. den Austrocknungsgrad in den heißen, niederschlagsarmen Sommermonaten ist [FÜHRER 1992].

Ein Zeichen von Trockenstreß stellt das spontane Auftreten von Zweigabsprüngen (Kladopsis) dar, das heißt das Abstoßen noch vitaler, grüner Zweigenden (s. Kap. 2.1.5). Dieser Vorgang erfolgt bei sommerlicher Trockenheit, aber auch nach strengem Frost. Durch das Absterben von Feinwurzeln infolge von Trockenheit oder Bodenfrost kommt es zu verschlechterter Wasserversorgung von nicht eingegliederten Trieben und so zum Zweigabsprung. Als Symptom ist büschelige Restbelaubung und damit der Kronenhabitus des Eichensterbens zu beobachten [HUBER 1955; BÖHLMANN 1971].

Absprünge wurden auch auf den Untersuchungsflächen in den Jahren 1994 gehäuft sowie vereinzelt 1996 vorgefunden. 1994 war ein Jahr mit Niederschlagsdefiziten über die gesamte Vegetationsperiode sowie großflächig massivem Eichenwicklerfraß. 1996 erfolgten die Absprünge früh in der Vegetationsperiode, was für eine Einwirkung der extremen Winterfröste 1995/96 spricht (Kap. 2.3.1).

Weitere Merkmale von Trockenstreß sind Zuwachsreduktion [FORSTER et al. 1993] und Wasserreiserbildung an Stamm und Grobästen. Beide Symptome wurden ebenfalls 1994 in extremer Ausprägung festgestellt. Dabei muß aber in erster Linie das Fraßgeschehen als Verursacher der Schadbilder angesehen werden, die Trockenheit wirkt als synergistischer Faktor.

2.3.2.2 Kleinräumige Unterschiede in der Niederschlagsversorgung

Im Rahmen der Untersuchungen zeigte sich, daß die Verteilung von Niederschlägen selbst bei Flächen von geringer räumlicher Distanz sehr unterschiedlich sein kann. Diese Unterschiede werden unter Umständen ausschlaggebend für abweichende Entwicklung der Schadbilder in Beständen mit vermeintlich gleichen Ausgangsvoraussetzungen. Solche Verteilungsunterschiede kommen besonders durch die Darstellung der registrierten Regenintensität (Zahl der auf Sensor auftreffenden Tropfen/Zeiteinheit) zum Ausdruck. Hieraus kann in Kombination mit den Werten aus den Regensammlern die absolute Tagesmenge ($\text{mm}/\text{m}^2/\text{Tag}$) berechnet werden.

Ein Beispiel, das besonders die standortklimatischen Unterschiede im Untersuchungsgebiet herausstellt ist im Folgenden dargestellt und hinsichtlich seiner Auswirkungen erörtert.

Die Eichenwicklerschadflächen Heidenfeld und Prosselsheim sind ca. 25 km voneinander entfernt. Über den gesamten Beobachtungszeitraum war allgemein die Niederschlagsversorgung in Heidenfeld ungünstiger mit im Durchschnitt 10% weniger Wassereintrag/Jahr als Prosselsheim (s. Tab. 14). Der Hauptteil des Defizits fiel jeweils auf die Vegeta-

tionszeit. Dies kann eine Ursache für die trotz vergleichbarer Schadeinwirkungen schlechter eingestufte Vitalität dieses Bestandes sein.

Eine Ausnahme stellte das Jahr 1995 dar: Hier wurden mit 623 mm/m² in Prosselsheim und 633 mm/m² in Heidenfeld zwar in beiden Flächen vergleichbar hohe Jahresniederschläge gemessen, allerdings war die Verteilung dieser Niederschläge in den beiden Gebieten sehr unterschiedlich. Abbildung 44 zeigt die an den beiden Meßstationen aufgenommenen Tagesniederschläge zwischen Mai und August 1995.

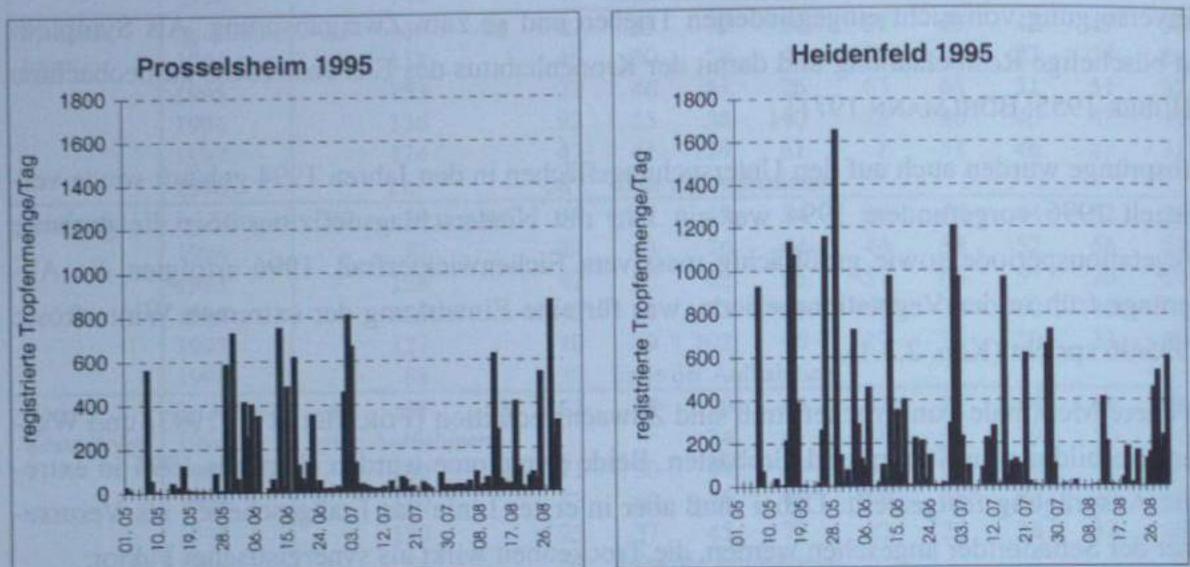


Abb. 44: Niederschlagsverteilung auf den Flächen Prosselsheim und Heidenfeld für Mai bis August 1995

Die Niederschlagsmengen/Tag waren in diesem für die Eiche wichtigen Zeitraum in Prosselsheim um ca. 50% niedriger als in Heidenfeld. Darüber hinaus wurde von Anfang Juli bis Mitte August nahezu kein Regen registriert, während in Heidenfeld in diesem Zeitraum immer wieder Niederschläge auftraten.

In Prosselsheim kam es aufgrund der großen Trockenheit und Eichenwicklerfraß (im Juli/August) 1996 zu vermehrter Zweigabgliederung. Allerdings wurden keine merklichen Einbußen der Vitalität des Bestandes insgesamt festgestellt.

Vorteilhaft erwies sich die Trockenheit im Hinblick auf den Eichenwicklerfraß: Zwar erfolgte die Regeneration wegen der schlechten Wasserversorgung selbst in dieser vitalen Fläche zögerlich, jedoch blieb aus dem selben Grunde der Befall durch Eichenmehltau aus.

Dagegen hatte die bessere Wasserversorgung in Heidenfeld ebenfalls nachteilige Wirkung: Durch Mehlaufbefall wurde die nach Wicklerfraß regenerierte Blattmasse zu immerhin über 20% zerstört. Dies trug zusätzlich noch zu dem starken Rückgang der Vitalität dieses Bestandes im Jahr 1996 bei (s. Kap. 2.2.3.3) und in der Folge zu einer erhöhten Disposition für Prachtkäferbefall.

Aus den vorangegangenen Kapiteln geht deutlich die Komplexität des Geschehens und die Kombinationswirkung der Einzelfaktoren hervor. Obwohl hier nur wenige Parameter betrachtet werden konnten, ist es bereits kaum möglich, Symptome den verschiedenen Einflußfaktoren klar zuzuordnen.

Die separate Wertung eines Faktors hinsichtlich seines Einflusses auf das Schädgeschehen ist mit großen Unsicherheiten behaftet. Biotische und abiotische Einwirkungen stehen meist in engem ursächlichen Zusammenhang.

3 Zusammenfassende Diskussion der Ergebnisse

Zahlreiche Forschungsvorhaben befassen sich mit der Erstellung von Modellen zur Vorhersage von Vitalitätsverlusten bzw. Mortalität von Bäumen unter bestimmten Umweltbedingungen [JASSBY U. POWELL 1990; GOTTSCHALK et al. 1998; Zeitreihenmodell von PEDERSON 1998] wobei man meist eine Beziehung zwischen verschiedenen Umweltfaktoren und Ergebnissen aus Jahrringanalysen herstellt. Angestrebt wird die Einteilung biotischer und abiotischer Einflußgrößen in Schadbilder auslösende, prädisponierende und intervenierende Faktoren wobei die Meinungen hinsichtlich Art und Wirkung der für Waldschäden relevanten Parameter vielfältig und unterschiedlich sind.

Wichtig wäre es, den Wert jedes einzelnen Faktors für die Entwicklung der Vitalität von Bäumen einzugrenzen. Die Realität aber ist, daß immer nur Teilaspekte in solche Untersuchungen eingehen können - wie das auch im Rahmen des vorliegenden Projektes der Fall war. Auch sind die Beobachtungszeiträume gegenüber der langen Generationszeit von Waldbäumen meist sehr klein.

Aus den Untersuchungen im Schwammspinnerkalamitätsgebiet "Fränkische Platte" ließ sich, entsprechend der Zielsetzung, ein signifikanter Zusammenhang zwischen Blattmassenverlust durch Insektenfraß und daraus resultierenden Vitalitätseinbußen und Mortalität bei Eichen ableiten. Dabei ist nicht nur das Ausmaß des Laubverlustes von Bedeutung, sondern in besonderem Maße auch der Zeitpunkt und die Dauer der Entlaubung.

Bei der Einordnung von Insektenfraß zu den verursachenden, prädisponierenden oder ergänzend einwirkenden Faktoren ist unbedingt eine Trennung hinsichtlich Intensität und Art der Fraßeinwirkung zu machen.

Eichenwicklerfraß kann man nach den vorliegenden Ergebnissen je nach Ausgangsvitalität des betroffenen Bestandes als prädisponierenden (z.B. für Prachtkäferbefall) oder ergänzenden Faktor ansehen. Dies ist vor allem auch von der Häufigkeit der Fraßereignisse in einem bestimmten Zeitraum abhängig.

Die Untersuchungen zeigten, daß vitale Eichen zumindest durch ein- bis zweimaligen Wicklerfraß nicht nachhaltig geschädigt werden. Solche, die bereits Schadsymptome aufweisen, reagieren dagegen stärker auf den Fraß; es kommt sogar zu einer akkumulierenden Wirkung der Effekte jedes Fraßschadens und damit zu einer erhöhten Disposition für sekundäre Schadorganismen.

Eine Bestätigung in dieser Richtung lieferte auch die Entwicklung der Schadbilder in der Fläche Weibersbrunn. Dieser Bestand fiel in gewisser Weise aus dem Versuchsflächenkollektiv heraus, da es sich um einen älteren (bis 250jährig) Eichen- Buchen-Mischbestand handelt, der abseits vom Schwammspinnerkalamitätsgebiet liegt. Die Fläche wurde in die Projektarbeiten

einbezogen, da sie 1993 ebenfalls deutliche Schäden in Form von Belaubungsdefiziten aufwies. Hier bestanden die Streßfaktoren in einer Wasser Konkurrenz mit der Buche sowie in regelmäßigem Licht- bis Kahlfraß durch Eichenwickler und/oder Frostspanner in den vergangenen 10 Jahren. Die Eichen in diesem Bestand erholten sich aufgrund geringer Fraßbelastung und günstigerer klimatischer Bedingungen besonders in den letzten beiden Beobachtungsjahren. Es kam nicht zu nennenswerten Ausfällen unter den Testbäumen.

Über die Auswirkungen von Schwammspinnerfraß gibt es verschiedene Untersuchungsergebnisse, die von geringer, nicht nachhaltiger Schädigung bis zu schweren Vitalitätseinbußen und Absterbeerscheinungen reichen [z.B. STALEY 1965, SZONTAGH 1987, DONAUBAUER 1998].

Nach unseren Beobachtungen ist **Schwammspinnerfraß** in seiner Wirkung auf die Vitalität der Eiche deutlich schädlicher als Wicklerfraß anzusehen. Bei gesunden Beständen ist einmaliger Fraßschaden als prädisponierende Komponente für Sekundärschädlinge einzustufen. Darüber hinaus beinhaltet Schwammspinnerfraß - abgesehen von einem leicht gesteigerten Mortalitätsrisiko (Spontanausfälle von 5%) - einen schwer einzuschätzenden chronischen Aspekt. Stressoren, wie negative klimatische Einwirkungen, Insektenfraß oder Eichenmehltau, führen zu erhöhten Absterberaten und erheblichen Vitalitätseinbußen.

Eine klare und sicherere Schlußfolgerung ist aus dem Geschehen bei **Kombinationsfraß Eichenwickler und Schwammspinner** abzuleiten:

Die Konstellation hat in der Mehrzahl der Fälle massive Schäden bis zur Auflösung der Bestände zur Folge. Diese Art der Fraßbelastung ist also eindeutig Verursacher schwerer Eichenschäden mit flächigen Absterbeerscheinungen.

Hier zeigte sich, daß auch unter günstigen Folgebedingungen (gute Wasserversorgung, Ausbleiben weiterer Fraßschäden) kaum mit einer Erholung der Bestände zu rechnen ist.

4 **Schlußfolgerungen für die forstliche Praxis**

Aus den Untersuchungsergebnissen können Entscheidungshilfen im Hinblick auf die Notwendigkeit von Schädlingsbekämpfungmaßnahmen abgeleitet werden. Dabei sind verschiedene Konstellationen der Fraßbelastung hinsichtlich der zu erwartenden Auswirkungen zu unterscheiden. Von Bedeutung sind Schädlingsart bzw. Kombination von Schädlingsarten sowie der Entlaubungsgrad und Zeitraum der Kahlstellung.

1. **Fraß durch frühfressende Arten wie Eichenwickler oder Frostspanner macht im allgemeinen keinen Eingriff notwendig.** Einschränkend muß jedoch hinzugefügt werden, daß bereits vorgeschädigte Bestände (z.B. bei chronischer Fraßbelastung durch diese Arten oder andere Schädigung durch biotische / abiotische Einwirkungen) wesentlich sensibler und nachhaltiger reagieren. Es kommt zu einzelbaumweisem Absterben und einer erhöhten Disposition für Angriffe sekundärer Schadorganismen. Hier kann durch Bekämpfungsmaßnahmen den Bäumen eine Erholung ermöglicht werden und die Anfälligkeit z.B. für Prachtkäferbefall herabgesetzt werden. Wichtig ist dabei, die Merkmale einer Vitalitätsschwächung frühzeitig zu erkennen (s. Kap. Belaubungsgrad, Wasserreiser, Feinreisig, Zuwachs, Prachtkäferbefall).
2. **Im Falle einer Schwammspinnermassenvermehrung mit zu erwartendem Kahlfraß (kritische Dichte) ist ein Eingriff durch Bekämpfungsmaßnahmen zur Erhaltung der Vitalität der Bestände unverzichtbar.** Bereits alleiniger Fraß durch Schwammspinner führt zu merklichen Absterberaten und einem starken Rückgang des Belaubungszustandes und damit der Vitalität. Eine Erholung der Eiche ist abhängig von den weiteren Lebensbedingungen (gute Wasserversorgung, Ausbleiben weiterer Einwirkungen durch Schadorganismen). Auch hier ist eine stark erhöhte Disposition für den Befall durch Eichenprachtkäfer gegeben.
3. Regional decken sich häufig die Verbreitungsgebiete von Eichenwickler und Schwammspinner. Massenvermehrungen dieser Arten bauen sich daher aufgrund allgemein günstiger Bedingungen (warme, trockene Jahre) parallel zueinander auf. **Ein Kombinationsfraß dieser Arten führt fast ausnahmslos zu massiver Schädigung der betroffenen Eichen mit Absterberaten von mindestens 50%.** Eine Erholung des verbleibenden Restbestandes ist dabei nur unter optimalen Bedingungen denkbar, da auch hier bereits sehr frühzeitig mit Prachtkäferbefall zu rechnen ist, der durch die Auflichtung der Bestände besonders begünstigt wird.

Daher ist im Rahmen der Schwammspinnerprognose stets auch großes Augenmerk auf die Populationsentwicklung des Eichenwicklers zu legen. Nur auf diese Weise ist es möglich, frühzeitig Eingriffe zu planen und Bekämpfungszeitpunkte festzusetzen.

4. Ein nicht zu vernachlässigender Faktor ist also bei allen genannten Konstellationen der Eichenprachtkäfer, der besonders in geschwächten Beständen durch intensive Überwachung und entsprechende Hygienemaßnahmen kontrolliert werden muß. Es gelten die Maßgaben der "sauberen Waldwirtschaft". Befallene Bäume sollten möglichst vor Ausschwärmen der Jungkäfer (Schwärmflug ab Mai) entnommen werden. Große Schwierigkeiten kann hier allerdings die frühe Befallsdiagnose bereiten. Merkmale wie vermehrtes Auftreten von Totästen, Schleimfluß und Vertrocknen des Laubes während der Vegetationsperiode sind zu beachten.

5 Summary

Since the early eighties, extensive decline of oak is observed in most European countries. This disease has to be put down to several causes like extreme climatic conditions, damage by insect pests, changing *fungi* pathogenicity and anthropogene influences.

The importance of every single parameter as initiator, predisposing or only additional factor is not yet clear and has to be judged regionally different, but there seems to be a significant coincidence of the centres of oak diseases with areas of mass propagation of pest insects, especially of the gypsy moth, *Lymantria dispar*.

Between 1992 - 94 there was a pandemic outbreak of gypsy moth over several German regions with an infested area of 30.000 ha in Frankonia, where in 1994 the number of visibly damaged sessile and penduculate oaks increased to a portion of 84%.

This event was the starting point of our research project. Defoliation by insects as a primary cause and climatic conditions were considered responsible for oak decline in the observation area.

The aims of this project were to show the acute and longlasting effects of insect damage and the contribution of climate to the disease symptoms. Another important aspect was the part of secondary nocious organisms like fungi (*Microsphaera alphitoides*) and wood-or bark-breeding beetles (especially *Agrilus*) in oak decline.

12 observation stands were chosen representing different insect damages and evaluated periodically for 5 years:

- stands periodically defoliated by the early feeding (mai, june) *Tortrix viridana*
- stands with only defoliation by *Lymantria dispar* (feeding later from june to juli/august)
- the mainly found constellation: combined defoliation by *T. viridana* and *L. dispar*

Different degrees of defoliation, climatic extrema and secondary nocious organisms could be investigated in regard to their effects on oak health and decline symptoms. However, abiotic and biotic effectors occuring at the same time do not only act seperately but have synergistic or antagonistic effects. In these cases, we always look at the results of several effecting parameters which we only know partly (an example: the correlation between temperature, humidity, insect defoliation and the propagation and pathogenicity of mildew).

However, we found some significant results from these extended investigations:

We found a significant correlation between insect defoliation and its resulting disease symptoms. The role of insects in oak decline strongly depends on time and degree of defoliation, the period of time trees stay without foliage and the number of defoliation events during a time period.

- Defoliation by *Tortrix viridana* is not harmful over a long-term period in case oaks are of good state of health. Trees that show already decline symptoms are stronger affected. It may even result in an accumulating effect of every loss of foliage. Symptoms of such a damage are sparse foliage, extreme production of water sprouts, less radial increment, die-back of twigs and branches and mucous exsudation. In the case of sequential defoliation by *Tortrix*, may be combined with other stress factors (like dry years), the predisposition for an attack by *Agrilus* increases.
- The effects of defoliation by *Lymantria dispar* are very controversely discussed. Our experience shows that gypsy moth has to be considered a more harmful pest than *T.viridana*. In healthy oak stands, a single defoliation by *L.dispar* may be judged as predisposing component for the attack of secondary nocious organisms. But there is - besides a higher mortality - a chronical effect which is very difficult to estimate. These stands are more susceptible to stress, in return climatic conditions or secondary factors like mildew become more important for the proceeding of the disease.
- In case of combined defoliation by *T.viridana* and *L.dispar*, oaks lost their complete foliage for the whole vegetation period, because after the feeding time new sprouts were infected and killed by oak mildew *Microsphaera alphitoides*.

This constellation caused enormous damage and high mortality (mostly more than 50% of the oaks of these stands died). Despite following optimal conditions regeneration of oak stands is not to be expected in this case. Because of high mortality, the opening of these stands favours the propagation of *Agrilus*.

From these results, practicians may draw some important conclusions concerning the need of control measures against insect pests in oak stands:

1. Early feeding insects like *T.viridana* only have to be controlled if stands already show signs of lower vitality. Control measures may help to recover and to reduce the risk of attacking secondary nocious organisms. To recognize early disease symptoms is very important in this case.
2. Defoliation by gypsy moth may be tolerated, but causes increased mortality, chronical weakening of the stand and thus a higher predisposition to climatic stress and secondary pests. In case of mass propagation of *L.dispar*, monitoring of *T.viridana* has to be carried out consciously. Simultaneous mass propagations will damage oak stands or even cause death without intervention.

6 Literatur

- ABDELGADER, H.; HEIMBACH, U. (1994): Wirkung von zwei Insektenwachstumsregulatoren auf verschiedene Larvenstadien von *Poecilus cupreus* (Coleoptera: Carabidae). Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 9, S. 107-111
- ACKERMANN, J.; HARTMANN, G. (1992): Kronenschäden in Eichenbeständen Niedersachsens nach Farbinfrarot-Luftbildern aus den Jahren 1988/89. Forst u. Holz, 47. Jhg., Nr. 15, S. 452-460
- ADDISSON, J. A. (1993): Persistence and nontarget effects of *Bacillus-thuringiensis* in soil; a review. Can. J. For. Res. 23, S. 2329-2342
- ALTENKIRCH, W. (1992): Überwachung und Prognose der Eichenwickler-Schadgesellschaft in Nordwestdeutschland. Forst u. Holz, 47. Jhg. Nr. 3, S. 57-60
- BALDER, H. (1989): Untersuchungen zu neuartigen Absterbeerscheinungen an Eichen in den Berliner Forsten. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. Braunschweig, 41
- BARKER, R. J.; WALLER, G. D. (1987): Effects of Diflubenzuron Wettable Powder on Caged Honey Bee Colonies. Environ. Ent. 7, S. 534-535
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (1997): Der Eichenprachtkäfer. LWF-Merkblatt Nr. 2, November 1997
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (1997): Waldzustandsbericht 1997. Freising, 54 S.
- BECKER, G.; GLASER, R. (1991): Baumringsignaturen und Wetteranomalien. Forstwirtsch. Cbl. 110, S. 66-83
- BLASCHKE, H.; JUNG, T. (1996): Symptome und Nachweis eines *Phytophthora*-Befalls an Eichen Mitt. Biol. Bundesanstalt Land- und Forstw. Heft 316
- BLOCK, J.; DELB, H., HARTMANN, G.; SEEMANN, D.; SCHRÖCK, H.W. (1995) Schwere Folgeschäden nach Kahlfraß durch Schwammspinner im Bienwald. AFZ/Der Wald, 50. Jg, Nr. 23, S. 1278-1281
- BOGENSCHÜTZ, H. (1996): Untersuchungsergebnisse über Gefährdung von Insekten durch Waldschutzmaßnahmen. Insecta 4, S. 23-31
- BÖHLMANN, D. (1971): Zur Physiologie des Zweigabsprungs bei *Quercus*, *Populus*, *Tilia*. Allg. Forst- u. Jagdzeitg 142, S. 208-211
- BOLZ, R. (1995): Bestandesentwicklung der Tagfalter in den Jahren 1993/94 in Dimilin- und Btk-behandelten Eichenwäldern Mittelfrankens nach einer Schwammspinner(*Lymantria dispar*)-kalamität. Beiträge zur Bayer. Entomofaunistik 1, S. 63-75
- BRAUN, A.; SEEMANN, D. (1995): Käfer und Holzwespenfunde (Coleoptera et Hymenoptera: Siricidae) an Stieleichen und ihr Bezug zu Eichensterben. Mitt. Bad. Landesver. Naturkunde und Naturschutz, Freiburg i.Br., S. 377-387
- BÜCHS, W. (1990): Betrachtungen zur Eignung rindenbewohnender Coleopterenzönosen als Indikatoren für die Früherkennung von Baumschäden. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 7, S. 335-345
- BUTIN, H.; KOWALSKY, T. (1983): Die natürliche Astreinigung und ihre biologischen Voraussetzungen. II. Die Pilzflora der Stieleiche (*Quercus robur* L.). Eur. J. For. Pathology 13, S. 428-439

- BUTIN, H.; ZYCHA, H. (1973): Forstpathologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- CAMPBELL, R. W. (1976): Comparative Analysis of Numerically Stable and Violently Fluctuating Gypsy Moth Populations. *Environmental Entomology* 5/6, S. 1218-1224
- CLAUSER, F.; GELLINI, R. (1986): Rating of Waldsterben-Symptoms (Forest decline) in deciduous broadleaves during wintertime. *Eur. J. For. Path.* 16, S. 250-253
- CRAWLEY, M. J.; AKHTERUZZAMAN, M. (1988): Individual variation in the phenology of oak trees and its consequences for herbivorous insects. *Functional Ecology* 2, S. 409-415
- CROFT, B. A. (1990): Insect growth regulators in: *Arthropod biological control agents and pesticides*. John Wiley and Sons, S. 305-333
- DECLERQ, P.; DECOCK, A.; TIRRY, E.; DEGHEELE, D. (1995): Toxicity of diflubenzuron to the predatory bug *Podisus maculiventris*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 74, S. 17-22
- DECLERQ, P.; VINUELA, E.; SMAGGHE, G.; DEGHEELE, D. (1995): Transport and kinetics of diflubenzuron and pyriproxyfen in the beet armyworm *Spodoptera exigua* and its predator *Podisus maculiventris*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 76, S. 189-194
- DELB, H. (1996): Untersuchungen der Folgeschäden nach Fraß durch Schwammspinner (*Lymantria dispar*) im Bienwald 1993/94: *Mitteil. Biol. Bundesanstalt Land- u. Forstwirtschaft* H. 322, S. 52-64
- DEUTSCHER WETTERDIENST: Klimaatlas
- DEUTSCHER WETTERDIENST: Monatlicher Witterungsbericht. Verlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach/Main
- DONAUBAUER, E. (1987): Auftreten von Krankheiten und Schädlingen der Eiche und ihr Bezug zum Eichensterben. *Österr. Forstzeitg.* 98, S. 46-47
- DONAUBAUER, E. (1998): Die Bedeutung von Krankheitserregern beim gegenwärtigen Eichensterben in Europa - eine Literaturübersicht. *Eur. J. For. Path.* 28, S. 91-98
- DREYER, E.; AUSSENAC, G. (1996): Ecology and physiology of oaks in a changing environment. *Annales des Sciences Forestieres* 53
- EGGER, A. (1977): Die Nebenwirkungen von Dimilin auf Bienen - eine Untersuchung anlässlich einer Flugzeugapplikation im Forst. *Cbl. Ges. Forstwesen* 94, S. 65-72
- EISENHAUER, D. R. (1991): Zur Taxonomie und Pathogenität von *Ophistoma piceae* (Münch) Syd. im Zusammenhang mit Absterbeerscheinungen in Trauben- und Stieleichenbeständen des mittel- und norddeutschen Diluviums. *J. Eur. For. Pathol.* 21, S. 267-278
- FOGGO, A. (1996): Long- and short-term changes in plant growth following simulated herbivory: adaptive responses to damage. *Ecol. Entomology* 21, S. 198-202
- FORSTER, J. R.; LEBLANC, D. C. (1993): A physiological approach to dendroclimatic modeling of oak radial growth in the midwestern United States. *Can. J. For. Res.* 23, S. 783-798
- FORSTER, R.; HEIMBACH, U.; KULA, CH.; ZWERGER, P. (1996): Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nichtzielorganismen. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 48, S. 275-279
- FRATZIAN, A. (1973): Zuwachs und Lebensfähigkeit von Eichenbeständen nach Fraß des Schwammspinners, *Lymantria dispar*, in Rumänien. *Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz* 66, S. 82-83
- FÜHRER, E. G. (1992): Der Zusammenhang zwischen der Dürre und der Erkrankung der Traubeneichenbestände in Ungarn. *Forstw. Cbl.* 111, S. 129-136

- GERSTMEIER, R.; KÖHLER, F. (1997): Bericht der Arbeitsgemeinschaft Bayerischer Koleopterologen. Nachrbl. Bayer. Ent. 46 (3/4), S. 68-76
- GÖTTLEIN, A. (1990): Wuchsleistung von Furniereichen in Abhängigkeit vom Standort. Allg. Forst- u. J.-Zeitg. 165. Jhg. Heft 5-6, S. 81-87
- GOTTSCHALK, K. W.; COLBERT, J. J.; FEICHT, D. L. (1998): Tree mortality risk of oak due to gypsy moth. Eur. J. For. Path. 28, S. 121-132
- GRANETT, J.; WESELOH, R. M. (1975): Dimilin toxicity to the gypsy moth larval parasitoid, *Apanteles melanoscelus*. J. Econ. Ent. 68, S. 577-580
- GRASER, E.; WULF, A.; BURGERMEISTER, W. (1995): Was leistet die RAPD-PCR-Technik hinsichtlich der Rassendifferenzierung beim Schwammspinner (*Lymantria dispar*). Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 10, S. 139-142
- GUILLEBEAU, P. L. (1994): Risk-Benefit Analysis of Pesticide. Am. Entomologist 3/1994, S. 173-179
- HACKER, H. (1994): Massenvermehrung des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.) in Mainfranken in den Jahren 1993 und 94. Untersuchungen zur Wirkung von Raupenkahlfraß und Dimilinbehandlung auf das Artenspektrum der Begleitfauna von Eichenwäldern (*Lepidoptera*). LXIX. Bericht Naturforschende Gesellschaft Bamberg 1994, S. 49-81
- HACKER, H. (1997): Massenvermehrung des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.) in Mainfranken in den Jahren 1993 und 94. Untersuchungen zur Wirkung von Raupenkahlfraß und Dimilinbehandlung auf das Artenspektrum der Begleitfauna von Eichenwäldern (*Lepidoptera*). Beitrag II. Beiträge zur bayer. Entomofaunistik 2, S. 1-21; Bamberg 1997
- HAGER, H. (1993): Neuere Forschungsergebnisse zum Eichenssterben. Österr. Forstzeitg. 104, S. 56-57
- HALMSCHLAGER, E.; BUTIN, H.; DONAUBAUER, E. (1993): Endophytische Pilze in Blättern und Zweigen von *Quercus petraea*. Eur. J. For. Path. 23, S. 51-63
- HÄMMERLI, F.; STADLER, B. (1989): Eichenschäden: Eine Übersicht zur Situation in Europa und in der Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 140, S. 357-374
- HARTMANN, G.; BLANK, R. (1992): Winterfrost, Kahlfraß und Prachtkäferbefall als Faktoren im Ursachenkomplex des Eichensterbens in Norddeutschland. Forst u. Holz, 47. Jhg., S. 443-452
- HARTMANN, G.; BLANK, R.; LEWARK, S. (1989): Eichensterben in Norddeutschland. Forst u. Holz, 44. Jhg., S. 475-487
- HARTMANN, G.; KONTZOG, H. G. (1994): Beurteilung des Gesundheitszustandes von Alteichen in vom "Eichensterben" geschädigten Beständen. Forst u. Holz, 49. Jhg., S. 217
- HOLYOAK, M.; JAROSIK, V.; NOVAK, J. (1997): Weather-induced changes in moth activity bias measurement of long-term population dynamics from light trap samples. Entomologia Experimentalis et Applicata 83, S. 329-335
- HOUSTON, D. R. (1987): Forest tree declines of past and present: current understanding. Can. J. of Plant Pathology 9, S. 349-360
- HOUSTON, D. R.; VALENTINE, H. T. (1977): Comparing and predicting forest stand susceptibility to gypsy moth. Can. J. For. Res. 7, S. 447-461
- HUBER, B. (1955): Zweigabsprünge. AFZ 10, S. 620-621
- HUMPHREY, J. W.; SWAINE, M. D. (1997): Factors affecting the natural regeneration of *Quercus* in Scottish oakwoods. II. Insect defoliation of trees and seedlings. J. Appl. Ent. 34, S. 585-593

- IGMANDY, Z.; PAGONY, H.; SZOUTAGH, P.; VARGA, F. (1986): Bericht über das in den Traubeneichenbeständen Ungarns aufgetretene Eichensterben (1978-83). Acta Facultatis Florestalis der Forst und Holzwirtschaftlichen Universität Sopron, Ungarn
- JASSBY, A. D.; POWELL, T. M. (1990): Detecting changes in ecological time series. Ecology 71, S. 2044-2052
- JUNG, T.; BLASCHKE, H.; NEUMANN, P. C. (1996): Isolation, identification and pathogenicity of *Phytophthora* species from declining oak stands. Eur. J. For. Path. 26, S. 1-19
- JUNG, T.; BLASCHKE, H.; LANG, K.-J., OSSWALD, W. (1996): *Phytophthora*-Wurzelfäule der Stiel- und Traubeneiche. AFZ/Der Wald 26, S. 1470-1474
- KANDLER, O. (1985): Immissions- versus Epidemie- Hypothesen. In: v. KORTHFLEISCH, G. (Hrsg.), Waldschäden. Oldenburg Verlag München
- KEHR, R. D.; WULF, A. (1983): Fungi associated with above-ground portions of declining oaks (*Quercus robur*) in Germany. Eur. J. For. Path. 23, S. 18-20
- KIESSLING, K. B.; STERBA, H. (1992): Dendrochronologische und dendroklimatologische Untersuchungen im Zusammenhang mit den großräumig auftretenden Eichenerkrankungen. Cbl. für das Gesamte Forstwesen, Jahrg. 109, Heft 3, S. 145-161
- KLEIN, R. M.; PERKINS, T. D. (1988): Primary and Secondary Causes and Consequences of Contemporary Forest Decline. The Botanical Review, Vol 54.(Jan.- March 1988), No 1., S. 1-42
- KLENNER, M. F. (1990): Vergleichende Untersuchung der Laufkäferfauna Dimilinbehandelter und unbehalteter Eichenmischwälder der Westfälischen Bucht (Col., *Carabidae*). Mitt. Biol. Bundesanstalt Land- u. Forstw. 266 S.
- KOWALSKI, T. (1991): Oak decline: I. Fungi associated with various disease symptoms on overground portions of middle-aged and old oak (*Quercus robur* L.). Eur. J. For. Path. 21, S. 136-151
- KUBISKE, M. E.; ABRAMS, M. D. (1994): Ecophysiological analysis of woody species in contrasting temperate communities during wet and dry years. Oecologia 98, S. 303-312
- KUBLIN, E.; KREDLER, CH.; ARBESMEIER, H. (1988): Ein Verfahren zur Bestimmung zuwachsrelevanter Klimafaktoren. Forst u. Holz, Nr. 6, Jahrg. 1988
- LANDESFORSTVERWALTUNG SACHSEN-ANHALT (1996): Bericht zur Waldschutzsituation 1996 in Sachsen-Anhalt
- LEHRBUCH DER SPEZIELLEN ZOOLOGIE: A. Kaestner; Verlag Gustav Fischer, 1980
- LICHTENTHALER, H. K.; BURGSTAHLER, R. (1982): Effect of light stress on composition, function and structure of the photosynthetic apparatus. Stress effects on photosynthesis. W. Junc., S. 353-370
- LOBINGER, G.; SKATULLA, U. (1996): Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Insektenbefall, Witterungsfaktoren und Eichenschäden in Unterfranken. Mitt. Biol. Bundesanstalt Land- u. Forstw. H. 322, S. 14-25
- MAIER, K.; BOGENSCHÜTZ, H. (1990): Massenwechsel von *Lymantria dispar* L. (Lep., *Lymantriidae*) und die Regulation durch Parasitoide während einer Gradation in Südwestdeutschland 1984 - 86. Zeitschrift f. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 97 (4), S. 381-393
- MARCU, G. (1987): Ursachen des Eichensterbens in Rumänien und Gegenmaßnahmen. Österr. Forstzeitung 98, S. 53-54
- MARSH, P. M. (1979): The Braconid (*Hymenoptera*) Parasites of the Gypsy Moth, *Lymantria dispar* (Lep., *Lymantriidae*). Ann. Ent. Soc. Am. 72, S. 794-810

- MAYER, H.; SCHMIDT, J. (1991): Zur Verwendung von Klimadaten als forstliche Beurteilungsparameter. Forstw. Cbl. 110, S. 338-343
- MAYER, R. (1959): Kronengröße und Zuwachsleistung der Traubeneiche auf süddeutschen Standorten. Allg. Forst- und Jagdzeitung, 129. Jhg./6, S. 105-114
- MEIER, K. J. (1995): Der Einfluß der Parasitode auf *Lymantria dispar* L. (Lep., *Lymantriidae*) in Wäldern mit unterschiedlich starkem Massenwechsel. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 10, S. 129-134
- MENKE, N. (1995): Untersuchungen zur Sukzession xylobionter Käfer an Eichenholz. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 10
- MILLER, P. R.; MO, T. K.; WALLNER, W. E. (1989): Influence of Climate on Gypsy Moth Defoliation in Southern New England. Environmental Entomology 18/4, S. 646-650
- NOVOTNY, J.; SUROVEC, D. (1992): The effects of Defoliation on Oak Decline. Acta Instituti Forestalis Zvolensis 8, S. 85-95
- OLEKSYN, J.; PRZYBYL, K. (1987): Oak decline in the Soviet Union - Scale and hypotheses. Eur. J. For. Pathology 17, S. 321-336
- PEDERSEN, B. S. (1998): The role of streß in the mortality of Midwestern oaks as indicated by growth prior to death. Ecology 79 (1), S. 79-93
- PIPER, R. (1998): Auswirkungen eines Schwammspinnerkahlfraßes auf den Radialzuwachs bei Stieleiche. AFZ/Der Wald 2/1998, S. 202-206
- RAGAZZI, A.; MUGNAI, L.; MORICCA, S.; VAGNILUCA, S.; DELLAVALLE, J. (1993): Requirements and biological aspects of *Fusarium eumartii* and its possible Role in oak decline in North-eastern Italian oak forests. J. Eur. For. Path. 23, S. 171-177
- ROLOFF, A.; KLUGMANN, K. (1998): Ursachen und Dynamik von Eichen-Zweigabsprüngen. AFZ/Der Wald 4/1998, S. 202-206
- SAMPLE, B. E.; BUTLER, L.; WHITMORE, R. C. (1993): Effects of an operational application of Dimilin on non-target insects. Canadian Entomologist 125, S. 173-179
- SCHLAG, M. G. (1994): Das Europäische "Eichensterben" und seine Ursachen von einem phytopathologischen Standpunkt aus gesehen. Cbl. f. D. ges. Forstwesen 111, S. 243-268
- SCHLAG, M. G. (1995): The condition of the phloem in declining oaks. Eur. J. For. Path. 25, S. 83-94
- SCHREINER, H. (1933): Klebastbildung an Eichen. Forstw. Cbl. 1933
- SCHRÖDTER, H. (1987): Wetter und Pflanzenkrankheiten. Biometeorologische Grundlagen der Epidemiologie. Hochschultext, Springer Verlag Berlin, 1987
- SCHRÖTER, H.; SEEMANN, D. (1996): Schwammspinnergradation 1993/94 in Baden-Württemberg. Prognose und Bekämpfung im Jahr 1994. Mitt. Biol. Bundesanstalt Land- u. Forstw. H.322, S.25-40
- SCHWARZENBACH, F. H.; OESTER, B. (1993): Zur Auswertung von Boniturdaten jährlich wiederholter Kronentaxation an Einzelbäumen. Schweizer. Z. Forstwes. 144, S. 23 - 40
- SCHWERDTFEDER, F. (1981): Die Waldkrankheiten. Verlag P. Parey, Hamburg u. Berlin, 4. Aufl., 1981
- SCORTICHINI, M.; STEAD, D. E.; ROSSI, M. P. (1993): Oak decline: Aerobic bacteria associated with declining *Quercus cerris* in Central Italy. Eur. J. For. Path. 23
- SENTICA, E. (1991): Zur Diskussion des Eichensterbens. Österr. Forstzeitung 102, S. 31-32

- SKATULLA, U.; FEICHT, E. (1992): Untersuchungen zum Anflugverhalten des Kupferstechers (*Pityogenes chalcographus* L.) und einiger Beifänge an Pheromonfallen mit Hilfe eines neuartigen elektronischen Meßgerätes. Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz, 65, S. 4-7
- SKATULLA, U.; LOBINGER, G. (1996): Wirkung von DIMILIN bei reduzierten Aufwandmengen. Allg. Forst Zeitschrift, 50.Jhg. Heft 1, S. 52-54
- SOLTANI, N.; SOLTANI-MAZOUNI, N.; DELACHAMBRE, J. (1996): Evaluation of Triflumuron, a benzoyl-phenylurea derivate, on *Tenebrio molitorpupae* (Col., Tenebrionidae): effects on cuticle. J. Appl. Ent. 120, S. 627-629
- STALEY, J. M. (1965): Decline and mortality of red and scarlet oaks. Forest Sci. 11, S. 2-17
- STANDOVAR, T.; SOMOGYI, Z. (1998): Corresponding patterns of site quality, decline and tree growth in a sessile oak stand. Eur. J. For. Path. 28, S. 133-144
- SZONTAGH, P. (1987): Die Rolle der Insektengradation im Verlauf der Krankheiten von Traubeneichenbeständen. Österr. Forstzeitung 98, S. 65-66
- TESCHE, M. (1991): Streß und Decline bei Waldbäumen. Forstw. Cbl. 110, S. 56-65
- VAN DIJK, T. S. (1994): On the relationship between food, reproduction and survival of two carabid beetles *Calathus melanocephalus* and *Pterostichus versicolor*. Ecol. Entomology 19, S. 263-270
- WACHTENDORF, W. (1955): Beiträge zur Kenntnis der Eichenprachtkäfer *Agrilus biguttatus* Fabr. und *Coraeus undatus* Fabr. (Col., Bupr.): Z. Ang. Ent. Vol. 37, S. 327-339
- WALTERS, M. J. (1995): The dubious war on gypsy moths. Nature Conservancy, May/June 1995
- WARGO, P. M. (1977): *Armillaria mellea* and *Agrilus bilineatus* and mortality of defoliated oak trees. Forest Sci. 23, S. 485-492
- WEZEL, G. (1996): Folgeschäden der Schwammspinnergradation 1993/94 in Baden Württemberg. Mitt. Biol. Bundesanstalt Land- und Forstw. Heft 322, Paul Parey, Berlin, S. 41-51
- WULF, A.; GRASER, E. (1996): Gypsy moth outbreaks in Germany and neighboring countries. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 48, S. 265-269
- YUE, CH. (1997): Multivariate Zeitreihenanalyse zur Erfassung von Witterungssignalen in der Jahrringanalyse. Forstw. Cbl. 116, S. 96-104
- ZUB, P.; NÄSSIG, W. A.; KRISTAL, P. M. (1996): Lepidopterologische Begleituntersuchungen zur Bekämpfung einer Gradation des Schwammspinners (*Lymantria dispar*) mit *Bacillus thuringiensis kurstaki* (Btk) und dem Häutungshemmer Dimilin im Jahr 1994 im Staatsforst bei Lampertheim. Mitt. Biol. Bundesanstalt Land- u. Forstw. H. 322, S. 188-194

7 Anhang

7.1 Temperaturverhältnisse auf den Dauerbeobachtungsflächen 1994-1998

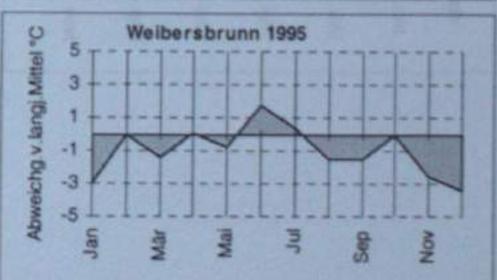
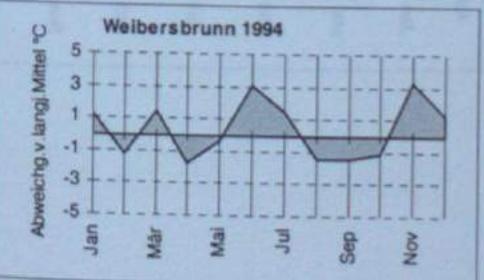
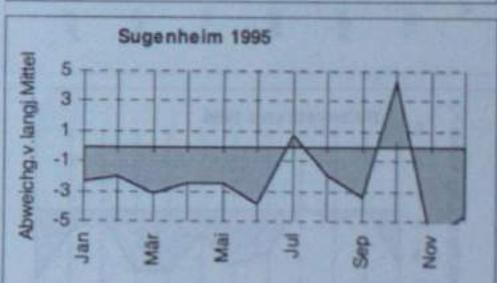
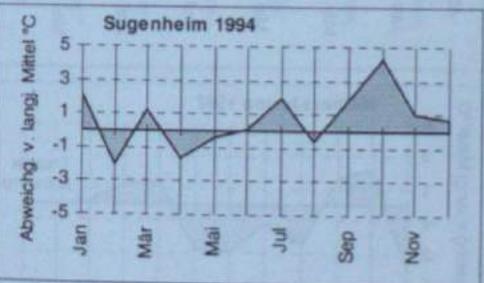
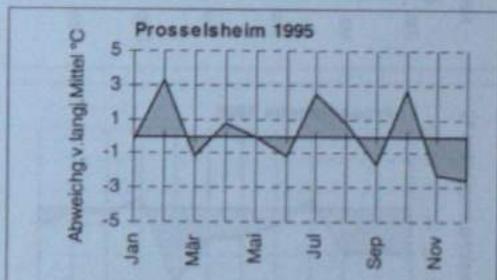
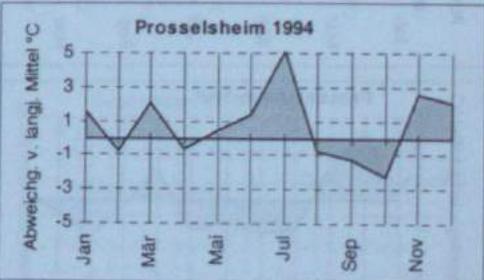
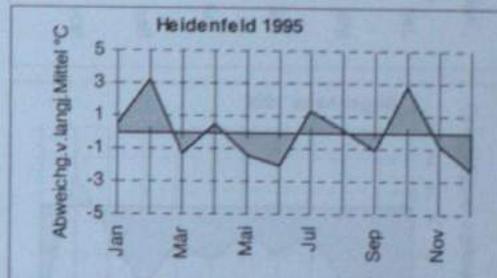
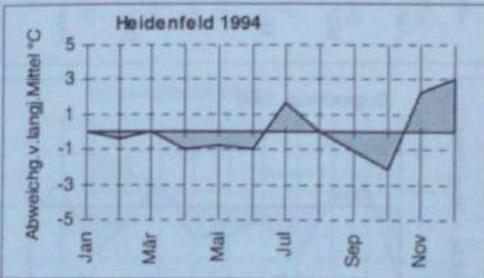
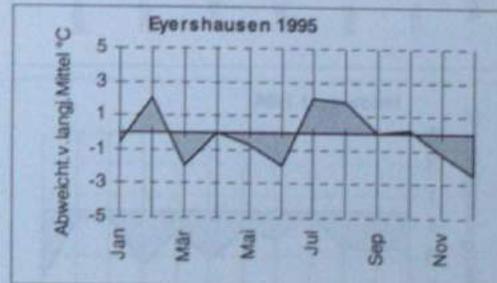
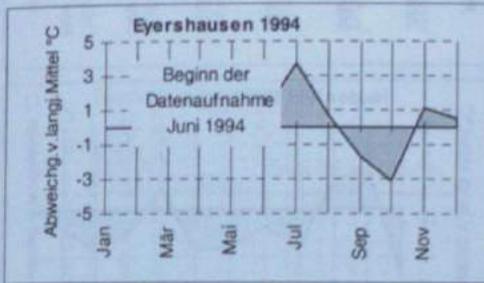
7.2 Niederschlagsverhältnisse auf den Dauerbeobachtungsflächen 1994-1997

7.1 Temperaturverhältnisse auf den Dauerbeobachtungsflächen 1994-1998

Abweichungen der Monatsmitteltemperaturen (°C) vom langjährigen Mittel der Region auf verschiedenen Meßflächen

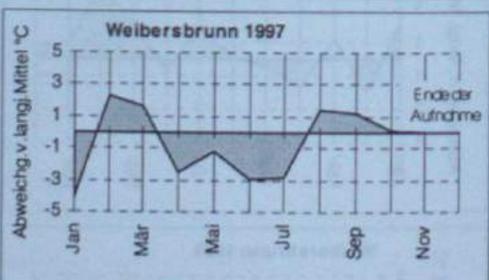
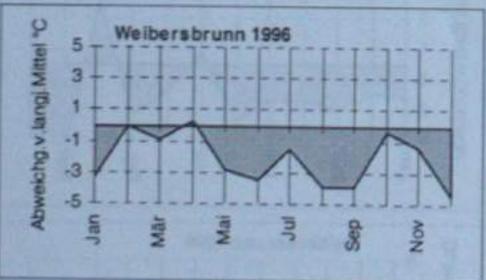
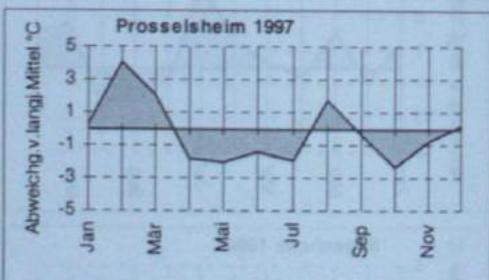
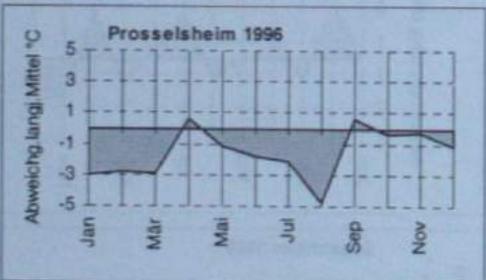
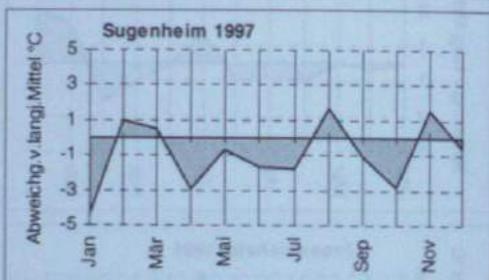
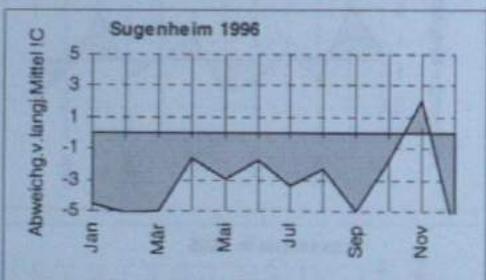
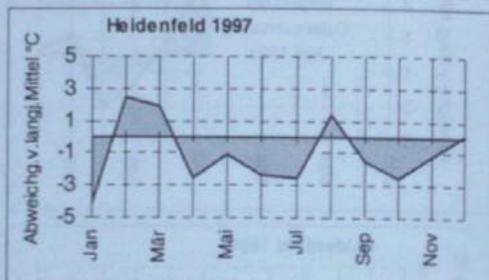
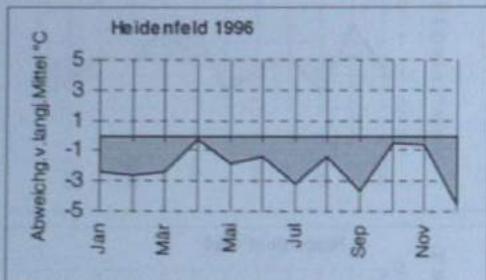
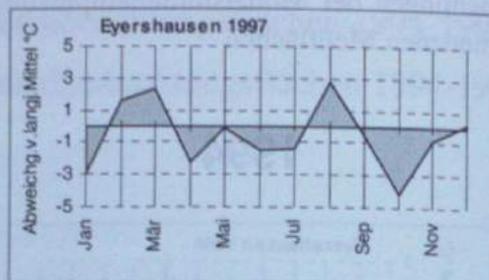
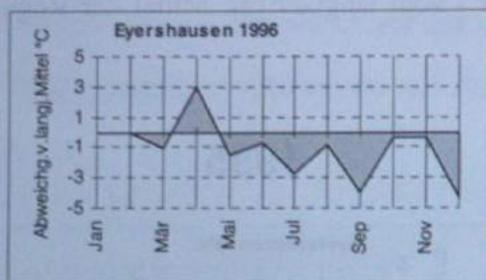
1994

1995

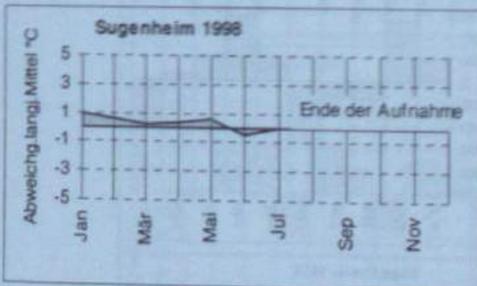
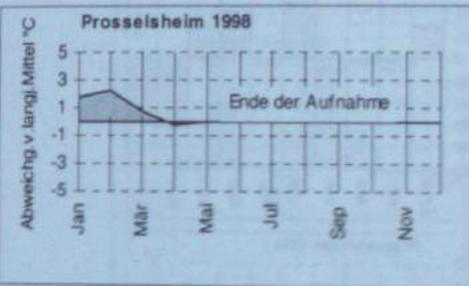
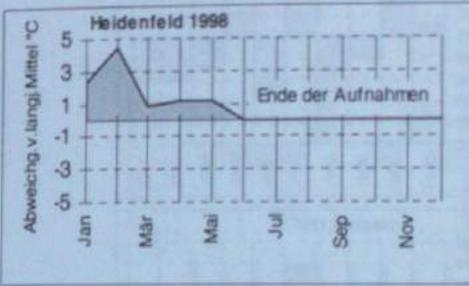
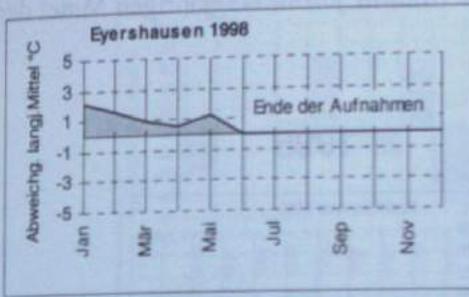


1996

1997



1998



7.2 Niederschlagsverhältnisse auf den Dauerbeobachtungsflächen 1994-97

Prozentuale Abweichungen der Monatsniederschläge (mm/m^2) vom langjährigen Mittel der Region auf verschiedenen Meßflächen

1994

1995

