
**Folgewirkungen der
Schwammspinner-Kalamität 1992 bis 1995
(*Lymantria dispar* L.) in einem mitteleuropäischen
Eichenwaldgebiet am Beispiel des Bienwaldes
in Rheinland-Pfalz**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
des Forstwissenschaftlichen Fachbereichs
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von
Horst Delb

geboren in Landau i.d. Pfalz

Göttingen 1999

-
1. Berichterstatter: Prof. Dr. A. Wulf
 2. Berichterstatter: Prof. Dr. B. von Lüpke
 3. Berichterstatter: Prof. Dr. J. Lunderstädt

Tag der mündlichen Prüfung: 23. Februar 2000

Vorwort

Die vorliegende Arbeit ist aus meiner Tätigkeit im Rahmen des Projektes „Schwammspinner-Folgeschäden“ in Rheinland-Pfalz entstanden. An dieser Stelle sei dem Ministerium für Umwelt und Forsten, den Forstdirektionen Neustadt an der Weinstraße, Koblenz und Trier, dem Forstamt Hagenbach und der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz gedankt, die der Entstehung dieser Arbeit zustimmten.

Herrn PROF. DR. A. WULF gilt für die Betreuung und stetige Unterstützung dieser Arbeit sowie für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes als Volontär bei der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft - Institut für Pflanzenschutz im Forst - mein ganz besonderer Dank. Herrn PROF. DR. B. VON LÜPKE und Herrn PROF. DR. E. FÜHRER möchte ich für die Übernahme der Korreferate danken.

Im besonderen gebührt Herrn DR. J. BLOCK, Leiter der Abteilung Waldschutz an der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, für die kontinuierliche Bereitschaft als Ansprechpartner, für die konstruktiven Diskussionsbeiträge, Anregungen und Hinweise während der gesamten Zeit mein Dank. Ohne seine Aufmunterung und besonders freundliche Unterstützung wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen.

Auch Herrn P. LEPPLA, Leiter des Forstamtes Hagenbach, möchte ich für seine freundliche Hilfsbereitschaft ganz herzlich danken.

Desweiteren möchte ich mich bei Herrn DR. H. SCHRÖTER, Leiter der Abteilung Waldschutz an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, für die entgegenkommende Unterstützung während der Fertigstellung dieser Arbeit bedanken.

Mein ganz besonderer Dank gilt auch Frau P. WIRTH, Mitarbeiterin im Projekt „Schwammspinner-Folgeschäden“, für ihr stets ausgesprochen großes, kollegiales und freundliches Engagement.

Herrn O. STÖVER, der im Rahmen seiner Diplomarbeit die Grundlagen für den Einsatz eines Geographischen Informationssystems legte, sei ebenso ganz herzlich gedankt.

Desweiteren gilt den Herren DR. D. SEEMANN und H. W. SCHRÖCK für ihren fachlichen Rat mein herzlicher Dank.

Für die wichtige und wertvolle Mitarbeit danke ich den studentischen Hilfskräften Herr P. LENHARD und Herr M. ROTHHAß. Bei den Mitarbeitern der Forstämter Hagenbach und Schaidt, insbesondere Herrn K. BOHLANDER möchte ich mich für die stets große Hilfsbereitschaft vor Ort ebenfalls herzlich bedanken.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei den vielen hier namentlich nicht erwähnten Kolleginnen und Kollegen bedanken, die mir einerseits auf allerlei Weise fachlich weitergeholfen haben und andererseits auch für ein so freundliches Arbeitsumfeld sorgten, daß die ein oder andere Schwierigkeit leichter überwunden werden konnte. Überdies möchte ich mich bei meiner Frau für ihre ausdauernde Geduld bedanken.

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

Seite

1	EINLEITUNG	
1.1	Die Schwammspinner-Kalamität 1991-95 in Mitteleuropa.....	1
1.2	Wissensstand über Folgeschäden	1
1.3	Ziele und Fragestellungen.....	5
2	MASSENVERMEHRUNGEN IN RHEINLAND-PFALZ	
2.1	Material und Methoden	8
2.2	Ergebnisse und Diskussion	9
2.2.1	Massenvermehrungen.....	9
2.2.2	Periodizität	11
2.2.3	Gradationsdauer.....	13
2.2.4	Zusammenhang von Massenvermehrungen und Wetterdaten.....	14
2.2	Schlußfolgerungen	15
3	DIE KALAMITÄT VON 1992-95 IN RHEINLAND-PFALZ	
3.1	Kalamitätsverlauf	16
3.2	Folgeschäden	21
3.2.1	Nieder- und Überführungswälder.....	21
3.2.2	Hochwälder	23
4	UNTERSUCHUNG DER FOLGESCHÄDEN IM BIENWALD VON 1995-97	
4.1	Einführung	25
4.2	Untersuchungskonzept und Untersuchungsgebiet	28
4.2.1	Untersuchungskonzept	28
4.2.2	Untersuchungsgebiet	28
4.3	Erhebung und Analyse der Folgeschäden 1995 anhand von CIR-Luftbildern und mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems	30
4.3.1	Material und Methoden	30
4.3.1.1	Flächige CIR-Luftbildauswertung zur Erfassung der Folgeschäden 1995	30
4.3.1.1.1	Bildflug und Bildmaterial	30
4.3.1.1.2	Interpretation.....	31
4.3.1.1.3	Verifizierung der Interpretationsergebnisse.....	37
4.3.1.2	Einsatz eines Geographischen Informationssystems (GIS) zur Analyse der Folgeschäden	40

4.3.2	Ergebnisse	47
4.3.2.1	Bilanz der Massenvermehrung	47
4.3.2.2	Analysen.....	50
4.3.2.2.1	Fraßgeschichte und Folgeschäden	50
4.3.2.2.2	Standort und Folgeschäden.....	51
4.3.2.2.3	Alter, Eichenanteil und Folgeschäden	54
4.3.2.2.4	Behandlung und Folgeschäden	56
4.4	Eingehende terrestrische Untersuchung der Folgeschäden von 1995-97 auf Beobachtungsflächen	58
4.4.1	Material und Methoden	58
4.4.1.1	Alt- und Baumhölzer.....	58
4.4.1.1.1	Auswahl der Beobachtungsflächen.....	58
4.4.1.1.2	Ausscheidung der Stichprobenbäume	60
4.4.1.1.3	Aufnahmeparameter	60
4.4.1.1.4	Vollaufnahmen in den Beobachtungsflächen	62
4.4.1.2	Schwache Baum- und Stangenhölzer.....	63
4.4.1.3	Dickungen	63
4.4.2	Ergebnisse	64
4.4.2.1	Fraßgeschichte, Standort und Folgeschäden	64
4.4.2.1.1	Alt- und Baumhölzer	64
4.4.2.1.2	Schwache Baum- und Stangenhölzer	71
4.4.2.1.3	Dickungen	71
4.4.2.2	Ausgangsvitalität und Folgeschäden.....	72
4.4.2.3	Auswirkung der Folgeschäden auf die Wasserreiserbildung	75
4.4.2.4	Sonderuntersuchung an Kiefern.....	77
4.5	Symptomanalyse	79
4.5.1	Material und Methoden.....	79
4.5.2	Ergebnisse	80
5	DISKUSSION	
5.1	Ursachen des Eichensterbens nach der Schwammspinner-Kalamität 1993 und 1994 im Bienwald	84
5.2	Auswirkungen der Schwammspinner-Folgeschäden auf den Forstbetrieb und die Waldstruktur	106

6	SCHLUßFOLGERUNGEN	115
6.1	Überwachung der Schwammspinner-Population in Eichenwäldern	116
6.2	Schutz der Eichenbestände vor Schwammspinner-Folgeschäden	119
6.2.1	Handlungsstrategie bei drohendem Schwammspinner-Kahlfraß	119
6.2.2	Handlungsstrategie nach erfolgtem Schwammspinner-Kahlfraß	125
6.3	Waldbauliche Maßnahmen	129
7	ZUSAMMENFASSUNG	132
8	LITERATUR	138
	VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN, TABELLEN UND KARTEN	VI
	VERZEICHNIS DES ANHANGS.....	XI
	ANHANG	

1 Einleitung

1.1 Die Schwammspinner-Kalamität von 1991-95 in Mitteleuropa

In Mitteleuropa kam es in den Jahren 1991 bis 1995 zu einer in diesem flächigen Ausmaß bis dahin nicht gekannten pandemischen Massenvermehrung des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.). Neben zahlreichen Befallsgebieten in der Bundesrepublik Deutschland sind auch in Frankreich, in der Schweiz, in Österreich, in der Slowakei, in Tschechien und in Polen außergewöhnliche Fraßschäden aufgetreten (WERMELINGER 1993, KREHAN 1994, NAGELEISEN et al. 1996, WULF & GRASER 1996, GARSULT et al. 1997, VILLEMANT & FRAVAL 1999).

Innerhalb Deutschlands trat der Schwammspinner vorwiegend im Südwesten auf. Neben Rheinland-Pfalz waren die Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern und Hessen besonders betroffen. Aus West- und Ostdeutschland sind zwar Fraßschäden bekannt, die sich aber in vergleichsweise geringem Ausmaß gehalten haben. 1991 gab es in Deutschland erste Hinweise auf eine ansteigende Population des Schwammspinners. Zu Beginn der Massenvermehrung 1992 waren 2.000 ha betroffen, bevor die Epidemie mit 47.000 ha im Jahr 1993 und 80.000 ha im Jahr 1994 ihren Höhepunkt erreichte. Nachdem die Schwammspinner-Populationen durch Parasitierung und Virenbefall im Spätsommer des Fraßjahres 1994 bundesweit weitestgehend zusammengebrochen waren, sind 1995 nur noch wenige Fraßschäden aufgetreten (WULF & BERENDES 1993 und 1996, WULF & GRASER 1996).

1.2 Wissensstand über Folgeschäden

SCHEDL (1936) berichtet, daß in der größten Zahl der Fälle ein Eingehen ganzer Bestände bevorzugter Holzarten erst nach mehrjährigem Kahlfraß eintritt, wogegen einmaliger Kahlfraß bei allen Laubbälzern in der Regel nur zu Zuwachsverlusten führt. Seiner Aussage nach werden die Fraßfolgen erst dann katastrophal, „... wenn sich zu denselben noch andere Faktoren, wie z.B. übernormale Trockenheit, Grundwasserverschiebungen und insbesondere der Eichenmehltau dazugesellen“. Nach WELLENSTEIN & SCHWENKE (1978) ist der Schwammspinner in West-, Mittel- und Nordeuropa vorwiegend Obstbaumschädling. Nur in Süd-, Südost- und Osteuropa tritt er in der Hauptsache als Laubwaldschädling auf. Die Schäden des Schwammspinners erstrecken sich in Europa überwiegend auf Eichen- und Eichenmischwälder und wirken sich in Form von Verlusten am Holzzuwachs, an der Eichel- bzw. Buchelmast, in der Verminderung der Korkernte sowie in der Beteiligung am Eichensterben aus. Über das Absterben von Eichen und anderen Laubbäumen im Gefolge des Schwammspinnerfraßes besteht ihrer Auskunft nach noch keine völlige Klarheit. In Europa gehe man davon aus, daß hierzu mehrmaliger Kahlfraß im selben Jahr oder in zwei Jahren hintereinander notwendig ist. Koni-

feren sind laut WELLENSTEIN & SCHWENKE (1978) verloren, wenn es zum Kahlfraß kommt, da der Fraß zu einer Jahreszeit erfolgt, in der die Knospen für das nächste Jahr noch nicht ausgebildet sind. In SCHWERDTFEGER (1981) ist über den Schwammspinner lediglich zu lesen, daß er im Walde meist bedeutungslos und nur bei längerem Auftreten in Eichenwaldungen, insbesondere in Südosteuropa, beachtlich ist. Er wird hier nur für Obstbäume als gefährlich angesehen.

DEUTSCHLAND. Aus **RHEINLAND-PFALZ** sind einzelbaumweise Ausfälle in Traubeneichen-Niederwäldern auf besonders flachgründigen und trockenen Standorten (Felsrippen und Kuppen) der Moselhänge, der Nahe und in der Nordpfalz bekannt geworden, die aber nie zu einer Gefährdung der dort zugrundeliegenden Waldfunktionen führten (mündl. Mitteilungen¹ FRAUDE 1995, DIETRICH 1997, VOLL 1997). Lediglich aus der Nordpfalz² wurde von einer flächig abgestorbenen Waldfläche berichtet. Es handelte sich um einen 32-jährigen Eichen-Hainbuchen-Bestand aus Stockausschlag auf 2,5 ha, der in den Jahren 1978 bis 1980 zweimalig licht und zuletzt kahl gefressen war, wobei die Wiederaustriebe dieser Jahre wahrscheinlich vom Mehltau befallen wurden. Dieser Bestand ist in den Folgejahren 1981 bis 1983, vermutlich unter Beteiligung von Eichenprachtkäfern (*Agrilus spec.*), vollständig abgestorben. Die standörtlichen Verhältnisse weisen eine mäßig trockene bis mäßig frische Wasserversorgung und einen mittelgründigen Schlufflehm im Ober- bis Unterhang auf (mündl. Mitt. VOLL 1997). Von **BADEN-WÜRTTEMBERG** wird über Folgeschäden berichtet, die sich im Zuge einer Schwammspinner-Massenvermehrung in den Jahren 1984 bis 1986 im Raum Offenburg und Kehl in Stieleichen-Hochwäldern der badischen Oberrheinebene eingestellt haben. Nach Berichten des Forstamtes Kehl wurden in diesem Forstbezirk schon im Fraßjahr 1985 Ausfälle in Eichenkulturen registriert (JAKOBS 1986). Dabei werden die Schäden nicht alleine dem Fraß zugeordnet. Ein vor der Kalamität liegender langer Winter mit starken Frostperioden, die durch längere Trockenzeiten gekennzeichneten Sommermonate und insbesondere ein starker, nach Wiederbegrünung einsetzender Mehлтаubefall soll hier zu einer Schwächung beigetragen haben. Hier wurden 160 fm Eichen-Stammholz zwangsgenutzt, wobei die Folgeschäden in diesen Altersstufen auf nachfolgenden Mehлтаu- und Hallimaschbefall zurückgeführt werden (WURTH 1987). Vom Stadtwald Offenburg wird berichtet, daß es insbesondere in Zusammenwirkung mit einem Mehлтаubefall in allen Altersklassen zu unerwartet hohen Folgeschäden kam (ROTH 1989). Im Jahr 1986 wurden dort Totalausfälle in Höhe von durchschnittlich 10% der Stammzahl festgestellt und weitere 10 bis 20% wiesen weniger als 20% der möglichen Blattmasse auf. Auf etwa 6 ha waren in Stangenhölzern sogar Ausfälle von bis zu 50% zu verzeichnen. Insgesamt kam es bis zum Frühjahr 1987 zu einem Schadholtzanfall von 12.000 fm Stammholz, wobei die zufällige Nutzung im Forstwirtschaftsjahr 1987 noch bei rund 3.000 fm lag und viele der überlebenden Bäume von Wasserreisern gezeichnet waren. Darüber hinaus

¹ H.-J. Fraude, Forstamt Bad Münster am Stein; P. Dietrich, Forstamt Cochem; T. Voll, Forstamt Winnweiler.

² Forstamt Winnweiler, Staatswald, Waldort: XXVII 4, Abteilung Bremrich.

untersuchte PIPER (1994) im Forstbezirk Offenburg die Auswirkungen des Fraßes auf den Radialzuwachs. Er stellte im Vergleich zu einem nicht befallenen Referenzkollektiv (100%) erhebliche Zuwachsrückgänge fest, die im Fraßjahr 1984 auf 82%, im Fraßjahr 1985 auf 40% und im Folgejahr weiter auf 35% gesunken sind. Im Jahr 1987 stieg der Zuwachs wieder auf 69% an. In **BAYERN** war die Kombination des Schwammspinnerbefalls mit vorhergehendem Eichenwicklerfraß (*Tortrix viridana* L.) besonders bedrohend, wodurch in Franken in den 70er Jahren selbst alte Eichen getötet wurden (SCHWENKE 1983). SCHWENKE et al. (1982) schildern, daß es neben Zuwachsverlusten und dem Ausbleiben der Mast sowie Wasserreiserbildung nicht selten auch zum Absterben von Bäumen kommen kann, zumal wenn mehrere Jahre hintereinander gefressen wird und abiotische Streßfaktoren wie Trockenheit hinzukommen. Daneben trat in Bayern der Zweifleckige Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus* [F.]) häufig als Folgeschädling auf, der zusätzlich eine Gefahr für die Eichen darstellte.

In **FRANKREICH** (Unterelsaß) beobachtete ESCHERISCH (1923) abgestorbene Eichen im Alter zwischen 80 und 100 Jahren, die einen starken Befall durch Zweifleckige Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus* [F.]) aufwiesen. Er berichtet, daß die Eichen zuvor mehrere Jahre hintereinander durch Schwammspinner kahl gefressen worden waren und die daraus resultierende Schwächung dem Prachtkäfer den Weg geebnet hatte.

JAHN & SINREICH (1957) schildern einen Fall aus **ÖSTERREICH** (Niederösterreich), wo nach einer Schwammspinner-Kalamität im Frühjahr 1956 Eichen in Wertholzbeständen abstarben, da die 1955 kahlgefressenen Bäume im September ein zweites Mal ausgetrieben hatten und Ende Januar 1956 im unverholzten Zustand in eine starke Frostperiode kamen.

Aus **SÜDOSTEUROPA** liegen vielfältige Erfahrungen zu Folgeschäden vor, die bis in das letzte Jahrhundert reichen.

Im ehemaligen **JUGOSLAWIEN** kam es zu zahlreichen Absterbewellen der Eichen, die mit dem Schwammspinner in Verbindung gebracht werden. In Kroatien und Slawonien gingen in den Jahren 1909 bis 1925 nicht weniger als 1,75 Mio. fm Eichen zugrunde, wobei die Gesamtbefallsfläche 40.000 ha betragen haben soll (SCHEDL 1936). In Zusammenhang mit dem Eichensterben in Jugoslawien haben laut NIKODEM (1913) „am meisten .. die Orte mit vom Hause aus ungünstigeren Standortsverhältnissen, besonders stagnierender Nässe“ gelitten. Als mitentscheidender Faktor wird auch der seit 1909 nach jedem Kahlfraß sich einstellende Befall der Wiederaustriebe durch den Eichenmehltau hervorgehoben, wodurch die Akkumulation der nötigen Reservestoffe für die nächste Vegetationsperiode vereitelt wurde, was das Verdorren der Bäume zur Folge hatte (NIKODEM 1913, LANGHOFFER 1926, NECHLEBA 1926). Der Eichenmehltau wurde vermutlich aus Amerika eingeschleppt und tritt in Europa erst seit 1907 in größerer Intensität auf (HECKE 1910, BUTIN 1983). Seit seinem Auftreten führte bereits vollständiger einmaliger Kahlfraß in vielen Fällen zu einem restlosen Eingehen von Eichenbeständen auf

größter Fläche (SCHEDL 1936). PRPIC & RAUS (1987) berichten, daß in Auewäldern Kroatiens allein im Zeitraum von 1982 bis 1986 eine Eichenschadholzmenge von 250.000 fm anfiel. Diese Absterbevorgänge haben sich vorwiegend in Eichenwäldern mit Winkelsegge abgepielt, wo es in den Jahren 1982 und 1983 auch zum Kahlfraß durch Schwammspinner kam.

VARGA (1987 und 1993) berichtet, daß in **UNGARN** zu Beginn des 20. Jahrhunderts die Stieleichenfläche in Verbindung mit Massenvermehrungen des Schwammspinners um mindestens 1.000 ha abgenommen hat. In jüngerer Vergangenheit sind nach einer außerordentlich großen Gradation des Schwammspinners von 1962 bis 1966 Stieleichenbestände unterschiedlichen Alters auf mehr als 300 ha völlig zugrundegegangen. Bis ins Jahr 1972 fielen daraus etwa 80.000 fm Dürholz an. Ein weiteres Massensterben der Stieleiche ist aus dem Zeitraum 1975 bis 1978 bekannt, wo auf ca. 400 ha etwa 60.000 fm Schadholz anfielen. Dieses Stieleichensterben spielte sich in Ungarn vorwiegend auf Auestandorten ab, die stark bindige Böden und hohe Grundwasserstände aufwiesen. VARGA (1987 und 1993) führt das dortige Absterben unter anderen Faktoren auf den Befall laubfressender Insekten, insbesondere des Schwammspinners, in Zusammenhang mit Mehltau- und Hallimaschbefall zurück.

FRATZIAN (1973) bezeichnet den Schwammspinner in **RUMÄNIEN** als wichtigsten Schädling der Eichenbestände. Er untersuchte den Zuwachs und die Lebensfähigkeit von Eichenbeständen nach Fraß in den Jahren 1965 und 1966. In einigen Versuchsbeständen betrug der Prozentsatz abgestorbener Bäume nach zumindest zwei Kahlfraßjahren bis zu 27%, wobei zum Teil auch andere blattfressende Insekten beteiligt waren (bspw. *Euproctis chrysorrhoea* L. [der Goldafter] und *Tortrix viridana* L. [der Eichenwickler]). Er berichtet von Gesamtzuwachsverlusten, die bis zu zwei Jahreszuwächse ausmachen könnten, wobei die Reduktion des Zuwachses zum Teil noch zwei Jahre nach Abschluß der Gradation bemerkt wurde.

In den **VEREINIGTEN STAATEN VON AMERIKA (USA)** wurde der Schwammspinner nach den Angaben von SCHEDL (1936) durch LEOPOLD TROUVELOT, der sich mit der Frage neue Seidenspinnerarten aufzufinden beschäftigte, im Jahr 1868 aus Europa nach Massachusetts eingeschleppt. Seitdem sind in Zusammenhang mit Schwammspinner-Massenvermehrungen immer wieder Vitalitätsverluste und Absterbeerscheinungen aufgetreten. So starben in einem Eichenwaldgebiet Neuenglands zwischen 1911 und 1921 insgesamt etwa die Hälfte aller Bäume ab. Die Absterberate war von der Vitalität der Bäume zum Zeitpunkt der Entlaubung und von der Häufigkeit des Befalls abhängig. Nach einmaliger Entlaubung starben 35% der Bäume in schlechtem Ausgangszustand ab, wohingegen die vitalen Bäume nur zu 7% betroffen waren. Nach zweimaliger Entlaubung starben 55 bzw. 22% der Bäume innerhalb von fünf Jahren ab (HOUSTON 1981). An überlebenden Bäumen traten durchschnittliche Verluste von mehr als einem Drittel des jährlichen Zuwachses auf. Die höchsten Absterberaten wurden nach ausgesprochen starken Entlaubungen, in Trockenjahren und unter Beteiligung des Prachtkäfers *Agriilus bilineatus* (Web.) (two-lined chestnut borer) und des Hallimasch (*Armillaria spec.*) beo-

bachtet (z.B. MINOTT & GUILD 1925, BAKER 1941, KEGG 1971, KEGG 1973, CAMPBELL & SLOAN 1977, DOANE & MCMANUS 1981, GOTTSCHALK 1993, DAVIDSON et al. 1999).

Den Anmerkungen von BARANCHIKOV et al. (1998) zufolge sind in der Literatur **RUßLANDS** und der **UKRAINE** bezüglich des Absterbens von Eichenarten nach Schwammspinnerfraß Hinweise zu finden, die von ausbleibenden bis hin zu erheblichen Folgeschäden reichen. Auftretende Zuwachsverluste werden häufig erwähnt. In Zusammenhang mit Eichenschäden unter Einfluß des Schwammspinners gibt es dort auch Angaben über die Beteiligung von Eichenmehltau und Prachtkäferarten (*Agrilus* spec.). NAUMENKO (1946) weist Schwammspinner-Kalamitäten für das Eichensterben im russischen Voronezh Reservat neben anderen Faktoren eine Schlüsselrolle zu. Die Schadwirkung wurde unter anderem durch den Eichenmehltau und im Endstadium durch einen Eichenprachtkäfer- (*Agrilus biguttatus* [F.]) sowie Hallimaschbefall (*Armillaria* spec.) verstärkt.

1.3 Ziele und Fragestellungen

Zum Zeitpunkt der letzten Schwammspinner-Kalamität in den neunziger Jahren lagen aus mitteleuropäischen Wäldern nur wenige Kenntnisse vor, ob und unter welchen Bedingungen im Anschluß an eine Massenvermehrung mit nachfolgenden Schäden gerechnet werden muß (Kap. 1.2). Die Beobachtungen aus Südosteuropa, den USA und Rußland wurden angesichts unterschiedlicher standörtlicher und vegetationskundlicher Voraussetzungen als nur eingeschränkt vergleichbar betrachtet. Dementsprechend gab es zu diesem Zeitpunkt kaum Entscheidungshilfen für forstliche Reaktionen, so daß man in den Diskussionen um das Für und Wider von Gegenmaßnahmen durch den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln weitestgehend auf Vermutungen angewiesen war. Da eine erneute Massenvermehrung dieses Umfangs in Mitteleuropa für die Zukunft nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden kann, bestand die dringende Notwendigkeit ihre Auswirkungen und deren Ursachen zu ermitteln, um über die Konsequenzen eines ausgedehnten Schwammspinnerbefalls Gewißheit zu erlangen. Deshalb haben in Deutschland die hauptsächlich betroffenen Bundesländer Forschungsprojekte zur Untersuchung der mittelfristigen Folgen dieser bisher einmaligen Kalamität des Schwammspinners ins Leben gerufen (DELB 1996, LOBINGER & SKATULLA 1996, RIEBELING 1996, WEZEL 1996, WULF & BERENDES 1996, DELB & WULF 1998a und b, DELB & BLOCK 1999, LOBINGER 1999, SEEMANN 1999a). Mit Hilfe der aus dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse soll für Rheinland-Pfalz die Grundlage geschaffen werden, bei zukünftigen Massenvermehrungen fundierte, differenzierte und ausgewogene forstliche Entscheidungen auf breiter fachlicher Basis zu treffen. Dadurch soll ermöglicht werden, daß ein zum Erhalt der Waldökosysteme notwendiger Einsatz von Pflanzenschutzmitteln erkennbar wird und auf ein unbedingt notwendiges Minimum beschränkt werden kann.

ZENTRALES ZIEL der Untersuchungen ist, das mittelfristige **RISIKO EINES SCHWAMMSPINNERBEFALLS IM HINBLICK AUF FORSTLICH RELEVANTE FOLGESCHÄDEN ABZUSCHÄTZEN**. Hieraus soll eine Entscheidungshilfe für künftige Kalamitäten entstehen, mit der sich die forstliche Praxis ein Urteil über die Verzichtbarkeit oder Notwendigkeit von Gegenmaßnahmen bilden kann. Bei der Einschätzung der Schäden wird zwischen Stockausschlagbeständen in Nieder- sowie Überführungswäldern und Hochwäldern unterschieden.

Unter forstlich relevanten **FOLGESCHÄDEN** sind in erster Linie durch den Schwammspinnerfraß verursachte oder mittelbar ausgelöste **ABSTERBEERSCHEINUNGEN** sowie **VITALITÄTS- UND QUALITÄTSVERLUSTE** am verbleibenden Bestand in den auf den Fraß folgenden Jahren zu verstehen. Vitalitätsverluste zeigen sich in einer Zunahme der Kronenverlichtung, Qualitätsverluste insbesondere an auftretenden Wasserreisern. Zudem können in den Befalls- und Folgejahren Zuwachseinbußen und Mastausfälle entstehen. Auch waldbauliche Erschwernisse infolge von Vergrasung und flächiger Vernässung aufgelichteter Bestände und Holzqualitätseinbußen durch das Auftreten holzbrütender Insekten sind als forstlich relevante Folgeschäden aufzufassen.

Zur Beurteilung der Folgeschäden sollen die Fragen beantwortet werden, welche Baumarten geschädigt sind, wie hoch die Mortalität im Baumbestand ist, ob es zu Entmischungen kommt, in welchem Ausmaß der Unterstand betroffen ist und welche Rolle die Ausgangsvitalität oder Vorschädigungen des Baumbestandes spielen. Zudem wird die Vitalitätsentwicklung fraßbeeinflusster Bäume und die Qualitätsentwicklung des verbleibenden Baumbestandes untersucht. Desweiteren soll das Flächenausmaß auftretender Folgeschäden ermittelt und festgestellt werden, wie sich die waldbaulichen Rahmenbedingungen verändern und welche weiteren sekundären Schadeffekte zu erwarten sind.

Vor dem Hintergrund möglicher Folgeschäden soll zu Beginn dieser Arbeit grundlegend die Frage beantwortet werden, ob mit einer Wiederholung der Schwammspinner-Massenvermehrung gerechnet werden muß und deshalb in Rheinland-Pfalz eine Überwachung der Population erforderlich ist. Dazu werden Daten zu allen bekanntgewordenen Massenvermehrungen zusammengetragen, wodurch sich regelmäßig wiederholende Gradationen festgestellt werden können. Die Periodizität dieser Kalamitäten und deren Dauer geben wichtige Informationen und Hinweise für die Einschätzung künftiger Ereignisse und zur **ABLEITUNG EINES ÜBERWACHUNGSKONZEPTE**. Zudem werden für den in der rheinland-pfälzischen Oberrheinebene gelegenen Bienwald die Niederschlags- und Temperaturdaten beispielhaft mit dem Auftreten der bekanntgewordenen Massenvermehrungen verglichen, um mögliche **ZUSAMMENHÄNGE DER KALAMITÄTEN MIT WETTERDATEN** zu erkennen.

Die **ENTSCHEIDENDEN PUNKTE DER UNTERSUCHUNGEN** sind die Fragen, welchen Einfluß die **FRAßGESCHICHTE** auf das Ausmaß der in Rheinland-Pfalz auftretenden Folgeschäden hatte und wie sich die Rahmenbedingungen des **STANDORTES**, der **WETTEREINFLÜSSE** und des **MEHLTAUBEFALLS** sowie der **BESTOCKUNGSKRITERIEN**, insbesondere das Alter, ausgewirkt haben. Darüber hinaus sind die **ANALYSE DER ABSTERBEURSACHEN** sowie die **DOKUMENTATION AUFTRETENDER FOLGESCHÄDLINGE** und daraus entstehende Schäden wichtige Ziele dieser Untersuchungen. Daneben soll festgestellt werden, ob durch die 1994 durchgeführte Behandlung ausgewählter Eichenbestände mit Pflanzenschutzmitteln Kahlfraß und somit Folgeschäden vermieden werden konnten.

Unter **FRAßGESCHICHTE** wird die Häufigkeit, der Zeitpunkt und die Intensität des Fraßes verstanden. In Rheinland-Pfalz wurden die betroffenen Waldbestände im wesentlichen von 1992 bis 1994 meist einmalig oder zweimalig in aufeinanderfolgenden Jahren befallen. In wenigen Fällen ist es auch zu dreimaligem Fraß in Folge gekommen. Bezüglich der Intensität des flächigen Fraßes werden Kahlfraß, Lichtfraß sowie leichter Fraß unterschieden. Kahlfraß besagt eine Entlaubung von mehr als 80% der üblichen Blatt- und Nadelmasse, Lichtfraß von 50 bis 80% und leichter Fraß von weniger als 50%. Im Jahr 1994 wurde zusätzlich der Kahlfraß an beigemischten Eichen, Buchen und Hainbuchen in Beständen mit anderen Hauptbaumarten, wie bspw. Kiefer, Esche und Erle, sowie Kahlfraß nur des Laubholzunterstandes zusammen mit dem leichten Fraß in einer Kategorie erfaßt.

Die Grundlagen der Biologie des Schwammspinners und der Zusammenhänge von Massenvermehrungen waldschädlicher Insekten werden in dieser Arbeit nicht wiedergegeben. Ausführliche Beschreibungen hierzu sind in SCHEDL (1936), WELLENSTEIN & SCHWENKE (1978), SCHWERDTFEGGER (1981) und SKATULLA (1985) zu finden.

2 Massenvermehrungen in Rheinland-Pfalz

2.1 Material und Methoden

Die verarbeiteten Informationen stammen größtenteils aus Forstschädlingsmeldungen der rheinland-pfälzischen Forstämter, die seit 1970 an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg ausgewertet werden. Vor diesem Zeitraum sind lediglich Mitteilungen über Massenvermehrungen in der Pfalz aus alten Akten der Forstdirektion Rheinhessen-Pfalz von 1930 zu entnehmen³. Diese Informationen wurden anhand von Angaben der Forstdirektionen Koblenz, Trier und Rheinhessen-Pfalz ergänzt und in Zweifelsfällen bei den betroffenen Forstämtern nachgefragt. Die Massenvorkommen seit 1970 werden in Abbildung 1 (siehe Kap. 2.2.1) forstamtsweise dargestellt und die betroffenen Forstämter neun **BEFALLSGEBIETEN** zugeordnet. Im Oberrheingraben bildet der Bienwald ein eigenes Befallsgebiet. Es wird zwischen den Befallskategorien „**SCHWAMMSPINNER-VORKOMMEN**“ und „**STARKES SCHWAMMSPINNER-VORKOMMEN**“ unterschieden, wobei der Begriff „Vorkommen“ in diesem Zusammenhang mit einer Massenvermehrung gleichzusetzen ist. Die Kategorie „Starkes Schwammspinner-Vorkommen“ wurde ab einer forstamtsweiten Befallsfläche von mehr als 10 ha vergeben. Die Abfolge der Befallsgebiete richtet sich nach der Häufigkeit und Intensität des Fraßgeschehens von 1992 bis 1994. Innerhalb der Befallsgebiete wurden Forstämter mit wiederholtem Massenvorkommen zuerst aufgeführt und anschließend nach der Häufigkeit und Intensität sowie dem Jahr des ersten Schwammspinner-Auftretens in den neunziger Jahren sortiert. Die Befallsangaben stellen das befallsgebiets- und forstamtsbezogene Fraßgeschehen dar und geben keine Informationen darüber, ob sich die Massenvermehrungen auf Flächen wiederholte, die in den Vorjahren schon betroffen waren. Da die Schwammspinnerraupen verhältnismäßig große, auffällig und eindeutig gezeichnete Insektenlarven sind, dürfte deren Erkennungsrate während des Fraßstadiums verhältnismäßig hoch sein. Trotzdem kann eine Verwechslung mit der Eichenwickler- und Frostspanner-Schadgesellschaft nicht vollständig ausgeschlossen werden, da der Schwammspinner in beachtenswerten Ausmaßen bis dahin nur selten vorkam und die Forstbetriebe nicht überall sensibilisiert waren.

Zum Vergleich der Wetterdaten mit den im Bienwald bekanntgewordenen Schwammspinner-Kalamitäten werden die seit 1876 weitestgehend lückenlos vorliegenden Daten zum Niederschlags- und Temperaturverlauf an der Station Karlsruhe-West des Deutschen Wetterdienstes herangezogen. Sie geben trotz der Entfernung von etwa 15 km in östlicher Richtung zum Bienwald für diesen Raum die Relationen im jährlichen Wettergeschehen wieder.

³ Ergebnisse des Studiums alter Akten aus dem Jahre 1930: Sparte XIV, Abteilung 3, Fasz. Nr. 1800^b, späteres Az.: 6205^b, der Forstdirektion Rheinhessen-Pfalz in Neustadt an der Weinstraße, in denen zeitlich geordnet die Massenvermehrungen schädlicher Forstinsekten in den Staatswaldungen der Pfalz vom Beginn des 19. Jahrhunderts bis zum Jahre 1930 dargestellt sind.

2.2 Ergebnisse und Diskussion

2.2.1 Massenvermehrungen

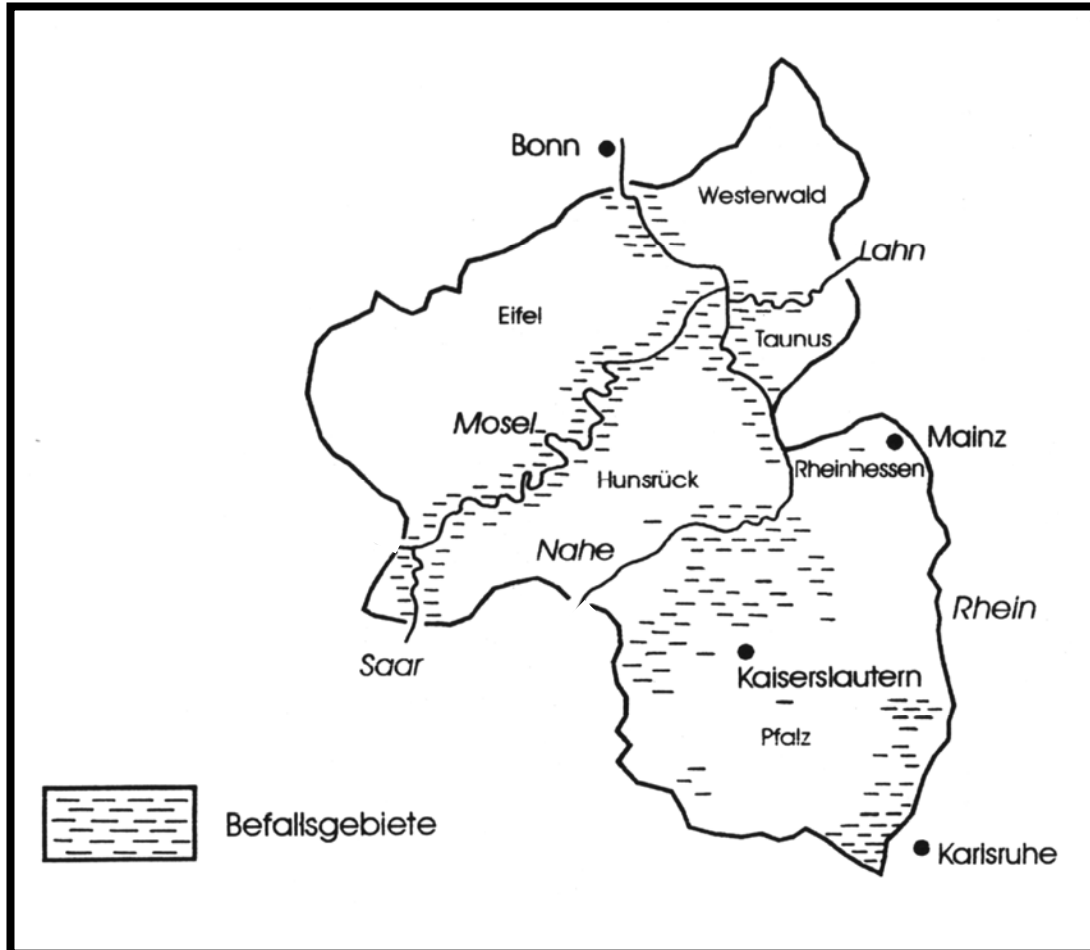
In der Pfalz sind Massenvermehrungen des Schwammspinner schon seit dem letzten Jahrhundert bekannt. Im ehemaligen Bienwaldforstamt Scheibenhardt kam es bereits in den Jahren 1887 und 1888 auf einer Fläche von 85 bzw. 76 ha zu einem Kahlfraß. Ein intensiver Spätfrost im Jahre 1888 soll den Raupen damals die Nahrung entzogen haben, so daß ihre Entwicklung gehemmt wurde. Desweiteren wurde im gleichen Jahr ein starkes Auftreten von Parasiten notiert. Auch 1929 wurde im Bereich des damaligen Forstamtes Neulauterburg auf einer Fläche von 3 ha Kahlfraß durch Schwammspinner beobachtet. Die Fraßorte im Bienwald von 1887 und 1888 sowie von 1929 stimmen offensichtlich mit den neuerlichen Ereignissen der Jahre 1992 bis 1994 überein. Vermutlich waren damals die gleichen Bereiche betroffen, die 1992 zu Beginn der Massenvermehrung als erste Fraßschäden aufwiesen. Für das Jahr 1889 ist ein Kahlfraßereignis mit unbekanntem Flächenausmaß auch aus dem Göllheimer Eichenschälwald des Forstamtes Ramsen festgehalten. Zu Beginn dieses Jahrhunderts gibt auch SCHEDL (1936) einen Hinweis auf Schwammspinner-Vorkommen im pfälzischen Raum. Unter der Rubrik „Deutsches Reich“ vermerkt er, daß „im größten Teile des Reiches, insbesondere in der Pfalz, .. der Schwammspinner als Obstbaumschädling eine gewisse Rolle“ spielt.

Aus jüngerer Vergangenheit sind Massenvorkommen des Schwammspinner seit Anfang der siebziger Jahre bekannt. Auffällig ist, daß der Schwammspinner in verschiedenen Befallsgebieten und Forstämtern phasenweise immer wieder aufgetreten ist (Abb. 1). Dabei gab es in Rheinland-Pfalz seit 1970 vier **BEFALLSPHASEN**: eine erste Phase Anfang der siebziger Jahre, eine zweite Phase beim Übergang der siebziger in die achtziger Jahre, eine dritte Phase zur Mitte der achtziger Jahre und die letzte Phase zu Beginn der neunziger Jahre. In einigen Forstämtern, beispielsweise Bad Münster am Stein-Eberburg, Cochem, Saar-Hochwald und Winnweiler, wurde die Erfahrung gemacht, daß bestimmte Eichenwaldgebiete bei jeder Massenvermehrung immer wieder von Schwammspinner-Kahlfraß betroffen waren.

		■ = Starkes Schwammspinner-Vorkommen		■ = Schwammspinner-Vorkommen													
		Befallsphasen =>															
		I		II				III				IV					
lfd.Nr.	Befallsgebiete	FA-Nr.	1971	1972	1978	1979	1980	1981	1984	1985	1986	1987	1988	1992	1993	1994	
1	Bienwald																
11	Hagenbach	314												■	■	■	
12	Schaidt	334												■	■	■	
13	Kandel	322												■	■	■	
2	Oberheingraben																
21	Speyer	336											■				
22	Bellheim	306												■	■	■	
23	Landau	326												■	■	■	
24	Hassloch	315												■	■	■	
25	Neustadt	330												■	■	■	
3	Nordpfalz																
31	Winnweiler	340			■	■	■	■						■	■	■	
32	Lauterecken	328	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
33	Alzey	301			■												
34	Otterberg	331									■						
35	Kusel	324															
36	Kirchheimbolanden	323												■	■	■	
37	Waldmohr	339												■	■	■	
4	Nahe																
41	Ebernburg	105			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
42	Sobernheim	137			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
43	Rhaunen	134															
44	Entenpfuhl	111												■	■	■	
5	Saar																
51	Saar-Hochwald	220			■	■	■	■						■	■	■	
52	Saarburg	221			■	■	■	■						■	■	■	
6	Mosel																
61	Cochem	108			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
62	Bernkastel	201			■	■	■	■						■	■	■	
63	Treis-Brodenbach	139												■	■	■	
64	Mayen	126												■	■	■	
65	Zell	141												■	■	■	
66	Kasel	211												■	■	■	
67	Quint	219												■	■	■	
68	Traben-Trarbach	222												■	■	■	
69	Koblenz	123												■	■	■	
610	Kaisersesch	116												■	■	■	
611	Wittlich	223												■	■	■	
612	Morbach	214												■	■	■	
7	Mittelrhein																
71	Bingen	307			■									■	■	■	
72	St. Goar	138												■	■	■	
73	Nastätten	129												■	■	■	
74	Ahrweiler	102												■	■	■	
75	Linz	125												■	■	■	
76	Boppard	107												■	■	■	
77	Andernach	104												■	■	■	
8	Lahn																
81	Nassau	128												■	■	■	
82	Lahnstein	124												■	■	■	
83	Katzenellenbogen	118												■	■	■	
9	Pfälzerwald/Saarpfalz																
91	Ramsen	333												■	■	■	
92	Elmstein-Süd	311												■	■	■	
93	Eppenbrunn	312												■	■	■	
94	Pirmasens	332												■	■	■	

Abb. 1: Massenvorkommen des Schwammspinners in Rheinland-Pfalz im Zeitraum von 1970 bis 1998 (in den Jahren zwischen den Befallsphasen wurden keine Vorkommen gemeldet)(siehe Text)

In der letzten Phase von 1992 bis 1994 war die umfangreichste Massenvermehrung zu verzeichnen (Karte 1), wobei viele Befallsgebiete offenbar zum ersten Mal von Kahl- und Lichtfraß des Schwammspinners heimgesucht wurden (Abb. 1).



Karte 1: Befallsgebiete der Schwammspinner-Massenvermehrung von 1992 bis 1994 in Rheinland-Pfalz

2.2.2 Periodizität

Seit 1970 kam es im Nordpfälzer Berg- und Hügelland, im Nahegebiet, an der Mosel und im Bereich der Saar sowie am Mittelrhein und im Oberrheingraben zu wiederholten Schwammspinner-Kalamitäten (Kap. 2.2.1, Abb. 1). Die mittleren Zeitabstände zwischen den Zentren der Massenvermehrungen zweier benachbarter Befallsphasen lagen bei etwa sieben Jahren (zwischen 4 und 8 Jahren). In allen Fällen, bei denen eine Phase übersprungen wurde, war ein mittlerer Abstand von etwa 14 Jahren (13 bis 15 Jahre) zu beobachten. Demzufolge ist in Rheinland-Pfalz eine auffällige Regelmäßigkeit von Schwammspinner-Vorkommen festzustellen. Daraus kann die Hypothese abgeleitet werden, daß Schwammspinner-Massenwechsel in etwa siebenjährigem Abstand auftreten, wobei ein bedeutungsvolles Ausmaß in Form eines

Kahlfraßes nur bei günstigen Lebensbedingungen erreicht wird. So wäre das Nebeneinander von sieben und vierzehnjährigen Spannen der bekanntgewordenen Gradationen zu erklären. Theoretisch könnten demnach bei anhaltend widrigen Lebensbedingungen auch Intervalle von jedem Vielfachen von sieben Jahren möglich sein. Auffälligerweise liegen zwischen den im Bienwald gemeldeten Kalamitäten von 1993/94 und 1929 sowie 1887/88 tatsächlich Abstände, die einem Vielfachen von sieben Jahren entsprechen.

Nach WELLENSTEIN & SCHWENKE (1978) herrscht in Gebieten mit dauerhaft optimalen Umweltbedingungen, wie im arid-kontinentalen, südost- und osteuropäischen Raum, eine selbstbegründete Periodizität der Schwammspinner-Vorkommen. Im Gegensatz dazu sind Massenvermehrungen bei weniger günstigen Bedingungen, wie im humid-maritimen Mitteleuropa, von zeitlich begrenzten, besonders günstigen Wetterverhältnissen abhängig. Dazu gehören außergewöhnliche Trockenheit, ausreichend Wärme und viel Licht (Besonnung), wie dies in Trockenjahren der Fall ist. Für eine Massenvermehrung sind insbesondere die Wetterverhältnisse zum Zeitpunkt des Raupenfraßes im ausgehenden Frühjahr bis Frühsommer und des Falterfluges im Sommer entscheidend.

In Rheinland-Pfalz handelt es sich bei den wiederholt befallenen Gebieten um für mitteleuropäische Verhältnisse ausgesprochen wärmebegünstigte Gegenden der niedergelegenen Flußtäler und benachbarten Bereiche, die durch den selbsterklärenden Begriff „Weinbauklima“ kurz und treffend charakterisiert werden können. Unter diesen Verhältnissen herrscht offensichtlich auch in Mitteleuropa eine selbstbegründete Periodizität, die in diesem klimatischen Grenzbereich aber nur bei anhaltend günstigen Wetterverhältnissen in Form einer bedeutungsvollen Massenvermehrung mit Kahlfraß zum Ausdruck kommt. In Zusammenhang mit den für Rheinland-Pfalz festgestellten mittleren Periodizitäten von 7 bzw. 14 Jahren, wobei zwischen den Gradationen 4 bis 15 Jahre lagen, ist der Vergleich mit den Angaben von WELLENSTEIN & SCHWENKE (1978) für das ehemalige Jugoslawien interessant. Dort waren zwischen 11 Gradationen Abstände von je 6, 6, 7, 9, 7, 3, 13, 8, 9, und 8 Jahren zu verzeichnen. Wird der 13jährige Abstand von den restlichen getrennt betrachtet, so ergibt sich ein mittlerer Gradationsabstand der Massenvermehrungen von 7 bzw. 13 Jahren. Aus Ungarn und den USA wird von vergleichbaren mittleren Abständen berichtet, wobei zwischen den Gradationen in Ungarn 4 bis 12 und in den USA 7 bis 8 Jahre lagen (SZABO et al. 1980, TURCHIN & TAYLOR 1992, beide zit. nach BOGENSCHÜTZ & KAMMERER 1995). BOGENSCHÜTZ & KAMMERER (1995) berichten in Zusammenhang mit dem neuerlichen baden-württembergischen Schwammspinner-Vorkommen der neunziger Jahre von einer für Mitteleuropa neuartigen periodischen Wiederkehr der Massenvermehrung, die für Südwestdeutschland seit 1978 einen Abstand zwischen den Kulminationen von sieben bis acht Jahren ergeben hat, was den Ergebnissen aus Rheinland-Pfalz entspricht. Sie legen die Vermutung nahe, „... daß für die Übervermehrung des wärmeliebenden Schwammspinners in Südwestdeutschland die überdurchschnittlich warmen Sommer ...“ zu Beginn der neunziger Jahre „...“, d.h. eine Anpassung an die Witterung im Op-

timumgebiet, verantwortlich zu machen sind“. Ihrer Meinung nach wird die Zukunft lehren, „inwieweit eine anthropogene Klimaveränderung dabei im Spiel ist, ...“.

Anhand der dargestellten Ergebnisse für die bisher periodisch befallenen Gebiete kann angenommen werden, daß sich in den seit 1970 wiederholt befallenen Gebieten des Landes Rheinland-Pfalz die Tendenz der in Abständen von etwa 7 bzw. 14 Jahren spürbar auftretenden Massenvermehrungen bei entsprechenden Umweltbedingungen fortsetzen wird. Danach wäre in Rheinland-Pfalz bei anhaltend günstigen Wetterbedingungen um das Jahr 2000 erneut mit der Gefahr einer Schwammspinner-Massenvermehrung zu rechnen. Demgegenüber bleibt abzuwarten, ob sich in den in der Phase von 1992 bis 1995 zahlreichen erstbetroffenen Gebiete die gleichen Periodizitäten entwickeln. Sollte sich jedoch die oft diskutierte Klimaerwärmung bewahrheiten (JONES & WIGLEY 1990, RAPP & SCHÖNWIESE 1995, BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT 1996) ist eine Wiederholung der Massenvermehrungen eher wahrscheinlich, da sich unter diesen Umständen die Lebensbedingungen für den Schwammspinner verbessern (SCHWENKE 1983, SCHWENKE 1993, BRASIER & SCOTT 1994, SCHWENKE 1994, SCHANOWSKI & SPÄTH 1994). Auch nach Auffassung von BLACEK et al. (1996) würde der Schwammspinner von einer Temperaturerhöhung profitieren. Allerdings sei parallel dazu zu erwarten, daß er auch stärker parasitiert wird, weshalb umfangreichere Massenvermehrungen nicht zwangsläufig zu erwarten wären.

2.2.3 Gradationsdauer

Die Zeitdauer der bekanntgewordenen Schwammspinner-Kalamitäten lag in Rheinland-Pfalz zwischen einem und vier Jahren, wobei die ein- und zweijährige Dauer ein deutliches Übergewicht hatte (Kap. 2.2.1, Abb. 1). Meist wird lediglich die Kulmination einer Gradation bemerkt, da zu diesem Zeitpunkt unübersehbare Fraßschäden auftreten. Die Kulmination dauert oft nur ein, selten länger als zwei Jahre an (BOGENSCHÜTZ & KAMMERER 1995). Diese Gegebenheiten und die allgemeinen Erkenntnisse zum Massenwechsel der Forstinsekten (SCHWERDTFEGER 1981) lassen für Rheinland-Pfalz auf eine drei- oder vierjährige Gradationsdauer mit ein- oder zweijähriger Kulmination schließen. Zum Vergleich sind die Gradationen in Jugoslawien, dem bereits angesprochenen Optimumgebiet des Schwammspinners, zeitlich meist auf 4 Jahre begrenzt, wobei sich diese Zeit in je zwei Pro- und Retrogradationsjahre aufteilt. Sie variieren dort zwischen drei und sechs Jahren (WELLENSTEIN & SCHWENKE 1978). FRATZIAN (1973) hat in Rumänien zwei Kahlfraßjahre mit vorausgehendem oder folgendem Lichtfraßjahr beobachtet, und SCHEDL (1936) berichtet für Eurasien und Nordafrika von einer etwa dreijährigen Gradationsdauer (siehe auch LANGHOFFER 1926).

2.2.4 Zusammenhang von Massenvermehrungen und Wetterdaten

Seit 1876 wurde im Bienwald eine derartig zusammenhängend trocken-warme Wetterperiode wie in den Jahren von 1989 bis 1992 erstmalig beobachtet (Abb. 2). Nur von 1962 bis 1964 war ein Zeitraum mit ähnlichen Niederschlagsdefiziten in der Vegetationszeit zu erkennen, wobei lediglich 1964 gleichzeitig vergleichsweise hohe Temperaturen vorherrschten. Obwohl bei der Rückrechnung einer unterstellten 7-jährigen Periodizität seit 1993 im Jahr 1965 eine Massenvermehrung zu erwarten gewesen wäre, schloß sich dieser Wetterperiode keine Schwammspinnergradation an. 1965 wurden allerdings deutlich niedrigere Temperaturen und weitaus höhere Niederschläge als bei der Gradation 1993 gemessen, was die Entwicklung der Raupen gehemmt haben könnte. Bei den komplexen Zusammenhängen zwischen den Wetterereignissen und der Entwicklung des Schwammspinners erweisen sich beispielsweise auch Spätfrostereignisse als entwicklungshemmend, wie dies im Bienwald aus dem Jahr 1888 berichtet wurde (vgl. Kap. 2.2.1).

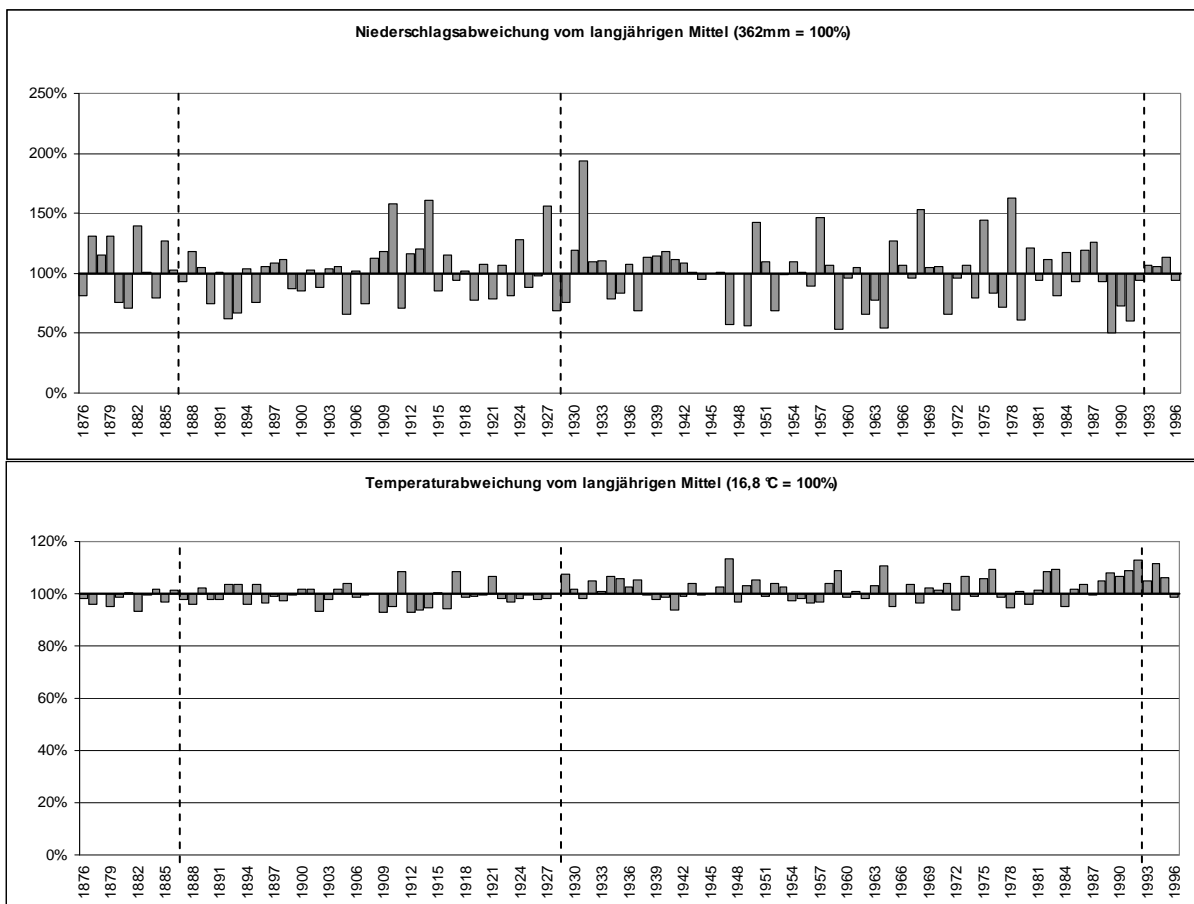


Abb. 2: Verlauf der Niederschlags- und Temperaturabweichung in der Vegetationszeit (Mai bis September) von 1876 bis 1996 im Vergleich zum langjährigen Mittel von 1876 bis 1996 an der Station Karlsruhe-West des Deutschen Wetterdienstes (DWD)(von 1944 und 1945 liegen nur unvollständige Messungen vor); die eingezeichneten Hilfslinien liegen jeweils vor den Kulminationsjahren der im Bienwald bekanntgewordenen Schwammspinner-Kalamitäten von 1887/88, 1929 und 1993/94

Im Gegensatz zu der Kalamität von 1993/94 können die Massenvermehrungen der Jahre von 1887/88 und 1929 nicht mit hohen Temperaturen und ausgesprochenen Niederschlagsdefiziten der vorhergehenden Jahre in Einklang gebracht werden. Auch die gesonderten Auswertungen der Wetterdaten zu den für die Vermehrung dieses Insektes relevanten Zeitpunkten des Rau-penfraßes und des Falterfluges im Juni, Juli und August konnten diesbezüglich keine weiteren Aufschlüsse geben. Diese älteren Kalamitäten erreichten allerdings auch bei weitem nicht das flächige Ausmaß der letzten Gradation in den Jahren 1993 und 1994.

Aufgrund der Wetterdaten vor den Schwammspinner-Kalamitäten der Jahre 1887/88 und 1929 entsteht für den Bienwald der Eindruck, daß mehrere Jahre mit ausgeprägt trocken-warmem Wetter alleine nicht unbedingt eine zwingende Voraussetzung für eine Massenvermehrung sind. Auch CRAMER (1961) stellte fest, daß bei bestimmten Wetterkonstellationen die Gefahr für Insekten-Massenvermehrungen zwar steigt, der tatsächliche Ausbruch einer Kalamität dann aber vom Vorhandensein oder Fehlen anderer Umweltfaktoren abhängig ist. Massenvermehrungen können beispielsweise nur zu den Zeitpunkten der selbstbegründeten Periodizität ausbrechen.

2.3 Schlußfolgerungen

Die Untersuchungen ergeben, daß die Abstände der Gradationen in den bisher wiederholt befallenen Gebieten zwischen 4 und 15 Jahren schwankten und eine Gradationsdauer von bis zu vier Jahren erreicht wurde, wobei die Kulminationen meist ein oder auch zwei Jahre andauerten. Wie das Beispiel im Bienwald zeigt, scheinen mehrere Jahre mit ausgeprägt trocken-warmen Wetterverhältnissen alleine nicht unbedingt eine Voraussetzung für Massenvermehrungen zu sein. Seit den siebziger Jahren sind die bekanntgewordenen Schwammspinner-Kalamitäten im Mittel in etwa siebenjährigem Abstand aufgetreten, weshalb auf eine endogene Periodizität geschlossen werden kann. Ein spürbares Ausmaß wird offenbar nur bei besonders günstigen Wetterbedingungen in der Progradationsphase erreicht, so daß auch Abstände von etwa vierzehn Jahren zu beobachten waren. Demnach wäre in Rheinland-Pfalz bei anhaltend günstigen Wetterbedingungen zunächst um das Jahr 2000 erneut mit der Gefahr einer Schwammspinner-Massenvermehrung zu rechnen. Die festgestellten Unregelmäßigkeiten im Populationsverhalten des Schwammspinners verlangen in Anlehnung an die Forderungen von WELLENSTEIN & SCHWENKE (1978) auch für Rheinland-Pfalz im Zusammenspiel mit Wetterbeobachtungen eine Überwachung der Populationsentwicklung. Dadurch können Gradationen frühzeitig erkannt und gegebenenfalls rechtzeitig die notwendigen Schritte zur Vermeidung von Folgeschäden eingeleitet werden.

3 Die Kalamität von 1992-95 in Rheinland-Pfalz

3.1 Kalamitätsverlauf

Zu Beginn der neunziger Jahre herrschten gute Ausgangsbedingungen für eine Schwammspinner-Kalamität, da das Wetter während der Vegetationszeiten von verhältnismäßig geringen Niederschlägen und überdurchschnittlich hohen Temperaturen geprägt war (Kap. 2.2.4, Abb. 2). Daraufhin ist es insbesondere auf warm-trockenen Standorten des Landes zu Massenvermehrungen gekommen, wo meist Eichen- und Eichenmischwälder betroffen waren. Neben den Eichenarten wurden überwiegend Hain- und Rotbuchen befallen, wogegen die fiederblättrigen Eschen, Robinien und Walnußbäume von Fraßschäden weitgehend verschont blieben und Erlen lediglich leicht gefressen wurden. In die Laubbaumbestände eingemischte Nadelhölzer wurden oftmals zum Ende der Fraßperioden befallen, wobei an Kiefern nur Lichtfraß zu beobachten war. Der Fraß der Schwammspinnerraupen dauerte hauptsächlich von April bis Juli an. Laubbäume haben anschließend meist wieder ausgetrieben, wenn auch die Belaubungsdichte gegenüber Normaljahren stark reduziert war. Wiederaustriebe wurden an Eichen häufiger als bei allen anderen Baumarten beobachtet, wobei an den heimischen Stiel- und Traubeneichen das neu gebildete Laub gebietsweise intensiv von Mehltau (*Microsphaera alphitoides* GRIF. & MAUBL.) befallen war. In einigen Fällen wurden die Wiederaustriebe auch von verspäteten Raupen befallen, jedoch nie bis zum Kahlfraß.

FRAßGESCHEHEN 1992. Zu Beginn der neunziger Jahre wurde das erste bedeutungsvolle Massenaufkommen des Schwammspinners aus dem Forstamt Bad Münster am Stein-Ebernburg im Nahegebiet bekannt, wo auf 85 ha Eichenwälder befallen wurden. Eine planmäßige aviotechnisch-flächige Behandlung dieser Befallsflächen mit Pflanzenschutzmitteln blieb aus. Erste Anzeichen einer sich abzeichnenden Gradation wurden in diesem Jahr in Form kleinflächigen Fraßes auch in den Forstämtern Winnweiler und Kusel sowie an der Saar bemerkt. Im Bienwald wurden zu diesem Zeitpunkt bereits ungewöhnlich viele Schwammspinnerlarven beobachtet, jedoch ohne daß es zu bedeutenden Fraßflächen kam (mündl. Mitt.⁴ BOHLANDER & LEPLA 1995)(Kap. 2.2.1, Abb. 1).

FRAßGESCHEHEN 1993. Das erste Jahr mit landesweitem Schwammspinnerbefall hat in Rheinland-Pfalz zu einer Fraßfläche von insgesamt 5.662 ha geführt (Tab. 1), wobei insgesamt 44 Forstämter in unterschiedlichem Ausmaß betroffen waren (Kap. 2.2.1, Abb. 1). Die Schwerpunkte des Fraßes lagen in der Oberrheinebene südlich von Ludwigshafen, im Nordpfälzer Berg- und Hügelland, im Nahetal sowie im Mosel- und Saartal. Betroffen waren insbesondere die Forstämter Hagenbach, Schaidt und Bellheim auf zusammen rund 3.000 ha, die Forstämter Bad Münster am Stein-Ebernburg, Sobernheim, Rhaunen, Winnweiler, Lauterecken und Alzey

⁴ K. Bohlander, Forstamt Schaidt; P. Leppla, Forstamt Hagenbach.

auf rund 1.800 ha sowie die Forstämter Cochem, Saar-Hochwald und Saarburg auf insgesamt etwa 400 ha. Daneben fanden sich insbesondere auch im Mittelrhein- und Lahntal zahlreiche und ausgedehnte Befallsflächen. Im Forstamt Bad Münster am Stein-Ebernburg erfolgte 1993 das zweite Jahr der Gradation, womit in diesem Gebiet der Höhepunkt der Massenvermehrung erreicht war. Wie im Vorjahr, blieb in Rheinland-Pfalz auch 1993 eine planmäßig aviotechnisch-flächige Behandlung der betroffenen Bestände aus. Lediglich unmittelbar fraßgefährdete Kulturen wurden auf terrestrischem Wege mit Pflanzenschutzmitteln behandelt. Bis zum Frühjahr 1994 wurden in nennenswertem Umfang keine auf die Entlaubung 1993 zurückführbaren, abgestorbenen Laubbäume bekannt. Demgegenüber sind in Laubwäldern eingestreute Fichten nach Kahlfraß 1993 nahezu vollständig und Douglasien sowie Lärchen teilweise abgestorben (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN 1994).

Tab. 1: Die Schwammspinner Befalls-, Prognose- und Behandlungsflächen in Rheinland-Pfalz der Jahre 1993 und 1994

	Forstdirektion Koblenz			Forstdirektion Trier			Forstdirektion Rheinhessen-Pfalz			Land Rheinland-Pfalz		
	starker Licht-Fraß	Kahl-fraß	Sum.:	starker Licht-fraß	Kahl-Fraß	Sum.:	starker Licht-fraß	Kahl-fraß	Sum.:	starker Licht-fraß	Kahl-fraß	Sum.:
Befall 1993	945	1145	2090	74	279	353	1808	1411	3219	2827	2835	5662
Prognose 1994	1400	2100	3500	150	350	500	800	4300	5100	2350	6750	9100
Befall 1994	269	166	435	101	225	326	500	1437	1937	870	1828	2698
Behandlung 1994			4			32			1883			1919

FRAßPROGNOSE FÜR 1994. Im Laufe des Sommers 1993 kam es im Anschluß an das Fraßerignis im gesamten Land zu einer beträchtlichen Eiablage durch die Schwammspinnerfalter. Deshalb wurde für das Jahr 1994 im überwiegenden Teil der in Rheinland-Pfalz betroffenen Gebiete das zweite Jahr der Gradation und somit der Höhepunkt erwartet. Nur im Nahegebiet war mit dem 3. Jahr das Abklingen der Gradation (Retrogradation) abzusehen. Infolgedessen erarbeitete die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg in den Befallsgebieten anhand einer eingehenden Eigelegezählung durch die Forstämter eine Fraßprognose für 1994 (SCHRÖTER & SEEMANN 1996). Diese Prognose ergab eine landesweite Fraßgefährdungsfläche von 9.100 ha (Tab. 1). Dabei drohte sich der Raupenfraß im Zentrum der Massenvermehrung vielerorts auf gleicher Fläche zu wiederholen.

BEKÄMPFUNG DES SCHWAMMSPINNERS 1994. Über die zu erwartenden Folgen eines zwei Jahre aufeinanderfolgenden Schwammspinnerbefalls gab es erhebliche Meinungsunterschiede, da für die mitteleuropäischen Verhältnisse diesbezüglich wenig Erfahrungen vorlagen. Dementsprechend war die Planung von Behandlungsmaßnahmen insbesondere von Seiten der Naturschutzverbände umstritten (u.a. KOLMET 1993, KLEIN 1994, SCHANOWSKI & SPÄTH 1994, SCHULTE 1995). In enger Zusammenarbeit der rheinland-pfälzischen Forstverwaltung und der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg wurde schließlich ein Kriterienkatalog für zu schützende Bestände festgelegt, der unter der Voraussetzung prognostizierten Kahlfraßes im wesentlichen das Alter der Bestände und Vorschädigungen berücksichtigte. Die vorgesehene Behandlung hatte nicht zum Ziel, die Schwammspinner-Kalamität zum Erliegen zu bringen, denn zu diesem Zeitpunkt war bereits abzusehen, daß die Massenvermehrung zum Ende der Fraßperiode im Sommer 1994 vor allem aufgrund von Virus- und Parasitenbefall zusammenbrechen würde. Zweck dieser Maßnahme war es vielmehr, den sich bis dahin vollziehenden Raupenfraß in gefährdeten Beständen im Rahmen eines Objektschutzes gezielt zu verhindern, um sie vor Dauerschäden infolge der Entlaubung zu schützen. Die Forstämter wählten die zu schützenden Waldflächen aus, wobei einzelbestandsweise vorgegangen wurde. In den hauptbetroffenen Eichen- und Eichenmischbeständen wurde davon ausgegangen, daß ältere Bestände ab einem mittleren Brusthöhendurchmesser (BHD) der vorherrschenden Bestandesglieder von 20 cm nur dann durch Ausfälle gefährdet waren, wenn ein zweiter Kahlfraß auf identischer Fläche zu erwarten war. Bei erstmalig drohendem Kahlfraß waren Bestände für eine Behandlung vorzusehen, wenn eine Kronenstrukturansprache nach ROLOFF (1989) im winterkahlen Zustand 1993/94 Vorschädigungen zum Vorschein brachte. Von Vorschädigungen wurde ab einem Anteil von mehr als 30% der Bäume in mindestens Schadstufe 2 ausgegangen. In jüngeren Beständen mit einem mittleren BHD der vorherrschenden Bestandesglieder von weniger als 20 cm wurde unterstellt, daß sie auch mehrfachen Kahlfraß überstehen würden, falls die Wiederaustriebe nicht zu sehr von Mehltau in Mitleidenschaft gezogen werden. Demgegenüber galten Kulturflächen bis zum dritten Standjahr und bis hüfthohe Naturverjüngungen schon bei einmaligem Kahlfraß als von starken Ausfällen bedroht und waren zu behandeln. In den Niederwäldern wurden keine Behandlungsmaßnahmen vorgesehen. Die dort vor allem auf extrem flachgründigen und trockenen Standorten bekannte Gefahr verstärkter Abgänge wurde in Kauf genommen, da ein vollständiges Absterben ganzer Bestände auch bei zweimaligem Kahlfraß nicht erwartet wurde, und deshalb die Schutz- und Erholungsfunktionen insgesamt als nicht gefährdet angesehen wurde. Roteichenbestände waren nicht zu behandeln, da sie nicht durch Eichenmehltau gefährdet sind, und Kiefernbestände wurden ausgespart, da nur Lichtfraß zu erwarten war. Laubholzbestände mit eingemischten Fichten, Douglasien, Tannen und Lärchen waren nur dann zu behandeln, wenn bei einem Ausfall der Nadelhölzer die Bestandesstruktur insgesamt gefährdet war (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN 1994).

Auf Grundlage dieser Kriterien kam es landesweit auf einer Fläche von 1.919 ha zu einer aviotechnisch-flächigen Behandlung der Waldbestände mit zugelassenen Pflanzenschutzmitteln. In den Forstdirektionen Koblenz und Trier vollzog sich die Massenvermehrung vorwiegend in Nieder- und Überführungswäldern, die oft nicht die genannten Behandlungskriterien erfüllten, so daß in der Forstdirektion Koblenz mit 4 ha weit weniger als 1% und in der Forstdirektion Trier mit 32 ha lediglich 9% der Kahlfraßgefährdungsfläche behandelt wurden (Tab. 1). Innerhalb der Forstdirektion Rheinhessen-Pfalz war für die in der Nordpfalz und am Mittelrhein weit verbreiteten Nieder- und Überführungswälder sowie in den Hochwäldern der nördlichen rheinland-pfälzischen Oberrheinebene keine aviotechnisch-flächige Behandlung mit Pflanzenschutzmitteln vorgesehen. Lediglich in der Nordpfalz wurde im Forstamt Winnweiler aus hygienischen Gründen in siedlungsnahen Beständen kurzfristig ein Pflanzenschutzmitteleinsatz auf etwa 10 ha durchgeführt (mündl. Mitt. VOLL⁵ 1997).

Eindeutiger Schwerpunkt der Behandlungsmaßnahmen waren die Eichenhochwälder der südlichen rheinland-pfälzischen Oberrheinebene im Bereich der Forstdirektion Rheinhessen-Pfalz. Dort kam es auf einer Fläche von 1.873 ha zu einer großflächigen aviotechnischen Behandlung betroffener Waldbestände, wobei mit 80% ein Großteil der Behandlungsfläche im Eichenwaldgebiet des Bienwaldes der Forstämter Hagenbach und Schaidt lag (Tab. 2).

Tab. 2: Kahlfraßprognose, aviotechnisch-flächige Behandlung und Kahlfraß in der südlichen rheinland-pfälzischen Oberrheinebene 1994 (ha)

Forstamt	Kahlfraßprognose 1994		Behandlung 1994		Kahlfraß 1994	
	Gemeinde	Staat	Gemeinde	Staat	Gemeinde	Staat
Hagenbach	/	1.822	/	804	/	957
Schaidt	/	1.133	/	647	/	430
Bellheim	416	/	373	/	0	/
Kandel	57	/	44	/	0	/
Speyer	13	/	5	/	0,5	/
Summe	486	2.955	422	1.451	0,5	1.387
Gesamt	3.441		1.873		1.387,5	

In den **Gemeindewäldern** der südlichen Oberrheinebene wurden nahezu 90% aller kahlfraßgefährdeten Flächen behandelt. Dies erfolgte weitgehend mit dem biologisch-technischen Wirkstoff *Diflubenzuron* (Mittel: Dimilin 25 WP), das im Ruf stand, effektiver als der alternative biologische Wirkstoff *Bacillus thuringiensis Berliner var. kurstaki* (*B.t.k.*) (Mittel: Foray 48B oder Dipel) zu wirken (ROOS 1993, WELLENSTEIN & SCHWENKE 1978). Demnach wurde die Variante mit dem vorhergesagten geringeren Wirkungsrisiko eingesetzt, womit der Kahlfraß in den Gemeindewäldern so gut wie vollständig verhindert werden konnte (Tab. 2). Zudem sind

⁵ T. Voll, Forstamt Winnweiler.

bei der Behandlung mit *Diflubenzuron* im Vergleich zum *B.t.k.*, das zweimalig ausgebracht wurde, nur etwa ein Drittel der Ausgaben entstanden. Beispielsweise verursachte im Bienwald der Einsatz von *Diflubenzuron* einen Aufwand von 116 DM je ha und *B.t.k.* von 398 DM je ha (ALBERT & DELB 1999). Im **Staatswald** hingegen wurde mit 49% lediglich die Hälfte der kahlfraßgefährdeten Flächen behandelt, wovon nur der Bienwald in den Forstämtern Hagenbach und Schaidt betroffen war. Hier kam auf 87% der aviotechnischen Behandlungsfläche *B.t.k.* zum Einsatz (Tab. 2). Da vom *B.t.k.* eine höhere Selektivität und geringere Nebeneffekte für die Biozönose der Eichenmischwälder zu erwarten waren (FORSTER et al. 1993, ROOS 1993), wurde im Staatswald ein größeres Wirkungsrisiko und höhere Ausgaben zur beabsichtigten Schonung des Ökosystems in Kauf genommen.

FRABGESCHEHEN 1994. Im diesem Jahr kam es landesweit auf 2.698 ha zu einem Schwammspinnerbefall, was etwa der Hälfte der 1993 befallenen Fläche entsprach (Tab. 1). Auf 1.919 ha wurde der prognostizierte Kahlfraß durch Pflanzenschutzmittelbehandlung weitgehend abgewehrt. Vorausgesetzt auf den behandelten und kahlfraßprognostizierten Flächen wäre im Falle einer Nichtbehandlung tatsächlich ein Kahlfraß aufgetreten und ungeachtet der Fälle, die trotz des Insektizideinsatzes befallen wurden, ergibt sich eine potentielle Fraßfläche von 4.607 ha. Dies entspricht 82% des Vorjahresniveaus.

Entgegen den Erwartungen aus der Prognose war die Massenvermehrung des Schwammspinners 1994 vor allem in der Forstdirektion Koblenz nicht so weit verbreitet wie im Jahr zuvor (Tab. 1). Landesweit waren etwas mehr als die Hälfte der Forstämter des Vorjahres wiederholt betroffen (Kap. 2.2.1, Abb. 1), wobei die Gradation auch in diesen Gebieten noch während des Spätsommers 1994 infolge Viren- und Parasitenbefalls zusammenbrach. Die Diskrepanz zwischen der Fraßprognose und dem tatsächlichen Befall 1994 in der Forstdirektion Koblenz ist aufgrund der schwierigen Geländeverhältnisse in den Niederwäldern der hauptsächlich betroffenen Steillagen entstanden (Tab. 1). Dort sind viele Waldbereiche unbegebar, so daß für die Prognose mit vertretbarem Zeitaufwand kein systematisches Suchraster (SCHRÖTER & SEEMANN 1996) eingehalten werden konnte. Die Eigelegesuche konzentrierte sich hier entlang von Fahr- und Wanderwegen. Darüber hinaus stand für die Niederwälder schon im Januar 1994 fest, daß sie nicht behandelt werden sollten. Aus diesem Grund wurde die Auswertung der Prognosedaten nur noch extensiv durchgeführt und die notwendige Plausibilitätskontrolle der Ergebnisse von Seiten der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg ist weitgehend unterblieben (mündl. Mitt. SEEMANN⁶ 1998).

FRABGESCHEHEN 1995. Zu diesem Zeitpunkt war die Retrogradation erreicht, so daß Fraßaktivitäten nur noch in unbedeutendem Ausmaß zu beobachten waren und somit keine diesbezüglichen Forstschädlingsmeldungen erfolgten. In den Gradationsgebieten wurde eine auffällig große Zahl der parasitierenden Raupenfliegen beobachtet, die den wenigen noch vorkommen-

⁶ Dr. D. Seemann, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg.

den Raupen kaum eine Überlebenschance gelassen haben. Seit 1996 sind die Schwammspinner bis zum heutigen Zeitpunkt landesweit in ihrem Latenzbestand.

3.2 Folgeschäden

Zur Beurteilung der Folgeschäden in Rheinland-Pfalz werden die Befallsgebiete an der Mosel, Saar, Mittelrhein, Lahn sowie an der Nahe und in der Nordpfalz gemeinsam betrachtet. Dort waren überwiegend Traubeneichen in den Stockausschlagbeständen der **Nieder- und Überführungswälder** betroffen. Im Gegensatz dazu wurden in den Befallsgebieten der Oberrheinebene hauptsächlich **Eichenhochwälder** befallen.

3.2.1 Nieder- und Überführungswälder

Aus den Wäldern der Mosel und der Saar, des Mittelrheines sowie der Lahn sind bis 1997 keine gravierenden Folgeschäden bekannt geworden. Der dem Schwammspinnerfraß oftmals folgende Eichenmehltaubefall der Regenerationstriebe soll allerdings nur an der Saar beteiligt gewesen sein. Die Traubeneichen dieser wärmebegünstigten Flußtäler stocken meist in steiler Hanglage auf flachgründigen, trockenen und basenarmen, silikatischen Standorten. Bei aufeinanderfolgendem zweimaligen Fraß ist es nur auf extrem flachgündigen und felsigen Kuppen zu einzelbaumweisen Ausfällen in geringer Anzahl gekommen. Diese Ausfälle haben aber keinesfalls bestandesbedrohende Ausmaße angenommen, so daß die Schutzfunktionen dieser Wälder dadurch nicht beeinträchtigt wurden (mündl. Mitteilungen⁷ DIETRICH 1997, JACOBY 1997, WILHELM 1997).

Auch aus den Wäldern an der Nahe und in der Nordpfalz sind bis 1997 nur wenige Fälle mit Folgeschäden bekannt geworden. Dort stocken die Eichen neben den oben genannten steilen Hanglagen oft auch auf tiefgründigeren, frischeren und basenreicheren Standorten. Im Forstamt Sobernheim⁸ wurde in einem Überführungswald ebener Hochlage und mäßig trockenem Standort (Wasserversorgung) sogar nach dreimalig aufeinanderfolgendem Fraß⁹ in den Jahren 1992 bis 1994 kein nennenswerter Schaden verzeichnet. In diesem schwachen Baumholz war in allen Befallsjahren allerdings kein Mehлтаubefall festzustellen. Im Gegensatz dazu berichten die Forstämter Bad Münster am Stein-Eberburg und Lauterecken von Schadereignissen infolge des Schwammspinnerbefalls.

Im Forstamt Bad Münster am Stein-Eberburg¹⁰, mittlerweile Forstamt Neupfalz, wurde ein 80jähriger Traubeneichenbestand infolge eines Kahlfraßes 1992 und 1993, der von keinem

⁷ P. Dietrich, Forstamt Cochem; Dr. H. Jacoby, Forstdirektion Koblenz; G. Wilhelm, Forstdirektion Trier.

⁸ Gemeindewald Odernheim, Abteilungen 1a und 2b.

⁹ Lichtfraß 1992 und Kahlfraß je 1993 und 1994.

¹⁰ Staatswald, Waldort: 21a, Abteilung Otterberg, jetzt Forstamt Neupfalz.

nennenswerten Mehлтаubefall begleitet war, auf 2,2 ha in Mitleidenschaft gezogen. Es handelt sich um einen Überführungswald, der in Hanglage auf einem trockenen, flachgründigen, mesotrophen und südexponierten Standort stockt. Der geschädigte Staatswaldbestand war bereits 1985 vom Schwammspinner befallen und 1986 mit Dimilin behandelt worden. Infolge dieses Fraßes fiel nach Angaben des Forstamtes 1985 der ehemalige Hainbuchenunterstand aus, so daß heute eine Vielzahl der Eichen mit Wasserreisern besetzt ist. Die Aufnahme der aktuell trupp- bis gruppenweise abgestorbenen Eichen dieses Bestandes ergab für 1995 mit 22 Individuen eine Absterberate von etwa 2%. 1996 starben nach zusätzlichem leichten Frostspannerfraß von den Schadensherden aus weitere 58 Eichen geringer sozialer Stellung ab, so daß insgesamt nahezu 6% ausfielen. Trotz leichten Frostspannerfraßes sind 1997 keine weiteren Eichen mehr abgestorben. Eichenprachtkäfer waren als Absterbeursache beteiligt. Die abgestorbenen Eichen wurden 1996 als Brennholz vermarktet. Bisher sind die Waldfunktionen dieses Bestandes nicht beeinträchtigt.

Im Forstamt Lauterecken sind zwei Fälle von gravierenden Folgeschäden bekannt geworden. Im ersten Fall fiel eine etwa 2,5 ha große, vierzehnjährige Ödlandaufforstung¹¹ mit Traubeneichen aus Saat nach einem zweimaligem Kahlfraß 1993 und 1994 zu 80% aus. Die Eichen stocken in südexponierter Lage auf einem Oberhang, der einen trockenen und mittelgründigen Schlufflehm trägt. Die Wiederaustriebe der Eichen waren in beiden Fraßjahren stark von Mehltau befallen. Beigemischte Winterlinden überstanden den Befall schadlos. Spuren von Hallimaschbefall waren nicht zu finden. Aufgrund der lichten Verhältnisse sind die Eichenstämme oft mit Wasserreisern überzogen und der Schadbestand ist mittlerweile stark mit Brombeere und Grasvegetation bedeckt. Bei einer Ausgangsstammzahl von 25 bis 30 Tsd. Eichen sind nach Einschätzung von GRIGULL¹² (mündl. Mitt. 1997) auf dieser Saatfläche noch etwa 5.000 Bäume in weitgehend gleichmäßiger Verteilung übrig geblieben, so daß er das waldbauliche Betriebsziel als nicht gefährdet ansieht.

Im zweiten Fall war ein 41jähriger Überführungswald¹³ aus Stockausschlag betroffen, der hauptsächlich zweimalig 1993 licht- und 1994 kahlgefressen wurde. In diesen Jahren waren die Wiederaustriebe nach Auskunft des Forstamtes nicht von Mehltau befallen. Die Eichen stocken auf einer zu allen Seiten leicht geneigten Bergkuppe, die einen mittelgründigen und mesotrophen Schlufflehm aufweist. Die Wasserhaushaltsstufe befindet sich überwiegend im sehr trockenen Bereich. Eine im November 1994 erfolgte Aufnahme zeigte 22% tote Eichen, wovon 7% offensichtlich schon vor 1994 abgestorben waren. Die abgestorbenen Bäume stammten vorwiegend aus dem sozial schwächeren Bestandeskollektiv mit relativ geringen Durchmesser und schlechten Kronenausformungen. 15% der Eichen wurden als absterbend angesprochen und 60% zeigten deutliche Schäden, während nur 3% der Bäume noch als ge-

¹¹ Staatswald St. Julian, Abteilung Oberberg.

¹² K. Grigull, Forstamt Lauterecken.

¹³ Gemeindewald Nußbach, Waldort: I 0 a¹, Abteilung Straßenwald.

sund oder gering geschädigt einzuschätzen waren. Im Winter 1994/95 wurde in diesem Bestand Brennholz genutzt. Seit 1995 sind nach Auskunft des zuständigen Forstrevierleiters noch weitere Eichen abgestorben, so daß bis 1997 nahezu die Hälfte aller Eichen einzelbaum- bis gruppenweise auf ca. 1,5 ha ausgefallen sind und der Bestand deutlich aufgelichtet ist. Die Bodenvegetation hat auf die veränderten Lichtverhältnisse mit starkem Brombeer- und Graswuchs reagiert. Die verbliebenen Eichen verfügen über schlechte, lichte Kronenzustände und die Stämme sind meist mit Wasserreisern überzogen. Sie zeigen deutliche Befallsmerkmale des seit 1994 am Absterbefortschritt beteiligten Eichenprachtkäfers, auch an noch lebenden, aber subvitalen Individuen. Unter diesen Umständen muß mit einer weiteren Auflösung des Bestandes gerechnet werden.

3.2.2 Hochwälder

In der Oberrheinebene waren neben dem Bienwald, der nachfolgend eingehend betrachtet wird, vor allem die Forstämter Bellheim, Speyer und Hassloch von Schwammspinnerbefall betroffen. In den Forstämtern Speyer und Hassloch trat er überwiegend 1993 auf, wobei dort seit dieser Zeit keine eindeutig auf die Schwammspinner-Kalamität zurückführbaren Schäden bekannt geworden sind (mündl. Mitteilungen¹⁴ KUNTZ 1995, SCHLETZ 1995). Das Forstamt Bellheim berichtet von einzelstammweise abgestorbenen oder stark verlichteten Eichen, die in Zusammenhang mit Schwammspinnerbefall standen. Diese Eichen wurden aus waldhygienischen Gründen sofort eingeschlagen, so daß es bis 1997 auf insgesamt 1.084 ha zum Einschlag von 9.192 fm Eichenschadholz kam. Der Schwammspinnerbefall führte teils in Kombination mit Frostspanner- und Eichenwicklerfraß in den Folgejahren zu einer deutlichen Herabsetzung der Vitalität vieler Eichen, wodurch zahlreiche Bäume für den Befall durch Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus* [F.]) prädisponiert wurden (mündl. Mitt. KETTERING¹⁵ 1997). Darüber hinaus kam es im Forstamt Bellheim unmittelbar im Anschluß eines zweimaligen Fraßes 1993 und 1994 in einem 42jährigen Stieleichen-Stangenholzes ohne Buchenunterstand auch zu besonders starken, flächigen Ausfällen¹⁶. Betroffen war eine etwa 1,5 ha große Fläche in ebener Lage. Es handelt sich um einen planaren, mesotrophen Standort auf anlehmigen Sand mit frischer Wasserhaushaltsstufe. Der geschädigte Bereich liegt etwas gesenkt und gibt mit seinem auffällig dichten Pfeifengrasbewuchs einen Hinweis auf wechselfrische Verhältnisse. Die Ausfälle lagen 1995 gruppen- bis horstweise bei etwa 60% der Bäume, wobei ein Großteil schon 1994 abgestorben war. Diese Eichen zeigten alle deutliche Zeichen eines Prachtkäferbefalls. Im Winter 1995/96 wurden die Dürrständer als Brennholz aufgearbeitet und der Bestand mit

¹⁴ Dr. J. Kuntz, Forstamt Haßloch-Neustadt; K. P. Schletz, Forstamt Speyer.

¹⁵ H. Kettering, Forstamt Bellheim.

¹⁶ Gemeindewald Lustadt, Waldort: II 5b¹, Abteilung Wehrweg; Kahlfraß 1993, zumindest Lichtfraß 1994.

Buchen unterbaut. Bis 1997 waren nur noch sehr wenige Ausfälle zu verzeichnen, so daß sich der Bestand mittlerweile stabilisiert hat (mündl. Mitt. KÖHLER¹⁷ 1997).

Die Eichenbestände des Bienwaldes sind in außerordentlichem Maße von Folgeschäden betroffen. Das Forstamt Kandel berichtet, daß infolge des 1993 im Stadtwald Kandel aufgetretenen Fraßes Eichenbaumhölzer einzelstammweise stark verlichtet oder abgestorben sind. Diese wurden aus walddhygienischen Gründen und aufgrund guter Absatzmöglichkeiten sofort verwertet, so daß bis 1995 auf 44 ha insgesamt 596 fm Eichenschadholz aufgearbeitet wurden. Seit dieser Zeit sind dort in unmittelbarem Zusammenhang mit Schwammspinnerfraß keine weiteren Schäden mehr bekannt geworden (mündl. Mitt. SCHÖNBERG¹⁸ 1997). Demgegenüber sind in den Staatswäldern der Forstämter Hagenbach und Schaidt weit gravierendere Folgeschäden aufgetreten, die im nachfolgenden Kapitel 4 dargestellt und eingehend untersucht werden.

¹⁷ W. Köhler, Forstrevier Lustadt, Forstamt Bellheim.

¹⁸ J. Schönberg, Forstamt Kandel.

4 Untersuchung der Folgeschäden im Bienwald von 1995-97

4.1 Einführung

Wie vielerorts in Mitteleuropa, trat zu Beginn der neunziger Jahre auch im Bienwald eine in diesem Ausmaß bisher nicht gekannte Massenvermehrung des Schwammspinners auf. Nach ersten Anzeichen einer Progradation 1992 und dem ersten Befallsjahr mit ausgedehnten Fraßflächen 1993 wurde für 1994 eine Fraßprognose durchgeführt, auf deren Grundlage eine Behandlung mit zugelassenen Pflanzenschutzmitteln erfolgte. Dadurch konnten in den geschützten Beständen Fraßschäden weitestgehend verhindert werden, wie die Ergebnisse eingehender Kotfalluntersuchungen und Restbelaubungsansprachen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg belegen (SEEMANN 1999b). Dabei wirkten sich die Wetterverhältnisse im Anschluß an die Behandlung mit ausreichend warmen Temperaturen und verhältnismäßig wenig Niederschlägen auf den Erfolg günstig aus. Von der Behandlung wurden insbesondere Dickungen, Stangenhölzer und angehende Baumhölzer ausgenommen, da in diesen jüngeren Beständen von einer höheren Ausgangsvitalität und damit geringeren Empfindlichkeit gegenüber Kahlfraß ausgegangen wurde. Diese Wälder wurden daraufhin oft zum zweiten Mal in Folge von Schwammspinner-Raupen kahl gefressen. Zusätzlich wurden Naturwaldreservate und forstliche Versuchsflächen aufgrund ihrer speziellen Zielsetzungen ausgespart und deshalb zweimalig befallen. Entlang der Bachläufe sollten Sicherheitsabstände eingehalten werden (BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT 1991), weshalb in diesen Bereichen selbst in Althölzern auf eine Behandlung verzichtet werden mußte.

In beiden Jahren der Massenvermehrung wurden die Wiederaustriebe der Eichen von Mehltau infiziert, wobei der Befall 1994 besonders intensiv war. Die Schwammspinner-Kalamität brach erwartungsgemäß und behandlungsunabhängig im Sommer 1994 vor allem aufgrund von Virus- und Parasitenbefall zusammen. Für 1995 wurde kaum noch Raupenfraß prognostiziert, und tatsächlich trat auch kein nennenswerter Befall mehr auf. Allerdings waren nach den beiden Fraßjahren 1993 und 1994 aufgrund zahlreicher abgestorbener und stark geschädigter Eichen bereits im Frühjahr 1995 erhebliche Folgeschäden zu beobachten.

Die Genese der Folgeschäden im Bienwald kann anhand einer Stieleichen-Dauerbeobachtungsfläche veranschaulicht werden (Abb. 3).

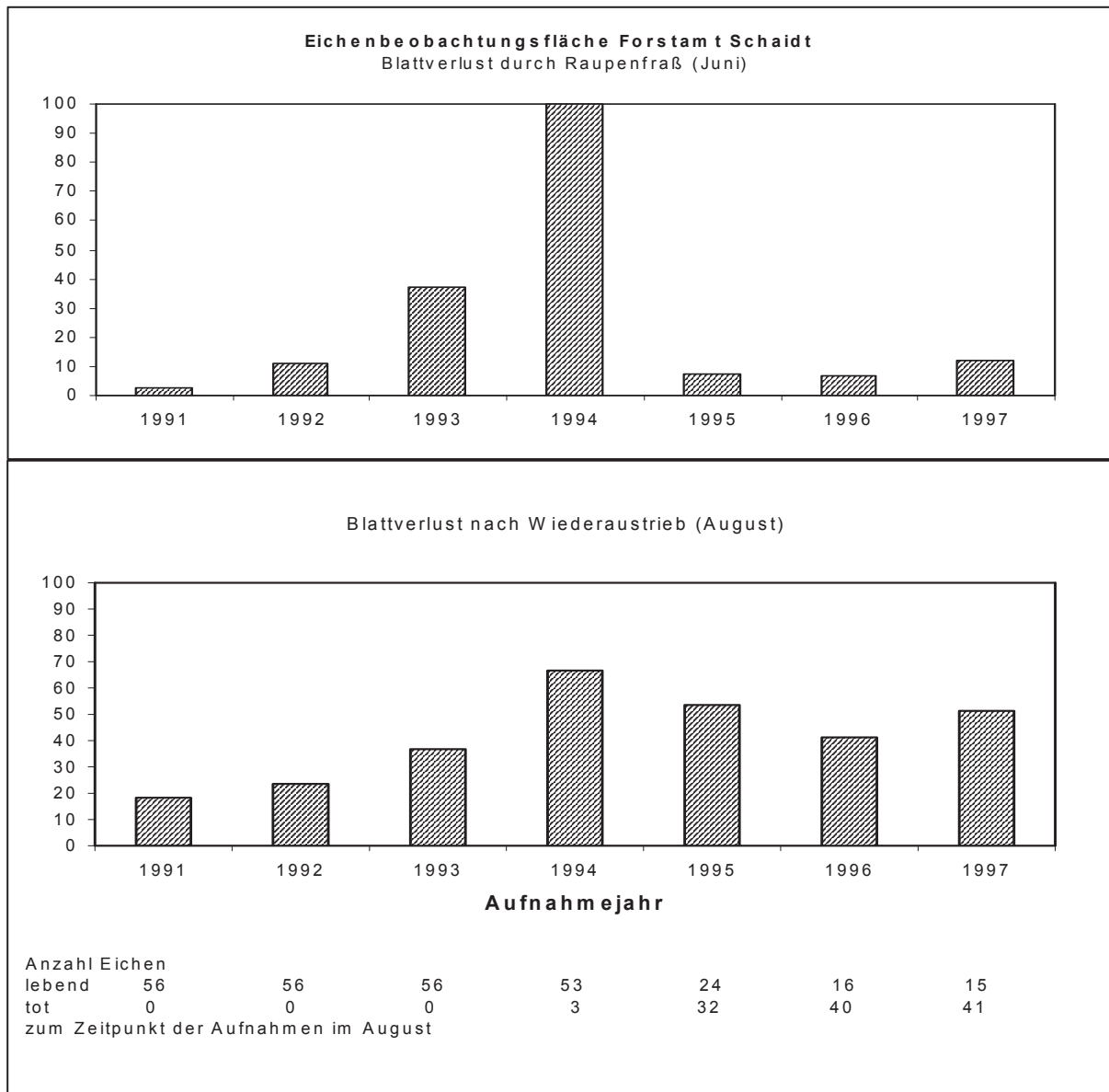


Abb. 3: Vergleich der Blattverluste durch Raupenfraß im Juni (oben) und der Blattverluste nach Wiederaustrieb im August (unten) auf einer ca. 0,25 ha großen, 97-jährigen Stieleichen-Dauerbeobachtungsfläche im Forstamt Schaidt von 1991 bis 1997; aufgeführt sind die mittleren Blattverluste des zum Zeitpunkt der Aufnahmen noch lebenden Baumkollektivs (EG-Level-II Dauerbeobachtungsfläche der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Forstamt Schaidt, XXI 6 c³, Obere Kahnliche-Ost)(nach SCHRÖCK 1999)

Seit 1991 erfolgen dort jährlich durch die Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz im Juni einzelbaumweise Ansprachen zum Umfang des Laubverlustes durch Raupenfraß sowie im August Kronenzustandsansprachen nach den Kriterien der Waldschadenserhebung (SCHRÖCK 1994 und 1996). In den Jahren 1991 und 1992 wiesen die Eichen dieser Dauerbeobachtungsfläche bei der Augustbonitierung einen mittleren Blattverlust von 18 bzw. 24% auf. Die Fraß-

schäden durch Schmetterlingsraupen waren in diesen beiden Jahren nur unbedeutend. Im Frühjahr 1993 erfolgte der erste Schwammspinnerfraß, der gegenüber den Vorjahren zu einem merklichen Anstieg des mittleren Blattverlustprozentes auf 37% im August 1993 führte. Der Kahlfraß im Jahr 1994 betraf neben den hauptständigen Eichen auch den Hainbuchenunterstand und die Bodenvegetation. Nur die wenigen beigemischten Eschen blieben belaubt. Bis auf drei Eichen trieben alle Bäume der Versuchsfläche im gleichen Jahr wieder aus, allerdings stieg das durchschnittliche Blattverlustprozent der Augustaufnahme auf 69% an. Im Frühjahr 1995 sind schlagartig 23 und bis zum August zusätzlich sechs der 56 Eichen auf der Versuchsfläche abgestorben. 1996 waren acht tote Beobachtungsbäume zu beobachten und 1997 ist ein weiterer dazugekommen, so daß infolge des Schwammspinnerbefalls innerhalb von vier Jahren 41 der 56 Eichen abgestorben sind.

Somit wurde dieser ehemals vergleichsweise vitale und wüchsige Stieleichenbestand durch den Schwammspinnerfraß aufs schwerste geschädigt. Mehr als zwei Drittel der beobachteten Eichen sind hier zwischen 1994 und 1997 abgestorben.

4.2 Untersuchungskonzept und Untersuchungsgebiet

4.2.1 Untersuchungskonzept

Die Fragestellungen dieser Arbeit sollen mit Hilfe einer

- **GROßRÄUMIGEN UND FLÄCHENDECKENDEN UNTERSUCHUNG** und mit Hilfe von
- **UNTERSUCHUNGEN AUF AUSGEWÄHLTEN BEOBACHTUNGSFLÄCHEN** bearbeitet werden.

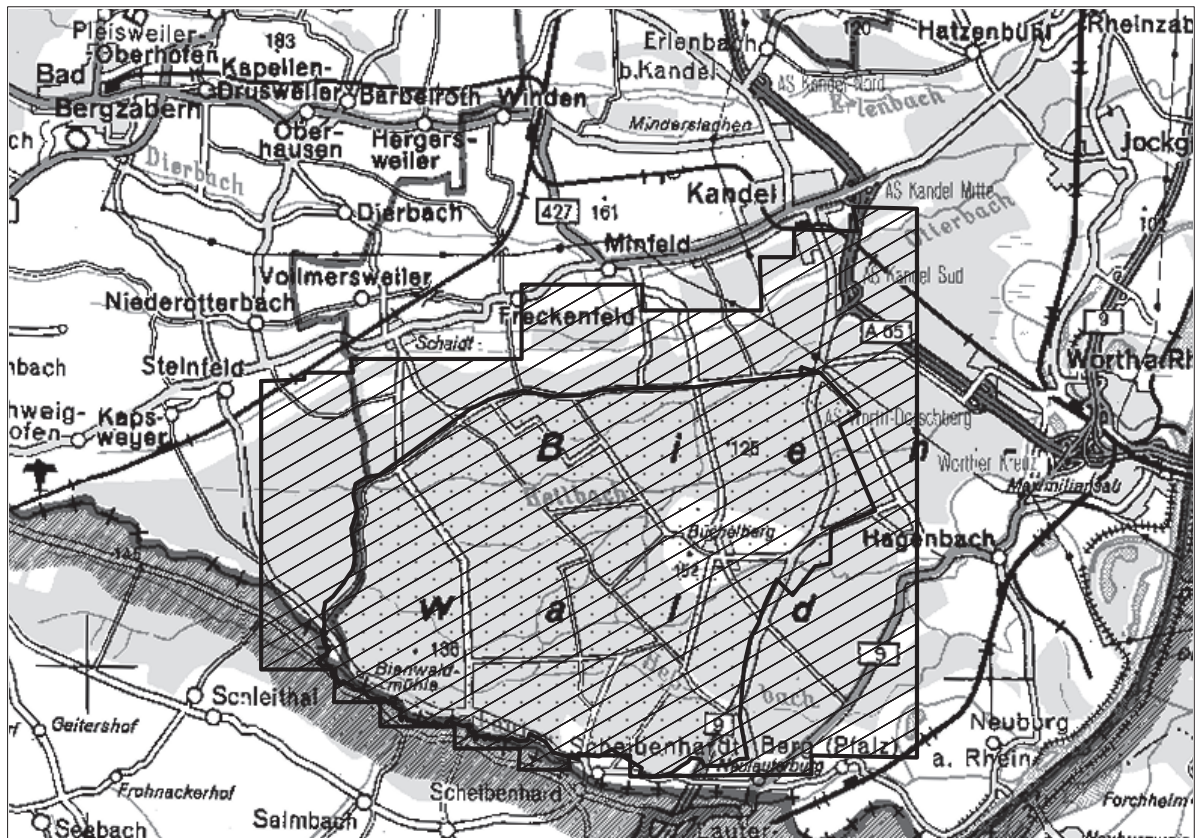
Auf der ersten Ebene wird die gesamte vom Schwammspinnerbefall betroffene Waldfläche des Untersuchungsgebietes betrachtet. Unter Einsatz eines **GEOGRAPHISCHEN INFORMATIONSSYSTEMS (GIS)** wurden aus **FARBINFRAROT (CIR)-LUFTBILDERN 1995** ermittelte Schadflächen mit verschiedenen Einflußgrößen, wie Fraßgeschichte und Standortseigenschaften, wofür ebenfalls flächenbezogene Informationen vorlagen, verschnitten (Kap. 4.3).

Die zweite Ebene besteht aus **BEOBACHTUNGSFLÄCHEN IN EICHENBESTÄNDEN** verschiedener Altersstufen, die über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt waren. Dort wurden von 1995 bis 1997 insbesondere Vitalitäts-, Standorts- und Qualitätsparameter terrestrisch erhoben, so daß die Entwicklung der Schäden in den ersten drei Folgejahren nach den Fraßereignissen verfolgt werden konnte (Kap. 4.4).

4.2.2 Untersuchungsgebiet

Der Bienwald ist ein ausgedehntes und geschlossenes Waldgebiet in der linksrheinischen, nördlichen Oberrheinischen Tiefebene im äußersten Südosten von Rheinland-Pfalz gelegen. Er erstreckt sich auf einer Fläche von etwa 13.000 ha. Im sogenannten „nassen“ Bienwald dominieren Grund- und Stauwasserböden aus basenarmen, teilweise aber auch karbonathaltigen Flußablagerungen. Diese Standorte sind überwiegend mit Stieleichenbeständen bestockt, die meist mit Hainbuchen oder Buchen im Unterstand gemischt sind. Im „trockenen“ Bienwald herrschen dagegen Kiefernbestände vor. Detaillierte naturräumliche und standörtliche Informationen sind in ROESLER (1982), BUB et al. (1998) und in den Erläuterungsberichten zu den Standortkartierungen der Forstämter Hagenbach und Schaidt (RATHING 1987, BARK 1988) zu finden.

Für die Untersuchungen der Schwammspinner-Folgeschäden wurde ein Gebiet abgegrenzt, das nahezu alle Befalls-, Behandlungs-, Prognose- und Schadensbereiche im Bienwald berücksichtigt (Karte 2).



Karte 2: Abgrenzung des Untersuchungsgebietes (gepunktet) und die grobe Lage der CIR-Luftbild-Befliegungsfläche 1995 (gestreift) im Bienwald (Auszug aus der Topographischen Karte des Landesvermessungsamtes Rheinland-Pfalz)(Maßstab ca. 1 : 150.000)

Das Untersuchungsgebiet umfaßt mit 6.067 ha in der Hauptsache den „nassen“ Bienwald, so daß die meist trockeneren Bereiche des Bienwaldes im Osten und die Waldgebiete im Westen und Norden weitgehend ausgespart sind. Es handelt sich ausschließlich um Staatswald der Forstämter Hagenbach und Schaidt. Die östliche Grenze des Untersuchungsgebietes im Forstamt Hagenbach bildet meist die Bundesstraße 9, wobei östlich dieser Straße die Abteilungen Kallbachsee, Mainzerschlag, Hohe Buchen, Haberackerspitz, Mordlache und der westliche Teil der Abteilung Verdorbener Schlag aufgrund der Fraßereignisse 1994 mitberücksichtigt werden. Die nördliche Grenze wird ab dem Forsthaus Langenberg in Richtung Westen durch die Kreisstraße 15 und die Bildstraße im Forstamt Schaidt gebildet. Die Bildstraße in südlicher Richtung verlaufend begrenzt das Gebiet auch im Westen bis zur Landesstraße 545 bzw. Steinfelder Straße. Südlich dieser Straße schließt das Untersuchungsgebiet den Bestand XXIV 3c¹, Abteilung Ziegelhütter Schlag noch mit ein. Ansonsten ist ausgehend von diesem Punkt die südliche Begrenzung in Richtung Osten bis zur Bundesstraße 9 gleichbedeutend mit der Waldgrenze und der politischen Grenze zu Frankreich.

4.3 Erhebung und Analyse der Folgeschäden 1995 anhand von CIR-Luftbildern und mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems

4.3.1 Material und Methoden

4.3.1.1 Flächige CIR-Luftbildauswertung zur Erfassung der Folgeschäden 1995

Um möglichst rasch Daten über das Ausmaß der Schäden im Bienwald zu erhalten, sollte die Luftbildauswertung 1995 kurzfristig realisiert werden. Somit hatte sie sich an der gegebenen technischen Ausstattung der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz zu orientieren, die nachfolgend erläutert wird. Das Verfahren teilte sich in die **PHASEN** der **VORBEREITUNG** und **INTERPRETATION** sowie der **VERIFIZIERUNG** der Interpretationsergebnisse auf.

4.3.1.1.1 Bildflug und Bildmaterial

Am 27. Juni 1995 wurde der Waldzustand des Bienwaldes im Untersuchungsgebiet mit CIR-Luftbildern photographisch dokumentiert (vgl. Kap. 4.2.2, Karte 2). Die Daten des Bildfluges und des Bildmaterials sind der Tabelle 3 zu entnehmen. Die technische Durchführung der Befliegung orientierte sich an den Vorgaben von HILDEBRANDT (1992) und des VEREINS DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) (1990).

Tab. 3: Technische Daten des Bildfluges und des Bildmaterials der Bienwaldbefliegung 1995

Technische Daten	Flächenbefliegung
Flugtermin	27.06.1995
Flugstreifen	13
Flugrichtung	Süd-Nord, Nord-Süd
Streifenabstand	1 km
Streifenlänge	6 - 12 km
Erfasste Fläche	ca. 12.500 ha
Mittlerer Bildmaßstab	1:5.500
Längsüberdeckung	ca. 60 %
Querüberdeckung	ca. 20 %
Anzahl der Luftbilder	285
Filmart	Kodak Aerochrome Infrared 2443
Filmemulsion	Nr. 3851-071
Aufnahmekamera	Zeiss RMK A 30/23
Objektiv (Kammerkonstante)	F = 304,834 mm
Filter	Gelbfilter Wratten Nr. 12

4.3.1.1.2 Interpretation

VORBEREITUNG. In dieser Phase wurden die Luftbilder bei eindimensionaler, monoskopischer Betrachtung über einem Leuchttisch gesichtet, so daß ein Eindruck über Art, Intensität und Umfang der erkennbaren Schäden entstand. Für genauere Einblicke wurde von Fall zu Fall ein Spiegelstereoskop¹⁹ mit Zoomeinrichtung zu Hilfe genommen. Anschließend wurden die Erhebungskriterien im Zusammenspiel mit terrestrischen Beobachtungen aus Geländebegehungen und unter Berücksichtigung des Untersuchungszieles festgelegt.

Im Bienwald wurden nur Eichen im größeren Ausmaß geschädigt. Zur Einschätzung der unter diesen Umständen wesentlichen Parameter konzentrierte sich die Luftbildinterpretation daher auf die Anteilsschätzung hauptständiger Eichen, die entweder eine bereits völlig abgestorbene Krone oder Blattverluste von 70% und mehr aufzeigten, gemessen an der luftbildsichtbaren Anzahl aller aufstockenden Eichen. Der Anteil dieser Bäume wurde als **Ausfallrate** bezeichnet. Stark geschädigte Eichen wurden in die Ausfallrate miteinbezogen, da aktuelle Beobachtungen (siehe Kap. 4.4.2.1.1, Abb. 11), die Erfahrungen der örtlichen Praxis und erste Ergebnisse aus Untersuchungen in einer Kronendauerbeobachtungsfläche (SCHRÖCK 1996) darauf hinwiesen, daß die Überlebensrate der Eichen mit Blattverlusten von 70% und mehr unter den gegebenen Bedingungen gering sein würde. Anhand der Ausfallraten wurden flächenbezogene **Schadklassen** gebildet, die sich von den Schadstufen der Waldschadenserhebung unterscheiden.

Tab. 4: Nach unterschiedlichen Ausfallraten der Eichen flächenbezogen ausgewiesene Schadklassen (siehe Text)

Schadklasse	Ausfallrate
0	< 5%
1	5 - 30 %
2	31 - 60 %
3	61 - 90 %
4	> 90 %

Die als Befundeinheit festzulegende Mindestflächengröße wurde in Anbetracht der waldbaulichen Relevanz und Darstellbarkeit auf 0,02 ha festgelegt. Diese Flächengröße entspricht in etwa dem Standraum zweier herrschender Laubbäume im Hiebsreifealter. Verstreute, einzelbaumweise Ausfälle mit einem flächenbezogenen Anteil von weniger als 5% blieben bei der Kartierung unberücksichtigt. Da es sich bei dieser Untersuchung vorrangig um forstökologisch ausgerichtete Fragestellungen handelt, wurden die Schadflächen losgelöst von der forstbetrieblichen Flächeneinteilung kartiert.

¹⁹ Aviopret APT 1 der Firma Wild Heerbrug.

Bis zum Ende der Vorbereitungsphase entstand ein Interpretationsschlüssel, der im Anhalt an die Richtlinien des VDI (1993) entwickelt worden war. Für eine ähnliche Fragestellung wurden für Buchen- und Fichtenbestände von HEIDINGSFELD (1993) bereits „Schlüssel zur Interpretation von Bestandesschadstufen ...“ entwickelt.

INTERPRETATIONSSCHLÜSSEL. Der CIR-Film ermöglicht ein optimiertes Erkennen und Differenzieren von Waldschäden. Die Eigenschaften und Vorteile von CIR-Aufnahmen bei Schaderhebungen mit Hilfe von Luftbildern sind in HUSS (1984), HILDEBRANDT (1992), VDI (1990 und 1993) und in HILDEBRANDT (1996) beschrieben.

In CIR-Luftbildern erscheinen gesunde Vegetationsorgane mit einem intensiv gesättigten roten Farbton mittlerer bis dunkler Helligkeit und in einer weitgehend gleichmäßigen Farbverteilung (Farbmerkmale). Bei zunehmender Schädigung verblaßt dieser rote Farbton. Ast- und Stammaterial wird mit grünlicher und blaugrüner bis grauer Farbe abgebildet. Nehmen aufgrund verringerter Blattmasse die sichtbaren Anteile des Holzes zu, so entstehen zunehmend mehr Mischfarbtöne, die von braunrot bis graurot gehen können. Die Farbverteilung wird dann zunehmend gefleckt bis meliert. Bei hohen Blattverlusten überwiegen die Farbtöne des Holzes. Bäume ohne Kronenverlichtungen haben im Luftbild ein baumartentypisches Gesamterscheinungsbild, das aus einer spezifischen Kronenform und aus Grob- und Feinstrukturmerkmalen besteht (Gestaltsmerkmale). Nimmt die Blattmasse infolge einer Schädigung ab, so verändert sich dementsprechend auch das Erscheinungsbild der Bäume. Die Kronenform und die Kronenstruktur wird zunehmend lückiger oder löst sich auf. In diesem Zusammenhang treten Ast- und Stammstrukturen in den Vordergrund, so daß die Krone ein skelettiertes Aussehen bekommt. Die konkreten Merkmale abgestorbener und stark verlichteter Einzelkronen sind in HILDEBRANDT (1992) und in den Richtlinien des VDI (1993) beschrieben.

Der Gesamteindruck stark geschädigter Waldflächen ist geprägt von Auflösungserscheinungen einer im gesunden Zustand homogen und gleichmäßig erscheinenden Kronen- bzw. Oberflächentextur. Je höher die Ausfallrate, desto transparenter wird die Kronenoberfläche der Bestände, so daß die Ast- und Stammstrukturen und der darunterliegende Waldboden aufgrund der fehlenden Reflexion der zurückgehenden Blattmasse zunehmend sichtbar werden. Hinzu kommt, daß in stärker aufgelichteten Beständen in ansteigendem Ausmaß Schlagschatten zu erkennen sind.

Der zur flächenbezogenen Interpretation von Schäden infolge eines Schwammspinnerbefalls entwickelte Schlüssel ist für Eichenbaumhölzer und die Interpretation in kleinmaßstäblichen CIR-Luftbildern einsetzbar. Er enthält einen Textteil, der die Farb- und Texturmerkmale schadklassenweise beschreibt, sowie Kronenaufsichten, Flächenraster und Beispielphotos (Tab. 5, Seite 34 und 35).

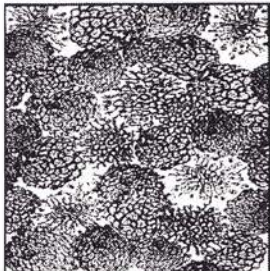

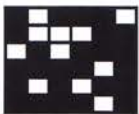
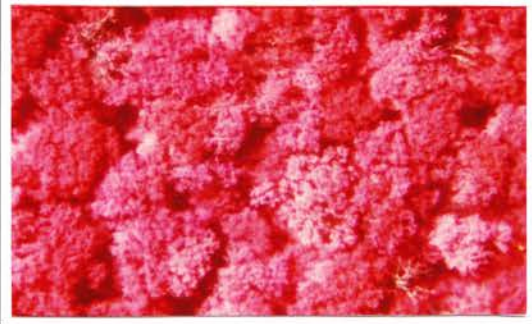
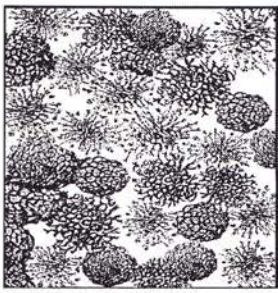

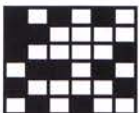
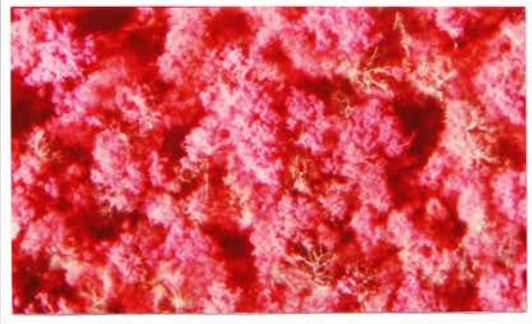
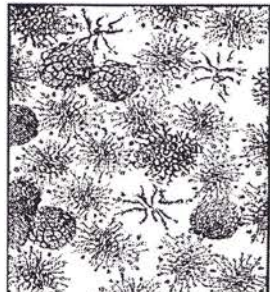
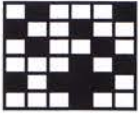


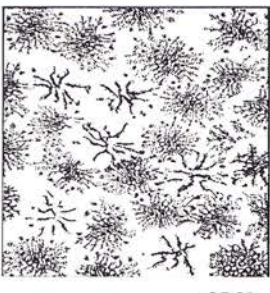

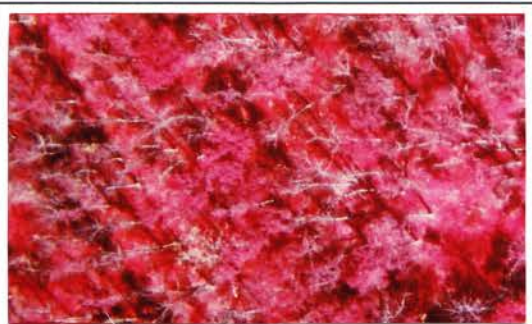
Die im Interpretationsschlüssel genannten Ansprachekriterien haben auch für Althölzer Gültigkeit und sind weitgehend auf Stangenhölzer übertragbar. Für Dickungen gilt der Schlüssel nur in eingeschränktem Maße. Während der Interpretationsarbeiten wurde die Erfahrung gemacht, daß aufgrund des in Dickungen geringen Höhenunterschiedes zwischen dem Waldboden und den Baumkronen die Restblattmasse stark geschädigter Eichen auch bei dreidimensionaler Betrachtung optisch oft nicht von der ebenfalls rot reflektierenden Grasvegetation getrennt werden kann. Darüber hinaus heben sich bei der Senkrechtaufnahme die abgestorbenen Baumteile aufgrund ihrer geringen Dimensionen kaum vom Untergrund ab, weshalb sie nur schwer oder nicht zu identifizieren sind. Deshalb ist in stark aufgelichteten Beständen dieser Altersstufe die Identifikation der abgestorbenen und stark geschädigten Bäume häufig nur mit Hilfe ihrer Schlagschatten möglich, die als schwarze Striche zu erkennen sind.

In Kulturen und angehenden Dickungen werden die Forstpflanzen meist von Gras und anderer Vegetation überwachsen und sind deshalb im Luftbild kaum zu sehen. Aus diesem Grund wurden die Schäden in Kulturen und angehenden Dickungen auf terrestrischem Weg in Zusammenarbeit mit den Forstrevierbeamten der Forstämter Hagenbach und Schaidt zeitgleich mit der Luftbildinterpretation im Gelände bestandesweise angesprochen.

Tab. 5: Schlüssel zur flächigen Interpretation von Schadklassen aus CIR-Luftbildern (mb = ca. 1 : 5.500)

Schadklasse	Farbmerkmale	Texturmerkmale
0	<p>Waldoberfläche vorwiegend in rotem bis rot-orangen Farbton mit unterschiedlicher Farbsättigung. Die Farbverteilung ist meist gleichmäßig, kann aber auch durch Schattenflecken unterbrochen sein. Geringe Braun- und Graunteile, die vereinzelt zu einem gesprenkelten bis melierten Aussehen führen können, sind selten.</p>	<p>Kronenmuster der Waldoberfläche aus überwiegend unregelmäßig rundlichen bis mehr oder weniger zerfranst Umrissen zusammengesetzt. Kronenteile meist aus dichtgepackten ballenförmigen Elementen, die mit teils netzartigem Muster (Schattenfurchen) durchzogen sind. Bei Kroneneinblick können diese Elemente auch walzenförmig erscheinen. Durchsichtige Kronen und erkennbare Grobastsysteme sind selten. Die Oberflächentextur erscheint einheitlich homogen und weitgehend geschlossen.</p>
1	<p>Waldoberfläche mit kleinflächigen Anteilen (5-30% der Fläche) von grauroten, grünlichen, blaugrünen und grauen Farbtönen, die unregelmäßig fein- bis grobgefleckt verteilt sind. In den betroffenen, deutlich hellen Bereichen ist die Farbsättigung oft sehr gering. Dort kommt die Bodenvegetation, falls vorhanden, mit einem roten, dunklen und gesättigten Farbton in wenigen Fällen bereits zum Vorschein. Schlagschatten sind noch selten zu erkennen.</p>	<p>Kronenmuster der Waldoberfläche mit einem erkennbaren Anteil (5-30%) an aufgelösten bis zerfallenen und durchsichtigen Strukturen. Dort sind Grobastsysteme zu erkennen oder ganze Kronen erscheinen als Skelette. Die Oberflächentextur wird in Teilbereichen lückig.</p>
2	<p>Waldoberfläche mit flächigen Anteilen (31-60% der Fläche) in grauroten, grünlichen, blaugrünen und grauen Farbtönen, die unregelmäßig grobgefleckt bis kleinflächig verteilt sind. In den betroffenen, deutlich hellen Bereichen ist die Farbsättigung oft sehr gering. Dort kommt die gegebenenfalls vorhandene Bodenvegetation mit einem roten, dunklen und gesättigten Farbton verstärkt zum Vorschein. In Lücken sind schwarze Schlagschatten zu erkennen.</p>	<p>Kronenmuster der Waldoberfläche mit einem deutlichen Anteil (31-60%) an aufgelösten bis zerfallenen und durchsichtigen Strukturen. Dort sind die Grobastsysteme zu erkennen oder ganze Kronen erscheinen als Skelette. Die Oberflächentextur löst sich in Teilbereichen auf und wird zunehmend transparent, die Strukturen des Waldbodens kommen vereinzelt zum Vorschein.</p>
3	<p>Waldoberfläche mit überwiegenden Anteilen (61-90% der Fläche) in grauroten, grünlichen, blaugrünen und grauen Farbtönen, die unregelmäßig grobgefleckt bis kleinflächig verteilt sind. Die betroffenen Bereiche sind deutlich aufgehellt und weisen oft eine nur sehr geringe Farbsättigung auf. In weiten Bereichen kommt die hier häufig vorhandene Bodenvegetation in einem roten, dunklen und gesättigten Farbton deutlich zum Vorschein. Schwarze Schlagschatten treten in zunehmenden Ausmaß auf.</p>	<p>Kronenmuster der Waldoberfläche mit einem überwiegenden Anteil (61-90%) an aufgelösten bis zerfallenen und durchsichtigen Strukturen. Dort sind die Grobastsysteme zu erkennen oder ganze Kronen erscheinen als Skelette. Die Oberflächentextur ist aufgelöst und weitgehend transparent, die Strukturen des Waldbodens kommen oft zum Vorschein.</p>
4	<p>Waldoberfläche wird von grauroten, blaugrünen, grünlichen und grauen Farbtönen dominiert (> 90% der Fläche). Die betroffenen Bereiche sind sehr hell und oft mit sehr geringer Farbsättigung. Die hier meist vorhandene Bodenvegetation ist in einem roten, dunklen und gesättigten Farbton deutlich und flächig zu erkennen. Die schwarzen Schlagschatten der Baumgerippe zeichnen sich deutlich auf dem Untergrund ab.</p>	<p>Kronenmuster der Waldoberfläche fast ausschließlich (> 90%) aus aufgelösten bis zerfallenen und durchsichtigen Strukturen bestehend. Dort sind die Grobastsysteme zu erkennen oder ganze Kronen erscheinen als Skelette. Eine Oberflächentextur besteht nicht mehr und die Strukturen des Waldbodens sind ohne Einschränkungen deutlich zu erkennen.</p>

für Eiche im Baumholzalter

Kronenaufsicht- Beispielskizzen	Flächenraster zur Anteilsschätzung	Beispielphotos aus CIR-Luftbildern
 <p>15 %</p>	<p>5 % </p> <p>30 % </p>	
 <p>45 %</p>	<p>35 % </p> <p>60 % </p>	
 <p>75 %</p>	<p>65 % </p> <p>90 % </p>	
 <p>95 %</p>	<p>95 % </p>	

INTERPRETATION. Während dieser Phase wurden die Bilder flugstreifenweise systematisch in Aufnahmerichtung Bildpaar für Bildpaar unter dem Spiegelstereoskop dreidimensional betrachtet. Die Bereiche mit starken Schäden wurden bei geringer Vergrößerung identifiziert, um sie anschließend in vergrößerter Betrachtung zu klassifizieren. Bei diesem Vorgang galt es, Flächen mit unterschiedlichen Ausfallraten so voneinander zu trennen, daß möglichst homogene Einheiten entstanden, die sich deutlich voneinander abhoben und deshalb unterschiedlich zu klassifizieren waren. Die Einschätzung der Ausfallrate und die Zuordnung von Schadklassen erfolgte mit Hilfe des Interpretationsschlüssels (Tab. 5). Dabei wurde zunächst der Anteil aller abgestorbenen und stark geschädigten Eichen eingeschätzt. Anschließend wurde dieser Wert mit dem aus dem Luftbild erhobenen Eichenmischungsanteil verrechnet, um so die Ausfallrate gemessen an der luftbildsichtbaren Anzahl aller aufstockenden Eichen zu ermitteln. In Zweifelsfällen wurde zur Einschätzung des Mischungsanteiles auch auf Informationen der Forsteinrichtung zurückgegriffen. Die Flächen wurden auf der Klarsichtschutzhülle der Luftbilder mit einem Faserstift deliniert. Zur Kontrolle, ob ein kontinuierliches Klassifizierungsniveau gewährleistet war, wurde während der Interpretationsarbeiten in regelmäßigen Abständen ein bereits vorher bearbeitetes Bildpaar nochmalig interpretiert und die Ergebnisse miteinander verglichen. Nach dem ersten Interpretationsdurchgang wurden einige Ergebnisse in Kontrollflächen gezielt auf ihre Plausibilität geprüft und mit den Verhältnissen im Gelände verglichen (vgl. Kap. 4.3.1.1.3), um anschließend auf Grundlage der daraus gezogenen Erfahrungen den Interpretationsschlüssel zu überarbeiten. Daraufhin entstand das endgültige Interpretationsergebnis nach einem zweiten Durchgang unter Zuhilfenahme des überarbeiteten Schlüssels.

Zur Aufarbeitung und Darstellung des Interpretationsergebnisses wurden die delinierten Schadflächen mit Hilfe eines Stereoumzeichnungsgerätes²⁰, das die Möglichkeit bietet, Luftbild- und Kartenebene optisch zu überlagern, aus dem Luftbild in eine Forstbetriebskarte im Maßstab 1:10.000 umgezeichnet. Anschließend wurde über diese Karte eine transparente Folie gelegt, um die meist sehr kleinflächigen und unübersichtlichen Schadflächen und deren Grenzverläufe zu generalisieren. Mit einem Faserstift wurden sie so übertragen, daß mehrere Kleinstflächen zusammengefaßt waren und die Grenzverläufe möglichst geradlinig und eindeutig sowie an der Waldflächeneinteilung orientiert verliefen. Dabei wurden auch Umzeichnungsfehler aus dem letzten Arbeitsgang korrigiert. Diese analoge Vorlage wurde auf der Basis einer gegebenenfalls bereits digital vorliegenden Waldortskarte²¹ über eine Digitalisierung computerlesbar gemacht. Zur Berechnung der Schadflächen und zur Verschneidung mit anderen Flächeninformationen wurde diese digitale Karte anschließend in ein Geographisches Informationssystem (GIS) integriert (Kap. 4.3.1.2).

²⁰ Zoom-Transfer-Scope (ZTS) der Firma BAUSCH & LOMB.

²¹ Die digitale Waldortskarte des Bienwaldes wurde von der Bezirksregierung Rheinhessen-Pfalz - Forstdirektion - zur Verfügung gestellt.

4.3.1.1.3 Verifizierung der Interpretationsergebnisse

Die **QUALITATIVE VERIFIZIERUNG** dient der Ergebnisoptimierung und fließt in das Klassifizierungsergebnis mit ein (HILDEBRANDT et al. 1989, HEIDINGSFELD 1993). Diese Plausibilitätsprüfung geschieht möglichst während der Interpretation.

Zuerst wurden in Vorbereitung auf die Luftbildarbeiten im Gelände eine Vielzahl der geschädigten Bestände besichtigt, um so bei der Luftbildinterpretation in vielen Fällen das terrestrische Schadbild vor Augen zu haben. Zum Zweiten wurden die während der ersten Interpretation nur mit Schwierigkeiten zu entscheidenden, zweifelhaften Fälle in einer Karte festgehalten, um sie später im Gelände in Augenschein zu nehmen. Ein dritter Schritt der Plausibilitätsprüfung lag in der Aushändigung des Ergebnisses aus dem ersten Interpretationsdurchgang an die zuständigen Forstrevierleiter. Dies erfolgte in Form einer Übersichtskarte der Schadflächen. Sie wurden aufgefordert, das Klassifikationsergebnis im Gelände auf seine Plausibilität zu prüfen. Der Interpret suchte anschließend die während des ersten Interpretationsdurchganges notierten zweifelhaften Bereiche und die von den Forstrevierleitern für unplausibel erachteten Schadflächen vor Ort auf. Bei diesem Vorgang wurde die Ausfallrate beim Durchschreiten von etwa 1 ha großen **Kontrollflächen** gutachterlich eingeschätzt und mit dem Luftbildergebnis verglichen. Die Plausibilitätsprüfung im Rahmen dieser Arbeit ergab, daß insbesondere die leichten Schäden der ersten Schadklasse aus dem Luftbild oft zu vorsichtig eingeschätzt und somit als ungeschädigt angesprochen wurden. Unter Berücksichtigung der aus dieser Gegenüberstellung gewonnenen Erkenntnisse wurde anschließend der Interpretationsschlüssel überarbeitet und die unstimmgigen Luftbildergebnisse abgeändert.

Die Genauigkeit der Klassifizierung kann über eine **QUANTITATIVE VERIFIZIERUNG** abgeschätzt werden (HEIDINGSFELD 1993). Hierzu werden terrestrisch erhobene Daten als die „wahren“ Schadklassen definiert. An dieser sogenannten „ground truth“ wird das Resultat der Klassifizierung aus dem Luftbild gemessen. Im Bienwald standen zu diesem Zweck die Ergebnisse aus den **Beobachtungsflächen** der terrestrischen Untersuchungen (vgl. Kap. 4.4) und aus der terrestrischen Gegenkontrolle bei der Plausibilitätsprüfung auf **Kontrollflächen** für alle luftbildsichtbaren Altersklassen zur Verfügung.

Aus den bis zu 3 ha großen Beobachtungsflächen gibt es Daten zu Blattverlusten in den Kronen, die in Alt- und Baumhölzern an Stichprobestämmen erhoben wurden oder in Dickungen aus einer Vollerhebung stammten. Diese „wahren“ Daten werden mit dem endgültigen Luftbild-Interpretationsergebnis verglichen. Für diesen Vergleich wurden die Beobachtungsflächen eigens im Luftbild getrennt von den umgebenen Beständen klassifiziert. Die in Kontrollflächen während der Plausibilitätsprüfung gutachterlich eingeschätzten „wahren“ Klassen werden dem Luftbildergebnis des ersten und vorläufigen Interpretationsdurchganges gegenübergestellt.

Für die Genauigkeitsanalyse werden Fehler-Matrizen eingesetzt, mit deren Hilfe die Resultate der Luftbildklassifizierung paarweise mit den „wahren“ Klassen der terrestrischen Ansprachen für alle Beobachtungen verglichen werden (HEIDINGSFELD 1993). Hier stellt jede untersuchte Beobachtungs- oder Kontrollfläche eine Beobachtung dar (Tab. 6). Die in den Tabellen hervorgehobenen Werte in der Diagonalen zeigen die Anzahl aller Beobachtungen, bei denen die Luftbildschadklasse mit der terrestrisch erhobenen Schadklasse übereinstimmt. Unterhalb dieser Diagonalen finden sich die Fälle, bei denen die Luftbildinterpretation den Schaden gegenüber der terrestrischen Ansprache unterschätzt, oberhalb die Fälle, in denen der Schaden im Luftbild überschätzt wird. Die 86 Beobachtungs- und Kontrollflächen (Beobachtungen) decken insgesamt 160 ha ab, wobei alle Schadklassen angemessen berücksichtigt werden.

Die Genauigkeit der Klassifizierung wird berechnet, indem die Summe der übereinstimmenden Klassifizierungsergebnisse (Werte in der Diagonalen) durch die Gesamtanzahl der Beobachtungen dividiert wird. So stimmen in der Gesamtbetrachtung die Luftbildergebnisse in 71 von insgesamt 86 Beobachtungen (83%) mit den „wahren“ Schadklassen überein (Tab. 6c, Seite 39). Die Unter- und Überschätzungsrate kann analog dazu ermittelt werden. Mit insgesamt 15% unterschätzten und 2% überschätzten Schadklassen wird deutlich, daß die Luftbildinterpretation die Schäden eher zu vorsichtig einschätzt.

Tab. 6a-c: Fehler-Matrizen zur Genauigkeitsabschätzung der Luftbildklassifizierung in terrestrischen Beobachtungs- und Kontrollflächen [n] (siehe Text)

Tab. 6a: Vergleich in den Beobachtungsflächen [n]

"wahre" Schadklasse Terrestrisch	Luftbildschadklasse					0-4 [n]
	0 [n]	1 [n]	2 [n]	3 [n]	4 [n]	
0 [n]	15					15
1 [n]	4	9				13
2 [n]		3	4			7
3 [n]			1	5		6
4 [n]						
0-4 [n]	19	12	5	5		41

Tab. 6b: Vergleich in den Kontrollflächen der Plausibilitätsprüfung [n]

"wahre" Schadklasse Terrestrisch	Luftbildschadklasse					0-4 [n]
	0 [n]	1 [n]	2 [n]	3 [n]	4 [n]	
0 [n]	2					2
1 [n]	2	11	1			14
2 [n]		2	12			14
3 [n]			1	8	1	10
4 [n]					5	5
0-4 [n]	4	13	14	8	6	45

Tab. 6c: Zusammenfassung der Tabellen 6a und 6b

"wahre" Schadklasse Terrestrisch	Luftbildschadklasse					0-4 [n]
	0 [n]	1 [n]	2 [n]	3 [n]	4 [n]	
0 [n]	17					17
1 [n]	6	20	1			27
2 [n]		5	16			21
3 [n]			2	13	1	16
4 [n]					5	5
0-4 [n]	23	25	19	13	6	86

Die getrennte Betrachtung der Ergebnisse von Beobachtungs- und Kontrollflächen ergibt ein ähnliches Bild. Je 80 bzw. 84% der Luftbildklassen sind treffend zugeordnet und in 20 bzw. 11% aller Fälle liegt eine Unterschätzung vor (Tab. 6a und b). Überschätzt werden die „wahren“ Schadklassen nur bei den Kontrollflächen in 5% der Beobachtungen (Tab. 6b). Fehleinschätzungen über zwei oder mehr Klassen hinweg kommen nicht vor.

Das vorliegende Ergebnis stellt ein Zeugnis ausreichender Zuverlässigkeit der Klassifizierungsergebnisse dar, zumal es nach den Ergebnissen umfangreicher Vergleichsuntersuchungen von terrestrischen und luftbildgestützten Kronenzustandserhebungen aufgrund der unterschiedlichen Betrachtungsweisen von vornherein nicht zu einer völligen Gleichheit beider Schätzergebnisse kommen kann (TEPASSÉ 1988).

4.3.1.2 Einsatz eines Geographischen Informationssystems (GIS) zur Analyse der Folgeschäden

BILL & FRITSCH (1991) beschreiben das GIS als ein „... rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und .. Anwendungen besteht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfaßt und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden“. Ein entscheidender Vorteil ist die Möglichkeit, komplexe und mehrschichtige Analysen durchzuführen. Damit wird die Wirksamkeit von räumlichen Beziehungen und Prozessen statistisch bestätigt und im Rahmen von Modellen oder statistischen Untersuchungen nicht augenscheinliche Zusammenhänge aufgedeckt (SAURER 1989).

In Zusammenhang mit großräumigen Betrachtungen im Rahmen von Schwammspinner-Massenvermehrungen wurden schon mehrfach GIS eingesetzt (z.B. LIEBHOLD et al. 1994, LIEBHOLD et al. 1996, GELDREICH & THOMASSIN 1995, NAGELEISEN et al. 1996, DESHAYES & STACH 1998). Das in dieser Arbeit zum Einsatz kommende GIS basiert auf einem Vektormodell. Dieses Modell besteht aus den Bestandteilen der Geometrie und Topologie sowie aus Attributen. Die Geometrie setzt sich aus Punkten, Linien sowie Flächen bzw. Polygonen zusammen und ist über Koordinaten definiert. Die Topologie beschreibt die Lage der geometrischen Objekte zueinander (Nachbarschaftsbeziehungen). Jedem geometrischen Objekt können Attribute zugeordnet werden. Diese Attribute bestehen aus Sachinformationen, die über die Verbindung zur Geometrie einen räumlichen Bezug erhalten. Sie sind der Geometrie über gemeinsame Kennzahlen zugeordnet und werden in einer relationalen Datenbank verwaltet.

Die zu analysierenden Sachinformationen (Attribute) zu Folgeschäden, Fraßgeschichte, Standort und Bestockung liegen flächenbezogen (Geometrie) vor und können über einen gemeinsamen Flächenbezug miteinander in Verbindung gebracht werden. Inwiefern, in welchem Ausmaß und auf welcher Fläche ein Zusammenhang besteht, wird mit Hilfe des GIS über Flächenverschnidungen festgestellt, quantifiziert und sowohl kartographisch als auch tabellarisch dargestellt.

Die in dieser Arbeit gewonnenen Daten wurden anhand vorgegebener Fragestellungen im Rahmen einer Diplomarbeit mit Hilfe eines GIS bearbeitet (STÖVER et al. 1996) (Abb. 4). Im Softwarebereich wurde das Programm ARC/INFO eingesetzt. Nähere technische Informationen können aus STÖVER (1996) entnommen werden.

In das GIS wurden folgende Informationen eingebunden:

Die **digitale Waldortskarte**²² des Bienwaldes, in die später alle weiteren Kartenwerke eingepaßt wurden, war ein grundlegender Bestandteil des GIS. Während sie im Forstamt Schaidt meist bis auf Teilflächenebene, die kleinste Einheit der Waldeinteilung, abgestuft war, lag der Kartenbereich des Forstamtes Hagenbach lediglich bis auf die verhältnismäßig grobe Flächeneinheit der Abteilungsebene vor. Um die vorliegenden Bestockungsdaten der Forsteinrichtung (Sachdaten) bestandes- und teilflächengenau nutzen zu können, mußte die digitale Waldortskarte im Rahmen dieser Arbeit auf Grundlage analoger Forstkarten in Teilbereichen manuell um die Bestandes- und Teilflächen ergänzt werden.

Die den Waldorten zugehörigen Bestockungsdaten²⁰ der Forsteinrichtung wurden aus dem Programmpaket „Forsteinrichtung im Dialog“ (FERDI) der Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz (LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ 1993) zur Verfügung gestellt.

Für die forstökologisch ausgerichteten Fragestellungen dieser Untersuchungen war es notwendig, die vorliegenden Sachinformationen der Forsteinrichtung räumlich konkret auf die zu analysierenden Bestandesteile zu beziehen. Die Sachdaten der Forsteinrichtung liegen allerdings flächenbezogen nur auf der Ebene des Bestandes vor, wobei diese betrieblich ausgerichtete Einheit (LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ 1972) aber nicht immer auch forstökologisch homogene Verhältnisse darstellt. Innerhalb der Bestände sind in der Bestockung voneinander abweichende, kleinere homogene Flächeneinheiten bzw. Teilflächen über die Ausweisung von „Besonderen Aufnahmeeinheiten“ (BAE) und von Mischungsmerkmalen (horst- oder flächenweise) in Verbindung mit Lagehinweisen im Sachdatensatz identifizierbar. In einigen Fällen werden diese Teilflächen in der Waldortskarte als „Bestandesverschiedenheiten“ auch zeichnerisch dargestellt. Hierfür liegt jedoch keine Kennziffer als computerlesbares Zuordnungsmerkmal vor, so daß die jeweils zugehörigen Sachdaten nicht automatisch zugeteilt werden können. Oft fehlt die kartenmäßige Ausweisung solcher Teilflächen aber auch gänzlich. Folgendes Beispiel soll die Problematik verdeutlichen: Ein 4 ha großer Bestand besteht laut des bestandesweise vorliegenden Sachdatensatzes zu 75% aus Kiefern und zu 25% aus Eichen. Innerhalb dieses Bestandes sind die Eichen auf einem 1 ha flächig im Nordwesten beigemischt und mit der Schadklasse 3 geschädigt. In der Karte ist diese Bestandesverschiedenheit zwar eingezeichnet, da sie aber keine Waldortsbezeichnung bzw. Kennziffer trägt, kann der Bezug zum dazugehörigen Datensatz trotz der Hinweise auf die flächige Mischungsform und auf die Lage der beigemischten Eichen im Sachdatensatz nicht selbsttätig hergestellt werden. Der Schaden auf dieser Eichenfläche wird so nur auf Bestandesebene einem Kiefern-Eichen-Mischwald zugeordnet, obwohl es sich hier eindeutig um einen reinen Eichenwald handelt. Die tatsächlichen forstökologischen Verhältnisse kommen auf diesem Weg nicht zur Geltung, so daß es bei der Beurteilung des Schadens auf dieser Fläche zu Fehlinterpretationen

²² Diese Daten wurden von der Bezirksregierung Rheinhessen-Pfalz - Forstdirektion - zur Verfügung gestellt.

kommen kann. Um die Datensätze der Forsteinrichtung möglichst teilflächengenau bereitzustellen, wurden sie deshalb manuell überarbeitet. Alle einer homogenen Teilfläche zuzuordnenden Bestandesdaten und die dazugehörigen Geometriedaten wurden mit zusätzlichen Ortskennziffern verknüpft, wobei die Aufarbeitung dieser Daten innerhalb des Untersuchungsgebietes auf die Eichenbestände beschränkt blieb, die mit Hilfe einer Datenbankabfrage selektiert wurden. Hinweise auf Teilflächen waren über die „Besonderen Aufnahmeeinheiten“ oder die Merkmale der Mischungsform und der Lage gegeben, während die örtliche Identifikation dieser Teilflächen über die Forstbetriebs- und Forstgrundkarten erfolgte. In einigen Fällen mußten Teilflächengrenzen, die zwar in der Forstgrundkarte, aber nicht in der Forstbetriebskarte bzw. digitalen Waldortskarte existierten, hinzugefügt werden. Soweit dies auf Grundlage des vorhandenen Daten- und Kartenmaterials möglich war, standen die Forsteinrichtungsdaten nach diesem Arbeitsschritt bis auf Teilflächenebene zur Verfügung.

Die Forsteinrichtungsdaten der Forstämter Hagenbach und Schaidt waren von unterschiedlicher Aktualität. Während im Forstamt Hagenbach die letzte Inventur 1982 stattfand, wurde das Forstamt Schaidt 1994 eingerichtet. Nachdem in beiden Forstämtern die Bestandesalter für 1995 automatisch fortgeschrieben wurden, sollte der 13 Jahre alte Datenbestand des Forstamtes Hagenbach zumindest in den bedeutenden flächenrelevanten Veränderungen auf den neusten Stand gebracht werden. Zur kurzfristigen Aktualisierung der Forsteinrichtungsdaten wurden deshalb die im Forstamt Hagenbach seit 1982 entstandenen Kulturflächen durch eine Befragung der Forstrevierbeamten ermittelt. Die Lage und Flächenausdehnung der Kulturflächen wurde anschließend aus Infrarot-Orthophotos von 1995 (Maßstab 1:5.000) ermittelt, analog in eine Forstbetriebskarte umgezeichnet und anschließend digitalisiert sowie die dazugehörigen Baumartenanteile und Alter zur Aktualisierung der Sachdatenbank aufgelistet.

Die im Zuge der Untersuchungen in Zusammenarbeit mit der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz erzeugte **digitale forstliche Standortskarte** des Staatswaldes der Forstämter Hagenbach und Schaidt sowie die über das CIR-Luftbild ermittelte **digitale Karte der Folgeschadensflächen** (Kap. 4.3.1.1) wurden in das GIS eingelesen und gleichzeitig die dazugehörigen Sachinformationen (Attribute) in die Sachdatenbank übernommen (Tab. 7, Seite 45).

Folgende Informationen lagen auf Basis von analogen Forstbetriebskarten mit Waldorteinteilung vor, wobei die flächenbezogenen Attribute innerhalb dieser Karten mit farbigen Signaturen dargestellt waren:

FRABFLÄCHEN 1993 und 1994. Diese Kartierungen erfolgten von Seiten der Forstrevierbeamten, getrennt für jedes Forstrevier, wobei die Ergebnisse zum Teil forstamtsweise in einer Karte zusammengetragen wurden. Die Kartierungskriterien waren von der Forstdirektion vorgegeben. Dabei wurden mit Kahl- und Lichtfraß in beiden Jahren zwei Fraßintensitäten unterschieden. 1994 ist mit der Kartierung von „Kahlfraß an beigemischten Eichen, Buchen und Hainbu-

chen in Beständen mit anderen Hauptbaumarten z.B. Kiefer, Esche, Erle sowie Kahlfraß nur des Laubholzunterstandes und leichter Fraß“ eine dritte Kategorie hinzugekommen (vgl. Kap. 1.3).

FRABPROGNOSEFLÄCHE 1994. Die Prognosefläche für den 1994 zu erwartenden Kahl- und Lichfraß wurde von der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg auf Grundlage der Ergebnisse einer von den Forstämtern durchgeführten Eigelegezählung festgelegt (SCHRÖTER & SEEMANN 1996).

BEHANDELTE FLÄCHE 1994. Die mit Pflanzenschutzmitteln behandelte Fläche lag in Form einer Vollzugskarte des Einsatzleiters für die hubschraubergestützte, aviotechnische Behandlung vor. Mittelabdrift oder Flächenverwechslungen können weitgehend ausgeschlossen werden (mündl. Mitt. BECK²³ 1995). Die mittels Rückenspritze terrestrisch behandelten Flächen wurden aus einer Vollzugskarte (Forstamt Schaidt) und nach Befragung der Forstrevierleiter (Forstamt Hagenbach) 1995 ermittelt.

TERRESTRISCH EINGESCHÄTZTE FOLGESCHADENSFLÄCHE. Die Schadflächen in Kulturen und angehenden Dickungen wurden ergänzend zu der Luftbildauswertung in Zusammenarbeit mit den Forstrevierbeamten terrestrisch eingeschätzt, wobei die Kartierungskriterien analog zur Luftbild-Schadkartierung lagen (vgl. Kap. 4.3.1.1.2). Im Bienwald sind in Kulturen je nach den Wetterverhältnissen in den ersten Jahren Ausfälle von bis zu 25% auch ohne Insektenfraß möglich, so daß hier die Schäden erst ab der Schadklasse 2 erhoben wurden. Sofern diese Flächen nicht von der Kartierung mit Hilfe des Luftbildes bereits erfaßt waren und eine zusammenhängende Fläche von 0,2 ha überschritten wurde, wurden sie in Forstbetriebskarten analog festgehalten.

Alle analog vorliegenden Karteninformationen wurden digitalisiert und somit in eine für den Rechner verständliche Form gebracht, indem sie von den analogen Kartenvorlagen ortsgetreu in die Vorlage der digitalen Waldortskarte übertragen wurden. Gleichzeitig wurden die dazugehörigen Attribute in die GIS-Sachdatenbank übernommen (Abb. 4, Seite 44 und Tab. 7, Seite 45).

²³ G. Beck, Maschinenstützpunkt Forstamt Schaidt.

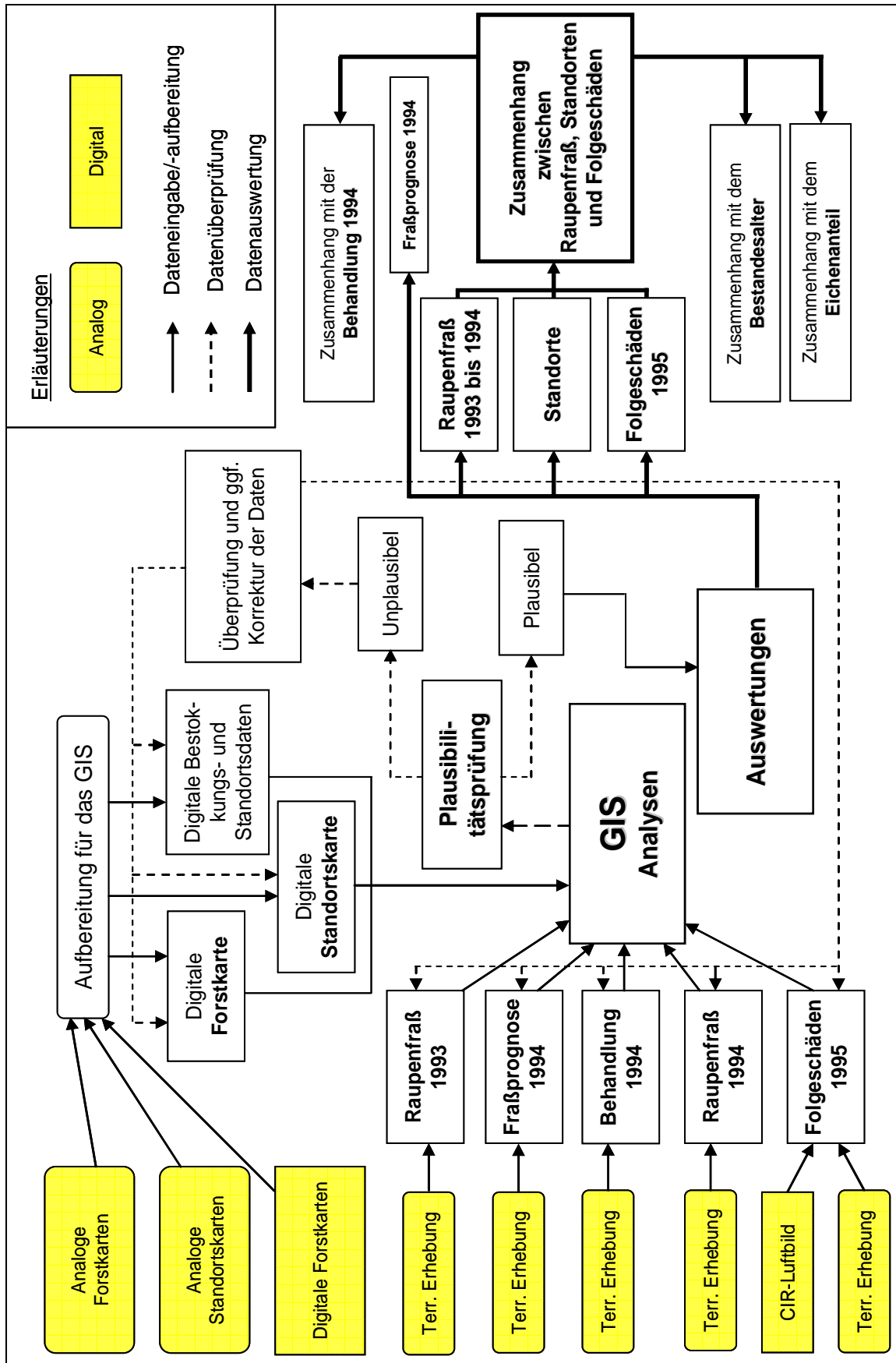


Abb. 4: Schematische Darstellung der im GIS verwendeten Flächendaten (vgl. Tab. 7) und durchgeführten Analysen (Terr. = terrestrische) (siehe Text)

Tab. 7: Im GIS flächenbezogen verfügbare Sachinformationen (siehe Text)

Informationen	Attribute
1 Fraßflächen 1993	1.1 Kahlfraß 1.2 Lichtfraß
2 Fraßprognoseflächen für 1994	2.1 Kahlfraß 2.2 Lichtfraß
3 Behandlungsflächen 1994	3.1 Aviotechnisch mit <i>B.t.k.</i> 3.2 Aviotechnisch mit Dimilin 3.3 Terrestrisch mit <i>B.t.k.</i> , Dimilin oder Fastac
4 Fraßflächen 1994	4.1 Kahlfraß 4.2 Lichtfraß 4.3 Kahlfraß an beigemischten Eichen, Buchen, Hainbuchen sowie Laubholzunterstand und leichter Fraß
5 Folgeschadensflächen 1995	5.1 Luftbilderergebnisse 5.2 Terrestrische Ergebnisse jeweils in fünf Schadklassen (vgl. Kap. 4.3.1.1.1)
6 Forsteinrichtungsdaten, waldortsbezogen	6.1 Alter in Jahren (Stichtag 1.10.1995) 6.2 Mischungsanteile der Eiche
7 Standortsflächen	7.1 Wasserhaushaltsstufen 7.2 Substratreihen

Um Kleinstflächen zu vermeiden, stellt die Software des ARC/INFO während des Verschneidens das Instrument der „fuzzy tolerance“ zur Verfügung, bei dem ein Mindestabstand zwischen zwei Linien angegeben werden kann. Wird dieser Abstand unterschritten, werden die Linien miteinander „verschmolzen“. Im vorliegenden Fall wurde eine Toleranz gewählt, die im Gelände einem Abstand von 5 m entspricht. Nach dem Verschneiden der Flächeninformationen wurden trotzdem Lageunstimmigkeiten offensichtlich. So fiel beispielsweise ein Teil der im Luftbild kartierten Eichenschadflächen auf Wege oder Bestände anderer Baumarten. Dies kann aufgrund von Lageverschiebungen des unentzerrten Luftbildes und Ungenauigkeiten bei der Digitalisierung entstanden sein. Da der Bienwald ein überwiegend ebenes Gelände hat, dürften höhenbedingte Lagefehler nur eine untergeordnete Rolle spielen. Allerdings sind die Wege in der digitalen Waldortskarte überdimensional dargestellt, so daß auch lagerichtig umgezeichnete Schadflächen darauf zum Liegen kommen. In vielen Fällen ragten die Kronen auch über die Bestandesgrenzen hinaus. Diese Unstimmigkeiten waren in der Verschnittkarte als zahlreiche und meist sehr kleinflächige Randstreifen zu erkennen, was zu einer sehr großen Anzahl von Teilflächen und somit auch Datensätzen führte. Zur Korrektur und Minimierung dieser Flächen wurde der ARC/INFO-Befehl „eliminate“ eingesetzt. Bei diesem Schritt werden Mindestgrößen von Teilflächen festgesetzt. Wird diese Größe unterschritten, löst sich die Grenzlinie zu der größeren benachbarten Flächeneinheit auf und wird ihr zugeschlagen. Im vorliegenden

Fall wurde nach jedem Verschnittvorgang eine Mindestgröße von 200 m² gewählt, so daß sich die Anzahl der Datensätze deutlich verminderte.

Da nur an Eichen flächig bedeutsame Schäden entstanden sind, werden in den folgenden Analysen nur Bestände berücksichtigt, die einen **Eichenanteil von mehr als 10%** aufzeigen. Die 1994 zusätzlich ausgewiesene Fraßkategorie „Kahlfraß an beigemischten Eichen, Buchen und Hainbuchen in Beständen mit anderen Hauptbaumarten, wie beispielsweise Kiefer, Esche und Erle, sowie Kahlfraß nur des Laubholzunterstandes und leichter Fraß“ wird bei den anschließenden Untersuchungen nicht berücksichtigt, da in dieser Kategorie drei unterschiedlich zu bewertende Ereignisse vermischt sind, woraus keine eindeutigen Erkenntnisse abgeleitet werden können.

Für die nachfolgenden Analysen und Auswertungen werden die Bestandesalter und Mischungsanteile in Klassen eingeteilt. Die **Alterseinteilung** erfolgte nach heutigen, den Verhältnissen der Eiche im Bienwald entsprechenden, waldbaulichen und forstökologischen Gesichtspunkten. Sie orientiert sich weitgehend an den Maßnahmengruppen der Forsteinrichtung (Tab. 8).

Tab. 8: Alterseinteilung (siehe Text)

	Altersspanne	Natürliche Altersklasse	Maßnahmengruppe
1	1-15 Jahre	Jungwuchs	Kulturpflege
2	16-50 Jahre	Dickung und Stangenholz	Jungbestandspflege
3	51-140 Jahre	Schwaches bis mittleres Baumholz	Durchforstung
4	>140 Jahre	Starkes Baumholz	Endnutzungsdurchforstung und Endnutzung

Die Klassen unterschiedlicher Mischungsanteile der Eichen, die sogenannten **Eichenanteilsklassen**, werden im Anhalt an die Forsteinrichtungs-Anweisung für den Staats- und Körperschaftswald in Rheinland-Pfalz (FA 72) festgesetzt (LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ 1974) (Tab. 9).

Tab. 9: Einteilung in Eichenanteilsklassen (siehe Text)

Eichenanteilsklasse	Eichenanteil (%)	Eichenmischungsmerkmal
1	1-10	geringfügig beigemischt
2	11-50	Eiche überwiegt nicht
3	51-89	Eiche überwiegt
4	90-100	Eichenreinbestand

4.3.2 Ergebnisse

4.3.2.1 Bilanz der Massenvermehrung

Die Befalls-, Prognose-, Behandlungs- und Folgeschadensflächen werden mit Hilfe des GIS quantifiziert (Tab. 10 und Tab. 11, Seite 48) und in Kartenform dargestellt (Abb. 5, Seite 49) (Anhang 1-5).

Insgesamt wurde eine Waldfläche von 2.505 ha von Schwammspinnerraupe kahl und licht gefressen (Tab. 10). Zu einmaligem Fraß kam es 1993 wie auch 1994 auf je etwa 950 ha, 618 ha wurden in beiden Jahren befallen. 1994 war der Anteil des Kahlfraßes (88%) größer als 1993 (55%). Die Fraßfläche 1994 beschränkte sich aufgrund der erfolgreichen Behandlung auf 1.575 ha. Wird unterstellt, daß auf den behandelten Bereichen, wie prognostiziert, Kahlfraß stattgefunden hätte, so wäre 1994 eine Fraßfläche von 3.120 ha entstanden. Dieser Wert liegt nahe an der Fraßprognose von 3.039 ha.

Tab. 10: Umfang des Fraßes durch Schwammspinnerraupe 1993 und 1994, der Fraßprognose 1994 sowie der Behandlung 1994

	1993	1994
Kahlfraß ¹⁾	851 ha	1.386 ha
Lichtfraß ²⁾	697 ha	189 ha
Kahl- und Lichtfraß	1.548 ha	1.575 ha
Einmalig befallen ³⁾	930 ha	957 ha
Zweimalig befallen ⁴⁾	618 ha	
Gesamte befallene Fläche	2.505 ha	
Fraßprognose ⁵⁾	/	3.039 ha
Behandlung ⁶⁾	/	1.545 ha

1) Blattverlust >80%, terrestrische Erhebung

2) Blattverlust 50-80%, terrestrische Erhebung

3) Kahl- und Lichtfraß, entweder 1993 oder 1994

4) Kahl- und Lichtfraß, 1993 und 1994

5) Kahl- und Lichtfraßprognose auf Grundlage einer Eigelegezählung

6) Aviotechnische und terrestrische Ausbringung der Pflanzenschutzmittel

Folgeschäden sind 1995 auf einer Gesamtfläche von 550 ha entstanden (Tab. 11, Seite 48). Die leichten Schäden (Schadklasse 1) hatten den größten Anteil, während die mittleren, schweren und schwersten Schäden (Schadklassen 2 bis 4) zusammen etwa die Flächengröße der leichten Schäden einnahmen. In Kulturen und angehenden Dickungen ist die Schadklasse 4 nicht vorzufinden. Mit Ausnahme weniger in Eichenbestände eingemischter Fichten- und Douglasienbestände (3 ha) sind im Bienwald nur Eichen abgestorben (547 ha). Kiefern haben den Lichtfraß ohne Ausfälle überstanden. Befressene Roteichen, Buchen, Hainbuchen, Erlen, Eschen, Ulmen oder Birken zeigten im Bienwald keine bedeutungsvollen Folgeschäden.

Tab. 11: Ausmaß der Schwammspinner-Folgeschäden im Bienwald 1995 (die Schadklasse 1 wurde in Kulturen nicht erhoben, vgl. Kap. 4.3.1.2)

Schadklasse	Luftbildkartierung	Terrestrische Kartierung in Kulturen	Gesamt	
1	227 ha	/	227 ha	41%
2	153 ha	22	175 ha	32%
3	88 ha	14	101 ha	18%
4	46 ha	0	47 ha	9%
1-4	514 ha	36	550 ha	100%

Der Schwammspinnerbefall fand 1993 vorwiegend im westlichen Bereich des Untersuchungsgebietes statt (Abb. 5a, Seite 49). Auf das Jahr 1994 hinblickend wurde für einen weit größeren Bereich fast ausschließlich Kahlfraß (97%) prognostiziert (Abb. 5b), wovon etwa die Hälfte nachfolgend mit Pflanzenschutzmitteln behandelt wurde (Abb. 5c). Werden die Befallsflächen 1994 mit den Behandlungsflächen 1994 verglichen, so zeigt sich, daß der Fraß auf den behandelten Flächen weitgehend abgewehrt werden konnte (Abb. 5c und 5d). Die Befallsfläche 1994 hat sich gegenüber 1993 in südlicher und nordöstlicher Richtung ausgedehnt (Abb. 5d). Die Folgeschadensflächen 1995 konzentrieren sich eindeutig auf die 1994 unbehandelten und somit befallenen Bereiche (Abb. 5d und 5e). Die Zusammenhänge dieser flächenhaften Informationen werden im anschließenden Kapitel 4.3.2.2 näher analysiert.

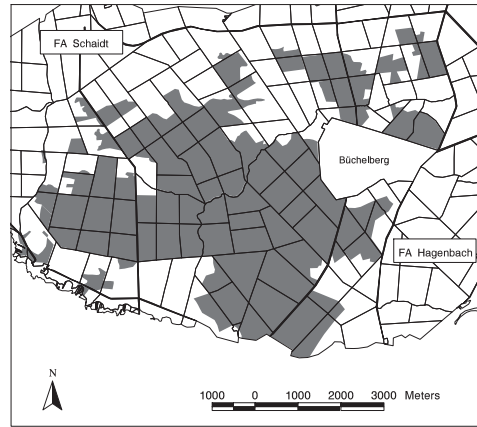
Im Untersuchungsgebiet befinden sich auf 3.387 ha Eichen- und Eichenmischwälder mit unterschiedlichen Eichenanteilen, wovon 2.505 ha (74%) kahl oder licht gefressen wurden. Für die folgenden Analysen (Kap. 4.3.2.2) werden nur Waldflächen mit Eichenanteilen von mehr als 10% betrachtet (vgl. Kap. 4.3.1.2), da nur an Eichen flächig bedeutungsvolle Folgeschäden entstanden sind. Daraus ergibt sich eine Fraßfläche von 2.096 ha und eine Folgeschadensfläche von 547 ha.

a) Befallsflächen 1993



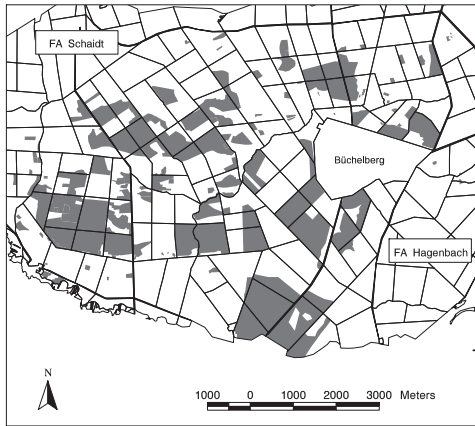
■ Schwammspinnerfraß 1993

b) Befallsprognoseflächen 1994



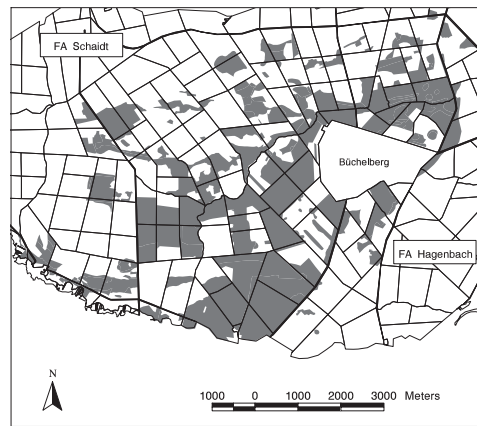
■ Fraßprognose 1994

c) Behandlungsflächen 1994



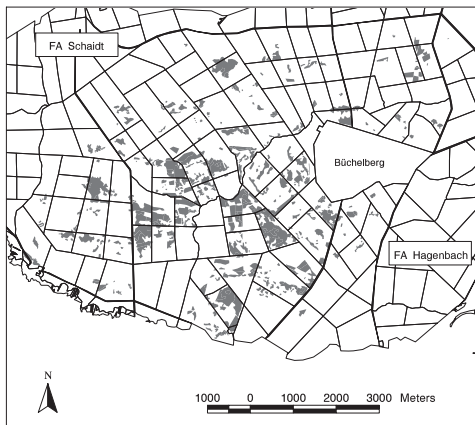
■ Insektizidbehandlung 1994

d) Befallsflächen 1994



■ Schwammspinnerfraß 1994

e) Folgeschadensflächen 1995



■ Ausfallrate 5 - 100 %

Abb. 5: Verlauf der Schwammspinner-Massenvermehrung 1993 und 1994 sowie die Folgeschäden 1995, anhand von Karten in chronologischer Reihenfolge dargestellt

4.3.2.2 Analysen

4.3.2.2.1 Fraßgeschichte und Folgeschäden

Zwischen der Fraßgeschichte und auftretenden Folgeschäden bestand ein deutlicher Zusammenhang (Abb. 6). Je nach Häufigkeit, Zeitpunkt und Intensität des Raupenfraßes zeigte sich in der Schadensausprägung eine klare Abstufung. Die höchsten Schadensanteile waren in zweimalig 1993 und 1994 befallenen (Kahl- oder Lichtfraß) und in einmalig 1994 kahlgefressenen Gebieten zu finden. Dabei wiesen die zweimalig kahlgefressenen Eichenbestände die größte Schadensrate auf und waren auch in der Schadintensität am stärksten betroffen. Der Raupenfraß von 1994 hat bei gleicher Fraßintensität stärkere Schäden als der von 1993 verursacht. Bei einmaligem Kahlfraß war 1994 beispielsweise eine mehr als dreimal höhere Schadensrate als 1993 vorzufinden. Auch die Intensität des Fraßes (Licht- oder Kahlfraß) spielte eine bedeutende Rolle, so daß der einmalige Kahlfraß 1993 etwa den doppelten und 1994 etwa den sechsfachen Schaden als der einmalige Lichtfraß anrichtete.

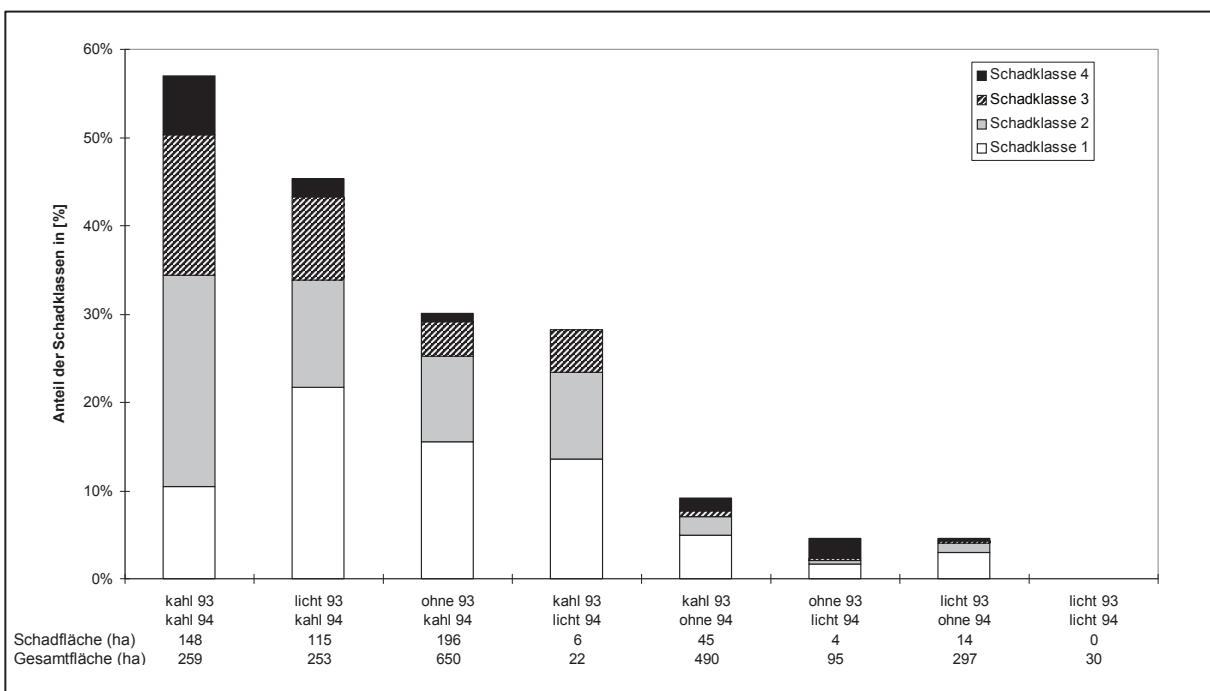


Abb. 6: Anteile der Schadklassen (vgl. Kap. 4.3.1.1.2, Tab. 4) bei unterschiedlicher Fraßgeschichte, nach dem Grad ihrer Schädigung geordnet; unter der Abbildung sind jeweils die absolute Schadfläche (Schadklassen 1-4) und die Gesamtfläche jeder Fraßgeschichte in ha angegeben; Summe aller Schadflächen: 528 ha, Summe aller Gesamtflächen: 2.096 ha

Das Analyseergebnis zeigte 19 ha Schadflächen, die weder einem licht- noch einem kahlgefressenen Bereich zugeordnet werden konnten, wovon allerdings 7 ha der unberücksichtigten Kategorie „Kahlfraß an beigemischten Eichen, Buchen ... und an Laubholzunterstand sowie leichter Fraß“ angehörten. Auf den restlichen 12 ha wurde der Raupenfraß bei der Kartierung

offensichtlich übersehen, denn in diesen Flächen war 1995 anhand der Schadbilder, wie bspw. hohe Feinreisiganteile an den abgestorbenen Bäumen bei gleichzeitig noch anhaftender Rinde und anhand von Puppen- und Eigelegeüberresten im Gelände zu erkennen, daß es sich auch dort um Schäden infolge eines Raupenfraßes durch Schwammspinner gehandelt haben mußte.

4.3.2.2.2 Standort und Folgeschäden

Innerhalb gleicher Fraßgeschichte variieren die Folgeschäden erheblich. So bleibt auch nach zweimaligen Kahlfraß immerhin noch 43% (111 ha) der befallenen Fläche ohne Schaden. Dies läßt darauf schließen, daß neben dem Raupenfraß noch andere Faktoren zu einer Schadedifferenzierung geführt haben müssen. Bei Geländebegehungen war 1995 deutlich zu erkennen, daß sich der Schaden offenkundig auf „nasse“ Waldstandorte konzentrierte. Aus diesem Anlaß lag es nahe, die zur Verfügung stehende forstliche Standortskartierung unter Berücksichtigung der Fraßgeschichte mit den Folgeschadensflächen zu verschneiden.

Die forstökologischen Grundeinheiten der Standortskartierung sind die **Standortstypen**, die sich aus den flächendeckend vorliegenden Komponenten **ökologische Wärmestufe**, **Wasserhaushaltsstufe** und **Substratreihe** zusammensetzen (LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ 1996). Die ökologische Wärmestufe ist für das Untersuchungsgebiet einheitlich planar mit einem subkontinentalen Einschlag. Die Wasserhaushaltsstufen werden nach dem pflanzenverfügbaren Bodenwasser eingestuft, wobei das mittlere Wasserangebot während der Vegetationsperiode ausschlaggebend ist. Als Substratreihen werden Standorte mit ähnlichen biologischen, bodenchemischen und -physikalischen Eigenschaften zusammengefaßt. Im Bienwald sind terrestrische Standorte, Grundwasser-Standorte, Moor-Standorte und Bachauen zu unterscheiden (BUB et al. 1998) (Tab. 12). Innerhalb des Untersuchungsgebietes überwiegen die wechselfrischen Grundwasser-Standorte, die durch eine Grundwasserbeeinflussung in Tiefen von weniger als 60 cm unter GOF (Geländeoberfläche) gekennzeichnet sind, wobei der Schwerpunkt bei regelmäßigen Grundwasserständen von 45 bis 25 cm unter GOF liegt. Die Grundwasserböden des Untersuchungsgebietes sind durch einen stark schwankenden Grundwasserspiegel gekennzeichnet und örtlich durch Stauwasser beeinflusst. Auf wechselfrischen Flächen wird die Wasserhaushaltsstufe bei lang hochanstehendem Grundwasser als „vernässend“ oder „naß“ bezeichnet. Auch die minder nassen Standorte mit den Wasserhaushaltsstufen „äußerst frisch“ und „sehr frisch“ können im Frühjahr vor oder zu Beginn der Vegetationsperiode „vernässende“ bis „nasse“ Phasen aufweisen. Andererseits treten auch auf Standorten mit „vernässenden“ und „nassen“ Wasserhaushaltsstufen im Spätsommer und Herbst oft deutliche Trockenphasen auf (RATHING 1987, BUB et al. 1998).

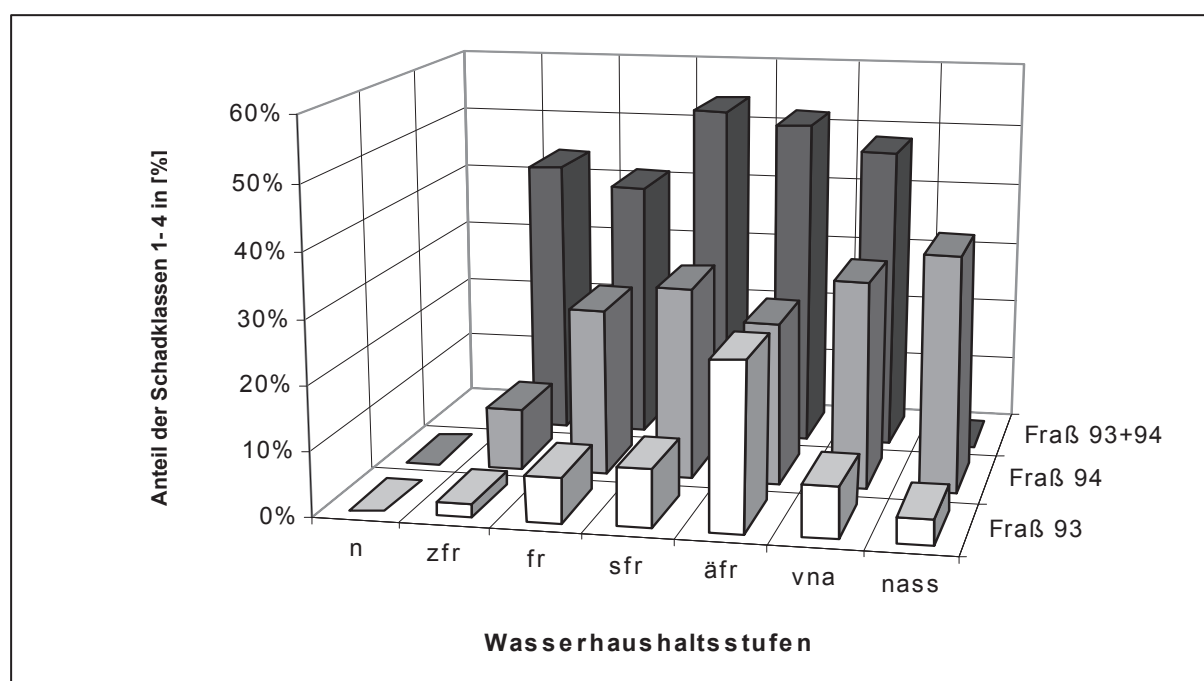
Die Wasserhaushaltsstufen und Substratreihen werden getrennt analysiert, da die Standortstypen als kombinierte Betrachtung der Wasserhaushaltsstufen und der Substratreihen innerhalb einheitlicher Fraßgeschichten nur mit geringen Flächen vorliegen.

Tab. 12: Verteilung der Schwammspinnerfraßfläche (2.096 ha) auf die Wasserhaushaltsstufen in Reihenfolge zunehmender Wasserbeeinflußung sowie auf die Substratreihen innerhalb der Terrestrischen Standorte, Grundwasser-Standorte und Bachauen in Reihenfolge des zunehmenden Feinkornanteils und höheren Nährstoffangebots (in der zweiten Spalte sind die Kurzbezeichnungen angegeben)

WASSERHAUSHALTSSTUFEN		
Mäßig frisch	n	6 ha
Ziemlich frisch	zfr	253 ha
Frisch	fr	1.098 ha
Sehr frisch	sfr	456 ha
Äußerst frisch	äfr	60 ha
Vernässend	vnä	211 ha
Naß	naß	12 ha
Summe		2.096 ha
SUBSTRATREIHEN		
TERRESTRISCHE STANDORTE		
Arme Sande	AS	1 ha
Flugsande	FS	9 ha
Eiszeitliche Sande	ES	42 ha
Kalkverwitterungslehme	KvL	4 ha
GRUNDWASSER-STANDORTE		
Wechselfrische (Wfr.) arme Sande	WaS	119 ha
Wfr. eiszeitliche Sande	WeS	819 ha
Anmoorige Sande	AmoS	56 ha
Wfr. Lehmsande	WLS	232 ha
Wfr. übersandete Lehme	WüsL	297 ha
Wfr. Lehme	WL	198 ha
Wfr. übersandete Mergeltone	WüsMT	226 ha
Wfr. Lehm über Mergelton	WLüMT	51 ha
Wfr. Mergeltone	WMT	24 ha
MOOR-STANDORTE		
Niedermoore des Bienwaldes	Bmo	5 ha
BACHAUEN		
Sandige Bachauen	SBa	1 ha
Lehmige Bachauen	LBa	12 ha
Summe		2.096 ha

Um bei der Verschneidung der Standorte mit den Schadflächen innerhalb einheitlicher Fraßgeschichten ausreichend große Straten zu erhalten, wird hier nicht zwischen Licht- und Kahlfraß unterschieden, so daß der einmalige Fraß 1993 (Fraß 93), der einmalige Fraß 1994 (Fraß 94) und der zweimalige Fraß 1993 und 1994 (Fraß 93/94) betrachtet werden. Die vorkommenden Wasserhaushaltsstufen und die Substratreihen sind innerhalb dieser Fraßgeschichten in etwa gleich verteilt. Darüber hinaus werden nur die ab dem Dickungsalter aus dem CIR-Luftbild kartierten Schadflächen verschnitten (492 ha), da das Risiko für Folgeschäden bei den terrestrisch kartierten Eichenkulturen erfahrungsgemäß nach einmaligem Fraß unabhängig vom Standort bereits sehr hoch ist.

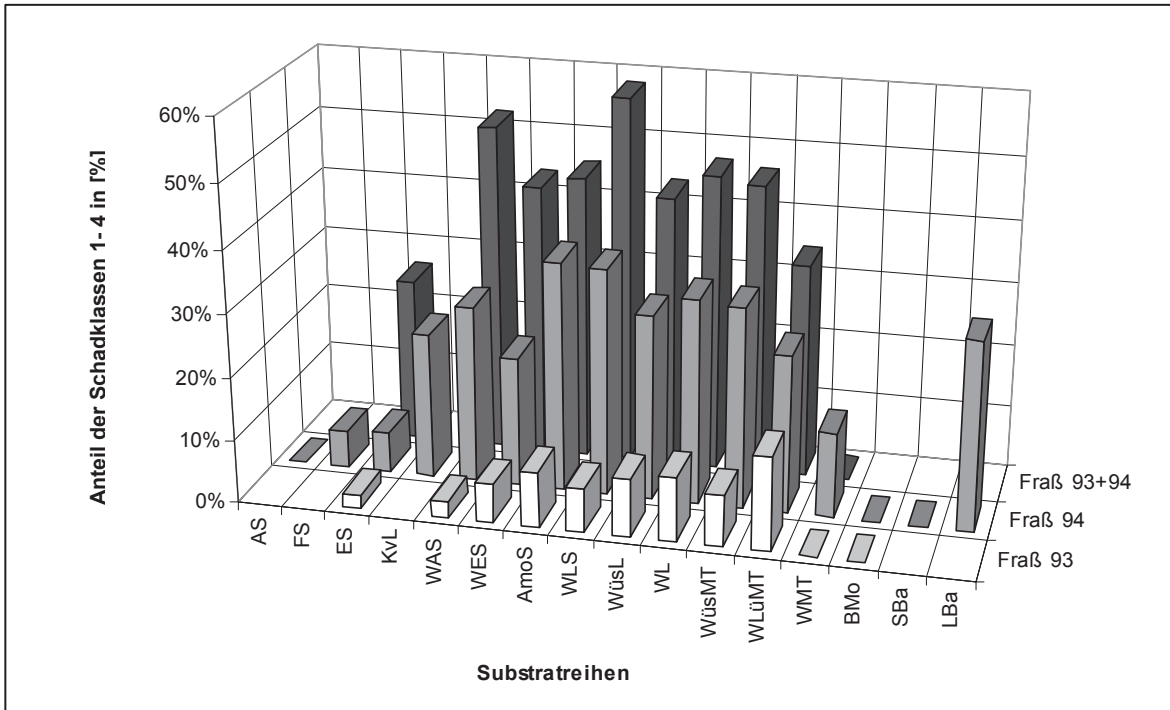
Auf den Standorten mit „mäßig frischer“ (n) Wasserhaushaltsstufe (vgl. Tab. 12) gibt es selbst beim Fraß 94 keine nennenswerten Folgeschäden (Abb. 7). Auf den übrigen Standorten wird das Schadausmaß offensichtlich in erster Linie durch die Fraßgeschichte bestimmt. Innerhalb gleicher Fraßgeschichte steigt der Schadanteil insbesondere bei einmaligem Fraß 1994 mit zunehmender Wasserbeeinflußung. Ein deutlicher Sprung ist zwischen den „ziemlich frischen“ (zfr) und den „frischen“ (fr) bzw. beim Fraß 93/94 zwischen den „frischen“ (fr) und „sehr frischen“ (sfr) Standorten zu verzeichnen. Bei separater Betrachtung der mittelstarken bis schwersten Schäden (Schadklassen 2-4) ergibt sich ein ähnliches Bild (ohne Abbildung).



FRAß 93+94	0	66	277	118	22	79	2
FRAß 94	5	75	387	192	21	61	5
FRAß 93	1	110	437	142	18	73	5
	n	zfr	fr	sfr	äfr	vnä	naß

Abb. 7: Schadanteile in [%] (Schadklassen 1-4) der Wasserhaushaltsstufen (vgl. Tab. 12) innerhalb gleicher Fraßgeschichten; unterhalb der Abbildung sind die Gesamtflächen (ha) wiedergegeben

Bei Betrachtung der Substratreihen (vgl. Tab. 12) liegt das Schadensausmaß der Grundwasser-Standorte innerhalb jeder Fraßgeschichte über dem Niveau der terrestrischen Standorte (Abb. 8, Seite 54). Die „LbA“ reihen sich in das Schadniveau der Grundwasser-Standorte ein. Beim Fraß 93 ist der Unterschied zwischen dem terrestrischen Standort „ES“ und dem Grundwasser-Standort „WaS“ nur schwach ausgeprägt, so daß sich der Schadensanteil erst zwischen den „WaS“ und den „WeS“ deutlich steigert. Innerhalb der Grundwasser-Standorte zeichnet sich keine Tendenz ab, die auf steigende Schadensanteile mit zunehmendem Feinkornanteil und höherem Nährstoffangebot hinweist. Bei separater Betrachtung der mittelstarken bis schwersten Schäden (Schadklassen 2-4) ergibt sich ein vergleichbares Bild (ohne Abbildung).



FRAB 93+94	0	0	6	0	40	244	15	51	79	75	42	9	2	0	0	0
FRAB 94	1	9	20	4	30	273	17	76	80	61	105	33	19	4	1	12
FRAB 93	0	0	16	0	45	332	21	100	133	55	73	8	2	1	0	0
	AS	FS	ES	KvL	WaS	WeS	AmoS	WLS	WüsL	WL	WüsMT	WLüMT	WMT	BMo	SBa	LBa
	Terrestrische Standorte				Grundwasser-Standorte									sonstige Standorte		

Abb. 8: Schadanteile in [%] (Schadklassen 1-4) der Substratreihen (vgl. Tab. 12) innerhalb gleicher Fraßgeschichten; unterhalb der Abbildung sind die Gesamtflächen (ha) wiedergegeben

Inwiefern bezüglich des Schadanteils Wechselwirkungen zwischen den Wasserhaushaltsstufen und den Substratreihen bestehen, wurde anhand der Standortstypen innerhalb der Substratreihen „WeS“, „WLS“ und „WüsL“ in Kombination mit allen Wasserhaushaltsstufen und der Wasserhaushaltsstufen „fr“ und „sfr“ in Kombination mit allen Substratreihen, die mit ausreichend großer Fläche vertreten sind, überprüft. Dabei ergab sich das gleiche Bild wie bei der isolierten Betrachtung der gesamten Wasserhaushaltsstufen oder Substratreihen (ohne Abbildung).

4.3.2.2.3 Alter, Eichenanteil und Folgeschäden

Zur Prüfung, inwiefern Stieleichenbestände bestimmten Alters innerhalb gleicher Fraßgeschichten besonders häufig von Folgeschäden betroffen sind, wurde die Altersverteilung der Schadfläche (Schadklassen 1-4) mit derjenigen der gesamten Stieleichenfläche des Untersuchungsgebietes verglichen. Das gleiche Schema wurde auch zur Prüfung des Einflusses der Ei-

chenanteilsklassen auf das Ausmaß der Folgeschäden angewendet. Innerhalb der Alters- und Anteilsklassen sind die Standorte in etwa gleich verteilt. Lediglich in Kulturen und Dickungen bestand ein höherer Anteil „vernässender“ Standorte.

Auffallend ist, daß die über 140-jährigen Bestände im Vergleich zur Altersverteilung der Gesamtfläche beim Fraß 93 besonders häufig und die 16- bis 50-jährigen dagegen weniger oft von Schäden betroffen waren. Beim Fraß 93/94 zeigten die Kulturen vergleichsweise hohe Schadanteile. In allen anderen Fällen wichen die Altersanteile der Schadfläche nicht wesentlich (mehr als 1,5 fach) von denen der Gesamtfläche ab (Tab. 13).

Tab. 13: Vergleich der Altersanteile der Steileichenfläche (Gesamtfläche) und der Schadfläche (Schadklassen 1-4) innerhalb gleicher Fraßgeschichte im Untersuchungsgebiet (siehe Text)

Alter (Jahre)	Fraß 93		Fraß 94		Fraß 93/94	
	Gesamtfläche	Schadfläche	Gesamtfläche	Schadfläche	Gesamtfläche	Schadfläche
1-15	8 %	8 %	9 %	9 %	11 %	16 %
16-50	27 %	16 %	31 %	34 %	45 %	49 %
51-140	27 %	21 %	32 %	28 %	31 %	24 %
> 140	38 %	55 %	28 %	29 %	12 %	11 %
<i>Summe</i>	<i>100 %</i>	<i>100 %</i>	<i>100 %</i>	<i>100 %</i>	<i>100 %</i>	<i>100 %</i>
<i>(ha)</i>	<i>(795)</i>	<i>(59)</i>	<i>(745)</i>	<i>(201)</i>	<i>(556)</i>	<i>(268)</i>

Bei der Betrachtung der Eichenanteilsklassen kommen die 11-50%-igen Eichenanteile insbesondere beim Fraß 94 und Fraß 93/94 gegenüber der Gesamtfläche in den Schadflächen weniger häufig vor. Eichenanteile von 90-100% waren beim Fraß 93 gegenüber der Gesamtfläche vergleichsweise stärker und demgegenüber beim Fraß 94 vergleichsweise schwächer vertreten. Ansonsten wichen die Eichenanteile der Schadfläche nicht wesentlich von denen der Gesamtfläche ab (Tab. 14).

Tab. 14: Vergleich der Eichenanteile der Gesamtfläche und der Schadfläche (Schadklassen 1-4) innerhalb gleicher Fraßgeschichte im Untersuchungsgebiet (siehe Text)

Eichen- anteil (%)	Fraß 93		Fraß 94		Fraß 93/94	
	Gesamtfläche	Schadfläche	Gesamtfläche	Schadfläche	Gesamtfläche	Schadfläche
11-50	14 %	8 %	9 %	2 %	8 %	3 %
51-89	63 %	60 %	77 %	89 %	82 %	87 %
90-100	23 %	32 %	14 %	9 %	10 %	10 %
<i>Summe</i>	<i>100 %</i>	<i>100 %</i>	<i>100 %</i>	<i>100 %</i>	<i>100 %</i>	<i>100 %</i>
<i>(ha)</i>	<i>(795)</i>	<i>(59)</i>	<i>(745)</i>	<i>(201)</i>	<i>(556)</i>	<i>(268)</i>

Da in Buchen- oder Kiefernbeständen eingemischte Stieleichen oft auf trockeneren Standorten stocken, könnte sich die vergleichsweise geringe Schadensrate bei Eichenanteilen von 11-50% über die Standortverhältnisse erklären lassen (vgl. Kap. 4.3.2.2.2).

4.3.2.2.4 Behandlung und Folgeschäden

Beim Vergleich der Behandlungsflächen 1994 mit den Folgeschadensflächen 1995 fällt auf, daß zwischen den behandelten Bereichen regelrechte Schadflächenkorridore vorhanden sind (Karte 3). Die Schadflächen finden sich vorwiegend in 1994 nichtgeschützten und deshalb befallenen (83%) oder in 1993 befallenen Flächen (12%). Diese Beobachtung und die Tatsache, daß grundsätzlich nur prognostizierte Kahlfraßflächen mit Pflanzenschutzmitteln behandelt worden sind, läßt den Schluß zu, daß ohne die Behandlungsmaßnahmen das Ausmaß der Schäden weitaus größer gewesen und ein erheblicher Teil der Eichenbestände des Bienwaldes schwer geschädigt oder vernichtet worden wäre. Die oft trennscharfen Grenzen von Behandlungsflächen springen sowohl bei der Betrachtung von Farbinfrarot-Luftbildern aus dem Jahr 1995 (Bild 1) als auch bei örtlichen Begehungen heute noch deutlich ins Auge: weitgehend intakte Bestände in behandelten, hohe Ausfälle in unbehandelten Bereichen.

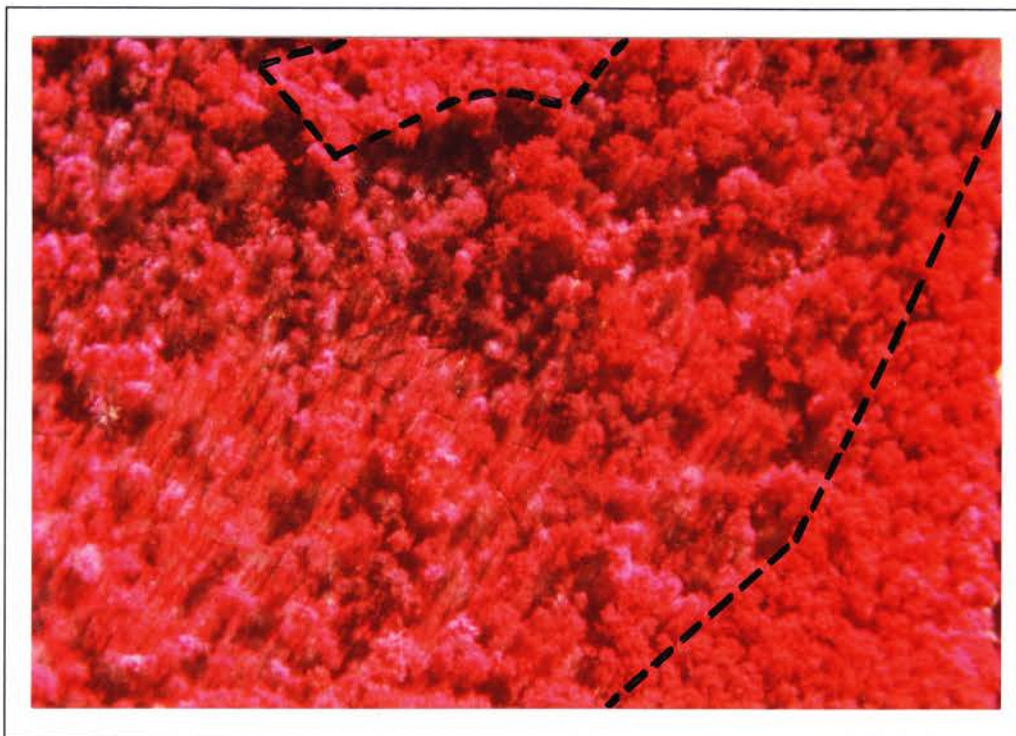
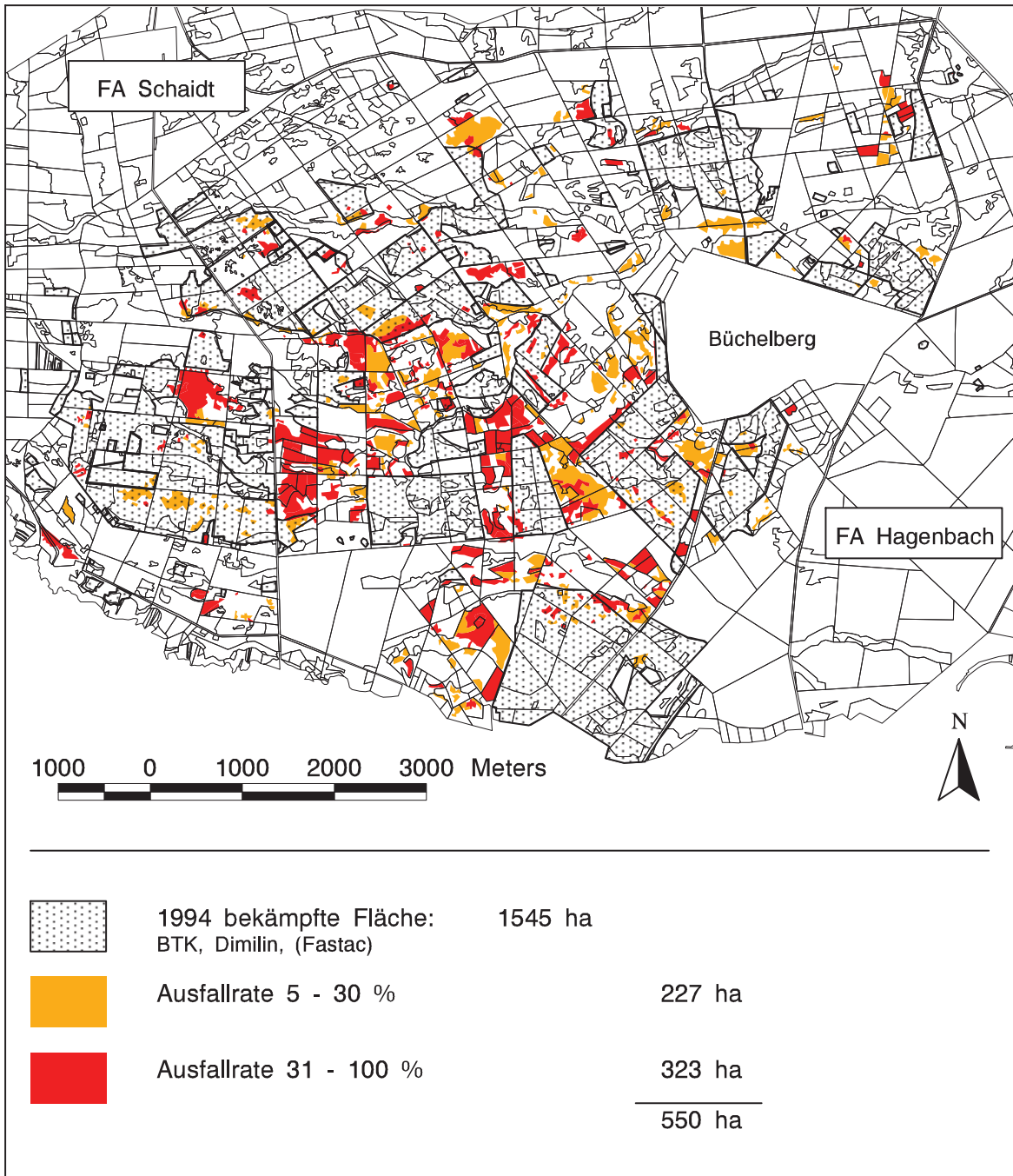


Bild 1: CIR-Luftbildaufnahme mit ungeschädigtem, planmäßig behandeltem Bestandesteil (rechts unten: homogen geschlossene Oberflächentextur) und geschädigtem, unbehandeltem Bestandesteil (Mitte: aufgelöste Oberflächentextur und Schlagschatten) sowie einer ungeschädigten Erlengruppe (oberer Bildrand) im Forstamt Schaidt, Waldort: XXI 11 c³, Abteilung Aschbach (siehe Text)



Karte 3: Flächenvergleich der 1994 mit Insektiziden behandelten Bereiche und der Folgeschadensflächen 1995

4.4 Eingehende terrestrische Untersuchung der Folgeschäden von 1995-1997 auf Beobachtungsflächen

4.4.1 Material und Methoden

4.4.1.1 Alt- und Baumhölzer

4.4.1.1.1 Auswahl der Beobachtungsflächen

In Alt- und Baumhölzern wurden im Winter 1994/95, noch bevor das flächige Ausmaß der Folgeschäden sichtbar wurde, über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt **33 Beobachtungsflächen** auf insgesamt 115 Hektar nach den Kriterien **ALTERSSTUFE**, **FRAßGESCHICHTE** und **STANDORTSVARIANTE** systematisch ausgesucht (Anhang 7).

Die Einteilung in **Alt- und Baumhölzer** als **ALTERSSTUFEN** orientierte sich an den im Bienwald vorherrschenden waldbaulichen Wachstumsphasen von Eichenbeständen. Auswahlkriterium war das Bestandesalter, wobei dem Altholz Bestände zugeteilt wurden, die älter als 130 Jahre alt waren. Eichen in diesem Alter zeigen eine nachlassende Wuchskraft und eine verminderte Reaktions- bzw. Regenerationsfähigkeit. Es wurden auch Alteichenbestände berücksichtigt, die mit bis zu 189 Jahren an der Obergrenze des im Bienwald bestandesweise vorkommenden Altersspektrums liegen. In das Baumholz wurden 77 bis 130 Jahre alte Bestände eingestuft, die in der Regel stabil, wuchskräftig und reaktions- bzw. regenerationsfähig sind. Die natürliche Astreinigung und Selbstdifferenzierung ist in diesem Alter bereits abgeschlossen.

Auf Grundlage der Fraßkartierungen von 1993 und 1994 (vgl. Kap. 4.3.1.2) wurden bezüglich der **FRAßGESCHICHTE** vier Gruppen unterschieden: **ohne Fraß** (FG 0), **einmaliger Fraß 1993** (FG 1), **einmaliger Fraß 1994** (FG 2) und **zweimaliger Fraß 1993 und 1994** (FG 3). In den überwiegenden Fällen handelte es sich um Kahlfraß. Einige Beobachtungsflächen wurden trotz leichter Befallsanzeichen der Gruppe „ohne Fraß“ zugewiesen (siehe Anhang 7).

Um ein möglichst breites Standortsspektrum abzudecken, sollten innerhalb gleicher Altersstufen und Fraßgeschichten zwei **STANDORTSVARIANTEN** unterschieden werden, eine **nasse** und eine **weniger nasse**, die anhand der forstlichen Standortskartierung ausgeschieden wurden. Die nasse Variante schloß zur Vernässung neigende Grund- und Stauwasserstandorte mit „sehr frischen“ bis „nassen“ Wasserhaushaltsstufen ein, die meist mit feinkorn- und nährstoffreicheren Substratreihen gepaart sind. Innerhalb der weniger nassen Variante sollten die „mäßig frischen“ bis „frischen“ Wasserhaushaltsstufen überwiegen, die ihrerseits oft in Kombination mit feinkorn- und nährstoffärmeren Substratreihen vorkommen (vgl. Kap. 4.3.2.2.2). Ergänzend dazu wurden vegetationskundliche Aspekte berücksichtigt, wobei Hainbuchenunterstand

(*Carpinus betulus* L.) als Zeichen für die nasse Variante und Rotbuchenunterstand (*Fagus sylvatica* L.) als Zeichen für die weniger nasse Variante gewertet wurde.

Jeder Fraßfläche wurde paarweise eine Fläche „ohne Fraß“ gleicher Alterstufe und mit möglichst vergleichbaren Standortseigenschaften, Bestandesstrukturen sowie vergleichbarer Bestandesbehandlung gegenübergestellt. Die ausgesuchten Flächenpaare sollten bezüglich der Baumanzahl und -verteilung der herrschenden Bestandesglieder und des Zwischen- und Unterstandes sowie der Höhen- und Durchmesserentwicklung ähnlich sein. Bei der Auswahl der Flächen wurde versucht, jede Kombinationsmöglichkeit der drei Kriterien Altersstufe, Fraßgeschichte und Standortsvariante mehrfach zu besetzen (Abb. 9) und eine Flächengröße von 3 ha nicht zu unterschreiten. In drei Fällen war letzteres nur durch die Auswahl und Zusammenlegung von mehreren kleinen Teilflächen möglich (vgl. Anhang 7). In den Beobachtungsflächen erfolgten von 1994 bis 1997 keine planmäßigen Eingriffe. Lediglich abgestorbene Bäume durften nach Begutachtung, Auszeichnung und Freigabe durch zuständige Mitarbeiter vom Forstbetrieb entnommen werden.

ALTERSSTUFE	FRAßGESCHICHTE	STANDORTSVARIANTE
Altholz [16]	Ohne	naß [3]
		Weniger naß [4]
	einmalig 1993	naß [2]
		Weniger naß [2]
	einmalig 1994	naß [1]
		Weniger naß [2]
	zweimalig 1993/94	naß [1]
		Weniger naß [1]
Baumholz [17]	ohne	naß [4]
		Weniger naß [4]
	einmalig 1993	naß [1]
		Weniger naß [1]
	einmalig 1994	naß [2]
		Weniger naß [2]
	zweimalig 1993/94	naß [2]
		Weniger naß [1]

Abb. 9: Verteilung der Beobachtungsflächen auf die Kombinationen der Auswahlkriterien Altersstufe, Fraßgeschichte und Standortsvariante; in der Klammer steht jeweils die Anzahl der Beobachtungsflächen

4.4.1.1.2 Ausscheidung der Stichprobenbäume

Innerhalb der Beobachtungsbestände wurden insgesamt 3.145 permanente Stichprobenbäume ausgeschieden und gekennzeichnet. Dies erfolgte auf Taxationsstreifen, die mit Hilfe von Forstkarten, einem Kompaß und einer Abstandsstange eingelegt wurden. In jeder Beobachtungsfläche sollten die Streifen mindestens 80 Bäume erfassen. Die mittleren Bestandesverhältnisse aller Beobachtungsflächen vorausgesetzt, mußte für die Streifen bzw. Abstandsstange eine Breite von 6 m gewählt werden. Auf den Taxationsstreifen wurden alle an der herrschenden Bestandesschicht beteiligten Bäume der Kraft'schen Klassen 1 bis 3 (KRAFT 1884) ungeachtet der Baumart als permanente Stichprobenbäume aufgenommen und mit fortlaufenden Nummern versehen. In der Baumklasse 4 wurden nur noch Eichen berücksichtigt. Unterständige Bäume, meist Rot- und Hainbuchen, wurden getrennt nach abgestorbenen und lebenden Exemplaren lediglich gezählt und tote farblich markiert. Insgesamt wurden durch die Taxationsstreifen Flächenanteile zwischen 9 und 31% (im Mittel 15%) der Beobachtungsflächen abgedeckt und zwischen 6 und 35% (im Mittel 19%) der aufstockenden Bäume über die Stichproben erfaßt.

4.4.1.1.3 Aufnahmeparameter

An jedem Stichprobenbaum wurden neben **baumbeschreibenden Merkmalen Vitalitäts-, Qualitäts- und Standortparameter** erhoben. Zudem wurde jedem Baum anhand der Beobachtungsflächenmerkmale (Kap. 4.4.1.1.1) eine Altersstufe und eine Fraßgeschichte zugeordnet (Anhang 8).

Um die Stichprobenbäume mit waldkundlichen Eigenschaften zu beschreiben, wurden zu Beginn der Untersuchungen im Winter 1994/95 insbesondere der Brusthöhendurchmesser, die Baumklassen nach KRAFT (1884), die Kronenausformung und die Kronenstruktur nach ROLOFF (1989) einmalig erfaßt.

Zur Begutachtung der Baumvitalität wurden von 1995 bis 1997 Kronenparameter nach den Vorgaben der ARBEITSGEMEINSCHAFT DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN-WALDSCHÄDEN (1995) erhoben. Dabei spielte die Ansprache des Blattverlustes im Sommer jeden Jahres die wichtigste Rolle. Begleitend dazu wurden die Merkmale: Einsehbarkeit der Krone, Belaubungs- bzw. Verlichtungstyp, Mehltaubefall, Blattnekrosen, Kleinblättrigkeit, Fruktifikation und Dürreanteile erfaßt. Im Frühjahr jeden Jahres wurden die insektenbedingten Blattverluste angesprochen, um deren Einfluß auf den sommerlichen Blattverlust feststellen zu können. Parallel zur Insektenfraßbonitur wurden die zu diesem Zeitpunkt abgestorbenen Bäume erfaßt. Zur Erklärung von Vitalitätsdefiziten wurden in jedem Jahr auf Eichenprachtkäferbefall (*Agrilus spec.*) hindeutende Schleimflußflecken gezählt und Stammschäden erhoben. Qualitätsverände-

rungen am stehenden Stamm wurden durch die wiederholte Erfassung von Wasserreiserklassen beschrieben.

Während der ersten Außenaufnahmen fiel auf, daß die Standortverhältnisse im nassen Bienwald insbesondere bezüglich des Wassereinflusses oft auf kleinstem Raum wechseln, was durch die forstliche Standortkartierung nicht derart detailliert dargestellt werden kann. So kommen bspw. auf einer „sehr frischen“ (sfr) Fläche eines „wechselfrischen Lehms“ (WL) kleinräumlich durchaus auch vernässende Partien vor. Um diese Unterschiede zu erfassen, wurde der Wassereinfluß im Rahmen dieser Arbeit an jedem „**BAUMSTANDORT**“ eingeschätzt. Dies geschah anhand der folgenden, oberflächlich erkennbaren Standortmerkmale: das Kleinrelief, die Wassersättigung des Oberbodens und Überschwemmungen bei Wasserhöchststand im Frühjahr, die schwarze Färbung der Laubstreu als Hinweis auf temporär anstehendes Wasser, die Beteiligung von nassetoleranten Baumarten wie bspw. Erlen (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) und Ulmen (*Ulmus laevis* Pall.) und die Zusammensetzung des Unterstandes aus Hain- oder Rotbuchen sowie geläufige Arten der Bodenvegetation. Die Beurteilung erfolgte im unmittelbaren Kronenschirmbereich in einem Radius von 5-10 m um den Stammfuß, wobei die überwiegenden Verhältnisse entscheidend waren. Die Baumstandorte wurden in vier Klassen unterschieden: **NICHT VERNÄBT, EHER VERNÄBT, VERNÄBT** und **NAB**.

In die **NICHT VERNÄBTE** Klasse (STO 1) wurden höhergelegene und daher grundwasserfernere Standorte, deren Oberböden auch im Frühjahr nicht wasserübersättigt sind, eingeordnet. Aufgrund der ausbleibenden Überschwemmungen zeigt sich hier in meist geschlossenen Beständen eine braun gefärbte Laubstreu. Der Unterstand besteht vorwiegend aus Rotbuchen, die je nach Substrat oft in den Eichenhauptbestand eingewachsen oder auch hauptständig beigemischt sind. Zur Orientierung finden sich in lichten Bereichen unter anderem Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa* L.), Flattergras (*Milium effusum* L.), einblütiges Perlgras (*Melica uniflora* Retz.), Maiglöckchen (*Convallaria majalis* L.), Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus* L.) und Himbeere (*Rubus idaeus* L.). Dieser Baumstandort gleicht in etwa der Beschreibung „ziemlich frischer“ bis „frischer“ Wasserhaushaltsstufen der forstlichen Standortkartierung (RATHING 1987).

Die **EHER VERNÄBTEN** (STO 2) Standorte sind zwar grundwassernäher, jedoch im Frühjahr nicht überschwemmt. Der Oberboden ist zu dieser Jahreszeit insbesondere nach starken Niederschlägen wasserübersättigt. Auch hier zeigt sich meist eine braune Laubstreu. Im Unterstand wird die Rotbuche stellenweise durch die Hainbuche abgelöst. In lichten Bereichen entwickeln sich unter anderem Riesenschwingel (*Festuca gigantea* L.) und Rasen aus Pfeifengras (*Molinia caerulea* L.). Dieser Baumstandort kommt in etwa der Beschreibung „frischer“ bis „sehr frischer“ Wasserhaushaltsstufen gleich.

VERNÄBT (STO 3) sind in Senken gelegene, grundwassernahe und/oder stauwasserbeeinflusste Standorte, die im Frühjahr nach starken Niederschlägen kurzzeitig überschwemmt sind. Der Oberboden ist über das gesamte Frühjahr deutlich wasserübersättigt. Aufgrund der Über-

schwemmungsphasen zeigen sich auch Partien mit schwarz gefärbter Laubstreu. Eschen (*Fraxinus excelsior* L.), Ulmen oder Erlen können vereinzelt beigemischt sein, wobei der Unterstand überwiegend aus Hainbuchen besteht. In aufgelichteten Bereichen sind Winkelsegge (*Carex remota* L.), Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa* L.), Binsen (*Juncus* spec.) und Pfeifengras (*Molinia caerulea* L.) zu beobachten. Dieser Baumstandort gleicht überwiegend der Beschreibung „sehr und äußerst frischer“ Wasserhaushaltsstufen.

NAB (STO 4) sind alle gegenüber der unmittelbaren Umgebung deutlich tiefergelegenen, stark grundwasser- und/oder stauwasserbeeinflussten Standorte, die im Frühjahr meist überschwemmt und deshalb auch im Spätsommer noch an der schwarz gefärbten Laubstreu zu erkennen sind. Besonders bei staunassen Verhältnissen kann der Oberboden nach starken Regenfällen sogar im Sommer wasserübersättigt oder überschwemmt sein. Oft sind Erlen eingemischt und der Hainbuchenunterstand ist nur spärlich vorhanden oder fehlt gänzlich. Die Bodenvegetation besteht in aufgelichteten Bereichen aus einem deutlichen Anteil von Nässezeigern wie Großseggen (Sumpfsegge: z.B. *Carex acutiformis* Ehrh., Walzensegge: *Carex elongata* L.), Hunds-Straußgras (*Agrostis canina* L.), gewöhnlicher Gilbweiderich (*Lysimachia vulgaris* L.), Sumpf-Helmkraut (*Scutellaria galericulata* L.), Flammender Hahnenfuß (*Ranunculus flammula* L.) und Sumpf-Schwertlilie (*Iris pseudocorus* L.) sowie Pfeifengras (*Molinia caerulea* L.) in vitaler und bültiger Ausprägung. Dieser Baumstandort gleicht nahezu der Beschreibung „vernässender“ und „nasser“ Wasserhaushaltsstufen.

Die Standortsansprache erfolgte in mehreren Durchgängen und von zwei unabhängig voneinander arbeitenden Personen während der Aufnahmen im Frühjahr und Sommer von 1995 bis 1997. Für die Datenauswertung wurde der am häufigsten beobachtete Wert berücksichtigt, wobei in Zweifelsfällen die Frühjahreserhebungen stärker bewertet wurden. Im Sommer lassen sich insbesondere die „eher vernäßten“ und „vernäßten“ Standorte bezüglich des Wassereinflusses oberflächlich nicht deutlich von den „nicht vernäßten“ Standorten unterscheiden, da der Grundwasserstand zu dieser Jahreszeit auf all diesen Standorten weit unter die Geländeoberfläche (GOF) sinkt.

4.4.1.1.4 Vollaufnahmen in den Beobachtungsflächen

Neben der Beobachtung von Stichprobenbäumen wurden auf dem gesamten Beobachtungsflächenareal von 1995 bis 1997 alle abgestorbenen Bäume jeweils im September gezählt und entsprechend gekennzeichnet.

4.4.1.2 Schwache Baum- und Stangenhölzer

Im Sommer 1995 wurden in fünf geschädigten Beständen mit unterschiedlicher Fraßgeschichte 175 Eichen auf nassen wie auch weniger nassen Standortvarianten ausgesucht und zur dauerhaften Beobachtung gekennzeichnet (Anhang 9). Auf jeder Beobachtungsfläche wurden gezielt etwa gleichviele Bäume in den Kronenzustandsklassen: „kaum geschädigt“, „geschädigt“ und „stark geschädigt“ ausgewählt. Kaum geschädigte Eichenkronen (Klasse I) zeigten einen Blattverlust von höchstens 30%, geschädigte (Klasse II) zwischen 30% und 70% und stark geschädigte (Klasse III) von mehr als 70%. Neben den Blattverlusten wurden bis 1997 mit Ausnahme der Brusthöhendurchmesser, der Kronenstrukturen nach ROLOFF (1989) sowie der jährlichen Ansprache des Blattverlustes durch Insektenfraß die gleichen Parameter wie in Baum- und Althölzern erhoben (vgl. Kap. 4.4.1.1.3 und Anhang 8).

4.4.1.3 Dickungen

In stark geschädigten Beständen wurden unter Berücksichtigung unterschiedlicher Fraßgeschichten und Standortvarianten im Sommer 1995 fünf Beobachtungsflächen ausgewählt und auf insgesamt einem Hektar alle aufstockenden Bäume erfaßt (Vollaufnahmen)(Anhang 10). Es wurden sämtliche abgestorbenen Individuen baumklassenweise gezählt und die überlebenden einzelbaumweise über die Stammfußkoordinaten in einem kartesischen Koordinatensystem eingemessen, wobei die Pflanzreihen als Ordinatenachsen dienten. Die so jederzeit identifizierbaren Einzelbäume wurden analog zu Kap. 4.4.1.2 in drei Kronenzustandsklassen eingeteilt: „kaum geschädigt“, „geschädigt“ und „stark geschädigt“. Daneben wurden an jedem Baum die Baumklassen nach KRAFT (1884), die Kronenausformungen und zur Einschätzung von Qualitätsverlusten Wasserreiserklassen angesprochen (Anhang 11). Diese Vollaufnahmen wurden 1996 in nur einer und 1997 in allen Flächen wiederholt. Eine der fünf Beobachtungsflächen ist aus Saat entstanden, wobei 1995 keine Reihen mehr zu erkennen waren. Dort wurden die überlebenden Bäume nicht mit ihren Stammfußkoordinaten eingemessen, sondern je nach Kronenzustandsklasse mit unterschiedlichen Farben versehen, so daß der Zustand des Sommers 1995 bei der Folgeaufnahme 1997 nachvollzogen werden konnte.

4.4.2 Ergebnisse

4.4.2.1 Fraßgeschichte, Standort und Folgeschäden

4.4.2.1.1 Alt- und Baumhölzer

Bei der Auswahl der Beobachtungsflächen wurde jeder Fraßvariante paarweise eine Variante „ohne Fraß“ gleicher Altersstufe gegenübergestellt, die möglichst ähnliche Standortverhältnisse aufweisen sollte. Dazu wurde die flächendeckende forstliche Standortskartierung herangezogen. Ein Vergleich der Anteile der Baumstandorte zeigt jedoch, daß diese Flächenpaare bezüglich der vorhandenen Kleinstandorte oft sehr unterschiedlich sind (Anhang 12). Da der Standort für die Schadensdisposition der Eichen offensichtlich entscheidend ist (Kap. 4.3.2.2.2), wird von dem ursprünglich angestrebten Paarvergleich der Beobachtungsflächen abgesehen. Die folgenden Ergebnisse beziehen sich auf die Stichproben-Grundgesamtheit der Eichen aller Beobachtungsflächen. Die Bäume der Beobachtungsfläche-Nr. 31 (Anhang 7.2) bleiben unberücksichtigt, da diese 1993 und 1994 stellenweise licht- oder kahlgefressene Fläche in keine der bestehenden Fraßkategorien eingeordnet werden konnte.

Auf den Beobachtungsflächen waren nur Eichen von gravierenden Folgeschäden betroffen. Nach dem Raupenfraß 1993 und/oder 1994 sind in den befallenen Beobachtungsflächen 32% der Eichen aller Baumklassen bis 1997 abgestorben, wogegen von den übrigen Baumarten lediglich 0,4% ausfielen, die allesamt der Baumklasse 3 angehörten. Die erste große Absterbewelle war im Frühjahr 1995 unmittelbar im Anschluß an die Befallsjahre zu verzeichnen. Hierbei fielen bereits ein Drittel der bis 1997 insgesamt abgestorbenen Eichen aus. Bis zum Ende der Vegetationsperiode 1995 sind in einer zweiten Absterbewelle weitere 30% ausgefallen, so daß zu diesem Zeitpunkt schon 64% der bis 1997 abgestorbenen Eichen betroffen waren. Die dritte Absterbewelle vollzog sich mit 27% bis zum Ende der Vegetationsperiode 1996. Bis zum Abschluß der Vegetationsperiode 1997 sind weitere 9% ausgefallen.

In den Beobachtungsflächen wurden auf den Taxationsstreifen 1995 zwischen 0 und 14% der unterständigen Buchen und Hainbuchen als tot angesprochen. Die überwiegende Zahl dieser Bäume ist vermutlich schon vor längerer Zeit abgestorben, da in den meisten Fällen kaum Feinreisig vorhanden und trockene, abblätternde Rinde zu beobachten war. Besonders betroffen waren nasse Baumstandorte und dicht bestockte sowie alte Bestände. Aus diesen Gegebenheiten kann geschlossen werden, daß die Ausfälle im Buchen- oder Hainbuchen-Unterstand weitgehend nicht auf den Schwammspinnerfraß zurückzuführen sind. Darüber hinaus waren im Unterstand in den Jahren 1996 und 1997, von wenigen Ausnahmen abgesehen, keine weiteren auffälligen Schäden festzustellen. In einigen Fällen²⁴ ist der Buchenunterstand zwischen

²⁴ Bspw. im nördlichen Teil der Beobachtungsfläche-Nr. 28, Forstamt Hagenbach, Waldort: XII 9 a¹, Abteilung Heßbach (vgl. Anhang 7.2).

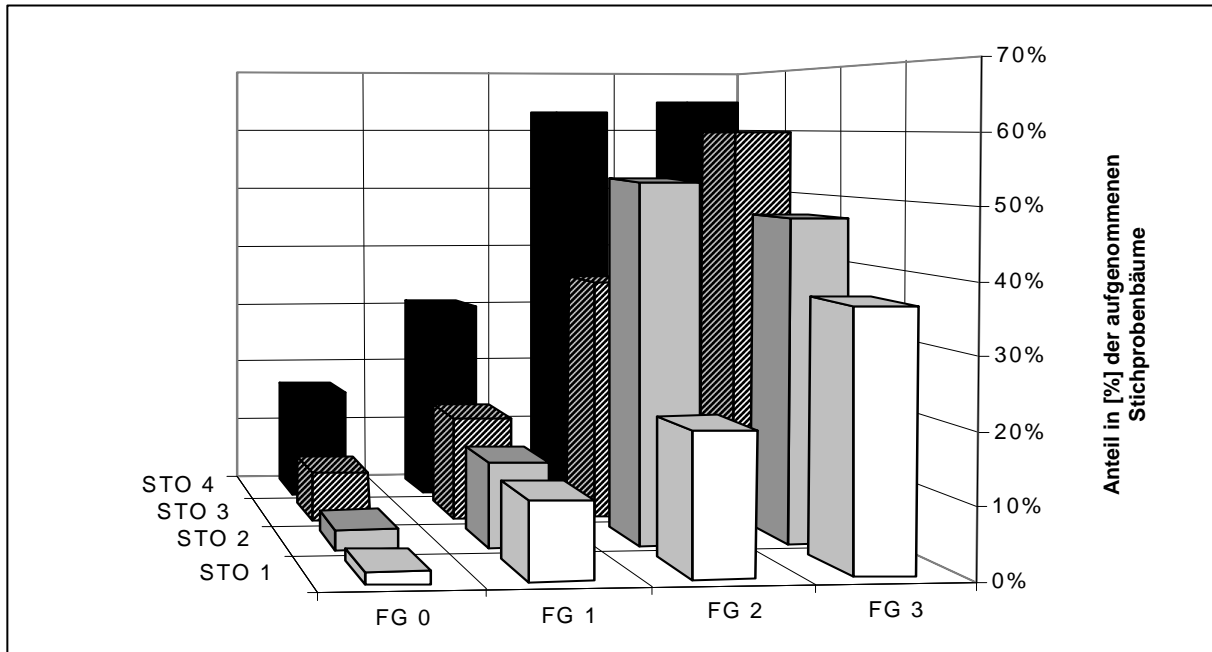
1996 und 1997 zum Teil abgestorben, da die Bestände nach hohen Absterberaten der hauptständigen Eichen in den Folgejahren stark vernäbt sind.

Nach umfangreichen Plausibilitätsprüfungen der Daten wurde zunächst der Einfluß der Faktoren Fraßgeschichte (FG), Baumstandort (STO), Alter (ALT), Baumklasse (BKL) und Brusthöhendurchmesser (BHD) auf die Blattverluste sowie die Mortalität von 1995, 1996 und 1997 mit Hilfe der Berechnung von bivariaten Korrelationskoeffizienten statistisch überprüft (Tab. 15). Der Blattverlust und die Mortalität wurden nur durch die Faktoren Fraßgeschichte und Baumstandort nennenswert beeinflusst ($r > 0,3$), wobei die Fraßgeschichte eine größere Wirkung als der Baumstandort hatte.

Tab. 15: Koeffizienten (r) für die bivariaten Korrelationen des Blattverlustes und der Mortalität nach SPEARMAN und nach PEARSON* mit den Faktoren: Fraßgeschichte (FG), Baumstandorte (STO), Altersstufe (ALT), Baumklasse (BKL) und Brusthöhendurchmesser (BHD)

Koeffizienten (r)	FG	STO	ALT	BKL	BHD
Blattverlust 1995	0,51	0,33	0,05	0,03	-0,07*
Blattverlust 1996	0,47	0,34	0,07	0,05	-0,09*
Blattverlust 1997	0,39	0,35	0,01	0,11	-0,11*
Mortalität 1995	0,34	0,26	0,11	0,18	-0,17
Mortalität 1996	0,44	0,31	0,09	0,15	-0,14
Mortalität 1997	0,45	0,31	0,10	0,17	-0,15

Innerhalb gleicher Baumstandorte stieg die Mortalitätsrate mit zunehmendem Fraßgrad in der Reihenfolge: ohne Fraß (FG 0), einmaliger Fraß 1993 (FG 1), einmaliger Fraß 1994 (FG 2) und zweimaliger Fraß 1993 und 1994 (FG 3)(Abb. 10, Seite 66). Bei gleicher Fraßgeschichte traf dies auch mit zunehmendem Wassereinfluß in der Reihenfolge: nicht vernäbt (STO 1), eher vernäbt (STO 2), vernäbt (STO 3) und naß (STO 4) zu. Dabei wirkt sich die Fraßgeschichte (mittlerer Steigerungsfaktor: 2,6) offensichtlich stärker auf die Mortalitätsrate aus als der Baumstandort (mittlerer Steigerungsfaktor: 1,6). Dies ist auch zu erkennen, wenn die Mortalität der Stichprobenbäume beobachtungsflächenweise dargestellt wird (Anhang 13).



N		ohne Fraß (FG 0)	Fraß 93 (FG 1)	Fraß 94 (FG 2)	Fraß 93/94 (FG 3)
naß	(STO 4)	12	13	65	37
vernäbt	(STO 3)	95	77	107	92
eher vernäbt	(STO 2)	134	121	146	146
nicht vernäbt	(STO 1)	632	246	215	82

Abb. 10: Mortalität der Eichen in den Kombinationen aus Fraßgeschichte (FG 0-3) und Baumstandort (STO 1-4) von 1995 bis 1997; unterhalb der Abbildung ist die jeweilige Anzahl der aufgenommenen Stichprobenbäume wiedergegeben (insgesamt 2.220 Stichprobenbäume)

Der mit zunehmendem Fraßgrad oder Wassereinfluß stetige Anstieg der Mortalitätsrate wird beim Fraß 94 (FG 2) in Verbindung mit eher vernäbten Baumstandorten (STO 2) durch eine besonders hohe Rate unterbrochen. Während die Fraßgeschichte auf den hauptsächlich betroffenen Beobachtungsflächen (Flächen-Nr. 15, 30, 32) anhand von Luftbildern²⁵ bestätigt werden kann, könnte es allerdings bei der Ansprache des Baumstandortes zu Unschärfen gekommen sein. Die Ergebnisse von Überprüfungen im Gelände zeigten, daß auf höhergelegenen und offenbar stauwasserbeeinflussten Bereichen aufgrund des Reliefs mitunter Baumstandorte der Klasse eher vernäbt (STO 2) angesprochen wurden, obwohl Hinweise auf einen vernäbten Standort (STO 3) vorlagen (Bodenvegetation, Wassersättigung). Wie das Ergebnis zeigt, wäre in derartigen Zweifelsfällen vermutlich der vernäbte Standort (STO 3) treffender gewesen. Hinzu konnte die Wassersättigung des Bodens aufgrund vorhandenen Graswuchses zuweilen nicht exakt eingeschätzt werden. Auch unterschiedliche Niederschlagsereignisse zu den Zeitpunkten der Erhebungen können hin und wieder zu Unschärfen in der Ansprache geführt haben, da sich gerade vernäbte (STO 3) und eher vernäbte (STO 2) Baumstandorte nach Niederschlägen besser unterscheiden lassen.

²⁵ Schwarzweißluftbilder des Landesvermessungsamtes Rheinland-Pfalz vom 30. Juni 1993 (Maßstab 1:34.000).

Die unerwartet hohen Mortalitätsraten auf den Beobachtungsflächen ohne Fraß (FG 0) sind weitgehend darauf zurückzuführen, daß viele Flächen doch nicht völlig unbeeinflusst waren und teilweise Lichtfraß oder leichten Fraß aufwiesen (vgl. Anhang 7: Flächen-Nr. 12, 18, 20, 25, 31, 33 und Abb. 13, Seite 70).

In Abbildung 11 sind die Absterberaten von 1995 bis 1997 über den Blattverlusten von 1995 aufgetragen. Bis zu einem Blattverlust von 40% sind die Absterberaten äußerst gering. Insbesondere zwischen Blattverlusten von 70 und 75% steigen sie steil an und liegen ab einem Blattverlust von 75% bei über 70% der betroffenen Eichen. Bei Blattverlusten von 90 und 95% hat keine der beobachteten Eichen überlebt. Die Entwicklung zwischen den Jahren 1995 und 1996 sowie zwischen 1996 und 1997 verlief weitgehend analog dazu (ohne Abbildung).

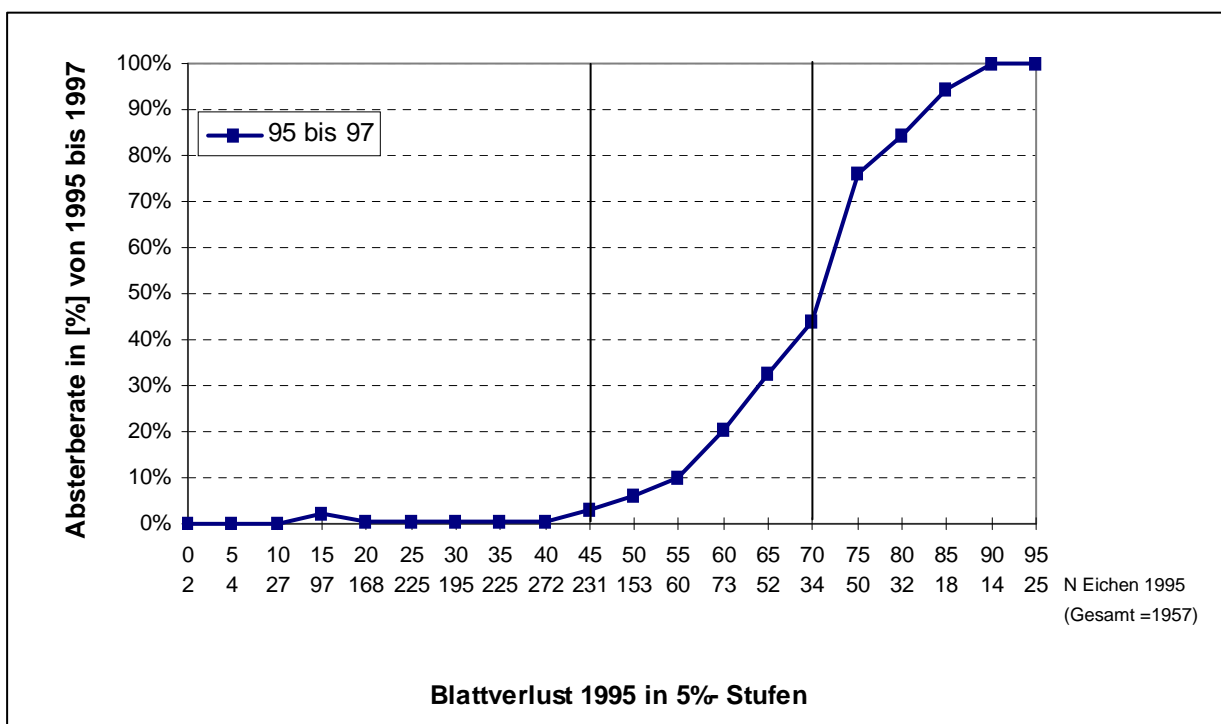


Abb. 11: Absterberate der Eichen von 1995 bis 1997 in Abhängigkeit von den Blattverlusten 1995, Anteile in [%] der aufgenommenen Stichprobenbäume; die senkrechten Linien bei Blattverlusten von 45 und 70% stellen Orientierungswerte für das Niveau der Absterberate dar

Zur Darstellung der Blattverluste der zum jeweiligen Aufnahmezeitpunkt 1995, 1996 und 1997 noch lebenden Eichen werden für sämtliche Kombinationen der Fraßgeschichte (FG 0-3) und Baumstandorte (STO 1-4) nachfolgend Box-Plots verwendet (Abb. 12, Seite 69). Diese stellen den Abstand zwischen dem 25-er und 75-er Quartil als Box dar. Der Bereich der Box gibt den mittleren Wertebereich der Häufigkeitsverteilung an, der 50% aller erhobenen Werte enthält, wobei der Median (= 50-er Perzentile) durch eine waagerechte Linie markiert ist. Die senkrechten Linien ober- und unterhalb der Box reichen bis zum kleinsten oder größten Datenwert, jedoch nicht weiter als bis zum 1,5-fachen des durch die Box definierten ober- und unterhalb

des Median liegenden Wertebereichs. Die Punkte außerhalb der Linien zeigen extreme Meßgrößen an²⁶. In die Abbildung der Box-Plots sind bei Blattverlusten von 45 und 70% jeweils waagerechte Hilfslinien gezogen. Diese Linien stellen im Anhalt an die bisherigen Ergebnisse Orientierungswerte für das Niveau der Absterberate dar (vgl. Abb. 11). Die Häufigkeitsverteilungen der Blattverlustprozente aller zum jeweiligen Aufnahmezeitpunkt 1995, 1996 und 1997 noch lebenden Bäume sind innerhalb jeder Kombination der Fraßgeschichte und des Baumstandortes überwiegend eingipflig und annähernd normalverteilt (Anhang 14). Gleiches trifft auch für jede Beobachtungsfläche zu (Anhang 15). Abweichungen von der Normalverteilung hatten ihre Ursache zumeist in zu geringen Stichprobeumfängen.

Anhand der Box-Plots ist der Einfluß der Fraßgeschichte und des Baumstandortes auf die Häufigkeitsverteilung der Blattverluste 1995 gut zu erkennen (Abb. 12 oben). Mit zunehmendem Fraßgrad treten merklich höhere Blattverluste auf, was auch innerhalb gleicher Fraßgeschichte mit zunehmenden Wassereinfluß (Baumstandorte) zu erkennen ist. 1995 lagen die Mediane beim Fraß 94 (FG 2) und Fraß 93/94 (FG 3) bei 45% und darüber, während sich die 75-er Quartilen oft über einem Blattverlust von 70% befanden. Im folgenden Jahr hat sich der Kronenzustand der überlebenden Bäume merklich verbessert (Abb. 12 Mitte). Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Fraßgeschichten treten nicht mehr so deutlich zutage. Im Sommer 1997 lag das 75-er Quartil aller Fraßgeschichten und Baumstandorte unter 50% Blattverlust (Abb. 12 unten). Das Absterberisiko der bis dahin überlebenden Eichen war somit deutlich gesunken. Diese Entwicklung ist auch festzustellen, wenn die Box-Plots für 1995 und 1997 beobachtungsflächenweise dargestellt werden (Anhang 16).

²⁶ x = bis zur dreifachen Größe des durch die Box definierten ober- und unterhalb des Median liegenden Wertebereichs; + = mehr als die dreifache Größe des durch die Box definierten ober- und unterhalb des Median liegenden Wertebereichs.

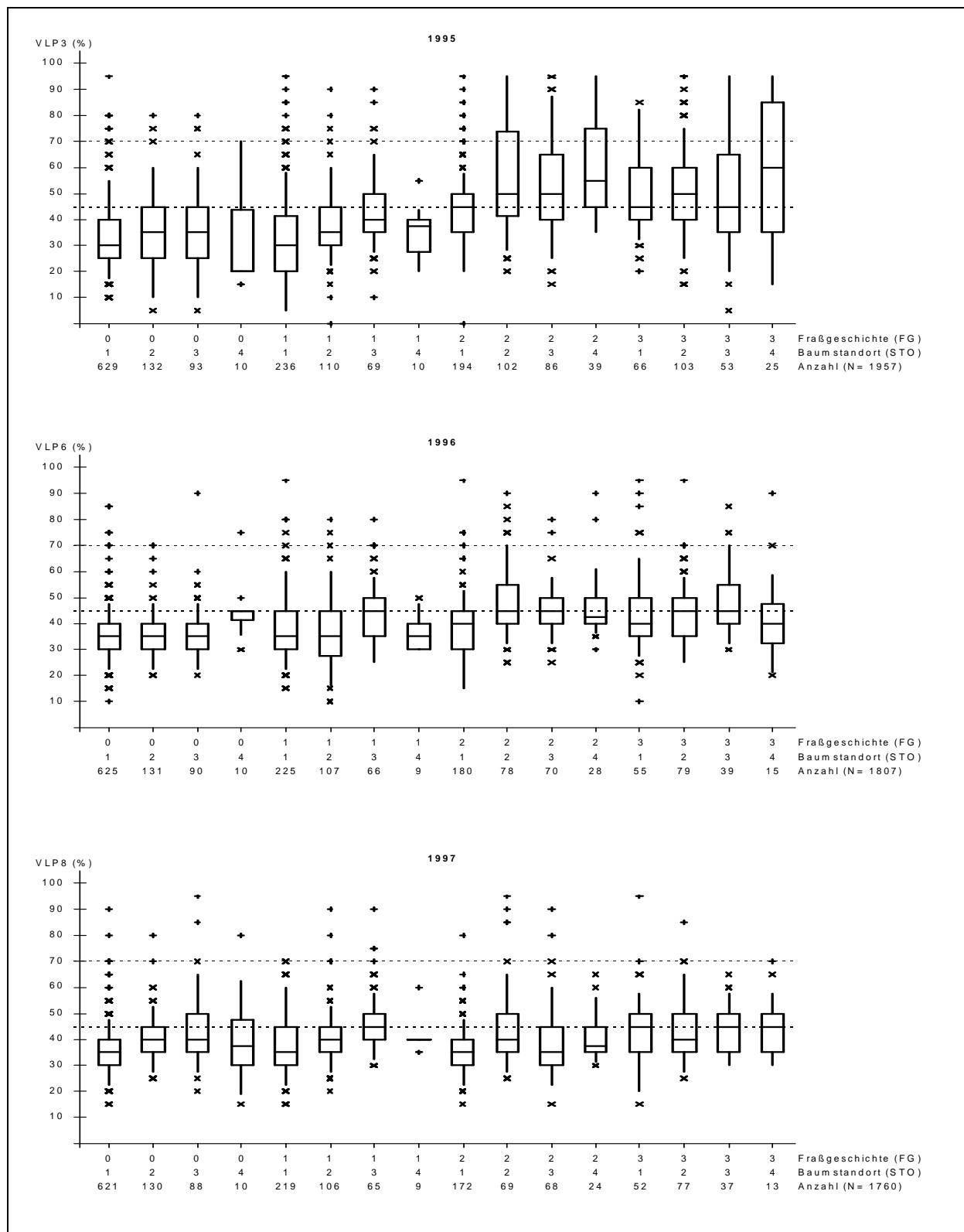


Abb. 12: Häufigkeitsverteilungen der Blattverluste (VLP = Verlustprozent) [%] als Box-Plots (siehe Text) der zum jeweiligen Aufnahmezeitpunkt 1995 (VLP 3), 1996 (VLP 6) und 1997 (VLP 8) lebenden Eichen für sämtliche Kombinationen der Fraßgeschichte (FG 0-3) und Baumstandorte (STO 1-4)

In keiner der Beobachtungsflächen kam es in den Jahren 1995 bis 1997 zu einem bedeutenden Blattfraß durch Insekten. Über alle Flächen gesehen lag das mittlere Fraßprozent (arithmetisches Mittel) 1995 bei 2,3%, 1996 bei 5,9% und 1997 bei 5,3%, wobei die häufigsten Beobachtungen bei 0 oder 5% lagen. Dieser geringe Insektenfraß hat in keinem Fall zum Absterben eines Baumes geführt und dürfte die sommerlichen Blattverluste (Abb. 12) nicht entscheidend beeinflusst haben (vgl. SCHRÖCK 1995 und 1996). Im Anschluß an ein Spätfrostereignis im April 1997 wurden die Wiederaustriebe der Eichen von Mehltau befallen. An 42% der Eichen war der Befall leicht, an 23% mittel und an 4% stark ausgeprägt. Dies hat die Anspracheergebnisse der sommerlichen Blattverluste sehr wahrscheinlich beeinflusst, wobei Bäume aller Fraßgeschichten und Baumstandorte gleichermaßen betroffen waren. 1995 und 1996 sind die Eichen nahezu vollständig von Mehltau verschont geblieben.

Die vollflächige Erhebung abgestorbener Eichen in den Beobachtungsflächen von 1995 bis 1997 bestätigt die Ergebnisse aus den Stichproben. Beispielsweise zeigt sich auch hier, daß der Einfluß der Fraßgeschichte bedeutend war (Abb. 13). Es wurden jedoch keine Baumstandorte erhoben, so daß eine standortsbezogene Auswertung nicht möglich ist. Abweichungen gegenüber den Mortalitätsraten aus den Stichprobenaufnahmen (Anhang 13) sind wahrscheinlich auf standörtliche Unterschiede zwischen den Stichprobebäumen und den vollflächig erhobenen Eichen zurückzuführen.

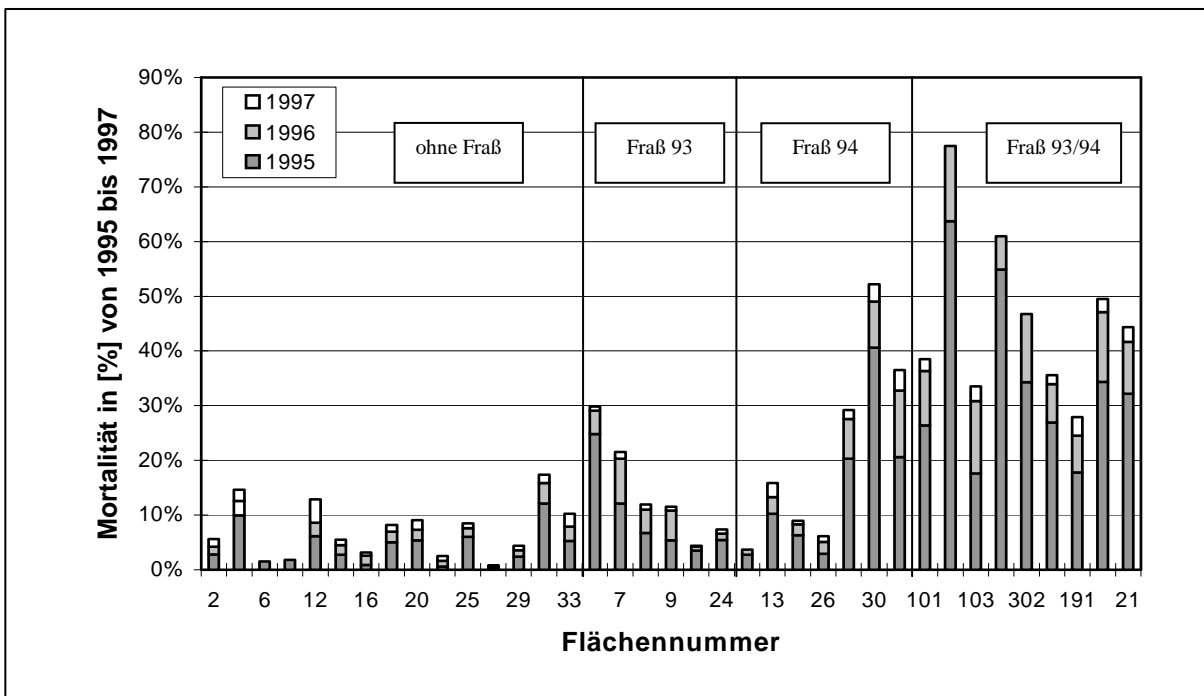


Abb. 13: Mortalität der Eichen in den Beobachtungsflächen von 1995 bis 1997 auf Grundlage einer vollflächigen Erhebung; die Flächen sind nach der Fraßgeschichte (FG 0-3) geordnet [die in der Abbildung fehlenden Flächennummern sind von links nach rechts: 4, 10, 14, 18, 23, 27, 31, 5, 8, 22, 11, 15, 28, 32, 102, 301, 17, 192]

4.4.2.1.2 Schwache Baum- und Stangenhölzer

Die im Sommer 1995 stark geschädigten Eichen (Blattverluste von mehr als 70%) sind zu 93% bis 1997 abgestorben (Tab. 16). Insbesondere in zweimalig befallenen Beständen auf nassen Standorten war die überwiegende Zahl der stark geschädigten Bäume schon im Herbst 1995 tot. Dagegen haben geschädigte Eichen (Blattverluste zwischen 30 und 70%) den Fraß weitgehend und auf weniger nassen Standorten sowie nach einmaligen Fraß sogar vollständig überlebt. Von den kaum geschädigten Eichen (Blattverluste von bis zu 30%) ist bis 1997 keine abgestorben. Jedoch hat sich die überwiegende Zahl dieser Eichen bis 1997 um eine Kronenzustandsklasse verschlechtert. Hier war kein Zusammenhang mit außergewöhnlichem Mehltau- oder Insektenbefall zu erkennen.

Tab. 16: Kronenzustandsklasse (KZK) und Mortalität (MORT) 1997 in Abhängigkeit von der Kronenzustandsklasse 1995 (KZK I = kaum geschädigt, KZK II = geschädigt, KZK III = stark geschädigt, vgl. Kap. 4.4.1.2); Anzahl der Eichen (N) und relativer Anteil [%]

1995	1997									
	KZK I		KZK II		KZK III		MORT		Gesamt	
KZK I	3	6,0%	47	94,0%	/	/	/	/	50	100%
KZK II	/	/	54	77,2%	8	11,4%	8	11,4%	70	100%
KZK III	/	/	2	3,6%	2	3,6%	51	92,8%	55	100%
N/%	3	1,7%	103	58,9%	10	5,7%	59	33,7%	175	100%

4.4.2.1.3 Dickungen

In den Beobachtungsflächen lagen die schwammspinnerbedingten Absterberaten von 1995 bis 1997 zwischen 58 und 79%, wobei die weit überwiegende Anzahl der Eichen im ersten Jahr nach der Schwammspinner-Kalamität abgestorben ist (Abb. 14).

1996 und 1997 waren von der Mortalität hauptsächlich Eichen betroffen, die bereits 1995 starke Schäden aufwiesen. Im Jahr 1995 kaum geschädigte Bäume (Blattverluste bis zu 30%) sind bis 1997 im Durchschnitt zu weniger als 1%, geschädigte (Blattverluste von 30% bis 70%) zu 4% und stark geschädigte (Blattverluste von mehr als 70%) Eichen zu 40% abgestorben. Die Absterberate der im Vorjahr stark geschädigten Eichen ist 1997 gegenüber 1996 erheblich gesunken. Während bis 1996 noch 34% der 1995 stark geschädigten Eichen abgestorben sind, lag zwischen 1996 und 1997 nur noch eine Absterberate von 6% vor.

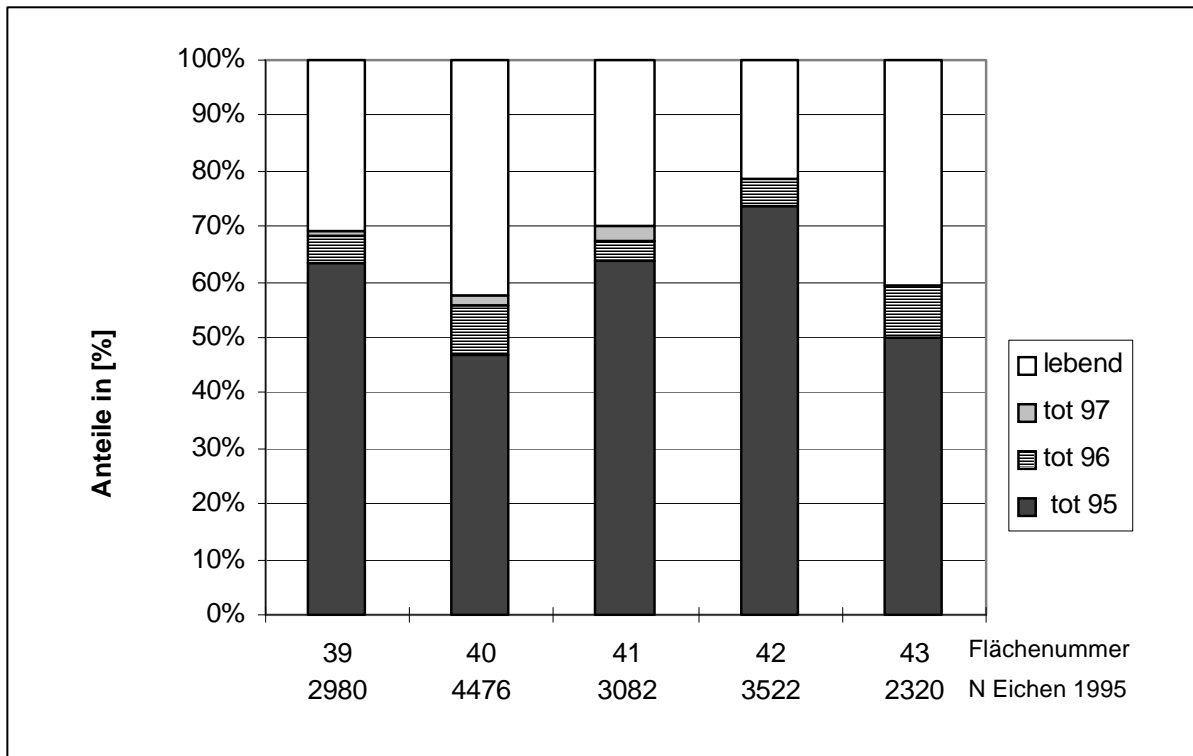


Abb. 14: Anteile der 1995, 1996 und 1997 in Dickungen schwammspinnerbedingt abgestorbenen und der bis 1997 überlebenden Eichen für alle Beobachtungsflächen [%] (die Werte von 1996 beruhen in den Flächen-Nr. 40 bis 43 auf einer stichprobenweisen Erhebung)

4.4.2.2 Ausgangsvitalität und Folgeschäden

Zur Beschreibung der Ausgangsvitalität der Eichen vor Beginn des Absterbeprozesses sollen die **soziale Stellung** der Bäume mit Hilfe der im Winter 1994/95 erhobenen Baumklassen nach KRAFT (1884), die **Kronenausformungen**, die **Altersstufen** und die **Brusthöhendurchmesser** betrachtet werden.

ALT- UND BAUMHÖLZER. In der Gesamtbilanz ist die Mortalität mit abnehmender sozialer Stellung stetig angewachsen (Abb. 15). Allerdings sind insbesondere bei den Fraßgeschichten Fraß 94 und Fraß 93/94 auch Eichen mit vorherrschender und herrschender sozialer Stellung (Baumklassen 1 und 2) zu verhältnismäßig hohen Anteilen von bis zu 43% abgestorben. Ohne Fraß sind nahezu nur beherrschte (Baumklasse 4) Eichen ausgefallen.

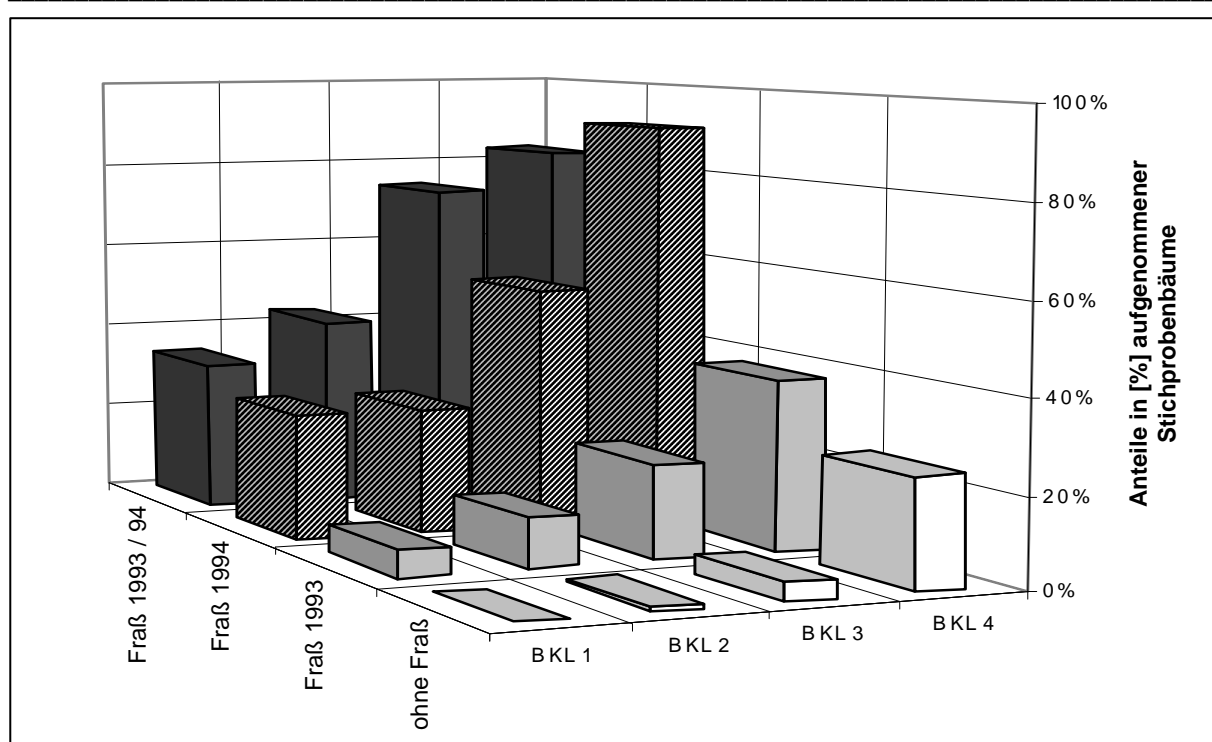


Abb. 15: Mortalität der Eichen von 1995 bis 1997 bei unterschiedlichen Baumklassen nach KRAFT (1884) (BKL 1 = vorherrschend, 2 = herrschend, 3 = gering mitherrschend, 4 = beherrscht), getrennt nach Fraßgeschichten

Die Kronenausformungen und die Baumklassen korrelieren miteinander, da die soziologische Einordnung des Baumes in seine Umgebung nach KRAFT (1884) nicht nur die Stellung zu seinen Nachbarn, sondern auch die Ausformung der Kronen berücksichtigt. Die Kronen sind umso schlechter entwickelt, je geringer die soziale Stellung ist. In den Beobachtungsflächen waren 94% der Eichen in der Baumklasse 1 mit gut entwickelten Kronen und 99% der Eichen in der Baumklasse 4 mit schlecht entwickelten Kronen ausgestattet. Dementsprechend war die Mortalität bei schlechter ausgeformten Kronen höher als bei besser ausgeformten (Tab. 17). In befreiten Beständen wiesen selbst Eichen mit gut oder mittel entwickelter Kronenausformung hohe Mortalitätsraten von bis zu 50% auf.

Tab. 17: Mortalität von 1995 bis 1997 bei unterschiedlicher Kronenausformung, (KA 0 = gut, 1 = mittel, 2 = schlecht; vgl. Anhang 8) getrennt nach Fraßgeschichten, Anteile in [%]

Kronenausformung (KA)	ohne Fraß	Fraß 93	Fraß 94	Fraß 93/94	Gesamt	N
0	1%	6%	27%	33%	14%	781
1	1%	14%	27%	50%	18%	823
2	7%	22%	62%	76%	34%	616
Gesamt	3%	13%	38%	50%	/	2220
N	873	457	533	357	2220	/

Ungeachtet der Fraßgeschichte und Baumstandorte war der Anteil der von 1995 bis 1997 abgestorbenen Eichen bei Althölzern (16%, N=945) merklich geringer als bei Baumhölzern (24%, N=1275). Beide Altersstufen unterscheiden sich hinsichtlich der Baumklassen- oder der Kronenausformungsanteile nicht wesentlich, so daß hieraus kein Erklärungsansatz für den Unterschied in der Mortalitätsrate abgeleitet werden kann. Beim Fraß 93 wurden die Althölzer auf allen Baumstandorten durchgehend etwas stärker geschädigt als die Baumhölzer. Dies kehrte sich beim Fraß 94 um; hier waren die Baumhölzer stärker geschädigt als die Althölzer. In der Fraßgeschichte Fraß 93/94 war keine eindeutige Regelmäßigkeit zu erkennen. Die festgestellten Tendenzen der mit zunehmenden Fraßgrad oder Wassereinfluß steigenden Mortalität (vgl. Kap. 4.4.2.1) waren innerhalb der Baumhölzer deutlicher ausgeprägt als innerhalb der Althölzer.

Die Brusthöhendurchmesser (BHD) korrelieren verständlicherweise mit den Alterstufen und den Baumklassen. Dementsprechend nimmt die Mortalität ausgehend von 62% bei einem BHD von 15-20 cm mit zunehmenden Durchmesser bis auf 14% bei einem BHD von 40-45 cm ab, um sich von da an bei einer Mortalität zwischen 10 und 20% zu bewegen.

Als zusätzliches Kennzeichen für die Ausgangsvitalität sollte auch die Ansprache der Kronenstrukturen nach ROLOFF (1989) direkt im Anschluß an das Fraßjahr im Winterzustand 1994/95 herangezogen werden, da davon ausgegangen wurde, daß diese Strukturen von vorübergehenden Einflüssen unabhängig sind und erst nach langfristigen Einwirkungen reagieren. Jedoch waren zu diesem Zeitpunkt insgesamt schon 18% der Eichen und in zweimalig 1993 und 1994 befallenen Beständen sogar 46% in der Vitalitätsstufe 3 vorzufinden. Dieser Anteil von Kronen mit vermindeter Vitalität erscheint im Vergleich mit Erfahrungswerten aus fraßunbeeinflußten Dauerbeobachtungsflächen (mündl. Mitt. SCHRÖCK²⁷ 1998) außerordentlich hoch. Daraus ergibt sich der Verdacht, daß die Kronenstrukturen zu diesem Zeitpunkt bereits auf die Fraßereignisse reagiert hatten (vgl. ROLOFF & KLUGMANN 1998), so daß die Stufen nach ROLOFF (1989) in diesem Fall als Weiser für die Vitalität vor den Fraßereignissen offensichtlich nicht geeignet sind.

DICKUNGEN. Auch in den stark geschädigten Beobachtungsflächen im Dickungsalter stieg die Mortalität mit abnehmender sozialer Stellung an. Eichen der Baumklasse 1 hatten eine weitaus geringere Absterberate als Eichen der Baumklassen 2 und 3. Trotzdem sind immerhin 38% der vorherrschenden (Baumklasse 1) und 62% der herrschenden (Baumklasse 2) Eichen abgestorben (Tab. 18).

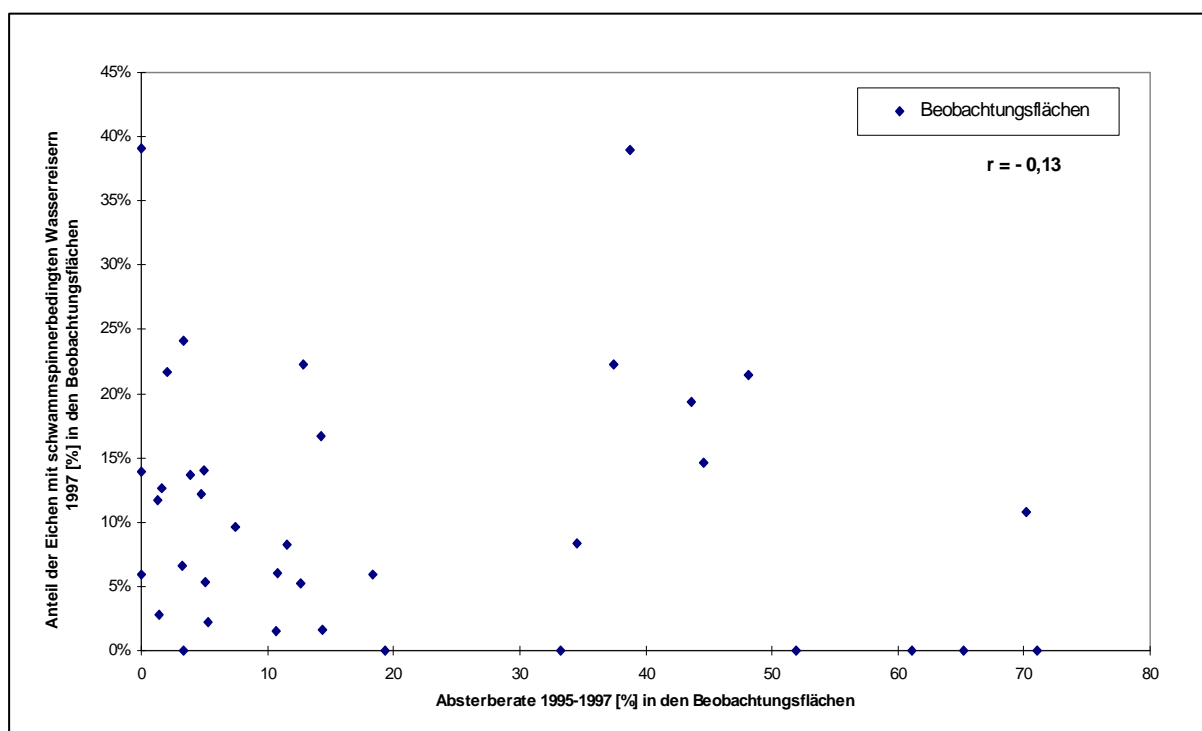
²⁷ H. W. Schröck, Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz.

Tab. 18: Mortalität in stark geschädigten Dickungen von 1995 bis 1997 bei unterschiedlichen Baumklassen

Baumklassen	Fläche 39	Fläche 40	Fläche 41	Fläche 42	Gesamt	N
1	42%	31%	40%	44%	38%	287
2	68%	49%	71%	76%	62%	1227
3	80%	71%	76%	89%	76%	1160
Gesamt	70%	58%	70%	79%	/	2674
N	745	1119	493	317	2674	/

4.4.2.3 Auswirkung der Folgeschäden auf die Wasserreiserbildung

In den Beobachtungsflächen der **ALT- UND BAUMHÖLZER** konnte kein Zusammenhang zwischen der schwammspinnerbedingten Neubildung von Wasserreisern und dem an der Absterberate gemessenen Verlichtungsgrad der Bestände festgestellt werden (Korrelationskoeffizient nach PEARSON: $r = -0,13$)(Abb. 16).


Abb. 16: Anteil der Eichen mit schwammspinnerbedingten Wasserreisern 1997 in Abhängigkeit von der Absterberate 1995-1997 auf 37 Beobachtungsflächen der Alt- und Baumhölzer (siehe Text)

Bei dieser Betrachtung wurden nur Wasserreiser berücksichtigt, die an bis 1997 überlebenden und vor dem Fraß offensichtlich wasserreiserfreien Eichenstämmen entstanden sind. Im Durchschnitt waren an 63% der untersuchten Eichen Wasserreiser festzustellen, die schon vor dem Kalamitätsereignis entstanden sind. Einige Beobachtungsflächen mit geringen Absterbe-

raten wurden kurz vor der Schwammspinner-Kalamität durchforstet, so daß sich die dort teils hohen Anteile der Eichen mit neuen Wasserreisern dadurch erklären lassen. Dies war jedoch nicht in sämtlichen dieser Beobachtungsflächen der Fall. Die Anteile der Eichen mit neu gebildeten Wasserreisern haben auch in unbefressenen Beständen mit niedrigen Absterberaten bis zu 39% betragen, während in vier von fünf stark verlichteten Flächen mit Absterberaten von über 50% die überlebenden Eichen keinerlei neue Wasserreiser zeigten, so daß die Qualität des verbleibenden Bestandes trotz der Schadereignisse unverändert blieb (Abb. 16). Selbst der gezielte Paarvergleich von stark verlichteten Beständen mit Flächen, die keine Folgeschäden aufzuweisen hatten, brachte bezüglich des Anteils der Eichenstämme mit neu ausgebildeten Wasserreiser kaum Unterschiede hervor.

Auf den geschädigten Beobachtungsflächen in **SCHWACHEN BAUM- UND STANGENHÖLZERN** waren 1995 an etwa zwei Drittel der untersuchten und überlebenden Eichen neue Wasserreiser vorzufinden, die bis 1997 erhalten geblieben sind. Vor dem Schwammspinnerfraß hatten nur 16% dieser Eichen Wasserreiser aufzuweisen. Zwischen verschiedenen verlichteten Beständen wurden deutliche Unterschiede festgestellt. Auf der fast kahlen Beobachtungsfläche Nr. 35 zeigten die überlebenden Beobachtungseichen zu 90% Wasserreiser, auf den stark verlichteten Flächen Nr. 34 und 37 hatten 68% und auf den leicht aufgelichteten Flächen Nr. 36 und 38 bereits 49% der überlebenden Eichen Wasserreiser ausgebildet.

Die ehemals stammzahlreichen, geschlossenen und weitgehend wasserreiserfreien **DICKUNGEN** sind aufgrund der hohen Absterberaten (vgl. Kap. 4.4.2.1.3) stark verlichtet, worauf die Eichen mit der Bildung von Wasserreisern reagiert haben. 1995 waren in den Beobachtungsflächen zwischen 66 und 84% der Stämme mit mehreren oder zahlreichen Wasserreisern (Stufe 2 und 3) besetzt, wobei sich die Anteile bis 1997 auf 81 bis 93% erhöht haben. In diesen Dickungen waren 1997 kaum noch Eichenstämme ohne Wasserreiser zu finden (Abb. 17).

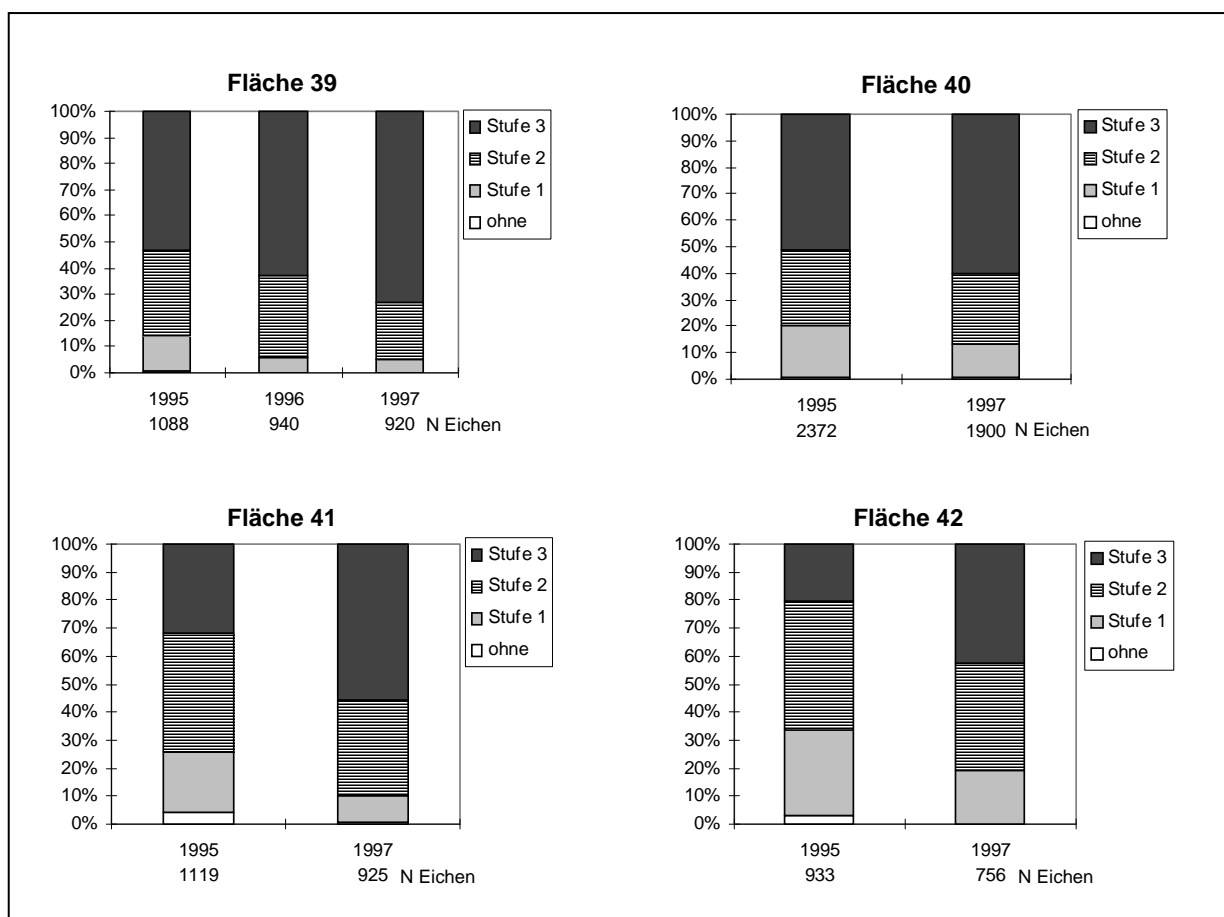


Abb. 17: Entwicklung des Anteils überlebender Eichen mit Wasserreisern in [%] auf den Beobachtungsflächen im Dickungsalter (Stufe 1: wenige, Stufe 2: mehrere, Stufe 3: zahlreiche Wasserreiser; vgl. Anhang 11)

4.4.2.4 Sonderuntersuchung an Kiefern

In einem 1994 von Schwammspinner-Raupen befallenen Kiefernbaumholz im Forstamt Hagenbach (Waldort: XIII 1c, Abteilung Saubuckel) waren starke Nadelverluste festzustellen, so daß zur Beobachtung der weiteren Entwicklung gezielt Kiefern mit unterschiedlichem Kronenzustand ausgewählt wurden (Tab. 19). Entsprechend der Ansprachekriterien der Waldzustandserhebung (FORSTLICHE VERSUCHSANSTALT RHEINLAND-PFALZ 1989, FRAUDE 1987) wurde zwischen Kiefern der Schadstufe 1 mit gutem Kronenzustand, Kiefern der Schadstufe 2 mit mittlerem Kronenzustand (die jüngsten Nadeljahrgänge waren vollständig und die zweiten Nadeljahrgänge überwiegend vorhanden, Feinreisigstufe 1), und Kiefern der Schadstufe 3 mit schlechtem Kronenzustand (nur noch der jüngste Nadeljahrgang war vorhanden, oftmals sogar unvollständig, Feinreisigstufe 2) unterschieden.

Tab. 19: Schadstufenentwicklung ausgewählter Kiefern von 1995 bis 1996

KRONENZUSTAND 1995		KRONENZUSTAND 1996		
Schadstufe 1	14 Bäume	Schadstufe 1	6 Bäume	43%
		Schadstufe 2	8 Bäume	57%
		Schadstufe 3	0	0%
		abgestorben	0	0%
Schadstufe 2	24 Bäume	Schadstufe 1	0	0%
		Schadstufe 2	23 Bäume	96%
		Schadstufe 3	1 Baum	4%
		abgestorben	0	0%
Schadstufe 3	24 Bäume	Schadstufe 1	0	0%
		Schadstufe 2	15 Bäume	63%
		Schadstufe 3	9 Bäume	37%
		abgestorben	0	0%
Summe	62 Bäume	62 Bäume		

Bis 1996 starb keine der 62 ausgewählten Kiefern ab. Die überwiegende Anzahl der am stärksten geschädigten Bäume (Schadstufe 3) haben sich innerhalb eines Jahres nach dem Befallsergebnis erholt (63%), während die Anzahl der Kiefern in Schadstufe 2 etwa gleich geblieben ist. Nur die Bäume der Schadstufe 1 haben sich von 1994 bis 1995 zu 57% um eine Schadstufe verschlechtert, was offensichtlich nicht in Zusammenhang mit dem Schwammspinnerfraß steht (Tab. 19). Eine stichprobenweise Überprüfung ergab auch 1997, daß es zu keinen Absterbeerscheinungen oder gravierenden Verschlechterungen des Kronenzustandes dieser Kiefern kam.

4.5 Symptomanalyse

4.5.1 Material und Methoden

In Baumhölzern und Dickungen wurden auf den Beobachtungsflächen (vgl. Kap. 4.4.1) an aktuell abgestorbenen und stark geschädigten (Blattverluste von 70 bis 95%) Eichen Symptomanalysen durchgeführt, um Hinweise auf die Beteiligung von Insekten und Pilzen beim Absterben der Eichen zu erhalten. Diese fanden im Frühsommer 1995, im Winter 1995/96, im Winter 1996/97 und im Spätsommer 1997 am Stamm und zusätzlich bei den ersten beiden Aufnahmen an den Wurzeln statt (Tab. 20).

Tab. 20: Anzahl der bei der Symptomanalyse von 1995 bis 1997 untersuchten Eichen (in Klammern steht jeweils die anteilige Anzahl der stark geschädigten Eichen)

Anzahl der Eichen N	Baumhölzer		Dickungen	
	Stamm	Wurzel	Stamm	Wurzel
Frühsommer 1995	14 (7)	3 (2)	5 (3)	5 (3)
Winter 1995/96	58 (32)	22 (17)	18 (3)	18 (3)
Winter 1996/97	9 (2)	/	12 (1)	12 (1)
Spätsommer 1997	40 (0)	/	/	/
Gesamt	121 (41)	25 (19)	34 (7)	35 (7)

Die Symptomanalysen am **STAMM** erfolgten im Anhalt an ein von HARTMANN entwickeltes Aufnahmeverfahren (HARTMANN et al. 1989, HARTMANN & BLANK 1992)(Anhang 17). Zunächst wurden waldkundliche Merkmale und äußerliche Auffälligkeiten am Stamm und an der Krone, wie beispielsweise abblätternde Borke, Spechteinhiebe, Schleimflußflecken, Ausfluglöcher von Prachtkäfern, Bohrlöcher von holzbewohnenden Insekten sowie Pilzkonsolen erfaßt. Bei der **ANSPRACHE AM STEHENDEN STAMM** wurde in Hüfthöhe ein etwa dreißig Zentimeter breiter Ring schichtweise von der Rinde befreit. Danach wurden die Eichen gefällt und der Stamm für eine **LIEGENDANSPRACHE** bis zum Kronenansatz je nach Länge in drei bis vier Sektionen gleicher relativer Länge eingeteilt und die gesamte Borke sowie der Bast des Stammes und der Starkäste rundum schichtweise abgeschält. Das Verfahren der Liegendansprache wurde im Winter 1996/97 modifiziert, indem sektionsweise nur noch etwa 30 x 50 cm große Rindenfenster auf der Nord- und Südseite der Stämme angelegt wurden. Im Spätsommer 1997 wurde auf die Liegendansprache verzichtet. Die Symptomanalyse am Stamm umfaßte die himmelsrichtungsbezogene Ansprache des Bastzustandes, der Larvenfraßspuren von Eichenprachtkäfern (*Agrilus spec.*) unter Berücksichtigung der Gangdichte und deren

Ausrichtung (horizontal ringsum den Stamm verlaufende oder plätzeweise auftretende, zickzackförmige Gänge)(WACHTENDORF 1955, SCHÖNHERR 1974), von Bohrlöchern und gegebenenfalls weiterer Auffälligkeiten. Die Gangdichte der Prachtkäferlarven wurde in Abständen von einem Meter anhand der Anzahl der Larvenfraßgänge bezogen auf 10 cm Länge ermittelt und in drei Intensitätsstufen eingeteilt: Stufe 1 mit 1-5, Stufe 2 mit 6-10 und Stufe 3 mit mehr als 10 Gängen. Plätzeweiser Befall wurde der Intensitätsstufe 1 zugeordnet. In wenigen Fällen waren keine Gänge mehr feststellbar, da der Splint des Holzes bereits zersetzt war. Die Häufigkeit vorhandener Bohrlöcher wurde eingeschätzt und anhand ihrer Form und Durchmesser nach Möglichkeit den Gruppen holzbrütender Insekten: Borkenkäfer [*Scolytidae*], Bockkäfer [*Cerambycidae*] und Holzwespen [*Siricidae*] zugeordnet (SCHWERDTFEGER 1981, BRAUNS 1991, BENSE & SCHOTT 1995, KRAUS 1998).

Zur Symptomanalyse an **WURZELN** wurde der Wurzelraum nach einer Methode von DELATOUR (zit. n. HETT 1989)(Anhang 18) bis in eine Tiefe von ca. 30 cm im Radius von etwa 1 m um den Stammfuß freigelegt und die Rinde der Hauptwurzeln schichtweise abgeschält, um nach Schadsymptomen, insbesondere nach Mycellappen oder Rhizomorphen des Hallimasch (*Armillaria spec.*) (NIERHAUS-WUNDERWALD 1994) zu suchen.

4.5.2 Ergebnisse

Die ersten orientierenden Symptomanalysen im Frühsommer 1995 (Anhang 19) wiesen in allen Altersstufen auf ein sehr rasches Absterben der Eichen hin. Die Kronen der abgestorbenen und stark geschädigten Bäume zeigten oft noch einen dichten Feinreisigbesatz. Gleichzeitig besaß die überwiegende Anzahl der abgestorbenen Eichen noch einen grünen Bast. In Baumhölzern waren zwei Drittel der stark geschädigten und abgestorbenen Eichen vom Prachtkäfer (*Agrilus spec.*) befallen, allerdings nur mit jungen, plätzeweisen Fraßspuren in grünem Bast. In Dickungen wurden kaum Anzeichen eines Prachtkäferbefalls gefunden. Drei etwa 50-jährige Eichen unterschiedlicher Vitalität (Blattverluste von 30, 80 und 100%) wurden zur Beurteilung des Wurzelsystems umgezogen. Alle wiesen gut ausgebildete, bis 1,30 m tief reichende Wurzelsysteme ohne erkennbare Schädigungen an den Haupt- und Nebenwurzeln auf.

Bei den Symptomanalysen ab Winter 1995/96 (Anhang 20 und 21) wiesen die abgestorbenen Eichen meist einen bereits vollständig nekrotischen Bast auf. An fast allen Stämmen hatte sich die Rinde abgelöst und fiel bei mechanischer Einwirkung vom Stamm ab. Die überwiegende Zahl der stark geschädigten Eichen hatte einen weitgehend grünen oder teilnekrotischen Bast. Die nekrotischen Bereiche breiteten sich mit zunehmenden Blattverlust von der Krone beginnend abwärts bis zum Stammfuß aus. An Baumhölzern war zu beobachten, daß

die Nekrosen am Stamm meist mit dem Auftreten von Larvengängen des Prachtkäfers verbunden waren. Nach HARTMANN & BLANK (1992) werden Nekrosen durch den Larvenfraß der Eichenprachtkäfer (*Agrilus spec.*) in Verbindung mit schwach parasitischen Ascomyceten verursacht.

EICHENPRACHTKÄFER. Nahezu 90% der von 1995 bis 1997 untersuchten Baumhölzer waren deutlich von Larvenfraßspuren der Eichenprachtkäfer gezeichnet, die auf der Rinde selten von Schleimflußflecken begleitet wurden (Tab. 21)(Anhang 19 bis 21).

Tab. 21: Eichenprachtkäferbefall (*Agrilus spec.*) am Stamm und Kronenansatz an in der Vegetationsperiode 1995, 1996 und 1997 abgestorbenen und stark geschädigten (Blattverluste von 70 bis 95%) Eichen im Baumholzalter (Intensitätsstufe 1: 1-5 Larvengänge bezogen auf 10 cm Länge und plätzeweiser Befall, Stufe 2: 6-10 und Stufe 3: >10; angegeben ist jeweils die mittlere Intensität über den gesamten Stamm und Kronenansatz)(siehe Text)

Eichenprachtkäfer- befall in Baum- hölzern	Σ 1995-97		abgestorben						stark geschädigt			
	N	%	1995		1996		1997		1995		1996	
			N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Stufe 1	46	43	11	42	5	72	13	32	16	50	1	50
Stufe 2	26	24	9	35	1	14	7	18	8	25	1	50
Stufe 3	22	21	4	15	0	0	13	32	5	16	0	0
Σ Stufe 1-3	94	88	24	92	6	86	33	82	29	91	2	100
ohne Befall	9	8	1	4	1	14	4	10	3	9	0	0
nicht feststellbar	4	4	1	4	0	0	3	8	0	0	0	0
N	107	100	26	100	7	100	40	100	32	100	2	100

Sowohl bei den abgestorbenen als auch stark geschädigten Eichen überwog der Befall in der Intensitätsstufe 1. Die Fraßspuren an abgestorbenen Bäumen verliefen in nekrotischen Bereichen horizontal und senkrecht zur Faserrichtung, meist spiralg um den Stamm (Ringelgänge). Demgegenüber waren die Fraßspuren bei stark geschädigten Eichen in noch grünem Bastbereich meist plätzeweise und zickzackförmig ausgeprägt. Da die Larvengänge vorwiegend über den gesamten Stamm in unterschiedlicher Dichte und mit verschiedenen Gangdurchmessern vorgekommen sind, lassen sich anhand der Fraßspuren keine Aussagen über den Ort des Beginns und den Fortschritt des Befalls treffen. Ebenso wenig konnte eine Häufung in bestimmten Himmelsrichtungen festgestellt werden. Vereinzelt wurden auch an Wurzelanläufen und im Starkastbereich Fraßgänge gefunden. Zahlreiche Prachtkäferlarven waren im Winter 1995/96 bereits in ihrer Puppenwiege anzutreffen, die in der Borke liegt. Bäume, die aus stark geschädigten Bereichen stammten, wiesen weit häufiger Prachtkäferbefall der Intensitätsstufe 2 und 3 auf (43%), als Bäume aus Flächen mit geringen Schäden (18%). Zwischen unter-

standsreichen und unterstandsarmen Schadflächen wurde kein Unterschied im Ausmaß des Prachtkäferbefalls festgestellt.

Aus zufällig gewonnenen Proben mit Prachtkäferlarven besetzter Rindenstücke des Stammbereiches, die im Winter 1995/96 in einen geschlossenen Raum gebracht wurden, schlüpfen 48 Käfer je Quadratmeter Rindenoberfläche. Dieser Wert wurde über die gefundenen Käfer ermittelt und anhand der erkennbaren, frischen Ausbohrlöcher in der Rinde bestätigt. Hierbei handelte es sich ausschließlich um den Zweifleckigen Eichenprachtkäfer (*Agilus biguttatus* [F.]). Zum Vergleich fand WACHTENDORF (1955) bei starkem Befall auf einer Borkenfläche von 0,46 Quadratmetern 38 frische Ausbohrlöcher.

In Dickungen wiesen nur wenige abgestorbene Eichen Anzeichen eines Prachtkäferbefalls auf. Einzelfallweise war junger, plötzlicher Befall festzustellen, der zum Teil von Schleimflußflecken auf der Rinde begleitet war. Dieser Befall wurde jedoch nur in unteren Stammbereichen und an den Wurzelanläufen vorgefunden, während in schwächeren Durchmesserbereichen unter etwa 12 cm mit Rinde keine Larvengänge des Prachtkäfers vorkamen.

HOLZBRÜTER. Im Winter 1995/96 waren bei mehr als zwei Drittel der in Baumhölzern abgestorbenen Eichen zahlreiche Larvengänge und Ausbohrlöcher von holzbrütenden Insekten am Stamm zu erkennen (Anhang 20.1.1). Auch an etwa einem Drittel der stark geschädigten Eichen wurden bereits Spuren holzbrütender Insekten festgestellt, die überwiegend von Borkenkäfern stammten und meistens in Bereichen nekrotischen Bastes vorkamen. Demgegenüber konnten bei den Aufnahmen im Winter 1996/97 und im Spätsommer 1997 nur einzelne Anzeichen holzbrütender Borkenkäfer oder Holzwespen gefunden werden, wobei zu beachten ist, daß hier die Ansprache nur in Rindenfenstern vorgenommen wurde (Anhang 20.1.2 und 20.1.3). Dagegen waren Bockkäferlarven und ihre Fraßspuren häufiger anzutreffen.

In Dickungen wurden an den Stämmen nahezu aller abgestorbener Eichen zahlreiche Bockkäferlarven und vereinzelt Einbohrlöcher von holzbrütenden Borkenkäfern vorgefunden (Anhang 21.1.1 und 21.1.2).

HALLIMASCH. Im Frühsommer 1995 war in mittelalten und älteren Beständen kein nennenswerter Hallimaschbefall festzustellen (Anhang 19). Demgegenüber wiesen im Winter 1995/96 alle abgestorbenen Baumhölzer bei den Wurzeluntersuchungen sehr hohe Anteile von nekrotischem Bast auf und nahezu jede dieser Eichen war gleichzeitig vom Hallimasch befallen, der teilweise bis in den unteren Stammbereich hineinreichte (Anhang 20.2). Auch etwa die Hälfte der stark geschädigten Eichen zeigte einen bereits nekrotischen Wurzelbast und war vom Hallimasch befallen. Fast alle dieser Eichen wiesen am Stamm deutliche Fraßspuren des Eichenprachtkäfers auf. Auch in den Folgeaufnahmen im Winter 1996/97 und Spätsommer 1997 waren etwa zwei Drittel der am Stamm untersuchten, abgestorbenen Baumhölzer deutlich vom Hallimasch befallen, während er an geschädigten Eichen weniger oft beobachtet wurde (Anhang 20.1.2 und 20.1.3).

In von hohen Ausfällen betroffenen Dickungen wurde an den Wurzelanläufen und den unteren Stammportionen der abgestorbenen Bäume bereits im Frühsommer 1995 häufig frisches Hallimaschmyzel gefunden (Anhang 19). Bäume mit noch weitgehend intakten Kronen waren befallsfrei. Im Winter 1995/96 war der Wurzelbast abgestorbener Dickungseichen vollkommen nekrotisch und fast alle Wurzeln vom Hallimasch befallen (Anhang 21.2.1). Dabei erreichte das weiße Mycel Höhen von bis zu 1,3 m. Auch im Winter 1996/97 war der Hallimaschbefall in Stammhöhen von bis zu 2,5 m sehr ausgeprägt, wobei teilweise schon Rindenrhizomorphen vorgefunden wurden (Anhang 21.1.2 und 21.2.2).

RINDENPILZE. Im Kronenbereich absterbender Eichen verschiedener Altersstufen zeigten sich im Frühsommer 1995 schon frühzeitig ausgedehnte hellbraune, durch Pilze verursachte Rindennekrosen. In Kronen jüngerer Eichen wurden an toter Rinde vorwiegend die Fruchtkörper des Ascomyceten *Botryosphaeria quercuum* (Schw.) Sacc. gefunden. In geringerem Umfang wurde *Phomopsis quercina* (Sacc.) v. Höhn, *Phomopsis quercella* (Sacc. et Roum.) Died. und *Fusicoccum quercus* Oudem. festgestellt. Auf der Rinde abgestorbener Untersuchungsbäume im Baumholzalter waren auch im Winter 1995/96 zahlreiche Pilze zu finden²⁸: *Peniophora quercina* (Fr.) Cooke, *Phlebia radiata* Fr., *Plicaturopsis crispa* Reid., *Bjerkandera adusta* Willd. ex Fr. Karst., *Tremella mesenterica* Retz. ex. Hooker, *Vuilleminia comedens* Pers. ex. Fr. Maire, *Bulgaria inquinans* Fr., *Cytospora intermedia* Sacc., *Coryneum umbonatum* Nees und *Pezicula cinnamomea* Dc. Sacc.. Auch an etwa zwei Drittel der abgestorbenen Dickungseichen wurden in der Krone sowie am Kronenansatz Rindenpilze wie bspw. *Tremella mesenterica* Retz. ex. Hooker, *Peniophora quercina* (Fr.) Cooke und *Vuilleminia comedens* Pers. ex. Fr. Maire angetroffen.

²⁸ Die Bestimmung der Pilze erfolgte an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Dr. D. Seemann und Dr. B. Metzler.

5 Diskussion

5.1 Ursachen des Eichensterbens nach der Schwammspinner-Kalamität 1993 und 1994 im Bienwald

Die in Rheinland-Pfalz vom Schwammspinner befallenen Eichenbestände zeigten in der Folge sehr unterschiedliche Reaktionen. Dabei hatten die standörtlichen Rahmenbedingungen und die Fraßgeschichte sowie Faktoren, wie die Wetterverhältnisse, der Eichenmehltau (*Microsphaera alphitoides* Grif. & Maubl.) und der Eichenprachtkäfer (*Agrilus* spec.) entscheidende Bedeutung.

STANDORT. Infolge der Schwammspinner-Kalamität 1993 und 1994 entstanden in Eichenbeständen des Bienwaldes auf 547 ha erhebliche Folgeschäden. In Abhängigkeit vom Standort wurden beachtliche Schadensunterschiede festgestellt. Gravierende Schäden traten nur auf grund- und stauwasserbeeinflussten Standorten auf. 1994 einmalig befallene Eichen auf „nasen“ Baumstandorten zeigten sogar eine höhere Absterberate als zweimalig befallene Eichen auf „nicht vernässten“ Baumstandorten. Sowohl der Verschnitt der Standorts- mit der Schadenskarte, als auch die einzelbaumweise Standortsansprache in den Beobachtungsflächen zeigte auf den grund- und stauwasserbestimmten, hydromorphen Standorten bei zunehmendem Wassereinfluß in allen Fraßgeschichten einen deutlich erkennbaren Anstieg des Schadensmaßes. Demgegenüber waren auf den terrestrischen Standorten im Bienwald nur selten Folgeschäden zu beobachten.

Auch in anderen Untersuchungen zeigte sich eine ausgeprägte Abhängigkeit der Folgeschäden vom Wasserhaushalt der Standorte. So stellten NAGELEISEN et al. (1996) im benachbarten Hagenauer Forst (Frankreich) ebenso eine Konzentration der Folgeschäden auf hydromorphen Standorten fest. Auch NIKODEM hat bereits 1913 in Zusammenhang mit einem Eichensterben in Folge einer Schwammspinner-Kalamität in Jugoslawien beobachtet, daß „am meisten die Orte mit von Haus aus ungünstigeren Standortverhältnissen, besonders stagnierender Nässe“ gelitten haben. Mehrere Autoren berichten von besonderen Schäden nach Kahlfraß laubfressender Insekten auf zur Vernässung neigenden, wechselfeuchten und schweren Böden mit hoher Bindigkeit (VARGA 1987, GORGESCU et al. 1945 zit. n. DONITÀ et al. 1993, OOSTERBAAN 1990, WEZEL 1999).

Demnach sind Eichen auf hydromorphen Standorten bei Schwammspinner-Kalamitäten besonders gefährdet.

Auf terrestrischen Standorten der rheinland-pfälzischen Stockausschlagbestände in Nieder- und Überführungswäldern an der Mosel, Saar, Nahe, am Mittelrhein und an der Lahn sowie in der Nordpfalz wurden, von wenigen Ausnahmen abgesehen, selbst nach mehrmaligem Fraß keine bedeutenden Folgeschäden beobachtet. In einigen dieser Befallsgebiete kam es auch

zuvor schon mehrfach zu Schwammspinnergradationen (vgl. Kap. 2), ohne daß daraus gravierende Folgeschäden entstanden sind.

In Baden-Württemberg wurde ebenso die Erfahrung gemacht, daß auf terrestrischen Standorten im Wuchsgebiet Neckarland auf Lehm- und Sandböden mittleren Wasserhaushaltes selbst zweimaliger Kahlfraß überstanden werden konnte (WEZEL 1999). Auch in Niederösterreich wurden in grundwasserfernen Eichenwäldern keine direkten Folgeschäden dokumentiert (SCHOPF 1997). WERMELINGER (1993) schätzt die Folgen für Kastanienniederwälder in süd-exponierten, trockenen Hanglagen im Tessin als eher geringfügig ein. Demgegenüber sind in Eichenwäldern Unter- und Mittelfrankens auch auf terrestrischen, weitgehend wechselflocken und feinkornreichen Böden (mündl. Mitt. SCHMIDT²⁹ 1998) nach Schwammspinnerfraß gravierende Folgeschäden entstanden, die durch einen zusätzlichen Eichenwicklerfraß (*Tortrix viridana* L.) im gleichen Jahr erheblich verstärkt wurden (SCHWENKE 1983, LOBINGER 1999). Der Einfluß des Standortes auf die Folgeschäden wurde in Unter- und Mittelfranken allerdings nicht differenzierter untersucht. WEZEL (1999) schließt nicht aus, daß ein mit dem Schwammspinnerfraß im gleichen Jahr kombinierter oder chronischer Blattfraß durch andere Schmetterlingsraupen eine schadverstärkende Wirkung hat. Unter diesen Umständen können auch auf terrestrischen Standorten Folgeschäden entstehen.

EICHENARTEN. Die Frage, ob Stiel- und Traubeneichen (*Quercus robur* L. und *Quercus petraea* [Matt.] Liebl.) gegenüber Schwammspinnerfraß gleichermaßen empfindlich reagieren, ist eng mit dem Einfluß des Standortes verbunden (SEEMANN 1996a). Während in den ungeschädigten Beständen der rheinland-pfälzischen Nieder- und Überführungswälder auf terrestrischen Standorten vorwiegend Traubeneichen vorkommen, stocken im Bienwald sowohl in ungeschädigten als auch geschädigten Bereichen nach den bisherigen Erkenntnissen hauptsächlich Stieleichen. Aus den Ergebnissen neuerer Untersuchungen zur Artenreinheit von Eichenbeständen im Bienwald kann jedoch interpretiert werden, daß in Stieleichenbeständen durchaus auch Traubeneichen vorkommen können (mündl. Mitt. BALCAR 1998³⁰). Inwiefern die abgestorbenen Eichen vorwiegend einer dieser Arten zuzuordnen sind, wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht untersucht, da für die Artenunterscheidung anhand morphologischer Merkmale (SPETHMANN 1985) weder eindeutig zuordenbare Blätter noch Fruchtstände vorhanden waren. Allerdings hat das Ergebnis einer Artenuntersuchung an überlebenden Eichen in einer im Bienwald einheitlich begründeten aber unterschiedlich geschädigten Dichtung ergeben, daß es sich allem Anschein nach sowohl bei den überlebenden als auch bei den abgestorbenen Bäumen hauptsächlich um Stieleichen handelte (BALCAR 1998). Deshalb ist nicht davon auszugehen, daß Schadensunterschiede in diesem Bestand aufgrund verschiedener Eichenarten entstanden sind.

²⁹ O. Schmidt, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF).

³⁰ Laufende Untersuchungen der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Abteilung Forstliche Ökologie und Forstpflanzenerzeugung.

Es liegen keine Anhaltspunkte vor, die darauf schließen lassen, daß die beiden Eichenarten eine unterschiedliche Schadensdisposition aufweisen. Die im Vergleich zu Traubeneichen größeren Schäden in Stieleichenbeständen beruhen offensichtlich eher auf der standörtlich unterschiedlichen Verbreitung beider Arten. Auch WEZEL (1999) weist auf den höheren Anteil geschädigter Stieleichenbestände hin, die überwiegend auf den zur Vernässung neigenden Standorten zu finden sind. Er stellte allerdings zweifelsfrei fest, daß in Baden-Württemberg auch Traubeneichen abgestorben sind.

FRAßGESCHICHTE. Neben dem Standort hatte im Bienwald die Fraßgeschichte den größten Einfluß auf die Absterberate der Eichen. Das Schadausmaß war nach zweimaligem Schwammspinnerfraß in Folge 1993 und 1994 deutlich höher als nach einmaligem Befall (Abb. 18).

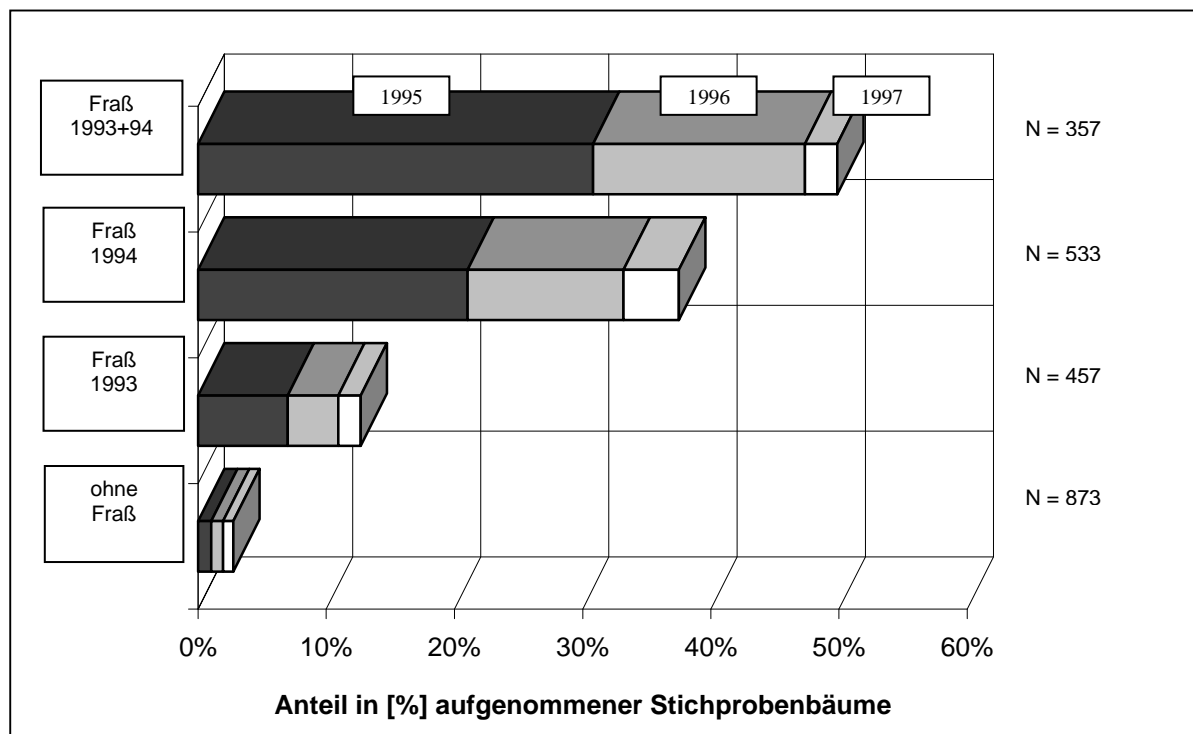


Abb. 18: Mortalität 1995, 1996 und 1997 bei unterschiedlichen Fraßgeschichten (Fraß = überwiegend Kahlfraß)

Auf die steigende Absterbegefahr für Laubbäume nach mehrmaligem Fraß weisen unter anderen LANGHOFFER (1926), SCHEDL (1936), KEGG (1973), CAMPBELL & SLOAN (1977), WELLENSTEIN & SCHWENKE (1978), HOUSTON (1981), NAGELEISEN et al. (1996), GOTTSCHALK et al. (1998), DAVIDSON et al. (1999) und WEZEL (1999) hin. Allerdings sind im Bienwald auch schon nach einmaligem Fraß zahlreiche Eichen abgestorben. Ebenso berichten SCHEDL (1936), MASCHNING (1996) und LOBINGER (1999), daß es unter Beteiligung von anderen Schadfaktoren, wie Eichenmehltau oder im gleichen Jahr vorhergehendem Eichenwicklerfraß, schon nach einmaligem Fraß zu erheblichen Folgeschäden kommen kann.

Auch die Intensität des Fraßes (Licht- oder Kahlfraß) spielte eine bedeutende Rolle. Der einmalige Kahlfraß richtete 1993 etwa den doppelten und 1994 etwa den sechsfachen Schaden an als der einmalige Lichtfraß. WEZEL (1999) stellte ebenso fest, daß der Kahlfraß bedeutungsvoller war als der Lichtfraß. Aus den USA liegen Hinweise vor, daß auch der Zeitpunkt des Fraßes innerhalb der Vegetationsperiode für die Folgeschäden eine Rolle spielen kann. Später befallene Bäume wiesen geringere Schäden als früher befallene auf (WARGO 1981). Auch für den Bienwald ist davon auszugehen, daß die bereits zu Beginn befallenen Eichen in Zusammenhang mit dem nachfolgenden Eichenmehltaubefall über die gesamte Vegetationsperiode eine kaum funktionsfähige Belaubung hatten, während später befallene Eichen noch bis zum Zeitpunkt der Entlaubung assimilieren und transpirieren konnten. Demnach wären Eichenbestände, die trotz Behandlung bei nachlassender Wirkung des Pflanzenschutzmittels hinterher von einwandernden Raupenfronten befallen werden, weniger gefährdet. Jedoch liegen hierfür aus dem Bienwald bisher keine eindeutigen Belege vor, so daß zur Klärung dieser Frage weitere Untersuchungen notwendig sind.

WETTERBEDINGTE VERNÄSSUNG. Der einmalige Fraß 1994 hinterließ gegenüber dem einmaligen Fraß 1993 weit stärkere Folgeschäden (Abb. 18). Dieser deutliche Schadensunterschied hatte vermutlich in unterschiedlichen Wetterverhältnissen seine Ursache. 1994 führten ungewöhnlich hohe Winterniederschläge aus dem Dezember des Vorjahres und ausgiebige Frühjahrsniederschläge sowie sommerliche Starkregenfälle zu einer vergleichsweise hohen Wassersättigung der im Bienwald ohnehin zur Vernässung neigenden Böden. Im Dezember 1993 lagen die Niederschläge an der Station Kandel des Deutschen Wetterdienstes (DWD) bei 294% und an der Station Würth/Maximiliansau (DWD) bei 280% des langjährigen Dezemberrmittels von 1951 bis 1980, so daß in dieser Zeit ein starkes Winterhochwasser entstanden ist. Auch im März und April 1994 wurden an der Station Karlsruhe-West (DWD) im Vergleich zum langjährigen Mittel von 1961 bis 1990 überdurchschnittliche Niederschlagswerte gemessen (März: 133%, April 149%). Die Niederschlagsdaten der Waldklimastation Aschbach³¹ im Forstamt Schaidt zeigen, daß zum Zeitpunkt der schwammspinner- und mehltauverursachten Entlaubung 1994 am 08.06. mit 22,5 mm, am 27.06. mit 44,2 mm und am 14.07. mit 38,6 mm ausgeprägte Starkniederschläge gefallen sind (Abb. 19). Demgegenüber wurden in der auch insgesamt niederschlagsärmeren Entlaubungsphase im Juni und Juli 1993 derartige Niederschlagsereignisse nicht beobachtet.

³¹ Meßwerte der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Station Nr. 334-A-701, Forstamt Schaidt, Waldort: XXI 11 c², Abteilung Aschbach, Wuchsbezirk Vorderpfälzische Rheinebene.

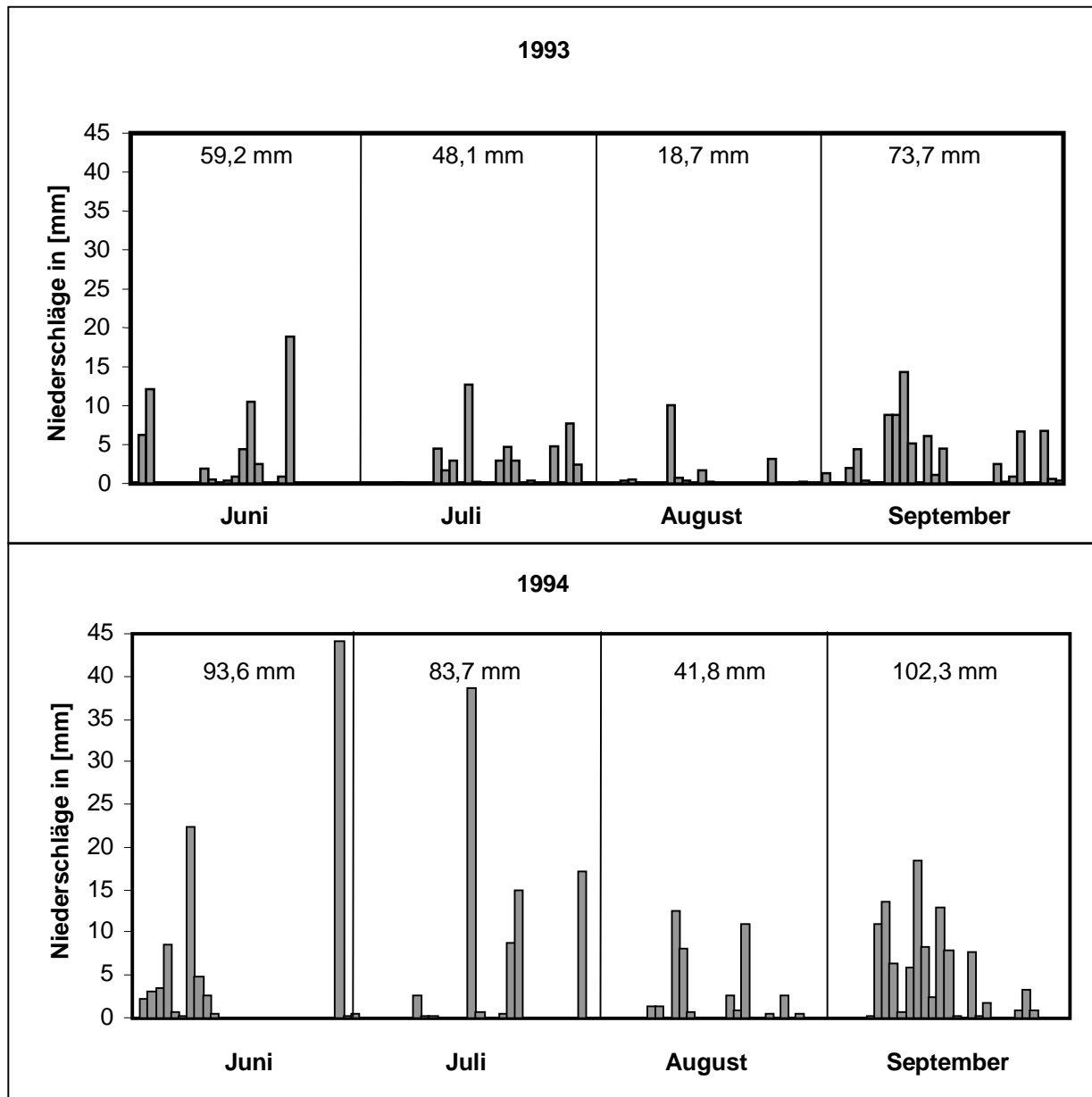


Abb. 19: Verlauf der Tagesniederschläge von Juni bis September 1993 und 1994 im Bienwald; Waldklimastation der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Forstamt Schaidt, Abteilung Aschbach (Niederschlagssumme von Juni bis September 1993: 200 mm, 1994: 321 mm)

Neben dem hohen Wasserangebot war gleichzeitig die Transpiration und Interzeption der Eichenbestände aufgrund ihrer Entlaubung durch Schwammspinnerfraß und anschließendem Mehltaubefall stark eingeschränkt. Diese Faktoren haben dazu geführt, daß die entlaubten Bestände zeitweise unter Wasser standen, wie dies im Gelände zu beobachten war (mündl. Mitt. BLOCK³² 1995). Anhand der in einem 100-jährigen Stieleichenbestand gemessenen Pegelstände werden die Auswirkungen des Raupenfraßes auf die Wassersättigung des Bodens offensichtlich (Abb. 20). Ausgehend von etwa gleich hohen Pegelständen im Winter und Frühjahr liegen die Pegelstände zum Zeitpunkt des Lichtfraßes 1993 im Vergleich zum Kahl-

³² Dr. J. Block, Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz.

fraß 1994 deutlich niedriger (hauptsächliche Entlaubung jeweils vom 01.06. bis 15.07.). Während die Transpiration der aufstockenden Bäume 1993 teilweise noch vorhanden war, ist sie 1994 weitgehend ausgefallen, so daß die Böden vernäßt sind. Dabei ist zu berücksichtigen, daß an der nahegelegenen Waldklimastation Aschbach während der hauptsächlichen Entlaubungszeit im Jahr 1994 mit 136,0 mm mehr Niederschläge gemessen wurden als 1993 (81,3 mm)(Abb. 19).

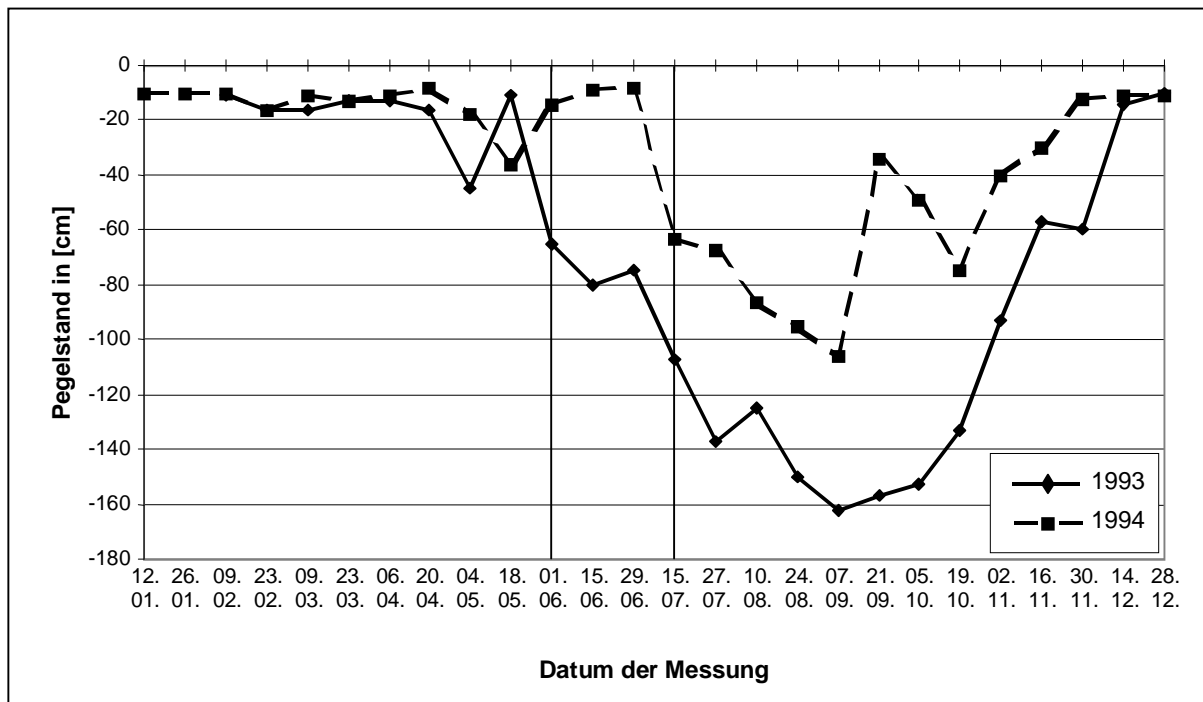


Abb. 20: Grundwasserpegelstände 1993 (Lichtfraß) und 1994 (Kahlfraß) in einem 100-jährigen Stieleichenbestand; die Zeit der hauptsächlichen Entlaubung vom 01.06. bis 15.07. ist mit zwei senkrechten Linien markiert (Forstamt Schaidt, XXI 6 c³, Kahlache-Ost, Grundwassermeßstelle Nr. 822 in 1,70 m Tiefe, Meßwerte der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, EG-Level-II Dauerbeobachtungsfläche Nr. 408)

Zusätzlich dürfte die Zersetzung großer Mengen Raupenkot und während des natürlichen Zusammenbruchs der Population abgestorbener Raupen im oberflächlich anstehenden Wasser bei hohen Temperaturen im Sommer 1994 dem Boden Sauerstoff entzogen haben. Zur gleichen Zeit der Starkniederschläge 1994 wurden mit Tagesmaximumtemperaturen von 31,5 °C, 31,3 °C und 28,2 °C besonders warme Tage gemessen, die sich in den letzten beiden Fällen in ununterbrochenen Zeitphasen mit hohen Tagestemperaturen befanden (von 15.6. bis 30.6.1994 und 09.07. bis 17.07.1994 Tagesmaximumtemperaturen von über 25 °C). Demgegenüber konnten während der Kahllage 1993 in diesem Ausmaß weder Starkniederschläge (Abb. 19) noch ununterbrochene Phasen mit hohen Temperaturen (Anhang 22) festgestellt werden. Durch das Zusammenwirken dieser Gegebenheiten sind im Boden vermutlich anaerobe Bedingungen entstanden. Die daraus resultierende **Hypoxie** hatte wahrscheinlich ein

Absterben der Feinwurzeln zur Folge. Die beschriebenen Randbedingungen (hohe Wassersättigung des Bodens, langanhaltende Entlaubung, große Mengen von Raupenkot, Massensterben der Raupen und hohe Temperaturen) waren nur im Sommer 1994 gleichzeitig gegeben. Dies erklärt das weit höhere Schadausmaß des Fraßes 1994 gegenüber dem Vorjahr.

Zur Empfindlichkeit von Eichenwurzeln gegenüber Sauerstoffmangel finden sich in der Literatur eine Reihe von Hinweisen. So bewerten GAERTIG et al. (1999) Störungen in der Bodenbelüftung als einen Streßfaktor, der auch zur Entstehung von Eichenschäden beitragen kann, da dadurch ein verringertes Wachstum und Funktionsverluste des Feinwurzelsystems ausgelöst werden können. Diese Untersuchungen erfolgten allerdings auf weitgehend terrestrischen Standorten. Aus den Ergebnissen von LEVY et al. (1999) kann geschlossen werden, daß der auf hydromorphen Standorten infolge des Wassereinflusses entstehende Sauerstoffmangel und die daraus resultierende Wurzelschädigung für Eichenjungwuchs eine wesentliche Belastung darstellt. Die Untersuchungen von DREYER (1994) zeigten an Eichensämlingen, daß eine durch Überstauung verursachte Hypoxie erhebliche Wurzelschäden verursachen kann. TRÉNEL (1932) beobachtete am Niederrhein ein Eichensterben, daß er auf „die die Wurzeln erstickende Wirkung des steigenden Grundwassers“ zurückführte, wobei er in den absterbenden Beständen eine auffallende Sauerstoffarmut des Grundwassers feststellte. Auch Wächter (1998a und b) sieht auf Stau- und Grundwasserstandorten Westfalens in Sauerstoffmangel durch Starkniederschläge und hohen Grundwasserständen in der Vegetationszeit ein großes Gefährdungspotential für Stieleichen. LEHMANN (1998) nennt die Sauerstoffarmut des Wurzelraumes in Zusammenhang mit sommerlicher Überflutung als eine Ursache für Baum Schäden. Allerdings soll sich die Stieleiche nach seinen Beobachtungen beim Hochwasser der Oder im Sommer 1997 als überflutungstolerant erwiesen haben. Laut LANGHOFFER (1926) wurde in Zusammenhang mit hohen Absterberaten nach einer Schwammspinner-Massenvermehrung in Jugoslawien vermutet, daß das Wasser von Überschwemmungen und Niederschlägen, welches in Niederungen stagniert, an dem Absterben der Eichen schuld war. PRPIC & RAUS (1987) verbinden ein Stieleichensterben in Kroatien mit einer "Anaerobiosis" bei Überschwemmungen während der Vegetationsperiode. Von ähnlichen Ursachen für ein massives Stieleichensterben in Ungarn geht auch VARGA (1987 und 1993) aus. Er beschreibt eine Schädigungskette ausgelöst durch laubfressende Insekten, insbesondere des Schwammspinners, überdurchschnittliche Niederschlagsmengen zum Zeitpunkt des Fraßes auf schweren Lehmböden mit hoher Bindigkeit mit der Folge von Wurzelstickung durch stagnierendes Wasser. Wie im Bienwald, hat dort eine bereits geringe Höhendifferenz der Bodenoberfläche von 10 bis 20 cm das Auftreten und die Rate absterbender Bäume wesentlich beeinflusst. Auch in Rumänien soll 1940 und 1942 ein Eichensterben in Zusammenhang mit einer mehrfachen Entlaubung vorwiegend auf schweren Böden mit Wasserstau während feuchter und kalter Frühlommer entstanden sein (GORGESCU et al. 1945 zit. n. DONITÀ et al. 1993). WEZEL (1999) beobachtete auf wechselfeuchten Standorten, die zeitweise zur Vernässung neigen,

stärkere Eichenausfälle als auf Böden mit ausgeglichenem Wasserhaushalt. OOSTERBAAN (1990) beschreibt aus den Niederlanden besonders hohe Mortalitätsraten von Stieleichen nach starken Entlaubungen durch Eichenwickler (*Tortrix viridana* L.) und den Kleinen Frostspanner (*Operophtera brumata* L.) auf nassen Böden, die einen extrem schwankenden Grundwasserstand aufweisen, wobei das Frühjahr 1983 zeitgleich mit der Entlaubung extrem naß war.

Demgegenüber kamen DONITÀ et al. (1993) bei einem Experiment in Rumänien, das Auskunft über die Folgen einer Entlaubung bei Stieleichen mit Wasserstau im Boden geben sollte, zu dem Resultat, daß die Entlaubung für das Eichensterben die entscheidende Rolle spielt und ein zusätzlicher Wasserstau keine drastische Erhöhung der Schäden verursacht. Ohne Stauwassereinfluß wurden auf nicht entlaubten Flächen nach zwei Jahren eine Absterberate von 2%, nach einmaliger Entlaubung von 65% und nach zweimaliger Entlaubung von 92% festgestellt. Demgegenüber sind bei Stauwassereinfluß (20-40 Tage bzw. 20-60 Tage) ohne Entlaubung 2%, nach einmaliger Entlaubung 71-73% und nach zweimaliger Entlaubung 94-96% der Bäume abgestorben. Die nach zweimaliger Entlaubung auf nicht stauwasserbeeinflußten Beständen festgestellte Absterberate von 92% wurde im Bienwald selbst auf nassen Standorten nicht erreicht. Auch im Vergleich mit den Beobachtungen der hier diskutierten Arbeiten erscheinen die in Rumänien registrierten Absterberaten ungewöhnlich hoch. Da DONITÀ et al. (1993) keine näheren Auskünfte über die experimentellen Bedingungen geben, beispielsweise zu welchem Zeitpunkt, wie lange und durch was die Eichen entlaubt wurden, kann hierfür keine Erklärung gefunden werden.

Im Bienwald haben die ungünstigen Wetterverhältnisse zum Zeitpunkt der schwammspinnerbedingten Kahllage auf den zur zeitweisen Vernässung neigenden Standorten und die mangelnde Versorgung der Wurzeln mit Assimilaten während der Fraßjahre (GOTTSCHALK 1993) wahrscheinlich zu einem Absterben der Feinwurzeln geführt. In einem weitgehend noch intakt gebliebenen Teilbereich³³ eines zweimalig befressenen, 100-jährigen Eichenbestandes im Bienwald wurde bei einer Wurzeluntersuchung im Juli 1994 bereits ein Anteil von 57% toter und subvitaler Feinwurzeln ermittelt (ROMMEL & NAB 1995). Im Dezember 1994 wurde in einem 100-jährigen Stieleichenbestand bei gleicher Fraßgeschichte im Forstamt Bruchsal ein Anteil von 53% toter und subvitaler Feinwurzeln nachgewiesen (BLANK et al. 1995). In unbefressenen Vergleichsbeständen lagen die entsprechenden Anteile geschädigter Feinwurzeln mit 38% im Pfälzerwald und mit 33-35% in Bruchsal dagegen deutlich niedriger. Dies spricht dafür, daß erhebliche Feinwurzelverluste als direkte Folge des Schwammspinnerfraßes auftreten können. Auch JUNG (1996) hat in Bodenproben aus etwa 100-jährigen Eichenbeständen des Bienwaldes größtenteils abgestorbene oder deutlich erkrankte Feinwurzeln gefunden.

³³ EG-Level-II Dauerbeobachtungsfläche der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz im Forstamt Schaidt, Waldort: XXI 6 c³, Abteilung Obere Kahnliche-Ost.

BODENPILZE. Darüber hinaus konnten in Bodenproben aus geschädigten Beständen des Bienwaldes 1995 und 1996 durch Untersuchungen am Lehrstuhl für Forstbotanik der Universität München (JUNG 1996) und an der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (WERRES 1996) wurzelschädigende Bodenpilze wie *Pythium*- und *Phytophthora*-Arten (BLASCHKE & JUNG 1996, JUNG et al. 1996a und b) im beachtlichen Umfang nachgewiesen werden. Die Ergebnisse der Universität München von Bodenproben aus etwa 100-jährigen Beständen³⁴⁺³⁵ zeigten an 1995 sowohl absterbenden als auch vital erscheinenden Stieleichen ungewöhnlich hohe Populationen der *Pythium*-Art der Gruppe P. In 1996 gewonnenen Bodenproben²⁴ wurden mehrfach *Phytophthora gonapodyides*, *P. quercina*, *P. cambivora*, *Pythium* der Gruppe P und *Pythium anandrum* festgestellt. An der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft wurden 1995 in zwei von fünf Bodenproben aus einem stark geschädigten 100-jährigen Stieleichenbestand²⁴ *Phytophthora*- und in einer *Pythium*-Arten gefunden. Bei einer Probe konnte *Phytophthora cambivora* bestimmt werden. In 1996 gewonnenen Bodenproben von dem gleichen Waldort und einem etwa 50-jährigen Bestand³⁶ wurde neben *Pythium*-Arten auch *Phytophthora* spp. (Waterhouse Gr. V oder VI) nachgewiesen. Die Wasserprobe aus einem Entwässerungsgraben des 100-jährigen Bestandes²⁴ zeigte keine *Pythium*- oder *Phytophthora*-Arten.

Inwieweit diese Bodenpilze beim Absterbeprozess im Bienwald eine Rolle spielten, ist nicht zweifelsfrei geklärt. Denkbar ist, daß sich durch die Schwächung der Bäume infolge des Fraßes und durch die aufgrund der zeitweisen Vernässung günstigen Verbreitungsbedingungen für *Pythium*- und *Phytophthora*-Arten das Wirt-Parasit-Verhältnis zugunsten dieser Bodenpilze verschoben hat, wodurch Feinwurzelverluste verursacht wurden. Die im Bienwald festgestellten *Phytophthora*-Arten wurden in Proben gefunden, die aus basenreicheren Substraten, wie „wechselfrische Lehme“ und „wechselfrische übersandete Lehme“, stammten. Laut JUNG (mündl. Mitt. 1998³⁷) kommen diese Bodenpilze in sauren Substraten mit in Wasser gemessenen pH-Werten von weniger als 4,3 nicht vor. Da saure Standorte wie „wechselfrische arme Sande“, „wechselfrische eiszeitliche Sande“ oder „anmoorige Sande“ aber nicht von Folgeschäden verschont geblieben sind, ist allerdings davon auszugehen, daß *Phytophthora*-Befall keine ausschlaggebende Voraussetzung für die Entstehung von Folgeschäden im Bienwald war. Zur vollständigen Beantwortung dieser Frage sind allerdings noch genauere Untersuchungen beispielsweise über die in den Bodenlösungen vorhandenen Säuregrade notwendig.

³⁴ Forstamt Hagenbach, Waldort: XV 5 b², Abteilung Porbelsee.

³⁵ Forstamt Schaidt, Waldort: XXI 6 c³, Abteilung Obere Kahlache-Ost.

³⁶ Forstamt Hagenbach, Waldort: XVI 13 a², Abteilung Ratzenbuckel-Süd.

³⁷ Vortrag am 17. März 1998 anlässlich des Workshop der IUFRO Working Party 7.02.06: Disease/environment interactions in forest decline. Thema: Isolation, identification, geographical distribution and pathogenicity of *Phytophthora* species from declining oak and beech stands in Europe, T. Jung.

AUSGANGSVITALITÄT UND VORSCHÄDIGUNGEN. Eine mögliche Abhängigkeit der Folgeschäden von der Ausgangsvitalität vor dem Fraß beziehungsweise von Vorschädigungen ist für die Entscheidung, ob und in welchen Beständen bei einer drohenden Schwammspinner-Kalamität Schutzmaßnahmen erforderlich sind, von besonderer Bedeutung.

Zur Klärung der Frage, inwiefern sich die **AUSGANGSVITALITÄT** vor Beginn des Absterbeprozesses auf das Ausmaß der Schäden entscheidend ausgewirkt hat, wurden im Winter 1994/95 die Merkmale der Baumklassen nach KRAFT (1884), der Kronenausformung und des Alters erhoben.

MINOTT & GUILD (1925), CAMPELL & SLOAN (1977), RIEBELING (1996) und WEZEL (1999) machten bezüglich der Absterberaten in Beziehung zur soziologischen Stellung der Bäume die Beobachtung, daß insbesondere die sozial schwächeren Eichen betroffen waren. Auch im Bienwald konzentrierten sich die Ausfälle auf diese Baumindividuen, doch wurden ebenso bei Eichen mit hoher sozialer Stellung und gut ausgeformten Kronen beachtliche Mortalitätsraten festgestellt. WEZEL (1999) berichtet aus Baden-Württemberg, daß in Beständen mit höheren Absterberaten und höherem Alter auch vorherrschende und herrschende Eichen in größerem Umfang abgestorben sind.

Im Bienwald waren Eichen aller Alter von Ausfällen berührt. Während nach dem einmaligen Fraß 1993 noch vorwiegend Alteichen von Folgeschäden betroffen waren, konnte nach dem Fraß 1994 und auf Flächen mit zweimaligem Fraß 1993 und 1994 keine Altersabhängigkeiten beobachtet werden. Jüngere Eichen in Dickungen und schwachen Baum- bzw. Stangenhölzern sind von erheblichen Schäden nicht verschont geblieben. Demnach konnte die Annahme, daß junge Bestände aufgrund ihrer gewöhnlich höheren Ausgangsvitalität (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN 1997) auch zweimaligen Kahlfraß überstehen würden (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN 1994), anhand der Untersuchungen dieser Arbeit nicht bestätigt werden. Auch LOBINGER (1999), NAGELEISEN et al. (1996) sowie WEZEL (1999) beobachteten, daß sowohl junge als auch ältere Eichen nach Schwammspinnerbefall Folgeschäden davongetragen haben. Demgegenüber berichten DAVIDSON et al. (1999) aus den USA, daß in von Eichen dominierten Wäldern alte Bäume besonders hohe Absterberaten aufwiesen.

Als weiteres Beispiel für die Feststellung, daß die Ausgangsvitalität das Ausmaß der Folgeschäden nicht entscheidend beeinflusste, kann die Schadensentwicklung zweier Aufnahmepunkte der Waldschadenserhebung aufgeführt werden. An den 50-jährigen Eichen des Rasterpunktes 1236 wurde 1991 ein durchschnittlicher Blattverlust von 14% festgestellt, was auf einen guten Gesundheitszustand schließen läßt. Dagegen lag der durchschnittliche Blattverlust 1991 an den etwa 160-jährigen Eichen des Rasterpunktes 1233 bereits bei 31%. Nach dem Schwammspinner-Fraßereignis ist der Blattverlust bei beiden Aufnahmepunkten auf 53 bzw. 52% angestiegen. Auch dies zeigt, daß die vitaleren jungen Eichen unter dem Fraß ebenfalls deutlich gelitten haben. Desgleichen stellte SCHRÖCK (1996) fest, daß die Eichen im Bienwald nach der Schwammspinner-Kalamität auf einer Dauerbeobachtungsfläche weitgehend unab-

hängig von ihrer Vitalität vor dem Fraßereignis abgestorben sind. Auch NAGELEISEN et al. (1996) konnten im Hagenauer Forst keinen Zusammenhang zwischen 1992 visuell als gesund eingeschätzten Eichen und der 1995 beobachteten Mortalität feststellen. Aus den Erfahrungen von WEZEL (1999) kann geschlossen werden, daß bei günstigen Bedingungen, wie mittlere Standortsverhältnisse und einmaliger Befall, in Baden-Württemberg zwar bevorzugt Eichen mit schlechter Ausgangsvitalität ausfielen, jedoch bei ungünstigen Verhältnissen, wie vernäs-sende Standorte oder zweimaliger Befall, auch dort vitale Eichen abgestorben sind. Demge-genüber schildern CAMPBELL & SLOAN (1977) sowie HOUSTON (1981) aus den USA, daß vi-suell vor dem Fraß als gesund angesprochene Eichen geringere Absterberaten aufzeigten. GOTTSCHALK et al. (1998) stellten fest, daß eine starke Entlaubung die Mortalitätsrate bei Bäumen mit gutem und mittlerem Ausgangskronenzustand deutlich steigerte, während die Mortalität bei Bäumen schlechten Kronenzustandes und bei Bäumen im Unterstand unabhän-gig von der Entlaubungsstärke hoch war.

Es ist denkbar, daß **VORSCHÄDIGUNGEN** infolge der anhaltenden Trockenheit zu Beginn der neunziger Jahre für das Auftreten von Folgeschäden nach Schwammspinnerfraß mitentschei-dend waren, da im Bienwald von 1989 bis 1991 während der Vegetationszeiten besonders wenig Niederschläge und hohe Temperaturen gemessen wurden (Abb. 21). In der Literatur gibt es zahlreiche Hinweise darauf, daß Stieleichen insbesondere bei wechselfrischen Stand-ortsverhältnissen auf Trockenheit besonders empfindlich reagieren (GASOW 1925, OOSTER-BAAN 1990, OOSTERBAAN & NABUURS 1991, ACKERMANN & HARTMANN 1992, LANDMANN et al. 1993, SCHLAG 1994, HARTMANN 1996, SEEMANN 1996a, THOMAS & HARTMANN 1996, RÖSEL & REUTHER 1997, WACHTER 1998b, LEVY et al. 1999). Aufgrund der zeitweise hohen Wasserstände wurzeln sie oft flach, wobei der Wasserstand in Trockenphasen so tief sinken kann, daß kein Grundwasseranschluß mehr besteht. Unter diesen trockenen Bedingungen schließen sich die Stomata, so daß unter anderem die Reservestoffbildung nur eingeschränkt erfolgt und Feinwurzelschäden auftreten können.

Eine derartige Vorschädigung scheint im Bienwald für das Absterben der Eichenbestände offensichtlich keine wesentliche Rolle gespielt zu haben. Wie im Frühjahr 1995 bei der Sym-ptomanalyse beobachtet wurde, waren selbst Eichen mit dichtem Feinreisigbesatz und gut ausgebildetem Wurzelsystem abgestorben oder stark geschädigt. Darüber hinaus zeigen Jahr-ringanalysen, daß der Radialzuwachs der betroffenen Eichen erst in den Fraßjahren 1993 und 1994 rapide abgesunken ist (SCHRÖCK 1999, HANSEN 1999). Aus einem wechsellassen Be-stand stammende Eichen weisen nach HANSEN (1999) in den Jahren zwischen 1980 und 1992 sogar eine ansteigende Tendenz des Radialzuwachses auf. Zudem konnte an der überwiegen- den Anzahl jahrringanalytisch untersuchter, abgestorbener Eichen vor dem fraßverursachten Zuwachseinbruch ein vergleichsweise hohes Niveau des Radialzuwachses von jährlich mehr als 2 mm auf wechsellassenem und nährstoffreicherem Standort bzw. mehr als 1 mm auf tro-ckenerem, nährstoffärmeren Standort vorgefunden werden (HANSEN 1999).

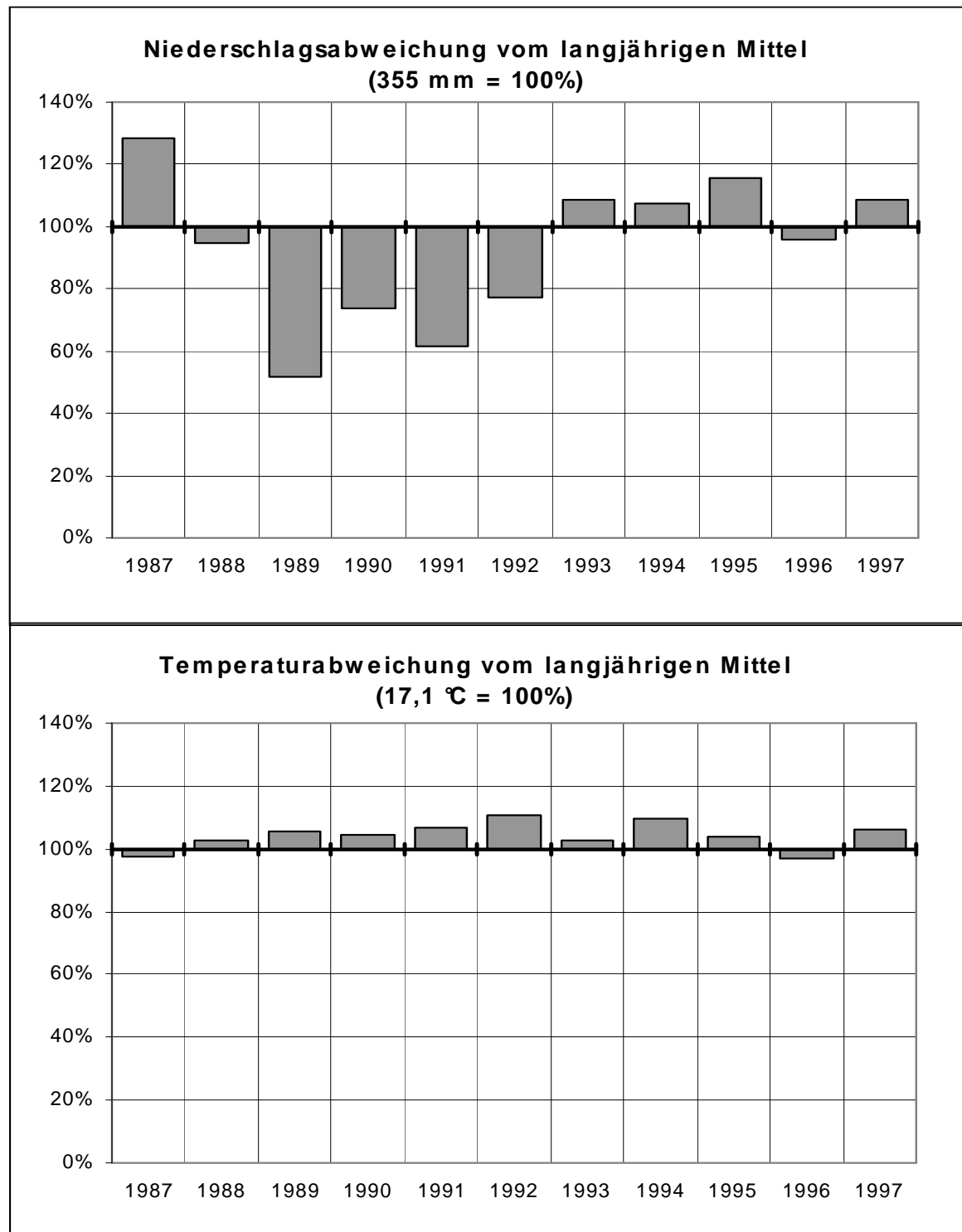


Abb. 21: Abweichung der Niederschläge und Temperaturen in der Vegetationszeit (Mai bis September) im Vergleich zum langjährigen Mittel (1961 bis 1990 = 100%) in [%] von 1987 bis 1997 an der Station Karlsruhe-West des Deutschen Wetterdienstes (DWD)

Im Kontrast zu diesen Beobachtungen hat HANSEN (1999) bei Eichen aus einer weniger nassen Fläche auch ohne Fraßereignis schon 1993 einen Zuwachseinbruch festgestellt, den er auf extrem geringe Niederschläge im Frühjahr desgleichen Jahres zurückführt. Desweiteren sank

die hydraulische Leitfähigkeit des Frühholzes der Eichen auf einer wechsellassen Fläche bereits 1992 kräftig ab und die Gefäßlumendurchmesser zeigten seit etwa 1989 abnehmende Werte, was er mit den niederschlagsarmen Jahren von 1989 bis 1991 in Verbindung bringt. Hier konnte in diesen Jahren jedoch keinen Rückgang des Radialzuwachses festgestellt werden.

In anderen Untersuchungen wurde dem Trockenstreß in Verbindung mit Schwammspinner-Kalamitäten eine erhebliche Bedeutung zugemessen. Im Zusammenhang mit Folgeschäden hat RIEBELING (1996) im Rhein-Main-Gebiet hohe Absterberaten auf wechselfrischen bis wechselfrockenen Standorten festgestellt, die seit einigen Jahren unter Grundwasserabsenkung leiden. GARSULT (1997) nennt die Trockenjahre von 1989 bis 1991 auf schweren, tonigen Gleyböden in Kombination mit dem Schwammspinnerfraß 1992 und 1993 als einen der Hauptfaktoren für das Stieleichensterben im westlichen Zentralfrankreich. Auch LOBINGER & SKATULLA (1996) führen geringe Niederschlagsmengen als einen Faktor an, der die Konstitution der Eichen verschlechterte und das Ausmaß der Folgeschäden nach Raupenfraß erhöht haben könnte. In den USA beobachteten beispielsweise BAKER (1941) und KEGG (1973) in trockenen Jahren bzw. auf Südost-, Süd- und Südwestlagen besonders hohe Absterberaten und aus Rußland berichtet NAUMENKO (1946) in Zusammenhang mit Schwammspinnerfraß von Trockenjahren als einem wesentlichen Schadfaktor. WEZEL (1999) beobachtete im baden-württembergischen Rheintal auch auf trockenen Sand- und Kiesstandorten beachtenswerte Eichenausfälle. Im Neckarland soll es seiner Auskunft nach ebenso auf trockenen Sandhängen zu vereinzelt Ausfällen gekommen sein. In rheinland-pfälzischen Stockausschlagbeständen der Nieder- und Überführungswälder sind demgegenüber selbst bei mehrmaligem Kahlfraß auf trockenen Standorten nur bei sehr flachgründigen Lagen und felsigen Kuppen einzelbaumweise Ausfälle aufgetreten.

DUPOUEY et al. (1998) berichten von langfristigen Vorschädigungen, die sie auf ungünstige Standortfaktoren zurückführen. Die nach der Schwammspinner-Kalamität 1993 und 1994 im Hagenauer Forst abgestorbenen Stieleichen sollen hier schon seit Beginn des 20. Jahrhunderts ein signifikant geringeres Zuwachsniveau als überlebende Bäume aufzeigen.

EICHENMEHLTAU. Schon zu Beginn dieses Jahrhunderts berichten NIKODEM (1913), LANGHOFFER (1926) und SCHEDL (1936) von gravierenden Schäden nach Schwammspinnerfraß, die in Zusammenhang mit Eichenmehltaubefall (*Microsphaera alphitoides* Grif. & Maubl.) entstanden sind. Die Folgen des Schwammspinnerfraßes sollen sich laut SCHEDL (1936) seit dem Erscheinen des Eichenmehltaus, der erstmals 1907 in Mitteleuropa epidemisch aufgetreten ist (HECKE 1910, BUTIN 1983), deutlich verschlimmert haben, so daß auch einmaliger Kahlfraß zum Absterben von Eichenbeständen auf großer Fläche führte. Auch NAUMENKO (1946), ROTH (1989), DONITÀ et al. (1993), VARGA (1993), GELDREICH & THOMASSIN (1995), LOBIN-

GER (1999) und GARSALT (1997) messen dem Eichenmehltaubefall nach Kahlfraß durch Schwammspinnerraupen für das Auftreten von Folgeschäden eine hohe Bedeutung zu.

Die Eichen werden durch die fraßbedingten Blattverluste gezwungen, im Hochsommer aus Proventivknospen Regenerationstriebe zu bilden. Da der Eichenmehltau bis zu drei Wochen alte Eichenblätter primär infiziert (WARAGHAI 1979, SEEMANN 1996b) und zu dieser Jahreszeit eine niedrige Luftfeuchtigkeit und eine intensive Besonnung vorherrschen kann, die eine besonders intensive Sporenproduktion des Eichenmehltaus fördern (BUTIN 1983), sind diese Regenerationstriebe besonders gefährdet. Nach Angaben von BUTIN (1983) gilt, daß „... die Traubeneiche etwas weniger anfällig ist als die Stieleiche“. Eichenmehltaubefall führt in Verbindung mit dem vorhergehenden Insektenfraß über die gesamte Vegetationsperiode zu einer zumindest deutlich reduzierten bzw. funktionsunfähigen Blattmasse. Dadurch dürfte die Assimilation stark eingeschränkt und die Akkumulation von Reservestoffen behindert werden.

Auch MASCHNING (1996) und LOBINGER (1999) vermuten in Zusammenhang mit den neuerlichen Schadereignissen zu Beginn der neunziger Jahre, daß die in Unterfranken aufgetretene Kombination von Schwammspinner- und Mehлтаubefall zu einem Mangel an Reservestoffen geführt hat, so daß es zu einem regelrechten Erschöpfungstod der Eichen kommen konnte. Der mögliche Zusammenhang zwischen Schwammspinnerfraß, Eichenmehltaubefall und fehlender Reservestoffbildung in Verbindung mit einem Eichensterben in Jugoslawien wurde schon von LANGHOFFER (1926 zit. n. NECHLEBA 1926) beschrieben. Er war der Ansicht, „daß der Schwammspinner nicht allein als Ursache des massenhaften Eichensterbens anzusehen sei, sondern nur der Umstand, daß die nach jedem Kahlfraß im Nachsommer erfolgende Wiederbegrünung der Eichen seit dem Jahre 1909 in der Regel vom Eichenmehltau .. befallen zu werden pflegt. Hierdurch wird die Ansammlung der nötigen Reservestoffe für die nächste Vegetationsperiode vereitelt und das Verdorren der betreffenden Eichen bedingt“. Von einem vergleichbaren Zusammenhang in Verbindung mit Entlaubungen berichtet auch STALEY (1965) aus den USA. Daß den Untersuchungen von FRATZIAN (1973) und PIPER (1998) zufolge die höchsten Zuwachseinbußen zeitverzögert in den Jahren nach dem ersten Schwammspinnerfraß entstanden sind, gibt einen weiteren Hinweis auf sehr wahrscheinlich fraßbedingt verminderte Reservestoffvorräte.

Die Unterschiede in den Folgeschäden zwischen Traubeneichen der rheinland-pfälzischen Nieder- und Überführungswälder und den Stieleichen der Hochwälder des Bienwaldes könnten sich auch durch das Vorhandensein oder Ausbleiben eines dem Fraßgeschehen folgenden Eichenmehltaubefall der Regenerationstriebe erklären lassen. Aber auch für unterschiedliche Schadausprägungen innerhalb des Bienwaldes wäre dadurch ein Erklärungsansatz gegeben. Die Traubeneichen der Nieder- und Überführungswälder wurden, von wenigen Ausnahmefällen abgesehen, nach dem Schwammspinnerfraß nicht vom Eichenmehltau befallen. Demgegenüber waren im Bienwald die dort vorherrschenden Stieleichenbestände in beiden Kalamitätsjahren stark von Mehлтаubefall befallen. Dort war der Befall im Sommer 1994, gefördert durch

besonders hohe Temperaturen (vgl. Abb. 21), intensiver ausgeprägt als 1993. Im Bienwald wurde auf einer nach Kahlfraß 1994 nachweislich ausnahmsweise nicht mehлтаubefallenen Beobachtungsfläche³⁸ im Vergleich zu Flächen gleicher Fraßgeschichte und ähnlicher Standorte mit Mehлтаubefall ein deutlich geringerer Folgeschaden festgestellt. Allerdings kann aus dieser Einzelbeobachtung die Bedeutung des Mehлтаus im Schadursachenkomplex nicht abgeschätzt werden. Zudem sind aus Nieder- und Überführungswäldern Fälle bekannt geworden, bei denen nach Schwammspinnerfraß trotz nachfolgendem, starkem Mehлтаubefall der betroffenen Traubeneichen Folgeschäden nahezu vollständig ausgeblieben sind. Dies wurde beispielsweise im Forstamt Saar-Hochwald beobachtet (mündl. Mitt. WILHELM³⁹ 1995). Auch WEZEL (1999) konnte in den schwammspinnerbefallenen Eichenbeständen Baden-Württembergs keine Hinweise auf einen deutlichen Einfluß des Mehлтаus im Absterbeprozess finden. HARTMANN (1996) bezweifelt, ob die durch Eichenmehлтаu verursachten Blattschäden im Vergleich zu den durch Blattfraß bereits eingetretenen Assimilatverlusten noch wesentlich sind. Demnach ist die Bedeutung des Eichenmehлтаus im Schadursachenkomplex trotz zahlreicher Hinweise aus der Literatur noch unklar.

PHYSIOLOGIE DER EICHEN. Die Speicherung von Reservestoffen im Vorjahr ist eine wesentliche Voraussetzung für die Ausbildung der für die Wasserversorgung der Eiche wichtigen Frühholzgefäße, da diese vor Abschluß der Laubentfaltung gebildet werden (HUBER 1935, BREDÁ & GRANIER 1996, BLANK 1997). Falls die Frühholzgefäße ausfallen oder nur eingeschränkt ausgebildet werden, können auch Spätholzgefäße der Vorjahre die Wasserleitung ersatzweise übernehmen (BRAUN 1982, BLANK 1997). Jedoch dürften im Bienwald durch die in den Fraßjahren verminderte Assimilation sowohl die Reservestoffbildung als auch die Ausbildung von Spätholzgefäßen eingeschränkt worden sein. Im Rückschluß auf die Überlegungen von HUBER (1935) und BLANK (1997) kann unter solchen Bedingungen in Fraßfolgejahren auch bei ausreichendem Wasserangebot ein „**physiologischer Wassermangel**“ entstehen. Den Untersuchungen von HANSEN (1999) zufolge war die Funktionsfähigkeit des Frühholzes an im Bienwald befallenen Eichen im Fraßfolgejahr 1995 deutlich eingeschränkt. Dies konnte er vor allem anhand der reduzierten hydraulischen Leitfähigkeit und der geringeren Gefäßlumendurchmesser der Frühholzgefäße feststellen. Ob es an unmittelbar nach der Katastrophe plötzlich abgestorbenen Eichen sogar zu einem Totalausfall des Frühholzes gekommen ist, ließ sich aufgrund der starken Holzersetzung und Verfärbungen im Splintbereich nicht mehr feststellen (HANSEN 1999). DUPOUEY et al. (1998) berichten, daß im Hagenauer Forst nur die Eichen am Leben geblieben sind, die nach ein- oder zweimalig aufeinanderfolgendem Kahlfraß noch eine Frühholzzone ausbilden konnten, die groß genug war, um die normale Wasserversorgung des Baumes zu gewährleisten. Zudem stellten sie an durch Schwammspin-

³⁸ Forstamt Hagenbach, Waldort: VIII 8 a¹, Abteilung Schöne Eichen, (vgl. Anhang 7.1, Fläche-Nr. 13).

³⁹ G. Wilhelm, Forstdirektion Trier.

ner 1993 und 1994 entlaubten Eichen in den Fraßjahren deutliche Zuwachsverluste fest, die durch eine Reduktion des Spätholzes verursacht wurden. Dem Frühholzverlust infolge mangelnder Reservestoffe mißt GOTTSCHALK (1993) auch für das Absterben der ringporigen nordamerikanischen Eichen in Zusammenhang mit Schwammspinnerfraß eine wesentliche Bedeutung zu.

Neben der Entlaubung können auch Spätfröste zu Verlusten der Frühholzgefäße führen, da durch das Gefrieren des Wassers und bei den entstehenden Luftblasen möglicherweise Embolien entstehen (BLANK 1997). Jedoch liegen für den Bienwald aus den Fraß- und Fraßfolgejahren keine Hinweise auf außergewöhnliche Frostereignisse vor.

Baumarten mit anderen physiologischen Eigenschaften, wie Hainbuchen, Buchen und Erlen, haben den Fraß im Bienwald offensichtlich schadlos überstanden. Sie sind nicht, wie die ringporige Eiche, in dem Maße auf Reservestoffe und das Spätholz der Vorjahre angewiesen, da das Wurzelwachstum und die Frühholzausbildung im wesentlichen erst nach dem Austrieb erfolgen und mehrere Jahrringe die Wasserleitung gewährleisten. Zudem hatten diese Baumarten keinen Mehlaufbefall, der die Dauer der Assimilationseinschränkung verlängert. Auch haben sie im Gegensatz zur Eiche nicht mehrfach versucht, noch während des Raupenfraßes wieder auszutreiben (mündl. Mitt.⁴⁰ BOHLANDER & LEPLA 1995) und konnten vermutlich ihre Reservestoffe hierdurch einsparen. Andere ringporige Baumarten, wie beispielsweise die Esche, zeigten keine Folgeschäden, da sie kaum von einer schwammspinnerverursachten Entlaubung betroffen waren.

EICHENPRACHTKÄFER. Für das Absterben von geschwächten Eichen wird dem Zweifleckigen Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus* [F.]) als Folgeschädling eine wesentliche Bedeutung zugemessen (GASOW 1925, WACHTENDORF 1955, SCHOPF 1987, SCHLAG 1994, HARTMANN & KONTZOG 1994, HARTMANN 1996, SEEMANN 1996a, BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT 1997a und b, SCHMIDT et al. 1998, HARTMANN & BLANK 1998, WACHTER 1998b, ZIEGLER 1998). Daß er nach einer Schwächung durch Schwammspinnerfraß Eichen abtötet, wurde bereits zu Beginn dieses Jahrhunderts aus oberrheinischen Eichenwäldern des Unterelsaß berichtet (ESCHERICH 1923). Auch im Bienwald wurde er nach der Schwammspinner-Kalamität 1993/94 in den Folgejahren am Stamm und Kronenansatz stark geschädigter und vor allem abgestorbener Eichen vorgefunden (vgl. auch BRECHTEL & ZECKER 1999). In Jugoslawien soll er nach Angaben von MÜHLMANN (1954) zusammen mit dem Schwammspinner und anderen Schädlingen von 1910 bis 1917 ein großes Eichensterben verursacht haben. SCHÖNHERR (1974), SCHWENKE et al. (1982), NAGELEISEN et al. (1996), LOBINGER (1999), GARSALT (1997) und WEZEL (1999) berichten ebenso von einem teils gravierenden Eichenprachtkäferbefall nach Schwammspinnerfraß. Auch in Rußland soll *Agrilus biguttatus* (F.) in Zusammenhang mit einer Schwammspinner-Kalamität zum Absterben von

⁴⁰ K. Bohlander, Forstamt Schaidt; P. Leppla, Forstamt Hagenbach.

Eichen beigetragen haben (NAUMENKO 1946). Aus den USA wird von analogen Ereignissen berichtet, wobei es sich dort um die Prachtkäferart *Agrilus bilineatus* (Web.) (two-lined chestnut borer) handelt (BAKER 1941, NICHOLS 1961 zit. n. HOUSTON 1981, KEGG 1971 und 1973, CAMPBELL & SLOAN 1977, WARGO 1977, DOANE & MCMANUS 1981, GOTTSCHALK 1993, UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE 1995, DAVIDSON et al. 1999).

Bereits beim Laubaustrieb im Frühjahr 1995 erwiesen sich im Bienwald 34% der bis 1997 abgestorbenen Eichen als tot. Die Kronen dieser Eichen zeigten oft noch einen dichten Feinreisigbesatz, was auf ein plötzliches Absterben schließen läßt. Daß der Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus* [F.]) zu diesem Zeitpunkt am Absterbeprozess noch nicht entscheidend beteiligt war, wird aus den Ergebnissen der Symptomanalyse deutlich. Nur an einem Teil der stark geschädigten und abgestorbenen Eichen war ein anfänglicher Befall festzustellen, der als Absterbeursache nicht in Betracht kommt. Offenbar boten die aufgelichteten Bestandesverhältnisse und die Vielzahl der als Brutmaterial geeigneten, stark geschädigten Eichen (Blattverluste von 70 bis 95%) für den Eichenprachtkäfer ab dem Frühjahr 1995 derart günstige Lebensbedingungen, daß er sich noch während des Sommers 1995 stark vermehren konnte. Die bei der Symptomanalyse (vgl. Kap. 4.5) und begleitenden Eklektoruntersuchungen (BRECHTEL & ZWECKER 1999) an abgestorbenen Stämmen bis 1997 festgestellten, hohen Gangdichten und die Individuenzahlen der geschlüpften Käfer aus Holzproben 1995 abgestorbener Eichen geben deutliche Anhaltspunkte für eine **Massenvermehrung** dieses Insektes. Da im Winter 1995/96 bereits zahlreiche Larven in der Puppenwiege vorzufinden waren, läßt sich für den Bienwald unter den gegebenen Bedingungen auf eine einjährige Generationsdauer schließen. Unter anderen sehen auch WACHTENDORF (1955), WELLENSTEIN & SCHWENKE (1978) sowie BRECHTEL & ZWECKER (1999) für Süddeutschland eine einjährige Generationsdauer als durchaus wahrscheinlich an. Der ungerichtete, rasche Befall sämtlicher Stammpartien in allen Himmelsrichtungen sowie auch im Schatten von Buchenunterstand und die offensichtlich einjährige Generationsdauer sind deutliche Anzeichen einer Massenvermehrung. Die bevorzugt befallenen, geschwächten Eichen zeigten nur selten Abwehrreaktionen, beispielsweise erkennbar durch Schleimflußflecken oder Überwallungszonen im Kambium, so daß die Larvengänge nicht plätzeweise beschränkt geblieben sind, sondern zum Schluß spiralig um den Stamm verliefen. Für einen Anstieg der Population schon während der Fraßjahre 1993 und 1994 liegen keine eindeutigen Hinweise vor. Erst in den Folgejahren ist die Massenvermehrung des Eichenprachtkäfers deutlich geworden. Unter diesem Infektionsdruck wurden nicht nur stark geschädigte, sondern auch weniger geschädigte Eichen (Blattverluste von 45 bis 65%) befallen. Je höher die Ausgangsblattverluste im Frühjahr 1995 waren, desto eher sind die Eichen bis 1997 abgestorben. Offensichtlich hat der Befall des Prachtkäfers seit dem Sommer 1995 wesentlich dazu beigetragen, daß sich nur wenige der stark geschädigten Eichen regenerieren konnten. In Dickungen, die gewöhnlich nicht vom Zweifleckigen Eichenprachtkäfer befallen werden (Befallsgrenze bei einem Durchmesser von etwa 12 cm)

(vgl. BRECHTEL & ZWECKER 1999), konzentrierten sich die Absterbevorgänge sehr deutlich nur auf das erste Jahr nach der Kalamität. Demgegenüber sind in Alt- und Baumhölzern im zweiten und dritten Jahr nach der Kalamität noch erhebliche Anteile der Eichen abgestorben. Dies gibt einen Hinweis darauf, daß die Massenvermehrung des Eichenprachtkäfers das Schadausmaß in älteren Beständen erheblich verstärkt hat. Auch im Hagenauer Forst kam es infolge der Schwammspinnergradation von 1993 und 1994 zu einer Massenvermehrung des *Agrilus biguttatus* (F.), so daß auch hier die meisten Eichen, die 1995 Blattverluste zwischen 60 und 90% aufwiesen, bis 1997 abgestorben sind (NAGELEISEN et al. 1996, GELDREICH 1998). Vergleichbare Beobachtungen wurden auch in fränkischen Eichenwäldern gemacht (LOBINGER 1999). Eichen, die im ersten Fraßfolgejahr 1994 Blattverluste mehr als 70% aufwiesen, starben hier zu 95% innerhalb einer, spätestens in der nächsten Vegetationsperiode ab.

Bis 1997 näherten sich die Blattverluste der überlebenden Bäume auf den im Bienwald vom Schwammspinnerfraß betroffenen Flächen dem Niveau unbefressener Flächen. Hierbei haben sich die in den letzten Jahren günstigen Wetterverhältnisse (Abb. 21) und das Ausbleiben weiterer Raupenfraßschäden sehr wahrscheinlich positiv ausgewirkt. Da nunmehr nur noch wenige stärker geschädigte Eichen vorhanden sind, dürfte die Absterberate weiter rückläufig sein, falls auf den gefährdeten Standorten keine weiteren besonderen Streßeinflüsse wie Wetterextreme oder erneuter Blattfraß eintreten. Allerdings ist bis zum Sommer 1999 anhand von Schleimflußflecken, Überwallungszonen und Spechteinschlägen zu beobachten, daß viele Eichen nach wie vor vom Eichenprachtkäfer befallen werden. Obwohl das Auftreten von Schleimflußflecken als Abwehrreaktion vitalerer Eichen bewertet werden kann (HARTMANN 1996), ist zu befürchten, daß die offensichtlich noch hohe Prachtkäferpopulation ein erhebliches und chronisches Risikopotential für die Eichenbestände darstellt. Es hat den Anschein, daß der Eichenprachtkäferbefall auch in den besonnten Randbereichen der an Schadflächen angrenzenden Bestände langsam fortschreitet. Inwiefern sich dadurch der bisher auf die Schwammspinner-Schadflächen beschränkte Befall auf ungeschädigte Bestände ausweitet, bleibt abzuwarten.

Neben dem Zweifleckigen Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus* [F.]) fanden BRECHTEL & ZWECKER (1999) in Eichenholzproben des Kronenansatzes und von Starkästen aus dem Bienwald häufiger auch *Agrilus sulcicollis* Lac., dem sie aber als Schädling keine große Bedeutung zumessen, da er nach ihren Erkenntnissen Eichen vorzugsweise erst nach dem Zeitpunkt des Absterbens besiedelt. Daneben wurden auch Exemplare des *Agrilus angustulus* (Ill.), des *Agrilus laticornis* (Ill.) und des *Agrilus obscuricollis* (Kiesew.) gefunden. Diese waren allerdings nur an dünnen Ästen und Zweigen sowie bereits abgestorbenem Material zu finden und dürften deshalb im Absterbeprozess keine wesentliche Rolle gespielt haben.

HALLIMASCH. In Zusammenhang mit Schwammspinnerschäden wird der Hallimasch (*Armillaria spec.*) als nachfolgender Wurzelschädling wiederholt genannt (z.B. NAGELEISEN et al. 1996 und WEZEL 1999). HARTMANN (1996) bezeichnet die Arten *A. gallica* Marxmüller & Romagnesi und *A. cepistipes* Velenovsky als schwach pathogene bis saprophytische Folgebesiedler vorgeschädigter Eichen und zählt als pathogene Arten *A. ostoyae* (Romagnesi) Herink oder *A. mellea* (Vahl Fr.) Kummer auf. SEEMANN (1996b) nennt *A. mellea* s.str. und *A. gallica* als die in Baden-Württemberg offensichtlich häufigsten Arten. Nach seiner Auffassung tritt der Hallimasch beim Eichensterben im Endstadium des Krankheitsverlaufs auf und beschleunigt den Absterbeprozess. Auch in den USA und in Rußland soll der Hallimasch (*Armillaria spec.*) das Absterben durch Schwammspinnerfraß geschwächter Bäume forciert haben (BAKER 1941, KEGG 1971 und 1973, CAMPBELL & SLOAN 1977, WARGO 1977, DOANE & MCMAHUS 1981, GOTTSCHALK 1993, NAUMENKO 1946, DAVIDSON et al. 1999,).

Bei Wurzelanalysen im Bienwald wurden Hallimaschpilze (*Armillaria spec.*) im Frühsommer 1995 nur in geschädigten Dickungen häufiger angetroffen. Inwiefern dort pathogene Arten beteiligt waren, ist nicht bekannt. Jedoch läßt der Umstand, daß die Absterberate in den Dickungen 1996 und 1997 stark nachgelassen hat, darauf schließen, daß es sich eher um weniger pathogene Arten handelte. In älteren Beständen konnte der Hallimasch erst im Herbst 1995 an abgestorbenen sowie stark geschädigten und an meist vorhergehend vom Prachtkäfer befallenen Eichen aufgefunden werden, wobei er sich seitdem zunehmend ausgebreitet hat. Aufgrund des zeitlich verzögerten Auftretens liegt auch hier die Vermutung nahe, daß weniger pathogene Arten beteiligt waren. NAGELEISEN (1997) unterstützt diese Annahme, da er im benachbarten Hagenauer Forst die eher weniger pathogene Art *A. gallica* Marxmüller & Romagnesi feststellte. Eine Artbestimmung anhand der Fruchtkörper war im Bienwald nicht möglich.

RINDENPILZE. An absterbenden Eichen wurden seit 1995 in allen Altersstufen saprophytische oder schwach parasitische Rindenpilze angetroffen (siehe Kap. 4.5). Diese, wie auch andere an der Rinde geschädigter Eichen nachgewiesene Pilze (HARTMANN et al. 1989, KOWALSKI 1991, KEHR & WULF 1993), gehören zur natürlichen, zum Teil endophytischen Mykoflora der Eichen und können nach deren Schädigung zum Teil als schwache Sekundärparasiten zum Absterben beitragen (BLOCK et al. 1995). KOWALSKI (1991) sowie KEHR & WULF (1993) messen Pilzen an oberirdischen Organen bei der Symptomentstehung von Eichenschäden keine primäre Rolle zu. Allerdings verstehen KEHR & WULF (1993) ihre Anwesenheit als Sekundärparasiten in Nekrosen als Zeichen von Streß für den Baum.

ÄTIOLOGIE. In der Frage nach den **Schadursachen** des in Mitteleuropa offensichtlich weit verbreiteten Eichensterbens unterscheiden HARTMANN (1996) und SEEMANN (1996a) im Anhalt an FALCK (1918) zwischen ständig vorhandenen **PRÄDISPONIERENDEN**, zeitlich begrenzten **SCHADAUSLÖSENDE** und in der akuten Phase der Erkrankung auftretenden **SCHADENS-VERSTÄRKENDE** sowie **BEGLEITENDE FAKTOREN**. Auch die im Bienwald synergistisch wirksamen Schadfaktoren lassen sich diesem Schema zuordnen (Abb. 22).

PRÄDISPONIERENDE FAKTOREN: Wie die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, ist der **Wasserhaushalt** der grund- und stauwasserbeeinflussten Eichenstandorte im Bienwald als der für die Entstehung von Folgeschäden bedeutsamste prädisponierende Faktor anzusehen. Die Schäden konzentrieren sich deutlich auf die hydromorphen Standorte, die durch Gley- und Pseudogleyböden geprägt sind, und steigen mit zunehmenden Wassereinfluß. Darüber hinaus stellt das ausgesprochen **wärmebegünstigte Klima** der Oberrheinebene einen prädisponierenden Faktor für die Entstehung einer Schwammspinner-Massenvermehrung dar.

SCHADENSAUSLÖSENDE FAKTOREN: Als grundlegender schadensauslösender Faktor ist die **Entlaubung durch den Schwammspinner** anzusehen. In Abhängigkeit von der Häufigkeit, dem Zeitpunkt und der Intensität des Fraßes sind im Schadensausmaß deutliche Unterschiede festzustellen. Der bis in den Hochsommer andauernde Raupenfraß ebnete den Weg für den **Eichenmehltau**, wodurch zusätzlich die Assimilationstätigkeit der Regenerationstriebe eingeschränkt wurde. Aufgrund der stark reduzierten Blattmasse war die Spätholz- und vermutlich auch die Feinwurzelbildung im Sommer beider Fraßjahre vermindert. Zudem ist anzunehmen, daß in beiden Jahren keine oder nur eine sehr eingeschränkte Reservestoffbildung erfolgen konnte. Somit fehlte den Eichen im nächsten Frühjahr die Kraft zum Aufbau eines ausreichenden Frühholzanteiles, der noch vor dem Blattaustrieb gebildet wird, und zur Regeneration der Feinwurzeln. Die verminderte Frühholz- und mangelnde Spätholzbildung führte im Fraßfolgejahr 1995 offensichtlich zu einer erheblichen Einschränkung der Wasserleitfähigkeit der Eichen. Im Jahr 1994 spielte die **durch einen ungünstigen Wetterverlauf ausgelöste Vernässung** der wassergeprägten, hydromorphen Standorte eine besondere Rolle. Die Vernässung wurde durch hohe Winter- sowie Frühjahrsniederschläge und Starkniederschläge während der Entlaubungsphase bei gleichzeitig stark eingeschränkter Transpiration und Interzeption ausgelöst. Dadurch ist zum Zeitpunkt des Insektenfraßes bei hohen Sommertemperaturen aufgrund anaerober Bedingungen vermutlich eine Hypoxie entstanden, die hohe Feinwurzelverluste zur Folge hatte. Zusammen mit der verminderten Frühholz- und mangelnden Spätholzbildung führten die Feinwurzelverluste offenbar zu einem „physiologischen Wassermangel“ der Eichen. Auch vor dem Fraß vitale Bäume wurden durch diese

Vorgänge so geschwächt, daß sie entweder bereits bis zu Beginn der Vegetationsperiode 1995 abgestorben sind oder für einen Angriff durch Folgeschädlinge ausgesprochen prädisponiert waren. Zudem ging von den Trockenjahren 1989 bis 1991 eine indirekte Wirkung auf die Folgeschäden aus, da sie offensichtlich erst eine derartig ausgeprägte Massenvermehrung ermöglichten.

SCHADENSVERSTÄRKENDE FAKTOREN: Die aufgelichteten Eichenbestände und die zahlreichen geschwächten Eichen boten dem **Zweifleckigen Eichenprachtkäfer** im Frühjahr 1995 ideale Lebensbedingungen, so daß eine Massenvermehrung dieses Insektes entstanden ist. Seitdem war er maßgeblich daran beteiligt, daß sich viele geschädigte Eichen, die die erste Absterbewelle überlebt hatten, nicht mehr erholten und abgestorben sind. Daneben haben die durch den Ausfall der Eichen seit 1995 entstandene **Vernässung** der Schadbestände sowie der **Hallimasch** und **rindenbesiedelnde Pilze** dazu beigetragen, daß die Regeneration der Eichen verhindert wurde. Auch wurzelschädigende *Phytophthora*- und *Pythium*-Arten wurden als Bodenpilze im Bienwald nachgewiesen, wobei ihre Bedeutung für den Absterbeprozess nicht endgültig geklärt ist.

BEGLEITENDE FAKTOREN: Diese Faktoren tragen im Ursachenkomplex nicht zum Absterben von Eichen bei. Sie sind vielmehr unmittelbare Folge des Schwammspinnerfraßes beziehungsweise mittelbare Folge des Absterbens von Eichen sowie der daraus resultierenden Bestandesverlichtung und erhöhen die negativen ökologischen und ökonomischen Auswirkungen des Schadkomplexes. Dazu gehören unter anderem **Zuwachs-** und **Qualitätsverluste**. In diesem Zusammenhang ist auch die **Vergrasung** und **Vernässung** der Bestände zu nennen, die zu waldbaulichen Problemen führen. Darüber hinaus entstehen durch **holzbesiedelnde Insekten** Schwierigkeiten beim Holzverkauf. Auf diese insbesondere für den Forstbetrieb wesentlichen Faktoren wird im folgenden Kapitel näher eingegangen. Störungen der Biozöosen oder andere ökologische Auswirkungen waren nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

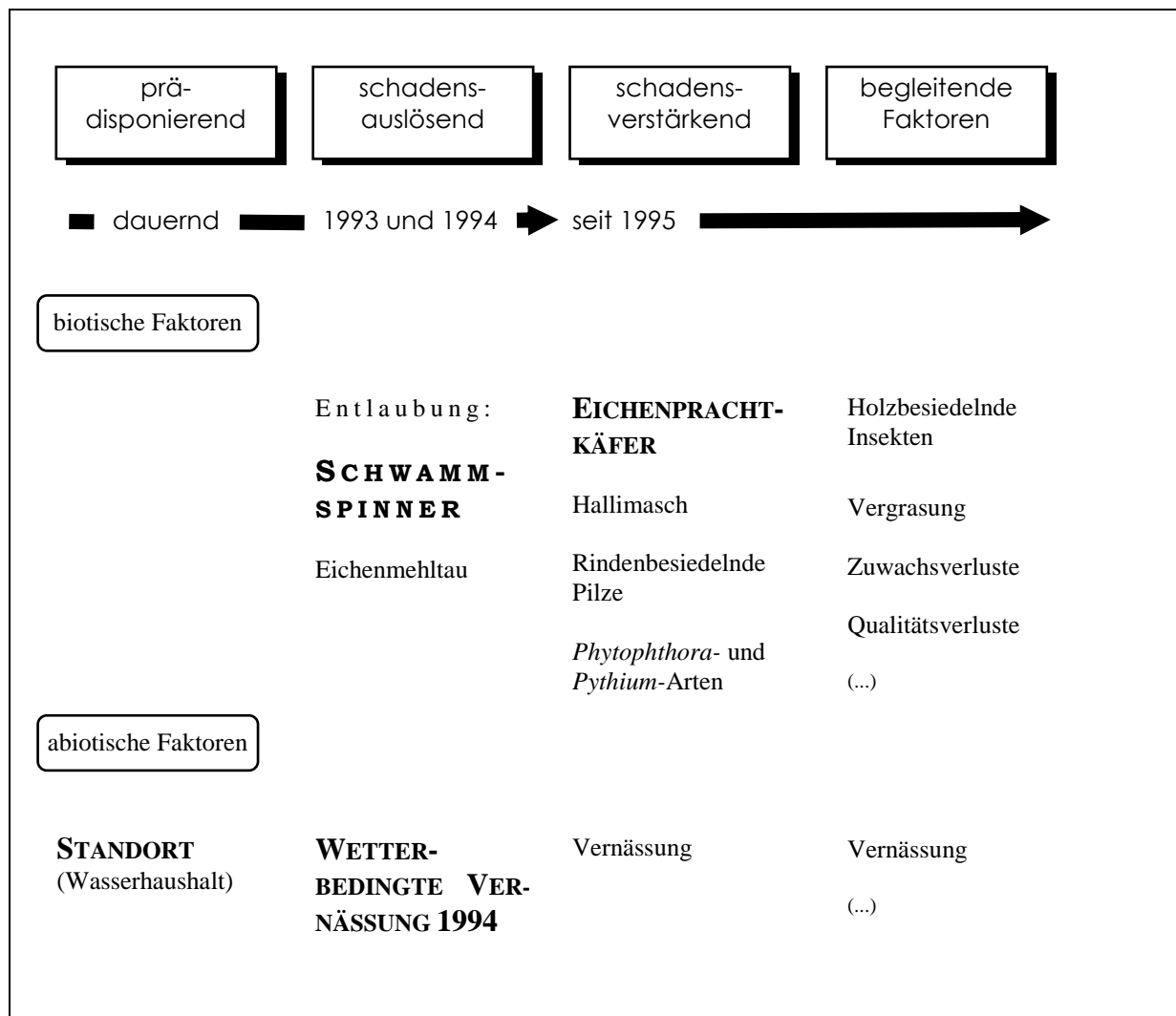


Abb. 22: Schadfaktoren des Eichensterbens infolge der Schwammspinner-Kalamität 1993 und 1994 im Bienenwald

5.2 Auswirkungen der Schwammspinner-Folgeschäden auf den Forstbetrieb und die Waldstruktur

Nach der Schwammspinner-Kalamität sind im Bienwald infolge der hohen Ausfälle auf vielen Schadflächen unerwünschte **Kahllagebedingungen** entstanden. Da die geschädigten Eichenbestände meist auf grund- und stauwasserbeeinflussten Standorten stocken, sind sie aufgrund des deutlichen Transpirations- und Interzeptionsrückgangs **vernäßt**. In diesem Zusammenhang wurde in einigen Flächen beobachtet, daß ein bislang vorhandener Buchenunterstand infolge des veränderten Bodenwasserhaushaltes abgestorben ist⁴¹. Zudem sind die Schadflächen bedingt durch erhöhten Licht-, Wärme- und Wassergenuß sowie durch ein kurzfristig erhöhtes Nährstoffangebot **vergrast** (*Molinia caerulea* L., *Deschampsia cespitosa* L., *Carex* spec. und *Juncus* spec.). Daraufhin ist die bisher vorhandene Eichenverjüngung auf diesen Flächen in Zusammenhang mit dem vorhergehenden Kahlfraß weitgehend abgestorben. Da die Altbestände stark dezimiert sind, ist hier weiterhin nicht mit ergiebigen Eichelmasten zu rechnen. So konnte beispielsweise dem Ergebnis einer Verjüngungsaufnahme im von Schwammspinner-Folgeschäden stark betroffenen Naturwaldreservat Stuttpferch zufolge 1996 keine Eichen-Naturverjüngung gefunden werden (BALCAR 1997).

Demnach können sich ohne menschliche Einflußnahme in den stark vernäßten und vergrasten Schadflächen voraussichtlich nur sehr langsam und vereinzelt wieder Eichen etablieren. In einem Zeitraum von bis zu mehreren Jahrzehnten ist ohne Kulturmaßnahmen ein **lichtes Waldbild** zu erwarten (mündl. Mitt. PHILIPPI & WAHL⁴² 1998). Vermutlich werden sich zu Beginn eher nassetolerante Baumarten wie Birken (*Betula pendula* Roth), Kiefern (*Pinus sylvestris* L.) Erlen (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) und zum Teil auch Eschen (*Fraxinus excelsior* L.) einfinden, so daß im Gegensatz zu den ehemaligen, wüchsigen Eichen-Hainbuchenwäldern vorerst ein **Sumpfwaldcharakter** entsteht. Die aufgrund der Schwammspinner-Folgeschäden vernäßten und vergrasten Flächen des Bienwaldes gehen offensichtlich für einen nicht absehbaren Zeitraum als Eichenwaldbiotop verloren. Dieser Verlust wertvoller Eichenmischwälder dürfte mit einem Rückgang des Artenreichtums (ARBEITSKREIS FORSTLICHE LANDESPFLEGE 1987) verbunden sein.

Der Eichenanteil ist durch das schwammspinnerverursachte Absterben bezogen auf die gesamte im Bienwald befallene Fläche von 1995 bis 1998 schlagartig um schätzungsweise 10% zurückgegangen. Zudem wurden viele Eichenmischbestände durch den Ausfall der Eichen entmischt. Sollten sich derartige Schwammspinner-Kalamitäten wiederholen und keine Gegenmaßnahmen zur Abwehr des Fraßes erfolgen, ist davon auszugehen, daß bei ungünstigen Bedingungen auf den hydromorphen Standorten des Bienwaldes weitere Eichen im erhebli-

⁴¹ Bspw. Forstamt Hagenbach, Waldort: XII 9a¹, Abteilung Heßbach.

⁴² Anlässlich einer Bienwald-Exkursion in die Naturwaldreservate Mörderhäufel und Stuttpferch im Juni 1998: Prof. Dr. G. Philippi, Staatliches Museum für Naturkunde in Karlsruhe; Dr. P. Wahl, Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz.

chen Umfang verloren gehen. Langfristig könnte dies zu einer drastischen **Reduktion des Eichenanteils** im Bienwald und zu weiteren **Entmischungen** führen. In diesem Zusammenhang haben Untersuchungen in den USA gezeigt, daß Schwammspinner-Kalamitäten in Laubholz-Mischbeständen zum selektiven Rückgang bestimmter, von Folgeschäden gefährdeter Baumarten führen (z.B. KEGG 1973, CAMPBELL & SLOAN 1977, GOTTSCHALK et al. 1998, DAVIDSON et al. 1999). Durch Kahlfraß des Schwammspinners kommt es auch zum Ausfall von in Eichenbeständen eingemischten Nadelhölzern. Nach örtlichen Beobachtungen sind Fichten (*Picea abies* [L.] Karst.) in Rheinland-Pfalz bereits nach einmaligem Kahlfraß großteils abgestorben. Demgegenüber haben Douglasien (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) und Lärchen (*Larix spec.*) den Schwammspinnerbefall meist überlebt. Nach den Ergebnissen im Bienwald haben Kiefern (*Pinus sylvestris* L.) einen starken Lichtfraß ohne Ausfälle ertragen. Aus dem Forstamt Winnweiler ist ein Küstentannenbestand (*Abies grandis* [D.Don] Lindl.) bekannt, der 1997 drei Jahre nach erfolgtem Lichtfraß keinerlei Schäden mehr erkennen ließ. Eine weitere Folge des Schwammspinner-Kahlfraßes war der **Verlust eines Naturdenkmals**⁴³ und für den Biotop- und Artenschutz **wertvoller Eichenaltholzinseln**⁴⁴.

Die infolge des Schwammspinnerfraßes entstandenen Folgeschäden haben nach der ersten schlagartigen Absterbewelle im Bienwald einen chronischen Verlauf angenommen, wie dies auch in Baden-Württemberg beobachtet wurde (ROTH 1989, WEZEL 1999). Seit 1995 sind in den betroffenen Beständen, ausgelöst durch den Eichenprachtkäferbefall (*Agrilus biguttatus* [F.]) geschwächter Eichen und die Gefahr einer nachfolgenden Entwertung durch holzbrütende Insekten, die zufälligen Nutzungen betriebsbestimmend. In verlichteten Schadflächen werden derzeit auch abgestorbene und absterbende Buchen (*Fagus sylvatica* L.) vorgefunden, die vermutlich vom Buchenprachtkäfer (*Agrilus viridis* L.) befallen sind, worauf beobachtete Anzeichen wie beispielsweise Larvengänge und Ausbohrlöcher schließen lassen. Somit ist eine **planmäßige Bewirtschaftung der Eichenmischbestände bis zum heutigen Zeitpunkt weitgehend nicht möglich**. Es sind Zwangssituationen entstanden, die die waldbauliche Handlungsfreiheit zur Verwirklichung eines kleinflächigen und strukturreichen, naturnahen Waldbaus erheblich einschränken.

In auf Dauer angelegten forstlichen Versuchsflächen und Naturwaldreservaten sind die besonderen Zielsetzungen durch Folgeschäden gefährdet. Beispielsweise wurden die im Bienwald den Eichen-Hainbuchenwald repräsentierenden Naturwaldreservate, aufgrund der Vorgabe, menschliche Eingriffe zu unterlassen, nicht mit Pflanzenschutzmitteln behandelt. Die wesentliche Zielsetzung der bereits seit etwa drei Jahrzehnten erfolgenden Waldbauforschung, für vergleichbare, geschlossene Wirtschaftswälder Entscheidungshilfen zur Umset-

⁴³ Das Naturdenkmal Aschbach-Eiche im Forstamt Schaidt.

⁴⁴ Bspw. in der Abteilung Saubuckel im Forstamt Hagenbach.

zung eines naturnahen Waldbaus zu geben (BALCAR 1997), wird durch den nahezu vollständigen, selektiven Ausfall der Eichen aller Alter in diesen Flächen gravierend beeinträchtigt (DELB 1999).

In Eichenbeständen mit hohen Ausfallraten können die **ursprünglichen waldbaulichen Betriebsziele nicht mehr erreicht** werden. Demgegenüber sind die Auswirkungen in Beständen mit niedrigeren Absterberaten je nach Verteilung der Schäden und Alter der Eichen sehr unterschiedlich zu bewerten. Während bei Ausfällen in einer Größenordnung von beispielsweise 25%, die gleichmäßig über den Bestand verteilt sind, in einer stammzahlreichen Dichtung das Betriebsziel kaum gefährdet wird, da sich der Bestand bald wieder schließt, entstehen in einem Baumholz oft dauerhaft große Lücken. Dort wird das Bestandesinnenklima durch den gesteigerten Licht- und Wärmeeinfluß nachhaltig verändert, so daß unter anderem eine erhöhte Disposition gegenüber Eichenprachtkäferbefall entsteht. In schwächer geschädigten, mittelalten bis alten Beständen ist der Ausfall von Auslesebäumen als besonders schwerwiegend anzusehen. Darüber hinaus befinden sich mittlere bis starke Baumhölzer in einem Durchmesserbereich, der in den nächsten Jahren einen besonders hohen Wertzuwachs erwarten läßt. Die vorzeitige Zwangsnutzung dieser Eichen führt hier aufgrund der **Hiebsunreife** zu besonders schwerwiegenden finanziellen Verlusten. Auch in Abhängigkeit vom Mischungsanteil sind Folgeschäden unterschiedlich zu beurteilen. Zwar entstehen beim Ausfall der Eichen beispielsweise in einem schwachen Baumholz mit einem Eichenanteil von 10% keine bestandesbedrohenden Schäden, doch muß infolgedessen das waldbauliche Mischungsziel langfristig aufgegeben werden.

Infolge der entstandenen Schwammspinnerschäden wird der **Altersklassenaufbau** der Eichenbetriebsklasse und somit die **Nachhaltigkeitsstruktur gestört**, so daß ein gleichmäßiger Holzeinschlag und damit verbundene Geldeinnahmen sowie die stetige Rohstoffversorgung der Holzindustrie beeinträchtigt werden. Die ungerichtete Öffnung der Eichenbestände wirkt störend auf die **räumliche Ordnung**, wodurch auf vernässenden und nassen Standorten die Sturmwurfgefahr ansteigt.

Da das Produktionspotential auf den Schadflächen infolge der verminderten Bestockungsgrade nicht mehr voll ausgeschöpft wird, entstehen in vielen geschädigten Beständen seit Beginn der Absterbeprozesse jährliche **Zuwachsverluste**. Aber auch als direkte Folge eines Schwammspinnerfraßes wird der Zuwachs in den Kalamitäts- und Folgejahren reduziert, wie bereits vielfach beschrieben wurde (MINOTT & GUILD 1925, SCHEDL 1936, BAKER 1941, FRATZIAN 1973, CAMPBELL & SLOAN 1977, DOANE & MCMANUS 1981, DONITÀ et al. 1993, GOTTSCHALK 1993, RIEBELING 1996, PIPER 1998, DUPOUEY et al. 1998, HANSEN 1999, SCHRÖCK 1999, WEZEL 1999). Durch diese Zuwachseinbußen verlängert sich der Produktionszeitraum bis zum Erreichen des Zieldurchmessers. Im Vergleich zu den aufgrund der Ab-

sterbevorgänge verursachten Schäden ist dies jedoch weniger gravierend. An Eichen, die eine Schwammspinner-Kalamität überlebten, konnten Zuwachseinbußen von bis zu zwei Jahreszuwachsen festgestellt werden, wobei sie noch zwei Jahre nach Abschluß der Gradation zu spüren waren (FRATZIAN 1973). Innerhalb einer zehnjährigen Beobachtungsperiode sind in den USA bei einem durchschnittlichen Fehlen von etwa einem Drittel der Blattmasse jährliche Zuwachsverluste von im Mittel etwa einem Drittel des normalen Zuwachses entstanden (MINOTT & GUILD 1925). Auch die im Bienwald durchgeführten Jahrringuntersuchungen (HANSEN 1999, SCHRÖCK 1999) zeigen einen erheblichen Zuwachseinbruch während und nach dem Fraßgeschehen.

An den überlebenden Eichen sind durch die plötzliche Zuwachsreduktion im Vergleich zu den Vor- und Folgejahren vermutlich ungleichmäßige Jahrringbreiten entstanden. Ob dies die Holzqualität wesentlich beeinträchtigt, ist allerdings nach Ansicht von SPIECKER (1991) zu bezweifeln.

Eine verstärkte **Wasserreiserbildung**, die eindeutig auf eine schwammspinnerbedingte Verlichtung der Bestände zurückzuführen ist, war im Bienwald hauptsächlich in jüngeren Beständen festzustellen.

In den Beobachtungsflächen der **ALT- UND BAUMHÖLZER** bestand kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der durch den Schwammspinnerfraß ausgelösten Bestandesverlichtung und dem Wasserreiserbesatz. In vier von fünf stark verlichteten Flächen mit Absterberaten von über 50% zeigten die überlebenden Eichen keinerlei neue Wasserreiser, so daß die Qualität des verbleibenden Bestandes trotz der Schadereignisse unverändert geblieben ist. Bei schwächer geschädigten Beständen waren die Bestandesstrukturen so unterschiedlich, daß bezüglich der Wasserreiserbildung sowohl innerhalb als auch zwischen den Beobachtungsflächen kein bestandesbezogener Vergleich möglich war. Über den Einfluß genetischer Variationen kann keine Aussage getroffen werden. In Baden-Württemberg waren den Erfahrungen von WEZEL (1996) zufolge in kahlgefressenen Altbeständen 28% und in lichtgefressenen dagegen nur 6% der Eichen mit Wasserreisern besetzt, so daß sich die unterschiedliche Fraßintensität auf die Wasserreiserbildung offenbar ausgewirkt hat. Nach seiner Einschätzung sterben die Wasserreiser nach zwei bis vier Jahren allerdings wieder ab, falls die Bestände nicht durch verstärkte Ausfälle zu licht geworden sind (WEZEL 1999).

Der in den **SCHWACHEN BAUM- UND STANGENHÖLZERN** festgestellte hohe Anteil neu entstandener Wasserreiser wirkt sich mit großer Wahrscheinlichkeit qualitätsgefährdend aus, da diese Bestände aufgrund der starken Ausfälle verlichtet sind und vorerst nicht mit einem Dichtschluß zu rechnen ist, der die Mortalität dieser Wasserreiser fördern würde (SPIECKER 1991).

Die außerordentlich lichten Bestandesverhältnisse in den untersuchten **DICKUNGEN** führten dazu, daß nur noch sehr wenige Eichen ohne Wasserreiser vorgefunden werden. Aufgrund der erheblichen Stammzahlverluste und dem dadurch fehlenden Kronenschluß ist in den betroffe-

nen Dickungen das waldbauliche Ziel der natürlichen Astreinigung in Gefahr (BURSCHEL & HUSS 1987, LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ 1983). SPIECKER (1991) nennt für einen gleichaltrigen, einschichtigen Bestand im Alter von 50 Jahren eine Bestockungsdichte von mindestens 700 herrschenden Bäumen je Hektar, damit ein Kronenschluß entsteht, der in der Ertragsklasse I bzw. II zu einer gewünschten astreinen Schaftlänge von 10 bzw. 11 m führt. Im Vergleich dazu standen in den etwa 20-jährigen Beobachtungsflächen 1997 je 556 (Fläche Nr. 39), 1.120 (Fläche Nr. 40), 469 (Fläche Nr. 41), 511 (Fläche Nr. 42) und 508 (Fläche Nr. 43) noch weitgehend vitale Eichen (Blattverluste unter 70%) der Baumklassen 1 und 2 zur Verfügung. Die überlebenden Eichen wiesen mit Ausnahme der Fläche 42 eine in etwa gleichmäßige Stammverteilung auf (vgl. Anhang 23). Doch selbst wenn alle Eichen bis in das Alter von 50 Jahren überleben, kann die von SPIECKER (1991) genannte Stammzahl nur im Fall der Fläche Nr. 40 erreicht werden. Überdies ist die gezielte Einbringung von dienendem Hainbuchen- oder Buchenunterstand, der in allen Beobachtungsflächen fehlte, oder die Beimischung von Baumarten durch die vielfach entstandene Vernäbung und insbesondere durch den dichten Graswuchs nur noch auf künstlichem Weg und mit hohem Aufwand möglich. Allerdings war zu beobachten, daß sich inzwischen eine Naturverjüngung von Kiefern und Birken ausbreitet, die in Zukunft als Füllhölzer dienen können. Die waldbauliche Entwicklung dieser Beobachtungsflächen wird in den nächsten Jahren weiter untersucht, um Gewißheit über den zukünftigen Absterbefortgang und die Qualitätsentwicklung zu erhalten. Damit soll die Frage beantwortet werden, ob sich in derartig geschädigten Beständen noch ein forstliches Produktionsziel verwirklichen läßt. Zu überdenken ist, ob die Wertleistung durch eine gezielte Astung von Zukunftsbäumen gesteigert werden kann. Derartige kostenintensive Maßnahmen sollten allerdings erst durchgeführt werden, wenn das Überleben der Eichen gesichert erscheint.

Im Bienwald wurde oftmals die Erfahrung gemacht, daß Eichen mit starken Kronenschäden trotz üppiger Ausbildung von Wasserreisern abgestorben sind. Auch den Angaben von LOBINGER (1999) zufolge haben Eichen mit hohen Blattverlusten in der Krone von mehr als 70% auch bei extremer Wasserreiserbildung höchstens zwei Vegetationsperioden überlebt. Daß Wasserreiser durch die Beschattung des Stammes noch ausreichend belaubter Kronen vor Befall durch Eichenprachtkäfer schützen würden (LOBINGER 1999), konnte im Bienwald nicht beobachtet werden.

Im Rahmen eines chronischen Krankheitsverlaufs hat nach den Ausführungen von HARTMANN (1996) und WEZEL (1999) die durch den Eichenprachtkäferbefall verursachte **Schleimflußbildung** langfristige **Auswirkungen auf die Holzqualität**. Sie gehen davon aus, daß sich die dunklen Überwallungsstellen nach erfolgreicher Abwehr des Käfers als T-förmige Wundgewebe dauerhaft im Holz abzeichnen werden.

Im Vergleich zu den im Bienwald außerordentlich hohen Absterberaten spielt der von WELLENSTEIN & SCHWENKE (1978) angesprochene **Mastausfall** als Schaden nur eine untergeordnete Rolle. Trotzdem soll erwähnt werden, daß insbesondere bei gleichzeitigem Eintreffen von Fraß- und Mastjahren in zugelassenen Erntebeständen durch den Ausfall der Eichelmast Einkommenseinbußen entstehen können und geplante Naturverjüngungsvorhaben verzögert werden.

Bei einem Reinertrag der Eichenbetriebsklasse im Bienwald von schätzungsweise 800 DM je Jahr und Hektar⁴⁵ (ALBERT & WOMELSDORF 1989) würde bei einer überschlägigen Größenordnung von 60 ha stark vernäbter und vergraster Offenflächen⁴⁶ ein jährlicher kalkulatorischer Verlust von etwa 50.000 DM entstehen. Auch ein großflächiger Baumartenwechsel zu Kiefern-, Erlen-, Birken- oder Eschenmischbeständen hätte dem heutigen Kenntnisstand entsprechend gegenüber der Eichenbetriebsklasse deutliche **Reinertragseinbußen** zur Folge. Außerdem unterliegt die sich häufig natürlich verjüngende Kiefer in diesen vernäbten Flächen einem hohen Sturmwurfrisiko. Auch die Erle wird hier in ihren waldbaulichen Möglichkeiten als problematisch eingeschätzt, da sie auf den wechsellassen Böden unter Trockenjahren besonders leidet. In einigen Fällen wurde auf vernäbten Schadfächen auch eine Eschen-Naturverjüngung beobachtet, die auf diesen Standorten allerdings eine stagnierende Sommernässe nicht überlebt (mündl. Mitt. LEPPLA⁴⁷ 1998).

Durch die Schwammspinner-Kalamität wurden im Bienwald **Vermögensschäden** verursacht, die bis 1996 bezogen auf die Eichenschadfläche von 547 ha auf mehr als 11 Mio. DM geschätzt werden (ALBERT & DELB 1999). Dem Waldbesitzer entstanden unter anderem Bestandeswertverluste, ein Minderertrag beim Schadh Holzverkauf und Mehraufwand bei der Holzernnte, der Kulturbegründung sowie im Verwaltungsbereich. Diese erheblichen Substanzverluste werden das Betriebsergebnis der betroffenen Forstbetriebe über Jahrzehnte prägen.

Am stehenden Bestand sind infolge verringerter Bestockungsgrade **Bestandeswertminderungen** eingetreten. Aufgrund der großen Anzahl abgestorbener und absterbender Eichen wurde eine Massenvermehrung holzbrütender Insekten ausgelöst. Insbesondere ambrosiazüchtende Borkenkäfer befielen frisch abgestorbene und auch noch lebende Stämme, wodurch hauptsächlich im Splint und äußeren Kernholzbereich Brutröhren entstanden sind. Aus Holzproben abgestorbener Baumhölzer und Dickungen sind äußerst zahlreich hauptsächlich die Borkenkäfer *Xyleborus monographus* (F.) (Kleiner schwarzer Nutzholzborkenkäfer, „Kleiner schwarzer Wurm“) sowie *Xyleborus peregrinus* Egg. geschlüpft. Von Borkenkäferbefall war auch Kronenmaterial ab einer Aststärke von etwa 7 cm (Astderbholz) betroffen (BRECHTEL &

⁴⁵ Aus Pflanzung, die Fixkosten unberücksichtigt.

⁴⁶ Berücksichtigt sind alle Schadfächen auf Standorten der Wasserhaushaltsstufen „sehr frisch, äußerst frisch, vernässend und naß“, bei Eichen jünger als 50 Jahre der Schadklasse 4, bei Eichen zwischen 50 und 100 Jahren der Schadklassen 3 und 4 sowie bei Eichen älter als 100 Jahre der Schadklassen 2 bis 4.

⁴⁷ P. Leppla, Forstamt Hagenbach.

ZWECKER 1999). Der Befall an lebenden Stämmen erfolgte an Stellen, wo der Bast aufgrund eines Eichenprachtkäferbefalls bereits partiell abgestorben war. Auch SCHOPF (1987), NISKALA & KUCERA (1988), BRAUN (1993), SCHLAG (1994), LOBINGER & SKATULLA (1996), BRAUN & SEEMANN (1995) und LOBINGER (1999) berichten von Holzbrüterbefall an nach Schwammspinnerfraß oder aus sonstigen Ursachen abgestorbenen und absterbenden Eichen. Durch die Einbohrlöcher wurde das Mißtrauen der Holzkäufer geweckt, so daß eine Geringschätzung des Holzes und damit verbundene Preiseinbußen die Folge waren (mündl. Mitt. BOHLANDER⁴⁸ & LEPPLA 1997). Den Untersuchungen von BLOCK et al. (1999) zufolge führten die Brutröhren jedoch nur zu einer verhältnismäßig geringen Entwertung der Eichenstämme mit einem durchschnittlichen Ausbeuteverlust des Kernholzes von 7%. Aufgrund der Geringschätzung des Holzes und der in Anbetracht einer großen Menge an Schadholz von schätzungsweise 45.000 fm bis zum Juli 1998 (DELB 1998) eingetretenen Marktübersättigung sind die erzielten Preise in den Fraßfolgejahren deutlich gesunken, wodurch **Mindererträge** entstanden. Darüber hinaus wurde bedingt durch den verstreuten Hiebsanfall sowie den erhöhten Sortieraufwand als auch durch den Zwang zu aufwendigen Kunstverjüngungen von Eichenmischbeständen und zu intensiveren Kulturpflegemaßnahmen bei der konventionellen Reihenpflanzung gegenüber Naturverjüngungsmöglichkeiten oder Saaten in planmäßig vorbereiteten Endnutzungsbeständen ein erheblicher **Mehraufwand** verursacht. Durch die Vernäbung und Vergrasung vieler Schadflächen ist eine zeitnahe Eichenverjüngung auf der überwiegenden Fläche nur noch künstlich und mit hohem Aufwand möglich. Dieser besteht im wesentlichen aus aufwendigeren Verfahren zur Pflanzplatzvorbereitung und Pflanzung sowie der Anlage temporärer Entwässerungsgräben, die nach dem gesicherten Anwuchs der Eichen nicht mehr instandgehalten werden müssen. Das über mehrere Jahre erforderliche Zurückhalten der Konkurrenzvegetation ist sehr arbeits- und kostenintensiv. Zur Vermeidung von Produktionsverlusten sollen im Bienwald nach den bis 1997 erfolgten Planungen 191 ha (35% der geschädigten Fläche von 547 ha) wieder künstlich in Bestockung gebracht werden, wobei in Abhängigkeit von der Schadensentwicklung weitere Flächen hinzukommen können. Zudem wurden in lückigen Beständen Unterbauten notwendig. Davon sind nach Schätzungen der Forstämter bis zu 112 ha betroffen. Für die Kulturbegründungen und Unterbauten ist in den nächsten Jahren ein hoher Investitionsaufwand notwendig. Um den Gesamtaufwand zu reduzieren, wurden im Forstamt Hagenbach einige Eichenmischbestände versuchsweise mit "Nest-Kulturen" (SZYMANSKI 1986) begründet, die aus 200 bis 300 Nestern/ha mit je 20 Eichenpflanzen auf 1 bis 2 m² bestehen. In den Zwischenräumen sollen sich Treib- und Füllhölzer natürlich ansamen (mündl. Mitt. LEPPLA 1998). Die Verwaltungsaktivitäten der betroffenen Forstämter wurden seit dem ersten Kalamitätsjahr beispielsweise durch Fraßprognosen, Schadensinventuren und aufwendigeren Holzverkauf sowie durch den erhöhten Aufwand bei der Verkehrssicherungs-

⁴⁸ K. Bohlander, Forstamt Schaidt.

pflicht in Schadbeständen geprägt. In dieser Zeit wurden viele andere Arbeiten zurückgestellt, die nachgeholt werden müssen. Deshalb werden beispielsweise für 1995 und 1996 etwa 30% des Verwaltungsaufwandes als schadensbedingt angesehen.

Auf den gefährdeten hydromorphen Standorten können die Folgeschäden und deren gravierenden Auswirkungen durch Vermeidung des Schwammspinnerfraßes verhindert werden. Eine langfristige Vorbeugung von Massenvermehrungen dieses wärmeliebenden Insektes durch die Förderung schattenreicher Waldbestände ist offenbar nicht möglich, da im Bienwald auch derartige Bestände nicht vom Schwammspinner verschont geblieben sind. Darüber hinaus sind gerade die gefährdeten hydromorphen Standorte insbesondere für die Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) und in sehr nassen Bereichen auch für die Hainbuche (*Carpinus betulus* L.), die als schattenspendende Mischbaumarten im Unterstand von Eichenbeständen in Frage kommen, ungeeignet. Sie können hier nur auf tauglichen Kleinstandorten eingebracht werden. Demnach kann der Schwammspinnerfraß, der als wesentlicher und kurzfristig beeinflussbarer Schadfaktor zu sehen ist, bei einer Massenvermehrung von Seiten des Forstbetriebes nur durch den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln verhindert werden. Neben den daraus resultierenden Behandlungskosten, die 1994 im Bienwald bei durchschnittlich 373 DM/ha lagen (ALBERT & DELB 1999), können von einem Insektizideinsatz Risiken für die Biozönose der Eichenwälder ausgehen (WULF & BERENDES 1993 und 1996). Dem stehen die durch den Fraß und den daraus resultierenden Folgeschäden verursachten langfristigen Veränderungen der Waldstruktur und somit der Waldlebensgemeinschaft sowie Vermögensschäden auf unbehandelten Schadflächen in einer Größenordnung von etwa 20.000 DM/ha (ALBERT & DELB 1999) gegenüber.

Im Bienwald konnte 1994 über zwei ausreichend wirksame und zugelassene Wirkstoffe verfügt werden. Einerseits *Diflubenzuron* und andererseits *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (*B.t.k.*), mit dem bei günstigen Wetterbedingungen und zweimaliger Ausbringung ausreichende Behandlungserfolge erzielt wurden (SEEMANN 1999b). Zur Schonung der Nichtzielorganismen in der Biozönose des Eichenwaldes sollten möglichst spezifisch wirkende Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden, wobei in diesem Zusammenhang der Wirkstoff *B.t.k.* gegenüber dem weniger selektiven *Diflubenzuron* ein günstigeres ökotoxikologisches Profil aufweisen soll (FORSTER et al. 1993, ROOS 1993, ZUB et al 1996). Allerdings birgt die geringere Persistenz dieses Präparates die Gefahr, daß aufgrund ungünstiger Wetterverhältnisse (niedrige Temperaturen und/oder hohe Niederschläge) eine Zeit ohne Raupenfraßaktivität folgt und somit der Wirkstoff nicht rechtzeitig aufgenommen wird. Darüber hinaus entstanden im Bienwald 1994 beim Einsatz des *B.t.k.* mit 398 DM/ha weit höhere Kosten als bei der einmaligen Ausbringung des *Diflubenzuron* mit 116 DM/ha (ALBERT & DELB 1999). Beim Einsatz des *B.t.k.* werden neben dem Schwammspinner auch Raupen anderer zu diesem Zeitpunkt fressender Schmetterlingsarten beeinträchtigt (FORSTER et al. 1993). Allerdings scheint es be-

zogen auf ein Waldgebiet unwahrscheinlich, daß dadurch ganze Populationen vernichtet werden, da das *B.t.k.* keinen hundertprozentigen Wirkungsgrad besitzt (NÄSSIG & ZUB 1994, SEEMANN 1999b). Außerdem wird im Rahmen eines gezielten Objektschutzes gefährdeter Eichenbestände nicht jede Fläche eines Waldgebietes geschützt. Inwieweit eine solche Behandlung den "eisernen Bestand" von Insektenpopulationen beeinflußt, kann nur mit Hilfe langfristig und dauerhaft angelegter Untersuchungen (RUF & RÖMBKE 1996) geklärt werden. Dazu wären Dauerschadgebiete, wie sie beispielsweise vom Eichenwickler (*Tortrix viridana* L.) bekannt sind, besonders geeignet. Hier könnte auch der Frage nachgegangen werden, inwiefern eine mehrmalig aufeinanderfolgende Behandlung in festen Gradationsabständen die Regeneration der Schmetterlingspopulationen behindern kann. Bei der Diskussion um den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln sollte beachtet werden, daß auch im Falle eines nicht unterbundenen Schwammspinnerfraßes die sonstige Schmetterlingsfauna, insbesondere des Kronenraumes, beispielsweise durch die Nahrungskonkurrenz sehr wahrscheinlich beeinträchtigt wird (EBERT 1994). Zudem ist zu berücksichtigen, daß sich durch den fraßinduzierten Mehлтаubefall die Entlaubungsphase verlängert, wodurch auch später blattfressende Arten beeinträchtigt werden. Allerdings soll sich der Kahlfraß laut ZUB et al. (1996) auf Organismen nicht so nachteilig wie zum Beispiel der Einsatz des Wirkstoffs *Diflubenzuron* ausgewirkt haben.

6 Schlußfolgerungen

In wärmebegünstigten Waldbereichen sind in Rheinland-Pfalz bereits wiederholt Massenvermehrungen des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.) aufgetreten. Offensichtlich unterliegt der Massenwechsel dieses Insektes auch in Rheinland-Pfalz einer endogenen Periodizität mit einem Abstand von im Mittel 7 Jahren zwischen zwei Populationskulminationen (vgl. Kap. 2). Auffällig in Erscheinung tritt dieser Schmetterling allerdings nur, wenn in der Progradationsphase für eine Massenvermehrung besonders günstige Wetterbedingungen herrschen. Dies war offensichtlich Anfang der neunziger Jahre durch die besondere Häufung trocken-warmer Sommer der Fall und führte zu der bisher größten Schwammspinner-Kalamität in Rheinland-Pfalz, die auch viele bisher nicht betroffene Eichenwälder traf.

Da auch in Zukunft eine Progradation des Schwammspinners mit für die Entwicklung dieses Schmetterlings besonders günstigen Randbedingungen zusammentreffen kann, sind auch künftig in Rheinland-Pfalz Schwammspinner-Kalamitäten mit großflächigem Kahlfraß nicht auszuschließen.

Wie die Befunde aus dem Bienwald belegen, kann Kahlfraß durch Schwammspinnerraupen auf empfindlichen, hydromorphen Standorten zu äußerst gravierenden Folgeschäden führen. Die Schäden reichen von einer Entmischung der Bestände durch den selektiven Ausfall der Eichen bis hin zu einem vollständigen Auflösen ganzer Bestandeskomplexe. Die Folgeschäden eines Schwammspinner-Kahlfraßes beschränken sich dabei im Bienwald nicht nur auf vorgeschädigte Waldbestände, sondern betreffen auch vitale Bestände aller Altersklassen. Diese Schäden sind verbunden mit negativen Veränderungen des forstlichen Standortes durch Vernässung und Vergrasung, wodurch der waldbauliche Spielraum über Jahrzehnte hinweg erheblich eingeschränkt wird, und mit gravierenden Beeinträchtigungen der waldbaulichen Zielsetzungen, Störungen des Holzmarktes und beträchtlichen Vermögensschäden. Bei wiederholten Schäden durch Schwammspinner-Kahlfraß ist auf besonders empfindlichen Standorten eine bedeutsame Veränderung der Waldstruktur und ein dauerhafter Verlust von Eichenwaldbiotopen sehr wahrscheinlich.

Um dieser ungewollten Entwicklung gezielt entgegensteuern zu können, ist zum einen eine effiziente Überwachung der Schwammspinner-Population und zum anderen eine auf dem aktuellen Kenntnisstand fußende Handlungsstrategie bei drohendem Kahlfraß erforderlich. Die umfangreichen Erfahrungen aus der Schwammspinner-Kalamität 1992 bis 1994 bieten die Möglichkeit, gezielter als dies bislang möglich war, Maßnahmen zum Schutze gefährdeter Waldökosysteme zu treffen und dabei einen gegebenenfalls notwendigen Pflanzenschutzmitteleinsatz zur Vermeidung des Raupenfraßes im Sinne eines integrierten Pflanzenschutzes auf ein Minimum zu beschränken. Weiterhin können die vorliegenden Erfahrungen genutzt werden, bei einer künftigen Schwammspinner-Kalamität wirksame Maßnahmen zur Eindämmung

der Massenvermehrung von Folgeschädlingen zu ergreifen. Auch sollte anhand der gewonnenen Erfahrungen geprüft werden, inwieweit das Risiko einer Schwammspinner-Kalamität bzw. deren Folgeschäden mit Hilfe von waldbaulichen Maßnahmen langfristig eingeschränkt werden kann.

6.1 Überwachung der Schwammspinner-Population in Eichenwäldern

Auf empfindlichen Standorten oder unter Einfluß weiterer Streßfaktoren (LOBINGER 1999) kann bereits einmaliger Kahlfraß in Eichenbeständen bedeutende Folgeschäden verursachen. Um dies zu vermeiden und rechtzeitig die dazu erforderlichen Schritte einleiten zu können, ist ein möglichst frühzeitiges Erkennen von Gradationen notwendig. Das unregelmäßige Populationsverhalten des Schwammspinners in Rheinland-Pfalz erfordert deshalb, in Zusammenspiel mit Wetterbeobachtungen, in allen besonders gefährdeten Gradationsgebieten eine Überwachung (Kap. 2).

Es wird gezielt in Beständen, in denen der Raupenfraß während der letzten Massenvermehrung begonnen hatte oder in denen bereits wiederholt Massenvermehrungen stattgefunden haben, jährlich systematisch nach Eigelegen gesucht (**systematisches und permanentes Überwachungsnetz**)(Abb. 23). Dieser Ansatz geht auf die Beobachtung zurück, daß der Beginn einer Massenvermehrung offenbar bevorzugt von den gleichen Beständen wie bei der vorangegangenen Kalamität ausgeht.

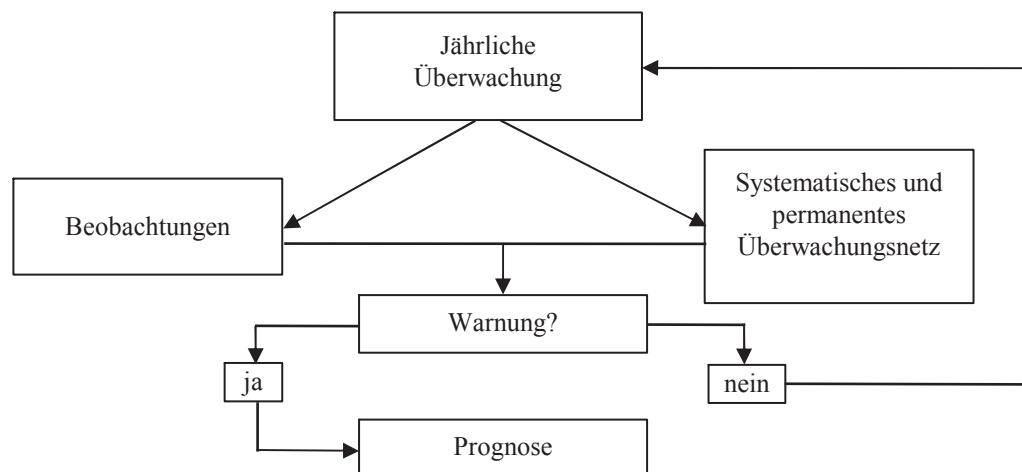


Abb. 23: Konzept zur Überwachung der Schwammspinner-Population (siehe Text)

In allen potentiell durch Schwammspinner-Kalamitäten bedrohten Waldregionen des Landes werden die Forstrevierleiter und Waldarbeiter gleichzeitig aufgefordert, insbesondere bei

Holzfallungsmaßnahmen im Herbst und Winter auf Eigelege, im Frühjahr auf Raupen sowie im Sommer auf den Falterflug zu achten (**Beobachtungen**).

Die Schwammspinner-Überwachungsbestände werden ab dem Dickungsalter ausgewählt. Sie liegen in geschlossenen und homogenen Eichen- und Eichenmischwäldern, die eine Mindestfläche von 20 ha nicht unterschreiten. In den Überwachungsbeständen werden jeweils im Spätsommer und Herbst entlang einer etwa 500 m langen Taxationslinie an 10 Stichprobepunkten, die in gleichmäßigen Abständen gelegen sind, die sechs nächststehenden Bäume bis auf eine Höhe von 4 m auf frische Eigelege abgesucht. Der Ausgangspunkt und die Marschzahl der Taxationslinie werden festgelegt, während die Auswahl der Stichprobenbäume in jedem Jahr zufällig erfolgt. Die Ergebnisse werden von den betroffenen Forstämtern gleichzeitig an die zuständigen Forstschutzdienststellen der Bezirksregierungen und der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg gemeldet, die bis zum ersten November jeden Jahres gemeinsam über das weitere Vorgehen entscheiden. Wird eine durchschnittliche Dichte von mehr als einem Gelege pro Baum als Warnschwelle festgestellt (**Warnung**), ist für das gesamte Gradationsgebiet eine umfassende **Prognose** mit Hilfe einer Eigelegezählung nach dem von SCHRÖTER & SEEMANN (1996) beschriebenen Verfahren zu erwägen. Hierbei werden in zusammenhängenden Waldgebieten mit über 100 ha auf einem 300 x 300 m Stichprobenraster über die gesamte Fläche jeweils die sechs nächststehenden Bäume bis 4 m Höhe auf Eigelege abgesucht. Die durchschnittliche Anzahl der Gelege je Stichprobenpunkt wird altersbezogen kritischen Zahlen gegenübergestellt. Danach kann über das gesamte Gradationsgebiet abgeschätzt werden, inwiefern ein flächiger Kahlfraß zu erwarten ist. Diese Prognose muß bis Ende Dezember abgeschlossen sein, damit im Rahmen eines integrierten Pflanzenschutzes gegebenenfalls die Vorbereitungen für eine Behandlung der gefährdeten Bestände getroffen werden können.

Ein vor dem Schwammspinnerfraß zusätzlich erfolgreicher Kahlfraß durch Raupen des Eichenwicklers (*Tortrix viridana* L.) oder des Frostspanners (*Erannis defoliaria* Cl., *Operophtera brumata* L., *Operophtera fagata* Scharfb.) im gleichen Jahr kann das Risiko für Folgeschäden erheblich steigern (vgl. Kap. 6.2.1). Deshalb sollten in gefährdeten Eichenwaldgebieten auch diese Insektenpopulationen mit Hilfe bewährter Methoden (z.B. ALTENKIRCH 1992, KONTZOG 1998) überwacht werden.

Das Überwachungskonzept für Schwammspinner-Populationen wurde im von Folgeschäden besonders betroffenen Bienwald bereits 1997 umgesetzt. Hier wurden gleichmäßig über das Befallsgebiet verteilt sechs Bestände vom Dickungs- bis zum Baumholzalter ausgewählt, so daß auf je etwa 400 ha Kahlfraßfläche der letzten Kalamität ein Überwachungsbestand kommt. In den Hauptbefallsgebieten der Stockausschlagbestände in Nieder- und Überführungswäldern im Nordpfälzer Berg- und Hügelland, im Nahegebiet, an der Mosel und an der

Saar sowie am Mittelrhein sollen bis zum Jahr 2000 repräsentative Eichenwaldbestände zur Überwachung ausgewählt werden, die bereits mehrfach von Schwammspinner-Massenvermehrungen betroffen waren.

Zur Überwachung der Schwammspinner-Population könnte der Sexuallockstoff *Disparlure* in Fallen zum Fang männlicher Falter eine Alternative zur Eigelegezählung darstellen (KLIMETZEK & SCHÖNHERR 1978, FEICHT 1997). Um die Fangergebnisse bewerten zu können, müssen allerdings verlässliche Warnschwellen als kritische Werte vorhanden sein (BOGENSCHÜTZ 1998). Erste Ergebnisse hierzu liefert FEICHT (1997), wonach sich in Bayern Fallenfänge mit Pheromonködern gegenüber Gelegesuchen zur Dichtefeststellung als sensibler erwiesen. Beispielsweise war nach Bekämpfungsmaßnahmen während der letzten Massenvermehrung in Bayern zu Beginn der neunziger Jahre ein nachfolgend einsetzender Dichteanstieg anhand der Falterflüge bereits zu quantifizieren, während die Gelegedichten mangels ausreichender Funde noch nicht ermittelt werden konnten. Anhand von Gelege-Falter-Korrelationen wurde festgestellt, daß über die gesamte Flugzeit gesehen beim Fang von ca. 2.000 Faltern je Falle die kritische Gelegedichte für erhebliche Fraßschäden von einem Gelege pro Baum erreicht ist. Dabei werden in Bayern die Gelege im Gegensatz zur Methode von SCHRÖTER & SEEMANN (1996) im unteren 2 m-Stammabschnitt erfaßt. Unter der Voraussetzung genügend großer Fallenbehälter mit einem Rückhaltmittel, das über die Monate Juli und August im Freien die Fäulnisbildung verhindert und keine Repellentwirkung ausübt, ist das aufwendige Auszählen der Falter am Ende der Flugzeit nach Ansicht von FEICHT (1997) die einzige Schwierigkeit dieses Verfahrens. Auch in Hessen wird der Einsatz von Lockstoff-Fallen als ein Verfahren zur Überwachung der Schwammspinner-Population erprobt. Seit 1997 wird in der hessischen Rhein-Main-Ebene das Befallsgebiet von 1993/94 in einem 1000 m-Raster mit Fallen abgestellt, die mit *Disparlure*-Ködern und Insektizidstreifen (*Dichlorphos*) bestückt sind. Die jährlichen Veränderungen der Fangzahlen männlicher Falter sollen Auskunft über einen Dichteanstieg des Schwammspinners geben. Sobald ein bedeutendes Anwachsen der Fänge festgestellt wird, ist eine Prognose mit Hilfe einer Eigelegezählung angeraten (HESSISCHE LANDESANSTALT FÜR FORSTEINRICHTUNG, WALDFORSCHUNG UND WALDÖKOLOGIE 1998, GOSENHAUER-MAROHN 1998).

Das für Rheinland-Pfalz vorgesehene Überwachungskonzept mittels Eigelegezählungen birgt die Gefahr, daß die Massenvermehrung in Gebieten beginnt, die von den Stichprobepunkten im permanenten Netz der systematischen Eigelegesuche nicht getroffen werden. Der Einsatz von Pheromonfallen an Stichprobepunkten wäre unter der Voraussetzung brauchbarer Warnschwellen nur dann vorteilhafter, wenn dadurch eine größere Fläche erfaßt werden könnte, so daß das Übersehrisiko vermindert wird. Allerdings fehlen klare Angaben eines Raumbezuges der Pheromonfallenfänge. FEICHT (1997) berichtet einerseits von Hinweisen auf eine erstaunliche Lockkraft, andererseits soll das Wiederfangprozent von Faltern nach den Ergebnissen von Freilaßversuchen ab einer Fallenentfernung von 100 m bereits stark abnehmen. Die höhe-

re Sensibilität der Pheromonfallenfänge wäre aus der Sicht, daß Progradationen frühzeitiger erkannt werden könnten, von Vorteil. Jedoch werden nach den Erfahrungen aus Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg auftretende Eigelege von den Forstrevierleitern und Waldarbeitern rechtzeitig beobachtet und gemeldet, so daß davon ausgegangen wird, daß Progradationen erkannt werden (mündl. Mitt. SEEMANN⁴⁹ 1999). Bezüglich der Überwachung von Schwammspinner-Populationen mittels Sexuallockstoffen sind noch einige Fragen offen. So ist neben dem fehlenden Raumbezug beispielsweise die mögliche Konkurrenz und Interaktion der weiblichen Falter eines Gebietes, der Einfluß von Witterungsfaktoren und die Auswirkung unterschiedlicher Bestandesstrukturen (FEICHT 1997) weitgehend nicht geklärt. Zudem erscheint der Einsatz von Sexuallockstoffen durch das Aufstellen sowie Abbauen der Fallen und das aufwendige Auszählen der Falter im Vergleich zur Eigelegezählung nicht weniger arbeitsaufwendig. Aus diesen Gründen kann die Anwendung des in der Praxis erprobten Verfahrens der Eigelegezählung nach SCHRÖTER & SEEMANN (1996) für die Überwachung der Schwammspinner-Population nach wie vor als eine bewährte Methode bewertet werden. Bevor zu diesem Zweck Pheromonfallen eingesetzt werden können, sind offensichtlich weitere Untersuchungen zur Absicherung der bisherigen Ergebnisse und Klärung der bestehenden Fragen notwendig.

6.2 Schutz der Eichenbestände vor Schwammspinner-Folgeschäden

6.2.1 Handlungsstrategie bei drohendem Schwammspinner-Kahlfraß

Aus den Untersuchungsbefunden und den in der Literatur dargestellten Erfahrungen werden nachfolgend Handlungsempfehlungen abgeleitet, die der forstlichen Praxis eine differenzierte Entscheidungshilfe anbieten und insbesondere das Urteil über die Verzichtbarkeit oder Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen erleichtern soll. Da nicht prognostizierbare Rahmenbedingungen, wie das Wetter und Einflüsse zusätzlicher Streßfaktoren, beispielsweise Mehлтаubefall oder Frostspanner- und Eichenwicklerfraß, das Ausmaß der Folgeschäden entscheidend mitbestimmen können, läßt sich die Höhe der Schäden bei zukünftigen Kalamitäten nicht sicher beurteilen. Daher können lediglich Risiken aufgezeigt werden und die zur Minimierung dieser Risiken sinnvoll erscheinenden Maßnahmen. Dies erfolgt anhand im voraus einschätzbarer Größen, wie Standort und prognostizierbarer Fraß.

In Rheinland-Pfalz kam es in den großflächig von Schwammspinner-Kahlfraß betroffenen Eichenbeständen der Stockausschlagbestände in Nieder- und Überführungswäldern, die sich meist auf **terrestrischen Standorten** und in Hanglagen befinden, ab dem Stangenholzalter bisher zu keinen flächig bedeutsamen Folgeschäden. Dies trifft sowohl auf die letzte Kalami-

⁴⁹ Dr. D. Seemann, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg.

tät als auch weitgehend auf frühere Massenvermehrungen zu. Selbst einen nachfolgenden Eichenmehltaubefall (*Microsphaera alphitoides* Grif. & Maubl.) der Wiederaustriebe in den Kalamitätsjahren haben die Eichen dort überstanden. In diesen Wäldern starben lediglich auf besonders flachgründigen und sehr trockenen Felsrippen oder Kuppen einzelne Bäume ab. Von gravierenden Folgeschäden waren auf diesen Standorten offensichtlich nur Jungwüchse und angehende Dickungen betroffen. Auch im Bienwald sind auf terrestrischen Standorten nur selten Schäden aufgetreten.

Demgegenüber beobachtete LOBINGER (1999) nach der Schwammspinner-Kalamität 1993 in Eichenwäldern Bayerns auf terrestrischen Standorten auch im Baumholzalter bestandesbedrohende Folgeschäden. Allerdings waren diese Eichenbestände neben Mehltaubefall im Jahr der Schwammspinner-Kalamität meist einem zusätzlichem Eichenwicklerfraß ausgesetzt. Ebenso wird aus Hessen und Baden-Württemberg berichtet, daß dort auch auf nicht stau- oder grundwasserbeeinflußten Standorten nach Schwammspinner-Kahlfraß bedeutsame Schäden auftraten (RIEBELING 1996, WEZEL 1999).

Nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand sind für terrestrische Standorte in Rheinland-Pfalz nur in Ausnahmefällen Maßnahmen zur Abwehr eines Schwammspinner-Kahlfraßes erforderlich:

- Unabhängig vom Standort sind Jungwüchse und angehende Dickungen bei Schwammspinner-Kalamitäten besonders gefährdet. Ein Schutz dieser meist nur kleinen Flächen ist über einen Pflanzenschutzmitteleinsatz mit Bodengeräten sehr gezielt möglich. Allerdings ist eine Einwanderung von Raupen aus unbehandelten benachbarten Flächen möglich. Die Kulturflächen müssen daher während der Raupenfraßperiode intensiv überwacht und die Behandlung notfalls wiederholt werden.
- Ein erhöhtes Risiko von Schwammspinner-Folgeschäden auf terrestrischen Standorten besteht, wenn in den Vorjahren oder während des zu erwartenden Schwammspinner-Kahlfraßes zusätzliche Streßfaktoren wie Eichenwickler- und Frostspanner-Kahlfraß oder Frostereignisse auftreten. Bei derart ungünstigen Konstellationen muß zumindest für Schutzwälder in besonders gefährdeten Bereichen zum Beispiel in Steilhanglagen entlang von Straßen und Bahnlinien und für wertvolle Eichenbestände mit herabgesetzter Vitalität ein Pflanzenschutzmitteleinsatz zur Verhinderung eines Schwammspinner-Kahlfraßes erwogen werden.
- Nadelbäume, insbesondere Fichten und zum Teil Douglasien und Lärchen, können auch auf terrestrischen Standorten bereits nach einmaligem Kahlfraß absterben. Bedroht sind vor allem in Eichenbeständen eingemischte Nadelbaumgruppen. Handelt es sich hierbei um besonders wertvolle, bspw. geastete Bäume, ist ein kleinflächiger Pflanzenschutzmitteleinsatz zu erwägen.

Während auf terrestrischen Standorten bisher kaum Schäden angetroffen wurden, belegen die Befunde aus dem Bienwald eindeutig, daß auf grund- und stauwasserbeeinflussten, **hydromorphen Standorten** bei ungünstigem Wetterverlauf und nachfolgendem Mehлтаubefall des Wiederaustriebs bereits einmaliger Schwammspinner-Kahlfraß zu beträchtlichen Folgeschäden führen kann. Auf diesen Standorten ist das Ausmaß der Schäden mit zunehmendem Wassereinfluß deutlich gestiegen. Auf den Erfahrungen im Bienwald basierend, werden anhand der forstlichen Standortskartierung auf hydromorphen Standorten, d.h. wechselfrischen, anmoorigen und moorigen Substratreihen sowie Bachauen, Risikostandorte ausgeschieden, die den Gefährdungsgrad für Folgeschäden wiedergeben. Hierbei wird entsprechend der nach der letzten Schwammspinner-Kalamität festgestellten Schadensausprägung auf Grundlage der Wasserhaushaltsstufen bei steigendem Wassereinfluß zwischen Standorten mit geringem, mittlerem, großem und sehr großem Risiko unterschieden (Tab. 22).

Tab. 22: Ausscheidung von Risikostandorten für Folgeschäden an Eichen nach starkem Licht- und Kahlfraß durch Schwammspinner im Bienwald anhand der forstlichen Standortskartierung (Substratreihen und Wasserhaushaltsstufen)(siehe Text)

Wasserhaushaltsstufen	Risikostandort
Ziemlich frisch	Geringes Risiko
Frisch	Mittleres Risiko
Sehr frisch und äußerst frisch	Großes Risiko
Vernässend und naß	Sehr großes Risiko

Als Standorte mit „geringem Risiko“ wurden Flächen bezeichnet, bei denen im Bienwald nach einmaligem Kahlfraß bis zu etwa 10% der betroffenen Eichen von 1995 bis 1997 abgestorben sind. Der Gruppe „mittleres Risiko“ wurden Standorte mit einer Absterberate bis zu etwa 25%, der Gruppe „großes Risiko“ Standorte mit einer Absterberate von bis zu etwa 35% und schließlich der Gruppe „sehr großes Risiko“ Standorte mit einer Absterberate von über 35% zugeordnet (vgl. Kap. 4.3.2.2.2 und Kap. 4.4.2.1).

Die im Bienwald gewonnenen Erfahrungen können unter der Voraussetzung vergleichbarer Rahmenbedingungen auch für andere Eichenwaldgebiete wichtige Hinweise auf die Risiken von Schwammspinner-Kalamitäten geben.

Mit Hilfe der in einem Geographischen Informationssystem (GIS) vorliegenden Standortskartierungen der Forstämter Hagenbach und Schaidt werden die Risikostandorte im Bienwald für den Staatswald flächenbezogen dargestellt (Karte 4). Insgesamt gibt es nach dieser Informationsquelle derzeit auf etwa 3.000 ha Risikostandorte, die gleichzeitig mit einem Eichenanteil von mehr als 10% bestockt sind (Tab. 23). Auf dieser Fläche ist bei prognostiziertem Fraß eine Behandlung zu erwägen.

Tab. 23: Flächenausmaß der Risikostandorte für Folgeschäden an Eichen nach starkem Licht- und Kahlfraß durch Schwammspinner im Bienwald, Staatswald der Forstämter Hagenbach und Schaidt (Eichenbestand: Eichenanteil >10%, * Schätzung auf Grundlage der Daten aus dem Untersuchungsgebiet)

Risikostandort	Fläche	davon Eichenbestände	
		Fläche	Anteil
Geringes Risiko	1.835 ha	440 ha*	15%
Mittleres Risiko	3.316 ha	1.630 ha*	54%
Großes Risiko	760 ha	640 ha*	21%
Sehr großes Risiko	542 ha	310 ha*	10%
Gesamt	6.453 ha	3.020 ha*	100%

Kleinflächig wechselnde Standortunterschiede können im Maßstab der forstlichen Standortskarte (mb = 1:10.000) nicht hinreichend berücksichtigt werden, wie das Beispiel im Bienwald zeigt. Außerdem wurden in geschlossenen Beständen viele „vernässende“ Standorte nicht erfaßt, da diese zum Zeitpunkt der Kartierung noch nicht entsprechend differenziert aufgenommen wurden. Die Standorte wurden hier überwiegend anhand des Vegetationsaspektes kartiert (RATHING 1996), wobei sich die Vegetation nur bei entsprechendem Lichtgenuß entwickeln kann, der in geschlossenen Wäldern jedoch kaum gegeben ist. Zudem wurde auf den grund- und stauwasserbeeinflußten Standorten beobachtet, daß die Standortbedingungen nicht konstant sind. Viele ehemals weniger nasse Standorte sind nach dem Absterben der Bäume aufgrund der reduzierten Transpiration und Interzeption vernäßt. Für die überlebenden Eichen bedeutet diese aktuelle Vernässungsdynamik ein erhöhtes Risiko bei künftigem Schwammspinnerfraß, auch wenn die Betrachtung der Wasserhaushaltsstufen der Standortskarte ein anderes Ergebnis vermuten läßt.

Demzufolge sollte bei prognostiziertem Kahlfraß vor der Entscheidung im Für und Wider einer Behandlung für jeden Eichenbestand nochmals geprüft werden, ob die anhand der Standortskartierung ausgewiesenen Risikostandorte die überwiegenden Verhältnisse der Einzelstandorte des betreffenden Bestandes widerspiegeln und den aktuellen Standortverhältnissen noch entsprechen.

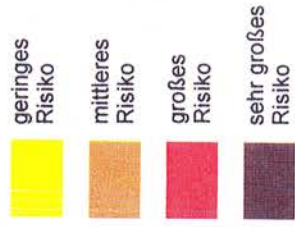
Karte 4:
Risikostandorte
 für Folgeschäden
 an Eichen nach
 starkem Licht- und
 Kahlfraß durch
 Schwammspinner
 im Bienwald

Staatswald der Forstämter
 Hagenbach und Schaidt

Grundlagen:

Forstliche Standortskartierung
 Forstamt Hagenbach 1987
 Forstamt Schaidt 1999

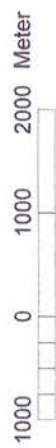
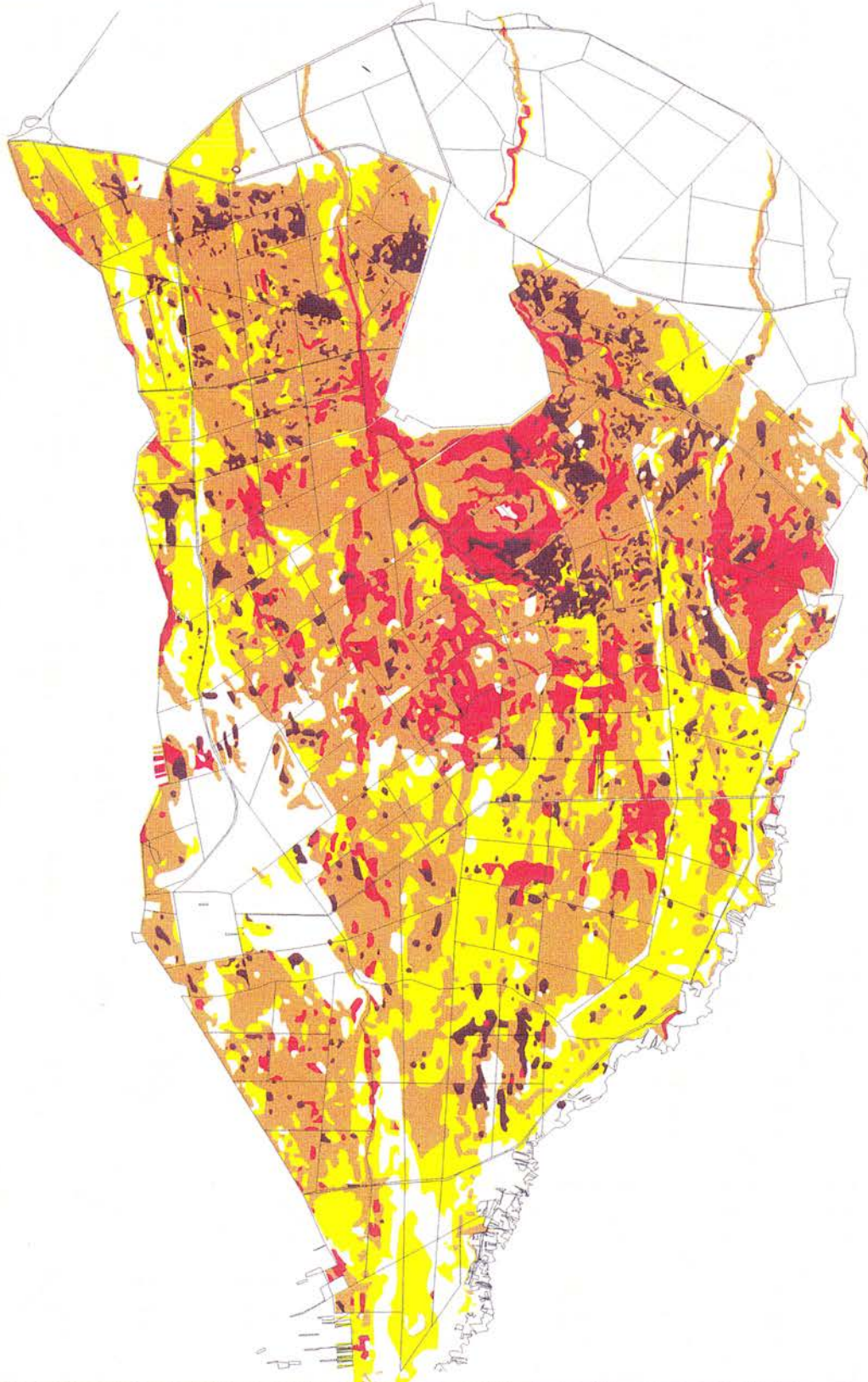
Legende:



Software: ARC/INFO 7.0.3
 ARCVIEW 3.0

August 1998

Maßstab ca 1:50.000



Sind Risikostandorte von prognostiziertem Kahlfraß betroffen, sollte der Waldbesitzer unter Berücksichtigung der aktuellen Bestandesverhältnisse und der waldbaulichen Ziele bestandesweise abwägen, ob das zu erwartende Risiko tolerierbar ist. In den Abwägungsprozess sind vor allem der Gesundheitszustand der Eichen, die Bestandesstruktur, das Alter, der Mischungsanteil der Eichen und die Unterstandsausprägung sowie die Qualität der Bäume einzubeziehen.

Durch hohe Ausfallraten besonders bedroht sind vor allem Bestände mit hohen Anteilen vorgeschädigter Eichen, zum Beispiel aufgrund eines in den Vorjahren erfolgten Eichenwickler- oder Frostspannerfraßes. Während sich Dickungen nach gleichmäßig verteilten Ausfällen mittleren Ausmaßes wahrscheinlich wieder schließen, entstehen in starken Baumhölzern dauerhaft große Lücken. Von besonders gravierenden Folgeschäden ist in Eichenbeständen ohne Mischbaumarten und ohne Unterstand auszugehen, da hier bei hohen Ausfallraten der Eichen die Bestandesstruktur zerstört wird und langfristig gravierende Kulturhemmnisse durch Vernässung und Vergrasung zu erwarten sind. Von der ökonomischen Seite her sind insbesondere mittlere bis starke Baumhölzer mit gutgeformten Eichen und hohem aktuellem Wertzuwachs besonders schützenswert.

Das Ausmaß der Folgeschäden wird auf vergleichbaren Standorten durch die Häufigkeit des Raupenfraßes entscheidend beeinflusst, wie die Ergebnisse der Untersuchungen im Bienwald gezeigt haben. **Ein wiederholter Schwammspinnerfraß in aufeinanderfolgenden Jahren erhöht das Risiko für Folgeschäden deutlich.** Daher muß vor jeder Behandlungsentscheidung geprüft werden, ob bereits im Vorjahr Kahlfraß stattgefunden hatte.

Ist das Risiko nach Abwägung aller Faktoren nicht tolerierbar, sollte eine Behandlung des jeweiligen kahlfraßbedrohten Bestandes mit einem zugelassenen Pflanzenschutzmittel vorgesehen werden. Ein Ablaufschema für die bestandesweise Behandlungsentscheidung auf Grundlage der aktuellen Erkenntnisse aus dem Bienwald macht den Entscheidungsprozeß deutlich (Abb. 24).

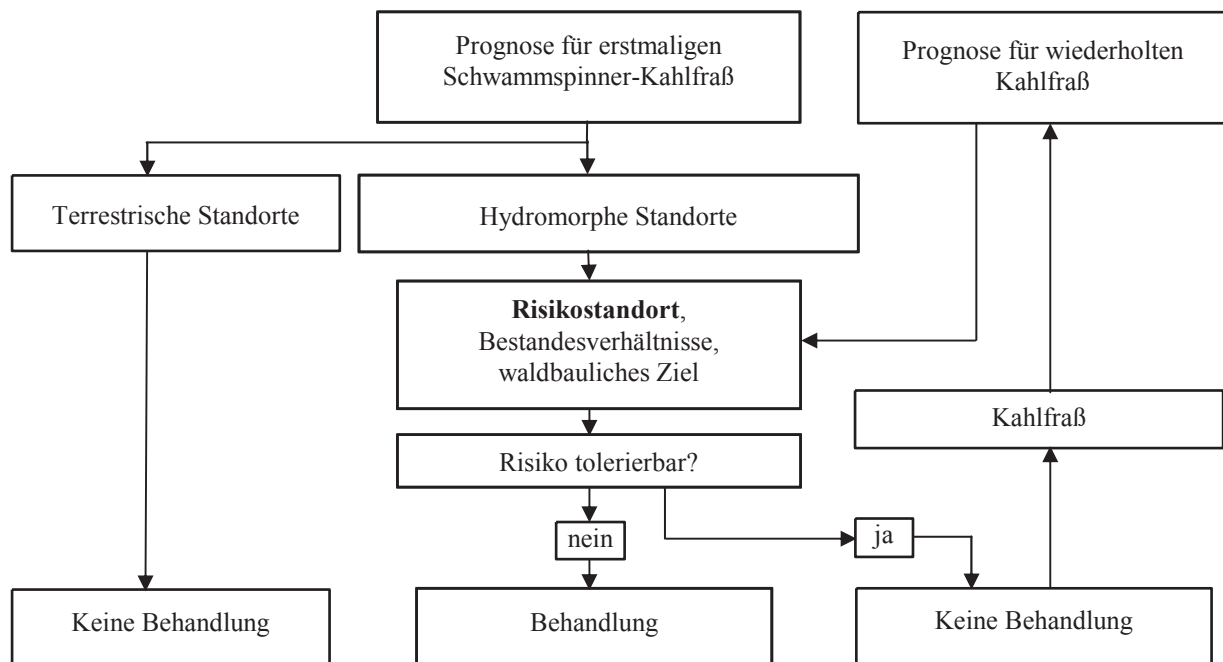


Abb. 24: Ablaufschema für die bestandesweise Behandlungsentscheidung in Abhängigkeit von der Kahlfraßprognose, dem Risikostandort, den aktuellen Bestandesverhältnissen und den waldbaulichen Zielen (siehe Text)

Ein ausreichender Objektschutz der Eichenbestände kann durch den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, beispielsweise mit den Wirkstoffen *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (*B.t.k.*) (z.B. Foray 48B, Dipel ES) oder *Diflubenzuron* (z.B. Dimilin 25 WP), erreicht werden (SEEMANN 1999b). Im Bienwald wurde der Schwammspinnerfraß 1994 auf behandelten Flächen durch den Einsatz dieser Wirkstoffe weitestgehend verhindert, wodurch Folgeschäden vermieden wurden. Virenpräparate, der Einsatz des Sexualduftstoffs *Disparlure* in Lockstofffallen oder zur Konfusion der männlichen Falter, das Ausbringen sterilisierter Insekten und der Einsatz von pilzlichen Pathogenen, Parasitoiden, Predatoren oder Nematoden stellen bislang noch keine Alternativen dar (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE 1995).

6.2.2 Handlungsstrategie nach erfolgtem Schwammspinner-Kahlfraß

Nach einem Kahlfraß durch Schwammspinner-Raupen ist es zum Schutz der dadurch geschwächten Eichenbestände zweckmäßig, einer Massenvermehrung von Folgeschädlingen, insbesondere des **Zweifleckigen Eichenprachtkäfers** (*Agrilus biguttatus* [F.]) und **holzbrütender Borkenkäfer** (*Scolytidae*), vorzubeugen (vgl. BLOCK et al. 1999, BRECHTEL & ZWICKER 1999).

Der Prachtkäfer verursacht ab dem Stangenholzalter vorwiegend an geschwächten Eichen physiologische Schäden, was meist zum Absterben der Bäume führt. Der oft dem Eichenprachtkäfer in nekrotischen Bastbereichen nachfolgende Befall durch holzbrütende Borkenkäfer wie *Xyleborus monographus* (F.) und *Xyleborus peregrinus* Egg. kann bei einem bis ins Kernholz der Eichen reichenden Befall zu einer Holzentwertung führen.

Im **FRAßJAHR** sollten alle auf gefährdeten Risikostandorten (Kap. 6.2.1) kahlgefressenen Eichenbestände nach Abschluß der Regenerationsbelaubung noch bis September durchmustert und alle frisch abgestorbenen und absterbenden Bäume ausgezeichnet werden. Absterbende Eichen mit Blattverlusten von 90 und 95% nach dem Wiederaustrieb im Fraßjahr sind gegenüber Eichenprachtkäferbefall besonders disponiert und haben erfahrungsgemäß keine Überlebenschance. Bei der Beurteilung des Blattverlustes der Bäume muß allerdings berücksichtigt werden, daß ein Mehltaubefall unter Umständen die Blätter welk aussehen lassen kann, auch wenn der Baum nicht abgestorben ist oder abstirbt.

Nach den bisherigen Erfahrungen ist der Bast der im Fraßjahr frisch abgestorbenen und absterbenden Eichen noch überwiegend intakt, so daß zu diesem Zeitpunkt nicht mit bedeutenden Entwertungen durch holzbrütende Borkenkäfer zu rechnen ist (BLOCK et al. 1999). Um Werteinbußen rechtzeitig vorzubeugen, sollten daher besonders wertvolle Eichenbestände vorrangig durchmustert werden. Die ausgezeichneten Eichen sollten möglichst bald, jedoch noch vor März des folgenden Jahres eingeschlagen und samt Kronenmaterial ab der Derbholzgrenze (Durchmesser von mehr als 7 cm mit Rinde) abefahren werden, damit sie nicht von holzbrütenden Borkenkäfern befallen werden (Flugzeiten im März, April und Juni, Juli; BRAUNS 1991). Gleichzeitig wird das Ausfliegen in der Rinde vorhandener Eichenprachtkäfer (Flugzeit im Juni, Juli; WACHTENDORF 1955) und somit die Gefahr der Infektion weiterer, nach Kahlfraß geschwächter Eichen eingedämmt. Ist die rechtzeitige Abfuhr des Holzes durch den Käufer nicht möglich, sollte das Holz auf Lagerplätze gebracht werden, die möglichst einen Mindestabstand von 2 km zu den gefährdeten Eichenbeständen einhalten sollten. Beim Einsatz von Selbstwerbern ist darauf zu achten, daß das Holz nicht im Wald gelagert wird.

Nach Beobachtungen von SCHRÖCK (1999) und WEZEL (1999) ist auch die Überlebensrate von Eichen mit Blattverlusten von 75, 80 und 85% nach Wiederaustrieb im Schwammspinner-Fraßjahr gering. Die Einschätzung des Vitalitätszustandes anhand des Blattverlustes ist zu diesem Zeitpunkt jedoch mit Unsicherheiten behaftet. So berichtet SCHRÖCK⁵⁰ (mündl. Mitt. 1999), daß sich der Belaubungszustand von Eichen nach Licht- und Kahlfraß im nachfolgenden Sommer nicht wesentlich voneinander unterscheidet, da lichtgefressene Bäume im Gegensatz zu kahlgefressenen Bäumen weit weniger Regenerationstriebe ausbilden. Um ungerechtfertigte Auflichtungen der Eichenbestände zu vermeiden, die wiederum zu günstigeren Lebensbedingungen für die Prachtkäfer führen würden, sollten diese Eichen daher trotz ihres

⁵⁰ H. W. Schröck, Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz.

hohen Absterberisikos im Fraßjahr noch nicht zum Einschlag ausgezeichnet werden. Allerdings sollen Eichen mit Blattverlusten von 75 bis 85% im Fraßjahr nach Abschluß der Regenerationsbelaubung im Sommer markiert werden, um sie kurz vor Laubfall im Oktober nochmals gezielt auf ihren Belaubungszustand zu überprüfen und möglicherweise bei Verschlechterung ihrer Gesundheit ebenfalls für den Einschlag vorzusehen.

In den **FRAßFOLGEJAHREN** haben Eichen auf Risikostandorten ab einem Blattverlust von 75% nach den Erfahrungen aus der letzten Kalamität im Bienwald nur geringe Überlebenschancen. Eichen, die nach dem Kahlfraß 1993/94 im August des Fraßfolgejahres 1995 Blattverluste von 75 bis 95% aufwiesen, zeigten bis 1997 Absterberaten von 75 bis 100%, obwohl in diesem Zeitraum weitere Fraßereignisse ausblieben und für das Baumwachstum vergleichsweise günstige Wetterbedingungen vorherrschten. Auch LOBINGER (1999) und GELDREICH (1998) berichten, daß in den Fraßfolgejahren derart stark geschädigte Eichen nur geringe Überlebenschancen hatten. Nach den Befunden der Symptomanalyse und begleitender Eklektoruntersuchungen (BRECHTEL & ZWECKER 1999) war im Bienwald der Eichenprachtkäfer an diesem Prozess offensichtlich maßgeblich beteiligt. Die absterbenden Eichen wiesen meist am Kronenansatz beginnend einen durch den Prachtkäferbefall zunächst partieweise abgestorbenen Bast auf, der nachfolgend von holzbrütenden Borkenkäfern befallen wurde. Dadurch konnte bei Kernbefall eine Entwertung des Holzes eintreten. Zur Vorbeugung dieser Entwicklung sollten in den Folgejahren ohne Insektenfraß stark geschädigte Eichen ab einem Blattverlust von 75% jeweils im Spätsommer und in einem zweiten Durchgang im Herbst vor dem Laubfall ausgezeichnet werden. Wie die im Fraßjahr gekennzeichneten Bäume sollten diese Eichen jeweils noch vor März des darauf folgenden Jahres eingeschlagen und samt Kronenmaterial abgefahren bzw. außerhalb der gefährdeten Waldbereiche gelagert werden.

Seit 1998 zeigt sich der Eichenprachtkäferbefall verstärkt auch in besonnten Randbereichen der an Schadflächen angrenzenden Bestände. Aufgrund dieser Beobachtung ist es ratsam, innerhalb eines Zeitraumes von etwa fünf auf den Fraß folgenden Jahren in der Nähe geschädigter Eichenbestände Auflichtungen durch den Einschlag noch vitaler Bäume im Rahmen regulärer Pflegemaßnahmen zu unterlassen, da ansonsten die Ausbreitung der Eichenprachtkäfer beschleunigt und weitere Waldbestände gefährdet werden können.

Im Jahr des Kahlfraßes oder unmittelbar nach dem Laubaustrieb im folgenden Frühjahr sterben Eichen offensichtlich auch ohne Prachtkäferbefall ab. Hier stellt sich die Frage, ob solche Bäume noch nachträglich vom Eichenprachtkäfer besiedelt werden und ob sich die Larven in den zum Zeitpunkt des Befalls bereits toten Eichen bis zur Imago fertig entwickeln können. Nur dann wäre eine Entnahme dieser Bäume zur Abschwächung einer Prachtkäfer-Massenvermehrung notwendig. Die Symptomanalyse an Baum- und Stangenhölzern im Frühsommer 1995 hat gezeigt, daß teils auch frisch abgestorbene Bäume Spuren eines Eichenprachtkäferbefalls aufwiesen. Es liegen jedoch keine gesicherten Erkenntnisse darüber vor, ob

sich die Larven in diesen Eichen bis zum Folgejahr entwickelt haben und Käfer schlüpfen. Ebensovienig ist die Frage beantwortet, ob es in abfallenden Rindenteilen zum Abschluß der Insektenentwicklung kommen kann, so daß auch diese entfernt werden müßten. Zur Klärung dieser Problematik sind weitere Untersuchungen notwendig. Allerdings empfiehlt sich die Entnahme abgestorbener Eichen alleine schon zur Vermeidung einer Holzentwertung und der Massenvermehrung holzbrütender Borkenkäfer.

Auch in Zusammenhang mit Eichenschäden, die durch die sogenannte Eichenfraßgesellschaft (*Tortrix viridana* L., *Erannis defoliaria* Cl., *Operophtera brumata* L., *Operophtera fagata* Scharfb.) ausgelöst werden, werden zur Vorbeugung von Folgeschäden durch Eichenprachtkäfer frühzeitig Hygienemaßnahmen empfohlen (HARTMANN & BLANK 1998, ZIEGLER 1998). Alle frisch abgestorbenen und stark geschädigten Eichen ab einem Blattverlust von 75% in noch lebenden Kronenteilen bei gleichzeitigen Anteilen toter Kronenteile von 1/3 und mehr sollen von Ende August bis Anfang Oktober ausgezeichnet, im Winterhalbjahr eingeschlagen und bis zum nächsten Frühjahr samt Kronenmaterial mit Durchmessern von über 15 cm konsequent aus den Eichenforsten entfernt werden. „Der frühzeitige, möglichst bald nach dem primären Schadereignis geführte Sanitärhieb soll den Aufbau einer hohen Prachtkäferdichte frühzeitig verhindern und die Phase der Schwächung der Eichen bis zum Wiedereinsetzen ihrer vollen Abwehrbereitschaft überbrücken“ (HARTMANN & BLANK 1998). Obwohl sich der Erfolg im Nordwesten Niedersachsens durchgeführter Sanitärhiebe noch nicht abschließend beurteilen ließ, zeichnete sich jedoch ab, daß in intensiv sanierten Eichenbeständen weitere Ausfälle nur noch vereinzelt vorgekommen sind (HARTMANN & BLANK 1998, NIEDERSÄCHSISCHE FORSTLICHE VERSUCHSANSTALT 1998).

In durch Schwammspinner-Kahlfraß geschwächten Eichenbeständen besteht nach dem Zusammenbruch der Massenvermehrung des Schwammspinners in den Folgejahren eine besondere Gefährdung durch weitere Entlaubungen ausgehend von anderen blattfressenden Schmetterlingsraupen, insbesondere Frostspanner und Eichenwickler (LOBINGER 1999). Darum sollten diese Insektenpopulationen in den betroffenen Beständen sorgfältig überwacht (Kap. 6.1) und bei drohendem Kahlfraß Gegenmaßnahmen erwogen werden.

6.3 Waldbauliche Maßnahmen

Nach Kahlfraß durch Schwammspinner-Raupen war die Eiche auf hydromorphen Standorten im Bienwald die einzige von gravierenden Folgeschäden betroffene Laubbaumart. In Anbetracht dieser Gegebenheit ist zu überdenken, ob im Hinblick auf die Gefahren durch den Schwammspinner-Kahlfraß auf diesen Standorten ein Baumartenwechsel zu empfehlen ist. Zudem stellt sich die Frage, inwiefern waldbauliche Maßnahmen einer Massenvermehrung des Schwammspinners und des Eichenprachtkäfers als Folgeschädling vorbeugen können.

Der Bienwald ist ein typisches Eichenwaldgebiet, wie die Vegetationskartierungen von HAILER (1954, 1955a und b) und WAHL (1990) zeigen. Pflanzensoziologisch gesehen liegen die geschädigten Eichenbestände vornehmlich im Bereich des Eichen-Hainbuchen- (*Querceto-Carpinetum*) oder des Eichen-Birkenwaldes (*Querceto-Betuletum*) (HAILER 1954). Auch BUB et al. (1998) führen in den von Folgeschäden betroffenen Bereichen als ökologische Standortsgesellschaft überwiegend Eichenwälder unterschiedlicher Ausprägungen auf. Demnach entsprechen die von Eichen geprägten Wälder im Bienwald weitgehend der natürlichen Baumartenzusammensetzung und sind den standörtlichen Gegebenheiten auf der überwiegenden Fläche angepaßt. Ein nicht standortgerechter Eichenanbau scheidet als Ursache für die hohen Absterberaten nach Schwammspinner-Kahlfraß demnach aus.

Auch eine Detailkartierung der heutigen potentiellen natürlichen Vegetation (hpnV) in einem nach zweimaligem Schwammspinnerfraß auf hydromorphen, wechselfrischen Grund- und Stauwasserböden stark geschädigten Eichenbestand ergab, daß es sich hierbei vorwiegend um Eichen-Hainbuchenwald handelt (schriftl. Mitt. WAHL⁵¹ 1996, vgl. SCHRÖCK 1999). Jedoch wurden in kleinflächig ausgeprägt wasserbeeinflussten Bereichen auch Erlen- und Eschen-Sumpfwälder (*Pruno-Alno-Fraxinetum*) abgegrenzt.

In Anbetracht der besonderen Gefährdung von Eichen nach Schwammspinner-Kahlfraß auf kleinstandörtlich ausgesprochen wassergeprägten Standorten, sollte hier künftig auf den künstlichen Anbau von Eichen zugunsten nassetoleranter Sumpfwaldbaumarten verzichtet werden. Hierfür kommen Erlen (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) und bei besserer Nährstoffversorgung auch Eschen (*Fraxinus excelsior* L.) und Flatterulmen (*Ulmus laevis* Pall.) in Betracht. Allerdings leiden Erlen bei den wechselfrischen Standortverhältnissen im Bienwald besonders unter Trockenjahren und Eschen vertragen nach den Erfahrungen aus der Praxis keine stagnierende Sommernässe, die nach Starkniederschlägen immer wieder auftritt (mündl. Mitt. LEPLA⁵² 1998). Daher sollten besonders nasse Standorte einer sukzessionalen Entwicklung überlassen werden.

⁵¹ Dr. P. Wahl, Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz.

⁵² P. Leppla, Forstamt Hagenbach.

Langfristig ist in den gefährdeten Eichenwäldern ein höherer Anteil von Mischbaumarten anzustreben. Je nach geeigneten Kleinstandorten sollten Buchen (*Fagus sylvatica* L.), Hainbuchen (*Carpinus betulus* L.) oder Birken (*Betula pendula* Roth.) auch in den Hauptbestand einbezogen werden. Im Zusammenspiel mit der kleinstandörtlichen Mischung von Erlen, Eschen und Flatterulmen auf nasseren Standorten werden dadurch die Gefahren für den Gesamtbestand nach Schwammspinner-Kahlfraß im Sinne einer Risikominderung und -streuung reduziert (ROEDER 1991).

Jedoch ist die Eiche auf den meisten geschädigten Standorten, die infolge der Schadereignisse oft nur temporär vernäßt sind, zur Gewährleistung eines geschlossenen Waldbildes, wegen vielfältiger ökologischer Funktionen und forstwirtschaftlicher Ziele nach wie vor eine wesentliche Baumart. Auf dem überwiegenden Teil der wechselfrischen und hydromorphen Standorte im Bienwald gibt es aus vegetations- und standortkundlicher Sicht keinen Anlaß zu einem großflächigen Wechsel von Eichen zu weniger von Schwammspinner-Folgeschäden gefährdeten Baumarten. Schon BORGMANN & FUNK (1930) berichten, daß nach Erfahrungen im Bienwald die Stieleiche gegen hochgradige Bodennässe die widerstandsfähigste Holzart ist. Die Eiche wird nach der Anwuchsphase, die traditionell für einen begrenzten Zeitraum durch Entwässerungsgräben unterstützt wird, wie keine andere Baumart mit den rasch wechselnden, sowohl nassen als auch trockenen Standortverhältnissen fertig.

Es ist denkbar, daß sich, soweit vom Standort her möglich, eine Mischung der Eichen mit der schattenwirksamen Buche oder ein dichter Buchen- bzw. Hainbuchen-Unterstand auf das Bestandesklima kühlend auswirkt. Dies könnte sich auf die Lebensbedingungen des Schwammspinners (FLEDER 1993, SCHWENKE 1994) und des Eichenprachtkäfers (HARTMANN 1996) als wärmeliebende Insekten nachteilig auswirken und dadurch Massenvermehrungen abschwächen.

Ein vielfältiger Waldaufbau mit einer standortgerechten Baumartenmischung und einem stufigen Bestandesgefüge entspricht den Zielen des naturnahen Waldbaues im Bienwald. In Eichenbeständen wird ein Unterstand, der insbesondere der Boden- und Schaftpflge dient, grundsätzlich angestrebt. Deshalb kann davon ausgegangen werden, daß sich die Waldzusammensetzung auch in Zukunft langfristig zugunsten von schattenreichen Bestandesstrukturen entwickeln wird. Allerdings konnte im Bienwald nicht beobachtet werden, daß buchen- oder unterstandsreiche Bestände von der letzten Schwammspinner-Kalamität 1993 und 1994 verschont geblieben sind. Die für eine Gradation günstigen warm-trockenen Wetterbedingungen zu Beginn der neunziger Jahre haben sich offensichtlich auch in schattenreichen Beständen ausgewirkt. Ein Vorteil des Unterstandes war, daß in geschädigten Eichenbeständen mit ausreichendem Hainbuchen-Unterstand trotz des Absterbens der hauptständigen Eichen keine vernäßten und vergrasten Kahlflächen entstanden sind. In diesen geschädigten Beständen besteht bezüglich der waldbaulichen Handlungsmöglichkeiten und des Handlungszeitraums ein

weitaus größerer Spielraum. Darüber hinaus bilden sich die in den Fraßjahren entstandenen Wasserreiser in unterstandsreichen Beständen eher wieder zurück.

Ein dichter Buchen- oder Hainbuchen-Unterstand konnte im Bienwald nicht verhindern, daß geschwächte Eichen vom Prachtkäfer angegriffen wurden. Die Einschätzung von HARTMANN (1996), daß der Prachtkäferbefall an Eichen durch einen schattenspendenden Unterstand eingedämmt werden kann, traf offensichtlich unter den Voraussetzungen der Massenvermehrung des Eichenprachtkäfers im Bienwald nicht zu. In Bayern wurde nach der Schwammspinner-Kalamität 1993 ebenfalls keine wesentliche Eindämmung der Prachtkäfer-Folgeschäden durch das Vorhandensein eines Unterstandes festgestellt (mündl. Mitt. SCHMIDT⁵³ 1999). Allerdings soll die Beimischung hauptständiger Buchen, die auch den Kronenansatz benachbarter Eichen beschatten, zur Reduktion des Eichenprachtkäferbefalls beigetragen haben. Auch in diesem Zusammenhang können demnach höhere Anteile standortsgerechter Mischbaumarten im Hauptbestand offenbar zur Reduzierung von Folgeschäden beitragen.

⁵³ O. Schmidt, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF).

7 Zusammenfassung

Der **SCHWAMMSPINNER** (*Lymantria dispar* L.) erschien in **MITTELEUROPA** anfangs der neunziger Jahre in einer bis dahin in diesem Ausmaß nicht gekannten **PANDEMISCHEN MASSENVERMEHRUNG**. Zu diesem Zeitpunkt war insbesondere aus Südosteuropa und den USA bekannt, daß Schwammspinner-Kahlfraß erhebliche Folgeschäden auslösen kann. Demgegenüber lagen für die in Mitteleuropa hauptsächlich betroffenen Eichenwälder nur ansatzweise Erfahrungen über die Gefahr daraus resultierender Schäden vor. Folglich war die forstliche Praxis bei der Beurteilung des Für und Wider von Gegenmaßnahmen mit Hilfe von Pflanzenschutzmitteln weitgehend auf Vermutungen angewiesen. Da eine erneute Kalamität diesen Umfangs für die Zukunft in **RHEINLAND-PFALZ** grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden kann, bestand die dringende Notwendigkeit die Auswirkungen des Fraßes zu untersuchen, um bei späteren Massenvermehrungen Entscheidungshilfen geben zu können.

Vor dem Hintergrund möglicher Folgeschäden sollte in dieser Arbeit zunächst grundlegend geklärt werden, ob mit einer Wiederholung von Kalamitäten gerechnet werden muß und somit eine Überwachung der Population notwendig ist. Im Mittelpunkt des Interesses dieser Arbeit stand die Frage, welche Maßnahmen bei künftigen Massenvermehrungen zum Schutz des Waldes zu treffen sind. Wesentliches Ziel der Untersuchungen war, das Risiko eines Fraßes unter Berücksichtigung unterschiedlicher Rahmenbedingungen, wie beispielsweise des Standortes, der Wetterbedingungen und der Bestockungskriterien, im Hinblick auf forstlich relevante Folgeschäden abzuschätzen. Unter Folgeschäden sind in erster Linie Absterbeerscheinungen, Vitalitäts- und Qualitätsverluste zu verstehen. Zudem sollten die Absterbeursachen analysiert sowie auftretende Folgeschädlinge und daraus entstehende Schäden dokumentiert werden.

MASSENVERMEHRUNGEN IN RHEINLAND-PFALZ. Anhand der bekanntgewordenen Kalamitäten ist zu erkennen, daß es in den letzten drei Jahrzehnten insbesondere im Nordpfälzer Berg- und Hügelland, im Nahegebiet, an der Mosel und im Bereich der Saar sowie am Mittelrhein zu wiederholten Massenvermehrungen kam. Die Gradationen mit Abständen zwischen vier und fünfzehn Jahren dauerten meist drei- oder vier Jahre mit ein- oder zweijähriger Kulmination. Ein Vergleich der im Bienwald bekannten Kalamitäten mit Wetterdaten zeigt, daß vor Massenvermehrungen nicht immer mehrere Jahre mit ausgeprägt trocken-warmem Wetter wie zu Beginn der neunziger Jahre vorlagen. Derartige Ereignisse sind allein offensichtlich nicht unbedingt eine zwingende Voraussetzung für Kalamitäten. Die seit den siebziger Jahren bekanntgewordenen Kalamitäten sind im Mittel in etwa siebenjährigem Abstand aufgetreten, weshalb auf eine **ENDOGENE PERIODIZITÄT** geschlossen werden kann. Ein spürbares Ausmaß wird dabei offenbar nur bei besonders günstigen Wetterbedingungen in der Progradationsphase erreicht, so daß auch Abstände von etwa vierzehn Jahren beobachtet wurden. Demnach sind in Rheinland-Pfalz auch künftig Schwammspinner-Kalamitäten nicht auszuschließen.

FOLGESCHÄDEN IN RHEINLAND-PFALZ. Aus den Stockausschlagbeständen der Nieder- und Überführungswälder in den Befallsgebieten der Nordpfalz, der Nahe, der Mosel, der Saar, des Mittelrheins und an der Lahn wurden selbst nach mehrmalig aufeinanderfolgendem Befall kaum gravierende und flächig bedeutsame Folgeschäden bekannt. Hier waren hauptsächlich Traubeneichen auf **TERRESTRISCHEN STANDORTEN** betroffen, die nach dem Raupenfraß nur in wenigen Fällen von Eichenmehltau (*Microsphaera alphitoides* Grif. & Maubl.) befallen wurden. Demgegenüber sind auf **HYDROMORPHEN EICHENSTANDORTEN** der Hochwälder des Bienwaldes im Anschluß an die Kalamität der Jahre 1993 und 1994, die von starkem Mehltaubefall begleitet war, erhebliche Folgeschäden entstanden. Aus diesem Grund konzentrierten sich die Untersuchungen auf dieses Waldgebiet.

UNTERSUCHUNG DER FOLGESCHÄDEN IM BIENWALD. Die Folgeschäden wurden anhand von **CIR-LUFTBILDERN 1995** flächendeckend ermittelt und mit Hilfe eines **GEOGRAPHISCHEN INFORMATIONSSYSTEM (GIS)** analysiert. Der Einfluß des Fraßes und des Standortes auf die Schäden war dabei von besonderem Interesse. Zudem fand von 1995 bis 1997 eine eingehende terrestrische Untersuchung der Folgeschäden auf 43 ausgewählten **BEOBSACHTUNGSFLÄCHEN** vorwiegend mit permanenten Stichprobepflanzen und flächigen Vollaufnahmen in unterschiedlichen Alterstufen statt. Neben baumbeschreibenden Merkmalen wurden jährlich über die Ansprache der Kronenverlichtung vor allem Vitalitätsparameter erhoben. In Alt- und Baumhölzern wurden die Standorte einzelbaumweise eingeschätzt, um kleinräumige Unterschiede berücksichtigen zu können. Ausführliche **SYMPTOMANALYSEN** sollten Hinweise auf die Absterbeursachen geben.

1993 und 1994 wurde eine Waldfläche von 2.505 ha durch Schwammspinner-Raupen kahl oder licht gefressen, 618 ha davon waren in beiden Jahren befallen. Daraufhin sind 1995 auf 547 ha zahlreiche Eichen abgestorben. Die Schäden reichten in allen Altersstufen bis hin zum flächenweise vollständigen Ausfall der Eichen. In 1994 mit Pflanzenschutzmitteln auf 1.545 ha behandelten Beständen waren entweder keine Folgeschäden (83%) oder vorwiegend Schäden in Zusammenhang mit Befall des Vorjahres 1993 (12%) festzustellen. Von wenigen eingemischten Fichten und Douglasien abgesehen (3 ha), sind nur Eichen abgestorben. Es fielen schätzungsweise 45.000 fm Schadholz an. Andere Baumarten zeigten keine auffälligen Schäden.

Die Folgeschäden konzentrierten sich auf hydromorphe Standorte und nahmen mit zunehmendem Wassereinfluß von "nicht vernässten" bis hin zu "nassen" Bereichen deutlich zu. Besonders auffällig war, daß der einmalige Kahlfraß 1994 wesentlich mehr Schäden als der einmalige Kahlfraß 1993 verursachte. Unter den im Bienwald gegebenen Verhältnissen sind Eichen auf den disponierten Standorten offensichtlich auch bei günstiger Ausgangsvitalität und geringer Vorschädigung abgestorben. In Alt- und Baumhölzern fielen ein Drittel der im Beobachtungszeitraum abgestorbenen Eichen bereits im Frühjahr 1995 aus. Je schlechter der Kronen-

zustand der im Frühjahr 1995 überlebenden Eichen war, desto eher sind sie in den Folgejahren abgestorben. Ab einem Blattverlust von 75% sind bis 1997 mehr als 70% der Bäume abgestorben. Wie die Symptomanalysen belegen, war im Frühjahr 1995 nicht zu erkennen, daß der Zweifleckige Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus* [F.]) die Ursache des Absterbens gewesen sein könnte. Demgegenüber wurde er seit dem Sommer 1995 an nahezu 90% der abgestorbenen Baumhölzer zahlreich vorgefunden. 1997 ging die Mortalitätsrate deutlich zurück, da nur noch wenige geschädigte Eichen vorhanden waren. Allerdings weisen heute noch Befallsanzeichen wie Schleimflußflecken und Ausbohrlöcher darauf hin, daß ein Ende des chronischen Prachtkäferbefalls nicht abzusehen ist.

URSACHEN DES EICHENSTERBENS IM BIENWALD. In Zusammenhang mit der Schwammspinner-Kalamität kommen für die Entstehung von Folgeschäden mehrere synergistisch wirksame Faktoren in Betracht: Der **Wasserhaushalt** der hydromorphen Eichenstandorte ist dabei ein entscheidender prädisponierender Faktor. Als grundlegende schadensauslösende Ursache ist die **Entlaubung durch den Schwammspinner** anzusehen. Der bis in den Hochsommer andauernde Raupenfraß ebnete den Weg für den **Eichenmehltau**, wodurch zusätzlich die Assimilationstätigkeit der Regenerationstriebe eingeschränkt wurde. Aufgrund der stark reduzierten Blattmasse war die Spätholz- und vermutlich auch die Feinwurzelbildung im Sommer beider Fraßjahre vermindert. Zudem ist anzunehmen, daß in beiden Jahren keine oder nur eine sehr eingeschränkte Reservestoffbildung erfolgen konnte. Somit fehlte den Eichen im nächsten Frühjahr die Kraft zum Aufbau eines ausreichenden Frühholzanteiles, der noch vor dem Blattaustrieb ausgebildet wird, und zur Regeneration der Feinwurzeln. Im Jahr 1994 spielte die durch einen **ungünstigen Wetterverlauf verursachte Vernässung** der hydromorphen Standorte eine besondere Rolle. Die Vernässung wurde durch hohe Winter- und Frühjahrsniederschläge sowie Starkniederschläge während der Entlaubungsphase bei gleichzeitig durch die fehlenden Blätter stark eingeschränkter Transpiration und Interzeption ausgelöst. Dadurch ist zum Zeitpunkt des Insektenfraßes bei gleichzeitig hohen Sommertemperaturen aufgrund anaerober Bedingungen vermutlich eine Hypoxie entstanden, die hohe Feinwurzelverluste zur Folge hatten. Zusammen mit der offensichtlich erheblich eingeschränkten Wasserleitfähigkeit aufgrund der verminderten Frühholz- und mangelnden Spätholzbildung führten diese Feinwurzelverluste im Fraßfolgejahr 1995 offenbar zu einem "physiologischen Wassermangel" der Eichen. Auch vor dem Fraß vitale Bäume wurden durch diese Vorgänge so geschwächt, daß sie entweder bereits bis zu Beginn der Vegetationsperiode 1995 abgestorben sind oder für einen Angriff durch Folgeschädlinge ausgesprochen prädisponiert waren. So boten die vor allem auf hydromorphen Standorten aufgelichteten Eichenbestände mit zahlreichen geschwächten Bäumen dem Zweifleckigen **Eichenprachtkäfer** im Frühjahr 1995 ideale Lebensbedingungen, wodurch eine Massenvermehrung dieses Insektes als wesentlicher schadensverstärkender Faktor entstanden ist. Seitdem war der Prachtkäfer maßgeblich daran beteiligt, daß sich viele geschädigte Eichen, die die erste Absterbewelle überlebt hatten, nicht mehr erholten

und abgestorben sind. Daneben haben die durch den Ausfall der Eichen seit 1995 entstandene zusätzliche **VERNÄSSUNG** der Schadbestände sowie der **Hallimasch** und **rindenbesiedelnde Pilze** dazu beigetragen, daß die Regeneration der Eichen verhindert wurde. Auch wurzelschädigende *Phytophthora*- und *Pythium*-Arten wurden als Bodenpilze im Bienwald nachgewiesen, wobei ihre Bedeutung für den Absterbeprozess nicht endgültig geklärt ist.

AUSWIRKUNGEN DER FOLGESCHÄDEN. Durch die Schwammspinner-Folgeschäden sind unter anderem Biotopverluste von wertvollen Eichenmischwäldern, selektive Verluste der Eichen in Mischbeständen und die Vergrasung und Vernässung der verlichteten Bestände, wodurch die Eichennaturverjüngung behindert wird und die Forstbetriebe zu aufwendigen Kunstverjüngungen gezwungen sind, entstanden. In Eichenbeständen mit hohen Ausfallraten können die ursprünglichen waldbaulichen Betriebsziele nicht mehr erreicht werden. Die Alters- und Nachhaltigkeitsstruktur wird durch die Folgen der Schwammspinner-Kalamität erheblich gestört, so daß ein gleichmäßiger Holzeinschlag und damit verbundene Geldeinnahmen sowie die stetige Rohstoffversorgung der Holzindustrie beeinträchtigt sind. Eine planmäßige Bewirtschaftung der Eichenbestände ist aufgrund der zufälligen Nutzungen des Schadholzes bis zum heutigen Zeitpunkt weitgehend nicht möglich. Die vorzeitige Zwangsnutzung in mittleren bis starken Baumhölzern führte aufgrund der Hiebsunreife zu besonders schwerwiegenden Wertverlusten. Darüber hinaus sind infolge der reduzierten Bestockungsgrade und als direkte Wirkung des Fraßes erhebliche Zuwachsverluste entstanden. Infolge der Wasserreiserbildung in verlichteten Beständen oder der Bildung von Überwallungsstellen des Schleimflusses nach erfolgreicher Abwehr des Eichenprachtkäfers, die sich als T-förmige Wundgewebe dauerhaft im Holz abzeichnen, können Qualitätsverluste entstehen. Eindeutig schwammspinnerbedingte Wasserreiser konnten allerdings nur in jüngeren Beständen festgestellt werden. Zudem wurde die Holzqualität absterbender Eichen durch den Befall holzbrütender Borkenkäfer (*Scolytidae*: *Xyleborus monographus* [F.] und *Xyleborus peregrinus* Egg.) gefährdet.

SCHLUBFOLGERUNGEN. Da auf empfindlichen Standorten oder unter Einfluß weiterer Streßfaktoren bereits einmaliger Kahlfraß bedeutende Folgeschäden verursachen kann, ist ein möglichst frühzeitiges Erkennen von Gradationen notwendig. Aufgrund der Unregelmäßigkeiten im Populationsverhalten des Schwammspinners soll in allen besonders gefährdeten Gebieten im Zusammenspiel mit Wetterbeobachtungen eine **ÜBERWACHUNG DER POPULATION** erfolgen. Hierzu wird in einem systematischen und permanenten Überwachungsnetz gezielt in Beständen, in denen der Raupenfraß während der letzten Massenvermehrung begonnen hatte oder in denen wiederholt Massenvermehrungen stattgefunden haben, jährlich nach Eigelegen gesucht. Ab einer Warnschwelle von durchschnittlich einem Gelege pro Baum ist nach bewährten Verfahren eine ausführlichere Prognose durchzuführen. Gleichzeitig werden die Forstrevierleiter und Waldarbeiter aufgefordert, insbesondere bei Holzfällungsmaßnahmen im Herbst

und Winter auf Eigelege, im Frühjahr auf Raupen sowie im Sommer auf den Falterflug zu achten.

HANDLUNGSSTRATEGIE BEI DROHENDEM SCHWAMMSPINNER-KAHLFRAß. Anhand im voraus einschätzbarer Größen wie Standort und prognostizierter Fraß können auf Grundlage des aktuellen Kenntnisstandes Handlungsempfehlungen gegeben werden. In Rheinland-Pfalz kam es sowohl in Stockausschlagbeständen der Nieder- und Überführungswälder als auch in Hochwäldern des Bienwaldes auf **terrestrischen Standorten** zu keinen flächig bedeutsamen Folgeschäden. Demnach können Kalamitäten auch in Zukunft auf ausgedehnten Waldflächen weitgehend akzeptiert werden.

Demgegenüber kann bei ungünstigem Wetterverlauf und nachfolgendem Mehлтаubefall der Wiederaustriebe auf **hydromorphen Standorten** bereits einmaliger Kahlfraß zu erheblichen Folgeschäden führen. Deshalb sollte der Raupenfraß zum Schutz der Eichenwälder hier abgewehrt werden. Da auch Bestände mit dichtem Unterstand befallen wurden, erscheint eine Vorbeugung von Massenvermehrungen dieses wärmeliebenden Insektes durch die Förderung schattenreicher Waldbestände nicht möglich. Auf diesen Standorten sollte daher künftig der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln erwogen werden. Mit zunehmendem Wassereinfluß ist das Ausmaß der Schäden im Bienwald deutlich gestiegen. Auf diesen Erfahrungen basierend, wurden anhand der forstlichen Standortskartierung Risikostandorte ausgeschieden, die den Gefährdungsgrad für Folgeschäden nach Schwammspinnerfraß wiedergeben. Sind Risikostandorte von prognostiziertem Kahlfraß betroffen, sollte der Waldbesitzer unter Berücksichtigung der aktuellen Bestandesverhältnisse und der waldbaulichen Ziele bestandesweise abwägen, ob das zu erwartende Risiko tolerierbar ist. In den Abwägungsprozess sind vor allem der Gesundheitszustand der Eichen, die Bestandesstruktur, das Alter, der Mischungsanteil der Eichen und die Unterstandsausprägung sowie die Qualität der Bäume einzubeziehen. Ein wiederholter Schwammspinnerfraß in aufeinanderfolgenden Jahren erhöht das Risiko für Folgeschäden auf vergleichbaren Standorten deutlich. Daher muß vor jeder Behandlungsentscheidung geprüft werden, ob bereits im Vorjahr Kahlfraß stattgefunden hatte.

HANDLUNGSSTRATEGIE NACH ERFOLGTEM SCHWAMMSPINNER-KAHLFRAß. Nach einem Kahlfraß auf gefährdeten Risikostandorten ist es zum Schutz der dadurch geschwächten und aufgelisteten Eichenbestände zweckmäßig, einer Massenvermehrung von Folgeschädlingen, insbesondere des Eichenprachtkäfers und holzbrütender Borkenkäfer, durch die Entnahme geschwächter Bäume im Rahmen von Sanitärhiebsen vorzubeugen.

Im **FRAßJAHR** sollten alle kahlgefressenen Eichenbestände nach Abschluß der Regenerationsbelaubung noch bis September durchmustert und alle frisch abgestorbenen und absterbenden Bäume mit Blattverlusten von 90 und 95% ausgezeichnet werden. Diese Eichen sollten möglichst bald, jedoch noch vor März des folgenden Jahres, eingeschlagen und samt Kronenmaterial ab der Derbholtzgrenze abgefahren werden. Ist die rechtzeitige Abfuhr des Holzes durch den Käufer nicht möglich, sollte das Holz auf Lagerplätze gebracht werden, die möglichst ei-

nen Mindestabstand von 2 km zu gefährdeten Eichenbeständen haben. Beim Einsatz von Selbstwerbern ist darauf zu achten, daß das Holz nicht im Wald gelagert wird. Auch Eichen mit Blattverlusten von 75 bis 85% sollen im Fraßjahr nach Abschluß der Regenerationsbelaubung im Sommer markiert werden, um sie kurz vor Laubfall im Oktober nochmals gezielt auf ihren Belaubungszustand zu überprüfen und möglicherweise bei Verschlechterung ihrer Gesundheit ebenfalls für den Einschlag vorzusehen.

In den **FRAßFOLGEJAHREN** ohne Insektenfraß sollten stark geschädigte Eichen ab einem Blattverlust von 75% jeweils im Spätsommer und in einem zweiten Durchgang im Herbst vor dem Laubfall ausgezeichnet und wie die im Fraßjahr zum Einschlag gekennzeichneten Bäume behandelt werden. Um dem Prachtkäfer durch Auflichtungen keine verbesserten Lebensbedingungen zu bieten, ist es ratsam innerhalb eines Zeitraumes von etwa fünf auf den Fraß folgenden Jahren in der Nähe geschädigter Eichenbestände auf den Einschlag noch vitaler Bäume im Rahmen regulärer Pflegemaßnahmen zu verzichten.

WALDBAULICHE MAßNAHMEN. Im Bienwald gibt es auf dem überwiegenden Teil der wechselfrischen und hydromorphen Standorte aus vegetations- und standortkundlicher Sicht keinen Anlaß zu einem großflächigen Wechsel von Eichen zu weniger durch Folgeschäden gefährdeten Baumarten. Allerdings sollte in Anbetracht der besonderen Gefahr für Eichen nach Kahlfraß auf kleinstandörtlich ausgesprochen wassergeprägten Standorten künftig auf den künstlichen Anbau von Eichen zugunsten nassetoleranter Sumpfwaldbaumarten oder einer sukzessionalen Entwicklung verzichtet werden. Zudem sind langfristig bei den auf Risiko-standorten stockenden Eichenwäldern, wo kleinstandörtlich möglich, höhere Anteile von Mischbaumarten anzustreben.

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß es möglich ist, anhand einer detaillierten Analyse der Ursachen-Wirkungsbeziehungen Risiken von Massenvermehrungen forstlicher Schadinsekten einzugrenzen. Anhand der umfangreichen Erfahrungen aus der Schwammspinner-Kalamität von 1992 bis 1995 in Rheinland-Pfalz wird die Möglichkeit geboten, gezielter als dies bislang möglich war, Maßnahmen zum Schutz gefährdeter Waldökosysteme zu treffen und dabei einen gegebenenfalls notwendigen Einsatz von Pflanzenschutzmittel im Sinne eines integrierten Pflanzenschutzes auf ein Minimum zu beschränken.

8 Literatur

- ACKERMANN, J. & HARTMANN, G. (1992): Kronenschäden in Eichenbeständen Niedersachsens nach Farbinfrarot-Luftbildern aus den Jahren 1988/89. *Forst und Holz*, 47 Jg., Nr. 15, S. 452-460.
- ALBERT, G. & DELB, H. (1999): Bewertung der Vermögensschäden durch die Schwammspinner-Kalamität 1993/94 im Bienwald. In DELB, H. & BLOCK, J. (Hrsg.): Untersuchungen zur Schwammspinner-Kalamität von 1992 bis 1994 in Rheinland-Pfalz. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Nr. 45/1999, S. 213-221.
- ALBERT, G. & WOMELSDORF, G. (1989): Reinerträge der Hauptwirtschaftsbaumarten in Rheinland-Pfalz, Modellkalkulation 1987. Mitteilungen der Landesforstverwaltung Rheinland Pfalz Nr. 7/1989, 52 S.
- ALTENKIRCH, W. (1992): Überwachung und Prognose der Eichenwickler-Schadgesellschaft in Nordwestdeutschland. *Forst und Holz*, 47. Jg., Nr. 3, S. 57-60.
- ARBEITSGEMEINSCHAFT DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN-WALDSCHÄDEN (1995): Arbeitsanweisung zur Kronenansprache auf Dauerbeobachtungsflächen, 27 S., unveröffentlicht.
- ARBEITSKREIS FORSTLICHE LANDESPFLEGE (1987): Biotop-Pflege im Wald - Ein Leitfaden für die forstliche Praxis -. 3. Auflage, Kilda-Verlag Greven, 230 S.
- BAKER, W. L. (1941): Effects of gypsy moth defoliation on certain trees. *Journal of Forestry* 39, pp. 1017-1022.
- BALCAR, P. (1997): Untersuchungen an Naturwaldreservaten im Bienwald. In KÖHLER, J. & HAHN, H. J. (Hrsg.): Der Bienwald - Bedeutung, Gefährdung, Entwicklung -, BUND Rheinland-Pfalz e.V. Mainz, S. 27-41.
- BALCAR, P. (1998): Artenreinheitsuntersuchung von Trauben- und Stieleichen in einer schwammspinnergeschädigten Dickung des Forstamtes Hagenbach, Windheimer Schläge. Interner Kurzbericht der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Abteilung Forstliche Ökologie und Forstpflanzenerzeugung, 2 S., unveröffentlicht.
- BARANCHIKOV, Y. N., NIKITENKO, G. N. & MONTGOMERY, M. E. (1998): Russian and Ukrainian literature on the gypsy moth: an annotated bibliography. Gen. Tech. Rep. NE-253. Radnor, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station, 166 p.
- BARK, H. (1988): Erläuterungsbericht zur Standortskartierung im Forstamtsbezirk Schaidt. Bezirksregierung Rheinhessen-Pfalz, Forstdirektion Neustadt an der Weinstraße, 390 S., unveröffentlicht.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (LWF) (Hrsg.) (1996): Wald und Klimaveränderung. LWFaktuell, Oktober 1996, 26 S.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (LWF) (1997a): Prachtkäfer an Eiche. Unterlagen zum Fachgespräch am 27.11.1997 an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft in Freising, 7 S., unveröffentlicht.

- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (LWF) (1997b): Zweipunktiger Eichenprachtkäfer. Merkblatt Nr. 2, Dezember 1997, 2 S.
- BENSE, U. & SCHOTT, C. (1995): Zum bisher bekannten Vorkommen des Borkenkäfers *Xyleborus peregrinus* Eggers 1944 in Baden-Württemberg und im Elsaß (Coleoptera, Scolytidae). Mitteilungen des entomologischen Vereins Stuttgart 30, S. 55-60.
- BILL, R. & FRITSCH, D. (1991): Grundlagen der Geo-Informationssysteme, Band 1: Hardware, Software und Daten. Wichmann-Verlag Karlsruhe, 385 S.
- BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (1991): Richtlinien für die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln aus Luftfahrzeugen. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA), 2. Auflage, 12 S.
- BLACEK, R., GULDER, H.-J., FEEMERS, M. & MASCHNING E. (1996): Klimaveränderung und Waldschutz. In BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (LWF)(Hrsg.)(1996): Wald und Klimaveränderung. LWFaktuell, Oktober 1996, S. 17-19.
- BLANK, R. (1997): Ringporigkeit des Holzes und häufige Entlaubung durch Insekten als spezifische Risikofaktoren der Eichen. *Forst und Holz*, 52. Jg., Nr. 9, S. 235-242.
- BLANK, R., HARTMANN, G., HUBRIG, M. & SEEMANN, D. (1995): Untersuchung zur Vitalität der Feinwurzeln 100-jähriger Stieleichen nach Schwammspinnerfraß 1993/94 im Forstamt Bruchsal. Interner Bericht, 2 S., unveröffentlicht.
- BLASCHKE, H. & JUNG, T. (1996): Symptome und Nachweis eines Phytophthora-Befalls an Eichen. In WULF, A. & KEHR, R. (Hrsg.): Eichensterben in Deutschland. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin Dahlem, Heft 318, S. 61-78.
- BLOCK, J., DELB, H., HARTMANN, G., SEEMANN, D. & SCHRÖCK, H.-W. (1995): Schwere Folgeschäden nach Kahlfraß durch Schwammspinner im Bienwald. *Allgemeine Forst Zeitschrift/Der Wald*, 50. Jg., Nr. 23, S. 1278-1281.
- BLOCK, J., FISCHER, H. & WIRTH, P. (1997): Die Holzqualität absterbender und abgestorbener Stieleichen. *Holz-Zentralblatt*, 123. Jg., Nr. 37/38, S. 563-564.
- BLOCK, J., FISCHER, H. & WIRTH, P. (1999): Entwicklung der Holzqualität nach Schwammspinnerfraß absterbender und abgestorbener Eichen. In DELB, H. & BLOCK, J. (Hrsg.): Untersuchungen zur Schwammspinner-Kalamität von 1992 bis 1994 in Rheinland-Pfalz. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Nr. 45/1999, S. 200-212.
- BOGENSCHÜTZ, H. & KAMMERER, M. (1995): Untersuchungen zum Massenwechsel des Schwammspinners, *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera, Lymantriidae), in Baden-Württemberg. In: Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie, Band 10, Heft 1-6, S. 113-117.
- BOGENSCHÜTZ, H. (1998): Sexuallockstoffe zur Überwachung von forstschädlichen Schmetterlingen. *Allgemeine Forst Zeitschrift/Der Wald*, 53. Jg., Nr. 12, S. 438-442.

- BORGMANN, W. & FUNK, G. (1930): Schutz gegen Menschen, Pflanzen, atmosphärische Einflüsse und Flugsand. In HEB-BECK: Forstschutz. Verlag J. Neumann Neudamm, 5. Auflage, S. 481.
- BRASIER, C. M. & SCOTT, J. K. (1994): European oak declines and global warming: a theoretical assessment with special reference to the activity of *Phytophthora cinnamomi*. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 24, pp. 221-232.
- BRAUN, H. J. (1982): Lehrbuch der Forstbotanik. Gustav Fischer Verlag Stuttgart-New York, 257 S.
- BRAUN, A. (1993): Untersuchungen zum Käfer- und Holzwespenbefall an Stieleichen aus zwei Forstbezirken der Oberrheinischen Tiefebene (Forstamt Emmendingen, Forstamt Kehl) im Zusammenhang mit dem Ursachenkomplex des Eichensterbens. Interner Bericht der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg im Breisgau, 81 S., unveröffentlicht.
- BRAUNS, A. (1991): Taschenbuch der Waldinsekten. Gustav Fischer Verlag Stuttgart Jena, 860 S.
- BRAUN, A. & SEEMANN, D. (1995): Käfer- und Holzwespenfunde (Coleoptera et Hymenoptera: Siricidae) an Stieleichen und ihr Bezug zum Eichensterben. Mitteilung bad. Landesver. Naturkunde und Naturschutz, N.F. 16, 2, S. 377-387.
- BRECHTEL, F. & ZWECKER, N. (1999): Forstlich relevante Insekten (Käfer, Holzwespen) in vitalen, geschädigten und aktuell abgestorbenen Eichen des Bienwaldes (Rheinland-Pfalz) (*Coleoptera, Siricidae*) - Ein Beitrag zur Risikoabschätzung von Schwammspinnerfolgeschäden. In DELB, H. & BLOCK, J. (Hrsg.): Untersuchungen zur Schwammspinner-Kalamität von 1992 bis 1994 in Rheinland-Pfalz. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Nr. 45/1999, S. 176-199.
- BREDA, N. & GRANIER, A. (1996): Intra- and interannual variations of transpiration, leaf area index and radial growth of sessile oak stand (*Quercus petraea*). Annales des sciences forestières (Ann Sci For) 53, pp. 521-536.
- BUB, M., CHRISTMANN, V. & MEYER, K. (1998): Waldfunktionenplan Bienwald. Mitteilungen der Landesforstverwaltung Rheinland Pfalz Nr. 14/1998, 83 S.
- BURSCHEL, P. & HUSS, J. (1987): Grundriß des Waldbaus - Ein Leitfaden für Studium und Praxis -. Verlag Paul Parey Hamburg und Berlin, 352 S.
- BUTIN, H. (1983): Krankheiten der Wald- und Parkbäume. Georg Thieme Verlag Stuttgart-New York, 172 S.
- CAMPBELL, R. W. & SLOAN, R. J. (1977): Forest stand responses to defoliation by gypsy moth outbreaks. Forest Science Monograph. 19, 34 p.

- CRAMER, H. H. (1961): Möglichkeiten der Forstschädlingsprognose mit Hilfe meteorologischer Daten. In MANTEL, K. (Hrsg.): Forstwissenschaft im Dienste der Praxis, Schriftenreihe der Forstlichen Abteilung der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br., Band 1, BLV Verlagsgesellschaft München-Basel-Wien, S. 238-245.
- DAVIDSON, C. B., GOTTSCHALK, K. W. & JOHNSON, J. E. (1999): Tree mortality following defoliation by the european gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) in the United States: a review. *Forest Science* 45 (1), pp. 74-84.
- DELB, H. (1996): Untersuchung der Folgeschäden nach Fraß durch Schwammspinner (*Lymantria dispar* L.) im Bienwald 1993/94 - Konzept und erste Ergebnisse. In WULF, A. & BERENDES, K.H. (Bearbeiter): Massenvermehrungen von Forstschmetterlingen. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 322, S. 52-64.
- DELB, H. (1998): Schwammspinner-Folgeschäden in Rheinland-Pfalz. Abschlußbericht zum Projekt „Schwammspinner-Folgeschäden“, Forstamt Hagenbach und Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, 158 S. und Anhang, unveröffentlicht.
- DELB, H. (1999): Die Schwammspinner-Massenvermehrung 1993 und 1994 im Bienwald und ihre Folgen für Naturwaldreservate. In WULF, A. & BERENDES, K.H. (Bearbeiter): Forstschutzprobleme in Nationalparks und Naturschutzgebieten. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 362, S. 40-46.
- DELB, H. & BLOCK, J. (Hrsg.) (1999): Untersuchungen zur Schwammspinner-Kalamität von 1992 bis 1994 in Rheinland-Pfalz. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Nr. 45/99, 246 S.
- DELB, H. & WULF, A. (1998a): Late oak mortality caused by gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) in the Bienwald district, Germany. Proceedings of a Workshop of the IUFRO Working Party 7.02.06: Disease/Environment Interactions in Forest Decline. Vienna, Austria, March 16-21, 1998, pp. 35-42.
- DELB, H. & WULF, A. (1998b): Folgerungen aus den Massenvermehrungen von Forstschadinsekten am Beispiel des Schwammspinners in Rheinland-Pfalz. In LAUX, W. (Bearbeiter): 51. Deutsche Pflanzenschutztagung in Halle/Saale 5. - 8. Oktober 1998. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 357, S. 297-298.
- DESHAYES, M. & STACH, N. (1998): Utilisation des images satellitales pour l'observation des Dèfoliation dues au bombyx disparate en Forêt de Haguenau. Les Cahiers du Departement de la Santé des Forest (DSF), 1-1998 (La Santé des Forêts [France] en 1997), pp. 87-89.
- DOANE, C. & MCMANUS, M. (eds.) (1981): The Gypsy Moth: Research towards integrated pest management. United States Department of Agriculture (USDA), Forest Service, Techn. Bull. 1584, pp. 217-297.
- DONITÁ, N., ALEXE, A. & TOADER, T. (1993): Forstökologische Untersuchungen über die Eichenerkrankungen in Rumänien. In: Zustand und Gefährdung der Laubwälder, Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bayerische Akademie der Wissenschaften, Band 5, Verlag Dr. Friedrich Pfeil München: S. 91-96.

- DREYER, E. (1994): Compared sensitivity of seedlings from 3 woody species (*Quercus robur* L., *Quercus rubra* L., *Fagus sylvatica* L.) to water-logging and associated root hypoxia: effects on water relations and photosynthesis. *Annales des sciences forestières (Ann Sci For)* 51, pp. 417-429.
- DUPOUEY, J.-L., BREDAS, N., GÈRÈMIA, F. & BEHR, P. (1998): Confirmation du rôle important des facteurs prédisposants lors du dépèrissement des chênes en Forêt de Haguenau par une étude dendrochronologique. *Les Cahiers du Département de la Santé des Forest (DSF)*, 1-1998 (La Santé des Forêts [France] en 1997), pp. 85-87.
- EBERT, G. (Hrsg.) (1994): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Band 4: Nachfalter II, Ulmer Verlag, 535 S.
- ESCHERICH, K. (1923): Forstinsekten Mitteleuropas, 2. Band. Verlagsbuchhandlung Paul Parey, S. 145-150.
- FALCK, R. (1918): Eichenerkrankung in der Oberförsterei Lödderlitz und in Westfalen. *Zeitschrift für das Forst- und Jagdwesen*, 50, S. 123-132.
- FEICHT, E. (1997): Zum Anflugverhalten von Kieferneule (*Panolis flammea* SCHIFF.), Nonne (*Lymantria monacha* L.), Schwammspinner (*Lymantria dispar* L.) und Kleiner Frostspanner (*Operophtera brumata* L.) an Pheromonfallen unter Berücksichtigung von Witterungsbedingungen. Dissertation Universität München, Forstwissenschaftliche Fakultät, 184 S.
- FISCHER, H., BLOCK, J., JOCHUM, M., WIRTH, P. & DELB, H. (1996): Untersuchungen zur Entwicklung der Holzqualität absterbender und abgestorbener Stieleichen. Interner Forschungsbericht der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, 19 S. und Anhang, unveröffentlicht.
- FLEDER, W. (1993): Waldbauliche Aspekte im Zusammenhang mit Kalamitäten durch freifressende Schmetterlingsraupen im Forst. In WULF, A. & BERENDES, K.-H. (Bearbeiter): Schwammspinner-Kalamität im Forst. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin Dahlem, Heft 293, S. 82-93.
- FORSTER, R., KAMPMANN, T. & KULA, C. (1993): Gefährdungsabschätzung für eine Schwammspinnerbekämpfung mit chemischen und biologischen Mitteln in den Prüfbereichen Bodenfauna, Honigbiene und Nutzorganismen. In WULF, A. & BERENDES, K.-H. (Bearbeiter): Schwammspinner-Kalamität im Forst. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin Dahlem, Heft 293, S. 203-216.
- FORSTLICHE VERSUCHSANSTALT RHEINLAND-PFALZ (1989): Schadansprache der Kiefer aller Altersklassen. Merkblatt der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Abteilung Waldschutz, 4 S., unveröffentlicht.
- FRATZIAN, A. (1973): Zuwachs und Lebensfähigkeit von Eichenbeständen nach Fraß des Schwammspinners, *Lymantria dispar* L., in Rumänien. *Anzeiger für Schädlingskunde* 46, S. 122-125.
- FRAUDE, H.-J. (1987): Zur Anzahl der Nadeljahrgänge der Waldkiefer. *Der Forst- und Holzwirt*, 42. Jg., Nr. 15, S. 415-417.

- GAERTIG, T., VON WILPERT, K & SCHACK-KIRCHNER, H. (1999): Bodenbelüftung als Steuergröße des Feinwurzelwachstums in Eichenbeständen. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 170. Jg., Heft 5/6, S. 81-87.
- GARSAULT, J.-F. (1997): Des dépérissements aigus de chénaies pédonculées dans le centre-ouest. Les Cahiers du Département de la Santé des Forest (DSF), 1-1997 (La Santé des Forêts [France] en 1996), pp. 31-33.
- GARSAULT, J.-F., HETT, P. & DE VILLEBONNE, D. (1997): Le bombyx disparate *Lymantria dispar* L.: Retour sur la gradation 1991-1994. Les Cahiers du Département de la Santé des Forest (DSF), 1-1997 (La Santé des Forêts [France] en 1996), pp. 34-36.
- GASOW, H. (1925): Der grüne Eichenwickler (*Tortrix viridana* L.) als Forstschädling. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, 12. Band, Heft 6, S. 355-508.
- GELDREICH, P. (1998): Informationen zur Entwicklung der Schwammspinner-Folgeschäden im Hagenauer Forst. Schriftliche Mitteilung des Office National des Forêts (ONF), Division de Haguenau, 30. März 1998, 1 S., unveröffentlicht.
- GELDREICH, P. & TOMASSIN, J.-P. (1995): Des mortalités importantes de chênes autochtones suite à des défoliations de bombyx disparate en forêt indivise de Haguenau. Rapport interne, Office National des Forêts (ONF), 12 p., unveröffentlicht.
- GOSSENHAUER-MAROHN, H. (1998): Waldschutzsituation 1997/98 in Hessen. *Allgemeine Forst Zeitschrift/Der Wald*, 53. Jg., Nr. 7, S. 350-353.
- GOTTSCHALK, K. W. (1993): Silvicultural guidelines for forest stands threatened by the gypsy moth. Gen. Tech. Rep. NE-171. Radnor, PA: U.S. Department of Agriculture (USDA), Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 49 p.
- GOTTSCHALK, K. W., COLBERT, J. J. & FEICHT, D. L. (1998): Tree mortality risk of oak due to gypsy moth. *Eur. J. For. Path.* 28 (1998), pp. 121-132.
- HAILER, N. (1954): Erläuterungsbericht zur pflanzensoziologischen Standortserkundung im Bienwald. Regierungsforstamt Neustadt a.d. Weinstraße, 22 S., unveröffentlicht.
- HAILER, N. (1955a): Pflanzensoziologische Karte, Forstamt Schaidt, Betriebsverband Schaidt. Herausgegeben vom Regierungsforstamt Neustadt a.d. Weinstraße, unveröffentlicht.
- HAILER, N. (1955b): Pflanzensoziologische Karte, Forstamt Neulauterburg, Betriebsverband Neulauterburg. Herausgegeben vom Regierungsforstamt Neustadt a.d. Weinstraße, unveröffentlicht.
- HANSEN, J. (1999): Radialzuwachsverlauf und Gefäßstruktur der Jahrringe von Eichen in ausgewählten Beständen des Bienwaldes im Rahmen der Schwammspinner-Kalamität 1993/94. In DELB, H. & BLOCK, J. (Hrsg.): Untersuchungen zur Schwammspinner-Kalamität von 1992 bis 1994 in Rheinland-Pfalz. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Nr. 45/1999, S. 151-175.

- HARTMANN, G. (1996): Ursachenanalyse des Eichensterbens in Deutschland - Versuch einer Synthese bisheriger Befunde. In WULF, A. & KEHR, R. (Bearbeiter): Eichensterben in Deutschland. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin Dahlem, Heft 318, S. 125-151.
- HARTMANN, G. & BLANK, R. (1992): Winterfrost, Kahlfraß und Prachtkäferbefall als Faktoren im Ursachenkomplex des Eichensterbens in Norddeutschland. *Forst und Holz*, 47. Jg., Nr. 15, S. 443-452.
- HARTMANN, G. & BLANK, R. (1998): Aktuelles Eichensterben in Niedersachsen – Ursachen und Gegenmaßnahmen. *Forst und Holz*, 53. Jg., Nr. 24, S. 733-735.
- HARTMANN, G. & KONTZOG, H.-G. (1994): Beurteilung des Gesundheitszustandes von Alteen in vom Eichensterben geschädigten Beständen. *Forst und Holz*, 49. Jg., Nr. 8, S. 216-217.
- HARTMANN, G., BLANK, R. & LEWARK, S. (1989): Eichensterben in Norddeutschland: Verbreitung, Schadbilder, mögliche Ursachen. *Forst und Holz*, 44. Jg., Nr. 18, S. 475-487.
- HECKE, L. (1910): Der Eichenmehltau. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*, 36. Jg., S. 60-63.
- HEIDINGSFELD, N. (1993): Neue Konzepte zum Luftbildeinsatz für großräumig permanente Waldzustandserhebungen und zur bestandesbezogenen Kartierung flächenhafter Waldschäden. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Nr. 23/93, 165 S.
- HESSISCHE LANDESANSTALT FÜR FORSTEINRICHTUNG, WALDFORSCHUNG UND WALDÖKOLOGIE (1996): Schwammspinner-Massenvermehrung in Südhessen 1994, Autorenkollektiv. Forschungsbericht, Band 21, 371 S.
- HESSISCHE LANDESANSTALT FÜR FORSTEINRICHTUNG, WALDFORSCHUNG UND WALDÖKOLOGIE (1998): Jahresberichte 1996/1997, Teil B: Arbeitsberichte für die Jahre 1996/1997, Abteilung Waldschutz, S. 111.
- HETT, P. (1989): Methodologie D'approche des Déperissements, Diagnostic racinaire d'après C. DELATOUR. Département de la Sante des Forest (DSF) du nord-est. Internes Merkblatt des DSF, 4 S.
- HILDEBRANDT, G. (Hrsg.) (1992): Anwendungen der Fernerkundung zur Beurteilung des Gesundheitszustandes der Wälder. Handbuch der Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Generaldirektorat für Landwirtschaft. Walphot S.A., 113 S.
- HILDEBRANDT, G. (1996): Fernerkundung und Luftbildmessung für Forstwirtschaft, Vegetationskartierung und Landschaftsökologie. Wichmann Verlag Heidelberg, 676 S.
- HILDEBRANDT, G., BAUMGARTEN, R., KADRO, A., KIENZLE, P., KUNTZ, S. & SCHNEIDER, H. (1989): Untersuchung zur Methodik großräumiger Waldschadensinventuren und der Beobachtung der Schadensentwicklung durch Fernerkundung und kombinierter Feldfernerkundungsverfahren. In: Untersuchung und Kartierung von Waldschäden mit Methoden der Fernerkundung. DLR-Abschlußdokumentation, Teil A, Oberpfaffenhofen, S. 121-141.

- HOUSTON, D. R. (1981): Effects of defoliation on trees and stands. In DOANE, C. & MCMANUS, M. (eds.): The Gypsy Moth: Research towards integrated pest management, United States Department of Agriculture (USDA), Forest Service, Techn. Bull. 1584, pp. 217-219.
- HUBER, B. (1935): Die physiologische Bedeutung der Ring- und Zerstreutporigkeit. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesell. 53, S. 711-719.
- HUSS, J. (Hrsg.) (1984): Luftbildmessung und Fernerkundung. Herbert Wichmann Verlag Karlsruhe, 406 S.
- JAHN, E. & SINREICH, A. (1957): Beobachtungen zum Auftreten des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.) des Goldafters (*Euproctis chrysorrhoea* L.) und des grünen Eichenwicklers (*Tortrix viridana* L.) in Niederösterreich und im Burgenland in den Jahren 1952 bis 1956. *Anzeiger für Schädlingskunde*, 30. Jg., Heft 9, S. 139-146.
- JAKOBS, J. (1986): Schwammspinner-Kalamität 1985 im Forstbezirk Kehl. Referendarsarbeit Forstamt Kehl, 81 S., unveröffentlicht.
- JONES, P. D. & WIGLEY, T. (1990): Die Erwärmung der Erde seit 1850. *Spektrum der Wissenschaften*, Oktober 1990, S. 108-116.
- JUNG, T. (1996): Untersuchung von Bodenproben und Eichenwurzelproben aus dem Bienwald 1995 und 1996. Gutachten des Lehrstuhls für Forstbotanik, Universität München, 2 S., ergänzt durch mündliche Mitteilungen 1998, unveröffentlicht.
- JUNG, T., BLASCHKE, H., LANG, K. J. & OBWALD, W. (1996a): Phytophthora-Wurzelfäule der Stiel- und Traubeneiche. *Allgemeine Forst Zeitschrift/Der Wald*, 51. Jg., Nr. 26, S. 1470-1474.
- JUNG, T., BLASCHKE, H. & NEUMANN, P. (1996b): Isolation, identifikation and pathogenicity of *Phytophthora* species from declining oak stands. *Eur. J. For. Path.* 26 (1996), pp. 253-272.
- KEGG, J. D. (1971): The impact of gypsy moth: Repeated defoliation of oak in New Jersey. *Journal of Forestry* 69, 1971, pp. 852-854.
- KEGG, J. D. (1973): Oak mortality caused by repeated gypsy moth defoliation of oak in New Jersey. *Journal of Economic Entomology* 66, 1973, pp. 639-641.
- KEHR, R. D. & WULF, A. (1993): Fungi associated with above-ground portions of declining oaks (*Quercus robur*) in Germany. *Eur. J. For. Path.* 23 (1993), pp. 639-641.
- KLEIN, H. (1994): Der Schwammspinner - Forstschädling oder Bioindikator? -. In Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland (BUND) e.V. Bonn (Hrsg.): BUNDkommentare, 28 S.
- KLIMETZEK, D. & SCHÖNHERR, J. (1978): Unterschiede im Anflugverhalten von *Lymantria monacha* L. und *L. dispar* L. an razemisches Disparlur. *Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz* 51, S. 23-29.
- KOLMET, C. (1993): Schwammspinnerbekämpfung im Frühjahr 1994? - Risiken und Folgen. Landesgeschäftsstelle der GNOR, Bachgasse 4, 56373 Nassau (Hrsg.): GNOR aktuell, Nr. 2, 13 S.

- KONTZOG, H.-G. (1998)(Bearbeiter): Überwachungs-, Melde- und Prognoseverfahren zum Eichenwickler (*Tortrix viridana*) und Frostspanner (*Erannis defoliaria*, *Operophtera brumata und fagata*). In BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (BML): Arbeitsmaterial der BML-Arbeitsgruppe Waldschutz zu Überwachungs-, Melde- und Prognoseverfahren ausgewählter Schadorganismen des Waldes, S. 20-27.
- 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 (1991), pp. 136-151.
- KRAFT, G. (1884): Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben. Hannover.
- KRAUS, M. (1998): Eichenschwertwespe, *Xiphydria longicollis*. Waldschutzblätter, *Allgemeine Forst Zeitschrift/Der Wald*, 53. Jg., Nr. 20, S. 1265.
- KREHAN, H. (1994): Schwammspinner-Bekämpfung: Ist sie in Österreich möglich, ist sie notwendig? Forstschutz-Aktuell, Wien, Nr. 15, S. 13.
- LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1972): Forsteinrichtungs-Anweisung für den Staats- und Körperschaftswald in Rheinland-Pfalz (FA 72). 23 S. und Anlagen.
- LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1983): Waldbaurichtlinien für die Wälder von Rheinland-Pfalz, 2. Teil: Bereich der Forstdirektion Rheinhessen-Pfalz.
- LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1993): Handbuch zum EDV-Programmpaket: Forsteinrichtung im Dialog (FERDI), 89 S.
- LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1996): Anweisung für die Standortserkundung und -kartierung im Staats- und Körperschaftswald von Rheinland-Pfalz (A.Sta.96), 13 S. und Anlagen.
- LANDMANN, G., BECKER, M., DELATOUR, C., DREYER, E. & DUPOUEY, J.-L. (1993): Oak dieback in France: historical and recent records, possible causes, current investigations. In: Zustand und Gefährdung der Laubwälder, Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bayerische Akademie der Wissenschaften, Band 5, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München: S. 97-114.
- LANGHOFFER, A. (1926): Der Schwammspinner und das Eingehen unserer Eichenwälder. *Ann. pro Experimentis Foresticis* 1, S. 228-233 (in kroatisch mit deutscher Zusammenfassung).
- LEHMANN, M. (1998): Reaktion von Gehölzen auf sommerliche Überflutung. In LAUX, W. (Bearbeiter): 51. Deutsche Pflanzenschutztagung in Halle/Saale 5.-8. Oktober. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 357, S. 305.
- LEVY, G., LEFEVRE, Y., BECKER, M., FROCHOT, H., PICARD, J.-F. & WAGNER, P.A. (1999): Les excès d'eau: influence sur la croissance des chênes. *Revue Forestière française* 2-1999, pp. 151-161.

- LIEBHOLD, A. M., ELMES, G. A., HALVERSON, J. A. & QUIMBY, J. (1994): Landscape characterization of forest susceptibility to Gypsy Moth defoliation. *Forest Science*, Vol. 40, No. 1, pp. 18-29.
- LIEBHOLD, A. M., LUZANDER, E., REARDON, R., BULLARD, A., ROBERTS, A., RAVLIN, W., DELOST, S. & SPEARS, B. (1996): Use of a Geographic Information System to evaluate regional treatment effects in a Gypsy Moth (Lepidoptera: Lymantriidae) Management Programm. *Journal of Economic Entomology*, Vol. 89, No. 5, pp. 1192-1203.
- LOBINGER, G. & SKATULLA, U. (1996): Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Insektenbefall, Witterungsfaktoren und Eichenschäden in Unterfranken. In WULF, A. & BERENDES, K.-H. (Bearbeiter): Massenvermehrungen von Forstschmetterlingen. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin Dahlem, Heft 322, S. 14-24.
- LOBINGER, G. (1997): Untersuchungen zur Entwicklung der Eichenschäden in Unter- und Mittelfranken. Unterlagen zum Fachgespräch "Prachtkäfer an Eiche" am 27.11.1997 an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft in Freising, 7 S., unveröffentlicht.
- LOBINGER, G. (1999): Zusammenhänge zwischen Insektenfraß, Witterungsfaktoren und Eichenschäden. Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Nummer 19, 89 S.
- MASCHNING, E. (1996): Zur Situation der Eichenschäden in Bayern. In WULF, A. & KEHR, R. (Hrsg.): Eichensterben in Deutschland. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin Dahlem, Heft 318, S. 32-36.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN (1994): Schwammspinner-Massenvermehrung 1994. *Der Waldbesitzer*, Mitteilungsblatt des Waldbesitzerverbandes Rheinland-Pfalz e.V., 45. Jg., Heft 1, S. 10-11.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN (1995): Waldschäden durch Schwammspinner - Der Bienwald. *Unser Wald*, Zeitschrift der Schutzgemeinschaft Deutscher Wald, 47. Jg., Nr. 5, S. 19.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN (1997): Waldzustandsbericht 1997: Schadumfang - Ursachen - Maßnahmen, 63 S.
- MINOTT, C. W. & GUILD, I. T. (1925): Some results of the defoliation of trees. *Journal of Economic Entomology* 18, pp. 345-348.
- MÜHLMANN, H. (1954): Buprestidae, Prachtkäfer, Flatheaded Borer. In: Handbuch der Pflanzenkrankheiten (Begr. Sorauer). 2. Band., 2. Teil, Berlin-Hamburg, 5. Aufl., S. 62-88.
- NAGELEISEN, L.-M. (1997): Dèpèrissement du chène dans la vallée du Rhin. Niederschrift des Département de la Santé des Forêts (DSF) zum deutsch-französischen Expertentreffen, Thema: Schwammspinner-Folgeschäden im Bienwald und Hagenauer Forst, 4. und 5. Juli 1996, 6 S., unveröffentlicht.

- NAGELEISEN, L.-M., GELDREICH, P. & THOMASSIN, J.-P. (1996): Des mortalités soudaines et importantes de chênes en Alsace du nord: impact du Bombyx disparate sur des peuplements affaiblis? Les Cahiers du Departement de la Santé des Forest (DSF), 1-1996 (La Santé des Forêts [France] en 1995), pp. 24-26.
- NÄSSIG, W. A. & ZUB, P. (1994): Die Schwammspinnergradation 1991-1993 im Raum Frankfurt am Main: Erste Kommentare (Lepidoptera, Lymantriidae). *Nachrichten des entomologischen Vereins Apollo*, Frankfurt/Main, N.F. 14 (4): S. 301-324.
- NAUMENKO, I. M. (1946): Oak decline in the Voronezh reserve and forestry of the Voronezh province. Transaction of Voronezh reserve, No. 3, pp. 6-33 (in russisch, Titelübersetzung und kurze Zusammenfassung in englischer Sprache von SELOCHNIK, N. N., Forest Science Institute, 143030 Uspenskoye, Moskow region, schriftl. Mitt. 1998).
- NECHLEBA, A. (1926): Der Schwammspinner und das Eingehen der kroato-slawonischen Fichtenwäldungen. *Anzeiger für Schädlingskunde*, Heft 10, S. 135-136.
- NIEDERSÄCHSISCHE FORSTLICHE VERSUCHSANSTALT (1998): Aktuelle Eichenschäden („Eichensterben“) - Behandlungsempfehlung 1998/99. Praxisinformation 8/98 der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt Göttingen - Abt. B Waldschutz, bebildertes Merkblatt, 4 S.
- NIERHAUS-WUNDERWALD, D. (1994): Die Hallimisch-Arten - Biologie und vorbeugende Maßnahmen -. *Wald und Holz*, 75. Jg., Nr. 7, S. 8-14.
- NIKODEM, OFR. (1913): Beschädigungen durch Eichenmehltau. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*, 39. Jg., S. 438-440.
- NISKALA, G. R. & KUCERA, D. R. (1988): Selling Gypsy-Moth-Killed Oak Timber. Pamphlet of the United States Department of Agriculture (USDA), Forest Service, Northeastern Area, NA-FB/U-11-1988, 8 p.
- OOSTERBAAN, A. (1990): Investigations on oak decline in the Netherlands (1986-1990). In SIWECKI, R. & LIESE, W. (eds.): Oak decline in Europe. Proceedings of the International Symposium in Kórnik, Poland, May 15-18, 1990, Poznan, pp. 61-67.
- OOSTERBAAN, A. & NABUURS, G. J. (1991): Relationships between oak decline and groundwater class in the Netherlands. *Plant and Soil* 136, pp. 87-93.
- PIPER, R. (1994): Auswirkungen des Schwammspinnerfraßes von 1984 und 1985 auf den Radial- und Höhenzuwachs bei Stieleichen. Diplomarbeit am Institut für Waldwachstum der Universität Freiburg, 81 S., unveröffentlicht.
- PIPER, R. (1998): Auswirkungen eines Schwammspinnerkahlfraßes auf den Radialzuwachs bei Stieleichen. *Allgemeine Forst Zeitschrift/Der Wald*, 53. Jg., Nr. 2, S. 54-55.
- PRPIC, B. & RAUS, D. (1987): Stieleichensterben in Kroatien im Licht ökologischer und vegetationskundlicher Untersuchungen. *Österreichische Forstzeitung*, 98. Jg., Nr. 3, S. 55-57.
- RAPP, J. & SCHÖNWIESE, C. D. (1995): Trendanalyse der räumlich-jahreszeitlichen Niederschlags- und Temperaturstruktur in Deutschland 1891-1990 und 1961-1990. *Ann. Meteor.* 31: S. 33-34.

- RATHING, D. (1987): Erläuterungsbericht zur Standortkartierung im Forstamtsbezirk Hagenbach. Bezirksregierung Rheinhessen-Pfalz, Forstdirektion Neustadt an der Weinstraße, 590 S., unveröffentlicht.
- RATHING, D. (1996): Detaillierte forstliche Standortkartierung der Stieleichen-Dauerbeobachtungsfläche Level-II Nr. 04/0706 der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz im Bienwald, Abteilung Obere Kahlache-Ost. Interner Ergebnisbericht, 7 S. und Anhang, unveröffentlicht.
- RIEBELING, R. (1996): Waldwachstumskundliche Begleituntersuchungen zur Schwammspinnerkalamität in der Rheinebene - Ein erster Zwischenbericht. In HESSISCHE LANDESANSTALT FÜR FORSTEINRICHTUNG, WALDFORSCHUNG UND WALDÖKOLOGIE: Schwammspinner-Massenvermehrung in Südhessen 1994, Band 21, S. 353-367.
- ROEDER, A. (1991): Zum Risikomanagement in Forstbetrieben. *Forst und Holz*, 46. Jg., Nr. 19, S. 533-535.
- ROESLER, R.-U. (Hrsg.) (1982): Das Landschaftsschutzgebiet Bienwald in der Südpfalz. POLLICHIA-Buch Nr. 3, Selbstverlag der POLLICHIA Bad Dürkheim, 351 S.
- ROLOFF, A. (1989): Entwicklung und Flexibilität der Baumkrone und ihre Bedeutung als Vitalitätsweiser, Teil I und Teil II. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 140. Jg., Nr. 9 und 11, S. 775-789 und S. 943-963.
- ROLOFF, A. & KLUGMANN, K. (1998): Ursachen und Dynamik von Eichen-Zweigabsprüngen. *Allgemeine Forst Zeitschrift/Der Wald*, 53. Jg., Nr. 4, S. 202-207.
- ROMMEL, M. & NAB, B. (1995): Bestimmung der Wurzelrockenmassen auf rheinland-pfälzischen Dauerbeobachtungsflächen 1994. Zwischenbericht zum Forschungsauftrag der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, 14 S., unveröffentlicht.
- ROOS, H. (1993): Bekämpfung von Schadraupen im Forst - Eigenschaften, Wirkung und Anwendung zugelassener Mittel -. In WULF, A. & BERENDES, K.-H. (Bearbeiter): Schwammspinner-Kalamität im Forst. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin Dahlem, Heft 293, S. 154-160.
- RÖSEL, K. & REUTHER, M. (1997): Eichenschäden in den Donauländern. *Allgemeine Forst Zeitschrift/Der Wald*, 52. Jg., Nr. 2, S. 88-91.
- ROTH, R. (1989): Die Massenvermehrung des Schwammspinners und ihre Folgeschäden im Stadtwald Offenburg 1984-1988. Diplomarbeit am Forstzoologischen Institut der Universität Freiburg, 61 S., unveröffentlicht.
- RUF, A. & RÖMBKE, J. (1996): Erste Ergebnisse einer Untersuchung zur Wirkung von Dimilin und *B.t.k.* auf Bodenfauna und Streuabbau. In WULF, A. & BERENDES, K.-H. (Bearbeiter): Massenvermehrungen von Forstschmetterlingen. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin Dahlem, Heft 322, S. 175-187.
- SAURER, H. (1989): Rasterorientierte Informationssysteme in der Geographie - Konzepte und Erfahrungen bei der Realisierung eines GIS für die Waldschadensforschung. Würzburger Geographische Arbeiten, Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft Würzburg, Heft 74, Würzburg 1989, 114 S.

- SCHANOWSKI, A. & SPÄTH, V. (1994): Der Schwammspinner - Vorbote der Klimaerwärmung? Denkanstöße für ein Langfrist-Konzept zur Erhaltung der Wälder. Naturschutzbund Deutschland (NABU), Landesverband Baden-Württemberg e.V. (Hrsg.), 24 S.
- SCHEDL, K. E. (1936): Der Schwammspinner. Monographien zur angewandten Entomologie, Nr. 12, Parey Verlag Berlin, 242 S.
- SCHLAG, M. (1994): Das europäische "Eichensterben" und seine Ursachen - von einem phytopathologischen Standpunkt aus gesehen. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*, 11. Jg., 4, S. 243-266.
- SCHMIDT, O., FEEMERS, M. & BLASCHKE, M. (1998): Waldschutzsituation 1997/1998 in Bayern. *Allgemeine Forst Zeitschrift/Der Wald*, 53. Jg., Nr. 7, S. 354-358.
- SCHÖNHERR, J. (1974): Buprestidae, Prachtkäfer. In SCHWENKE W. (Hrsg.): Die Forstschädlinge Europas. 2. Band: Käfer, Verlag Paul Parey Hamburg und Berlin, S. 31-55.
- SCHOPF, A. (1987): Vorläufige Ergebnisse entomologischer Untersuchungen an erkrankten Eichen in Niederösterreich. *Österreichische Forstzeitung*, 98. Jg., Nr. 3, S. 62-63.
- SCHOPF, A. (1997): Informationen zu Schwammspinner-Folgeschäden in Österreich. Schriftliche Mitteilung, 8. September 1997, Universität für Bodenkultur Wien - Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz, 3 S., unveröffentlicht.
- SCHRÖCK, H. W. (1994): Kronenzustand auf Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz - Entwicklung und Einflußfaktoren. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz Nr. 28/94, 229 S. und Anhang.
- SCHRÖCK, H. W. (1995): Langzeitbeobachtungen des Kronenzustandes auf Dauerbeobachtungsflächen - Zusammenwirken natürlicher und anthropogener Streßfaktoren. *Allgemeine Forst Zeitschrift/Der Wald*, 50 Jg., Nr. 2, S. 91-94.
- SCHRÖCK, H. W. (1996): Zusammenhang zwischen insektenfraßbedingten Blattverlusten und dem Kronenzustand von Eichenbeständen. In WULF, A. & KEHR, R. (Bearbeiter): Eichensterben in Deutschland. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin Dahlem, Heft 318, S. 48-60.
- SCHRÖCK, H. W. (1999): . Einfluß eines Licht- und Kahlfraßes durch Schwammspinnerraupen (*Lymantria dispar*) auf die Vitalität eines Stieleichenbestandes (*Quercus robur* L.) auf einem hydromorphen Standort im Bienwald. In DELB, H. & BLOCK, J. (Hrsg.): Untersuchungen zur Schwammspinner-Kalamität von 1992 bis 1994 in Rheinland-Pfalz. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Nr. 45/1999, S. 134-150.
- SCHRÖTER, H. & SEEMANN, D. (1996): Schwammspinnergradation 1993/94 in Baden-Württemberg - Prognose und Bekämpfung im Jahr 1994 -. In WULF, A. & BERENDES, K.-H. (Bearbeiter): Massenvermehrungen von Forstschmetterlingen. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin Dahlem, Heft 322, S. 25-40.
- SCHULTE, T. (1995): Auswirkungen des Dimilinesatzes gegen den Schwammspinner (*Lymantria dispar* L.) im Bienwald 1994 auf Heuschrecken (Saltatoria) und Wanzen (Heteroptera). *Fauna Flora Rheinland-Pfalz* 7: Heft 4, S. 1059-1075.

- SCHWENKE, W. (1983): Die Trockenperiode 1971 bis 1976 und ihre Folgen für die phyllophagen Waldschädlinge in Bayern. *Allgemeine Forst Zeitschrift*, 38. Jg., Nr. 28, S. 710-715.
- SCHWENKE, W. (1993): "Schwamm drüber?" - Raupenplage in Franken. Betrachtungen zur gegenwärtigen Vermehrung des Schwammspinners in Süddeutschland. *Nationalpark* 3/93, S. 7-10.
- SCHWENKE, W. (1994): Über die Grundlagen der Entstehung und Begegnung von Insekten-Massenvermehrungen im Wald. *Anzeiger für Schädlingskunde*, Pflanzenschutz - Umweltschutz 67, S. 120-124.
- SCHWENKE, W., SKATULLA, U. & PAUSCH, K.-L. (1982): Erkennen und Bekämpfen wichtiger Forstschädlinge, Insekten - Borkenkäfer - Nagetiere. *Allgemeine Forst Zeitschrift*, 37. Jg., Nr. 15, S. 429-447.
- SCHWERDTFEGER, F. (1981): Die Waldkrankheiten. 4. Auflage, Verlag Paul Parey Hamburg und Berlin, 486 S.
- SEEMANN, D. (1996a): Untersuchungsergebnisse zur Eichenforschung in Baden-Württemberg. In WULF, A. & KEHR, R. (Bearbeiter): Eichensterben in Deutschland. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin Dahlem, Heft 318, S. 37-47.
- SEEMANN, D. (1996b): Biotische Aspekte der Eichenerkrankung. In MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM, ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (Hrsg.): Waldwirtschaft und Waldökologie. Agrarforschung in Baden-Württemberg, Band 26, Ulmer Verlag Stuttgart, S. 137-146.
- SEEMANN, D. (1999a)(Bearbeiter): Die Massenvermehrung des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.) in Baden-Württemberg 1993-1994. Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Heft 13, in Vorbereitung.
- SEEMANN, D. (1999b): Bekämpfung der Schwammspinnerraupen im Bienwald im Frühjahr 1994. In DELB, H. & BLOCK, J. (Hrsg.): Untersuchungen zur Schwammspinner-Kalamität von 1992 bis 1994 in Rheinland-Pfalz. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Nr. 45/1999, S. 27-40.
- SKATULLA, U. (1985): Eichenschädlinge - Schwammspinner (*Lymantria dispar* L.). Waldschutzmerkblatt Nr. 8, Verlag Paul Parey Hamburg und Berlin, 4 S.
- SPETHMANN, W. (1985): Artbestimmung von zugelassenen Eichenbeständen durch Untersuchung von Eichenblättern und Fruchtständen. Interne Arbeitsanweisung der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Abteilung Forstpflanzenzüchtung Escherode, 17 S., unveröffentlicht.
- SPIECKER, H. (1991): Zur Steuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung von Trauben- und Stieleichen (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl. und *Quercus robur* L.). Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Band 72, 155 S.
- STALEY, J. M. (1965): Decline and Mortality of red and scarlet oaks. *Forest Science*, Volume 11, Number 1, pp. 2-17.

- STÖVER, O. (1996): Aufbau eines GIS und Einsatz von Satellitenbilddaten (Landsat TM) zur Erfassung und Analyse einer Schwammspinner-Kalamität im rheinland-pfälzischen Bienenwald. Diplomarbeit im Fachbereich Geographie/Geowissenschaften, Abteilung Fernerkundung der Universität Trier, 103 S. und Anhang, unveröffentlicht.
- STÖVER, O., DELB, H., ENGELS, F., HILL, J. & ATZBERGER, C. (1996): An Assessment of Forest Areas Damaged by a Gypsy Moth Infestation through Satellite Remote Sensing and GIS. Proceedings of the International Workshop: Application of Remote Sensing in European Forest Monitoring, Vienna, Austria, October 14-16th, 1996, pp. 359-374.
- SZYMANSKI, S. (1986): Die Begründung von Eichenbeständen in "Nest-Kulturen". Eine wirksame und sparsame Methode des Waldbaus auf wüchsigen Standorten. *Der Forst- und Holzwirt*, 41. Jg., Nr. 1, S. 3-7.
- TEPASSÈ, P. (1988): Qualitative und quantitative Beziehungen zwischen terrestrischen und aeralen Daten des Waldzustandes. Dissertation Universität Freiburg, 234 S.
- THOMAS, F. M. & HARTMANN, G. (1996): Soil and tree water relations in mature oak stands of northern Germany differing in the degree of decline. *Annales des sciences forestières (Ann Sci For)* 53, pp. 697-720.
- TRÈNEL, M. (1932): Untersuchungen über das Laubholzsterben bei Wesel. *Zeitschrift für das Forst- und Jagdwesen*, 64. Jg., S. 488-494.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (1995): Gypsy Moth Management in the United States: a cooperative approach. Published by U.S. Department of Agriculture (USDA), Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry Radnor, PA. Volume I of V: Environmental Impact Statement, Summary, 25 p.
- VARGA, F. (1987): Erkrankung und Absterben der Bäume in den Stieleichenbeständen Ungarns. *Österreichische Forstzeitung*, Nr. 3, 98. Jg., S. 57-58.
- VARGA, F. (1993): Epidemiologie und Ursachen der Eichenerkrankung in Ungarn. In: Zustand und Gefährdung der Laubwälder, Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bayerische Akademie der Wissenschaften, Band 5, Verlag Dr. Friedrich Pfeil München, S. 85-90.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (1990): Richtlinie Nr. 3793 des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI): Messen von Vegetationsschäden am natürlichen Standort, Blatt 1: Verfahren der Luftbildaufnahme mit Color-Infrarot-Film. Beuth Verlag GmbH Berlin, 24. S.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (1993): Richtlinie Nr. 3793 des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI): Messen von Vegetationsschäden am natürlichen Standort, Blatt 2: Interpretationsschlüssel für die Auswertung von CIR-Luftbildern zur Kronenzustandserfassung von Nadel- und Laubgehölzen: Fichte, Buche, Eiche und Kiefer. Beuth Verlag GmbH Berlin, 57 S.
- VILLEMANT, C. & FRAVAL, A. (1999): Les gradations de *Lymantria dispar* en Europe et en Afrique du Nord. Proceedings of the meeting of the IOBC wprs study group „Integrated protection in oak forests“ in Rabat-Salè, Morocco, October 26-29th, 1998, IOBC wprs Bulletin (im Druck).

- WACHTENDORF, W. (1955): Beiträge zur Kenntnis des Eichenprachtkäfers *Agrilus biguttatus* FABR. und *Coraebus undatus* FABR.. *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 37, S. 327-339.
- WACHTER, H. (1998a): Untersuchungen zum Eichensterben in Westfalen. Teil I (1900-1950). Manuskript mit 77 S. und Abbildungen, unveröffentlicht.
- WACHTER, H. (1998b): Anmerkungen zur Eiche und zum „Eichensterben“ in Westfalen aus standortkundlicher und forstgeschichtlicher Sicht. In LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE, BODENORDNUNG UND FORSTEN/LANDESAMT FÜR AGRARORDNUNG IN NORDRHEIN-WESTFALEN (LÖBF) (Hrsg.): Die Situation der Eiche in Nordrhein-Westfalen und angrenzenden Gebieten - Statusbericht zu einem Workshop am 19. Mai 1998 in Arnsberg, S. 25-26.
- WAHL, P. (1990): Heutige potentielle natürliche Vegetation Rheinland-Pfalz - Vegetationskundliche Standortskarte -. Bearbeiter: Dr. P. Wahl, Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Bearbeitungsstand 01. Dezember 1990.
- WARAGHAI, A. (1979): Untersuchungen über die Infektionsbiologie des Eichenmehltaus (*Microsphaera alphitoides* Griff. et Maubl.) sowie über die an der Wirtspflanze verursachten Schäden. Dissertation Georg-August-Universität Göttingen, 106 S.
- WARGO, P.M. (1977): Armillariella mellea and Agrilus bilineatus and Mortality of Defoliated Oak Trees, *Forest Science*, Volume 23, Number 4, pp. 485-492.
- WARGO, P.M. (1981): Defoliation, Dieback and Mortality. In DOANE, C. & MCMANUS, M. (eds.): The Gypsy Moth: Research towards integrated pest management. United States Department of Agriculture (USDA), Forest Service, Techn. Bull. 1584, pp. 240-248.
- WELLENSTEIN, G. & SCHWENKE, W. (1978): *Lymantria dispar*. In SCHWENKE W. (Hrsg.): Die Forstschädlinge Europas, 3. Band: Schmetterlinge. Verlag Paul Parey Hamburg und Berlin, S. 335-349.
- WELLENSTEIN, G. (1995): Insektenbekämpfung mit Viren vorantreiben! *Allgemeine Forst Zeitschrift/Der Wald*, 50. Jg., Nr. 23, S. 1288.
- WERMELINGER, B. (1993): Der Schwammspinner (*Lymantria dispar* L.): Massenvermehrung auf der Alpensüdseite. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Gruppe Entomologie, Phytosanitärer Beobachtungs- und Meldedienst (PBMD)-Bulletin, Mai 1993, 7 S.
- WERRES, S. (1996): Untersuchung von Boden- und Wasserproben von kranken Eichenbeständen aus dem Bienwald 1995 und 1996. Gutachten der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, 5 S., unveröffentlicht.
- WEZEL, G. (1996): Folgeschäden der Schwammspinner-Gradation 1993/94 in Baden-Württemberg. In WULF, A. & BERENDES, K.-H. (Bearbeiter): Massenvermehrungen von Forstschmetterlingen. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin Dahlem, Heft 322, S. 41-51.

- WEZEL, G. (1998): Untersuchungen der Schwammspinner-Folgeschäden in Baden-Württemberg. Interner Schlußbericht der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Waldschutz, 74 S., unveröffentlicht.
- WEZEL, G. (1999): Untersuchungen der Schwammspinner-Folgeschäden in Baden-Württemberg. In SEEMANN, D. (Bearbeiter): Die Massenvermehrung des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.) in Baden-Württemberg 1993-1994. Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Heft 13, eingereicht.
- WULF, A. & BERENDES, K.-H. (Bearbeiter) (1993): Schwammspinner-Kalamität im Forst (Gypsy moth damage to forests). Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin Dahlem, Heft 293, 288 S.
- WULF, A. & BERENDES, K.-H. (Bearbeiter) (1996): Massenvermehrungen von Forstschnetterlingen (Mass outbreaks of caterpillars in forests). Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin Dahlem, Heft 322, 253 S.
- WULF, A. & GRASER, E. (1996): Gypsy moth outbreaks in Germany and neighboring countries. Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst, Eugen Ulmer GmbH & Co. Stuttgart, 48 (12), S. 265-269
- WURTH, T. (1987): Weitere Entwicklung und Folgeschäden der Massenvermehrung des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.) im Forstbezirk Kehl. Referendarsarbeit Forstdirektion Freiburg, 38 S., unveröffentlicht.
- ZIEGLER, C. (1998): Absterbeprozesse auf Eichen-Dauerbeobachtungsflächen. In LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE, BODENORDNUNG UND FORSTEN/LANDESAMT FÜR AGRARORDNUNG IN NORDRHEIN-WESTFALEN (LÖBF) (Hrsg.): Die Situation der Eiche in Nordrhein-Westfalen und angrenzenden Gebieten - Statusbericht zu einem Workshop am 19. Mai 1998 in Arnsberg, S. 20-24.
- ZUB, P., NÄSSIG, A. & KRISTAL, P. M. (1996): Lepidopterologische Begleituntersuchung zur Bekämpfung einer Gradation des Schwammspinners (*Lymantria dispar*) mit *Bacillus thuringiensis kurstaki* (B.t.k.) und dem Häutungshemmer Dimilin im Jahr 1994 im Staatsforst bei Lampertheim. In WULF, A. & BERENDES, K.-H. (Bearbeiter): Massenvermehrungen von Forstschnetterlingen. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin Dahlem, Heft 322, S. 188-194.

Verzeichnis der Abbildungen, Karten und Tabellen

Seite

ABBILDUNGEN:

Abb. 1:	Massenvorkommen des Schwammspinners in Rheinland-Pfalz im Zeitraum von 1970 bis 1998.....	10
Abb. 2:	Verlauf der Niederschlags- und Temperaturabweichung in der Vegetationszeit (Mai bis September) von 1876 bis 1996 im Vergleich zum langjährigen Mittel von 1876 bis 1996 an der Station Karlsruhe-West des Deutschen Wetterdienstes (DWD); die eingezeichneten Hilfslinien liegen jeweils vor den Kulminationsjahren der im Bienwald bekanntgewordenen Schwammspinner-Kalamitäten von 1887/88, 1929 und 1993/94.....	14
Abb. 3:	Vergleich der Blattverluste durch Raupenfraß im Juni und der Blattverluste nach Wiederaustrieb im August auf einer ca. 0,25 ha großen, 97-jährigen Stieleichen-Dauerbeobachtungsfläche im Forstamt Schaidt von 1991 bis 1997; aufgeführt sind die mittleren Blattverluste des zum Zeitpunkt der Aufnahmen noch lebenden Baumkollektivs (nach SCHRÖCK 1999).....	26
Abb. 4:	Schematische Darstellung der im GIS verwendeten Daten und durchgeführten Analysen.....	44
Abb. 5:	Verlauf der Schwammspinner-Massenvermehrung 1993 und 1994 sowie die Folgeschäden 1995, anhand von Karten in chronologischer Reihenfolge dargestellt.....	49
Abb. 6:	Anteile der Schadklassen bei unterschiedlicher Fraßgeschichte, nach dem Grad ihrer Schädigung geordnet; unter der Abbildung sind jeweils die absolute Schadfläche (Schadklassen 1-4) und die Gesamtfläche jeder Fraßgeschichte in ha angegeben; Summe aller Schadflächen: 528 ha, Summe aller Gesamtflächen: 2.096 ha.....	50
Abb. 7:	Schadanteile in [%] (Schadklassen 1-4) der Wasserhaushaltsstufen innerhalb gleicher Fraßgeschichten; unterhalb der Abbildung sind die Gesamtflächen (ha) wiedergegeben.....	53
Abb. 8:	Schadanteile in [%] (Schadklassen 1-4) der Substratreihen innerhalb gleicher Fraßgeschichten; unterhalb der Abbildung sind die Gesamtflächen (ha) wiedergegeben.....	54
Abb. 9:	Verteilung der Beobachtungsflächen auf die Kombinationen der Auswahlkriterien Altersstufe, Fraßgeschichte und Standortvariante; in der Klammer steht jeweils die Anzahl der Beobachtungsflächen.....	59

Abb. 10:	Mortalität der Eichen in den Kombinationen aus Fraßgeschichte (FG 0-3) und Baumstandort (STO 1-4) von 1995 bis 1997; unterhalb der Abbildung ist die jeweilige Anzahl der aufgenommenen Stichprobenbäume wiedergegeben	66
Abb. 11:	Absterberate der Eichen von 1995 bis 1997 in Abhängigkeit von den Blattverlusten 1995, Anteile in [%] der aufgenommenen Stichprobenbäume; die senkrechten Linien bei Blattverlusten von 45 und 70% stellen Orientierungswerte für das Niveau der Absterberate dar.....	67
Abb. 12:	Häufigkeitsverteilungen der Blattverluste (VLP = Verlustprozent) [%] als Box-Plots (siehe Text) der zum jeweiligen Aufnahmezeitpunkt 1995 (VLP 3), 1996 (VLP 6) und 1997 (VLP 8) lebenden Eichen für sämtliche Kombinationen der Fraßgeschichte (FG 0-3) und Baumstandorte (STO 1-4).....	69
Abb. 13:	Mortalität der Eichen in den Beobachtungsflächen von 1995 bis 1997 auf Grundlage einer vollflächigen Erhebung; die Flächen sind nach der Fraßgeschichte (FG 0-3) geordnet.....	70
Abb. 14:	Anteile der 1995, 1996 und 1997 in Dickungen schwammspinnerbedingt abgestorbenen und der bis 1997 überlebenden Eichen für alle Beobachtungsflächen [%].....	72
Abb. 15:	Mortalität der Eichen von 1995 bis 1997 bei unterschiedlichen Baumklassen nach Kraft (BKL), getrennt nach den Fraßgeschichten	73
Abb. 16:	Anteil der Eichen mit schwammspinnerbedingten Wasserreisern 1997 in Abhängigkeit von der Absterberate 1995-1997 auf 37 Beobachtungsflächen der Alt- und Baumhölzer	75
Abb. 17:	Entwicklung des Anteils überlebender Eichen mit Wasserreisern in [%] auf den Beobachtungsflächen im Dickungsalter	77
Abb. 18:	Mortalität 1995, 1996 und 1997 bei unterschiedlichen Fraßgeschichten (Fraß = überwiegend Kahlfraß).....	86
Abb. 19:	Verlauf der Tagesniederschläge von Juni bis September 1993 und 1994 im Bienwald; Waldklimastation Aschbach, Forstamt Schaidt (Niederschlagssumme von Juni bis September 1993: 200 mm, 1994: 321 mm)	88
Abb. 20:	Grundwasserpegelstände 1993 und 1994 in einem 100-jährigen Stieleichenbestand; die Zeit der hauptsächlichen Entlaubung vom 01.06. bis 15.07. ist mit zwei senkrechten Linien markiert (Forstamt Schaidt, XXI 6 c ³ , Kahlache-Ost, Grundwassermeßstelle Nr. 822 in 1,70 m Tiefe, Meßwerte der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, EG-Level-II Dauerbeobachtungsfläche Nr. 408).....	89

Abb. 21:	Abweichung der Niederschläge und Temperaturen in der Vegetationszeit (Mai bis September) im Vergleich zum langjährigen Mittel (1961 bis 1990 = 100%) in [%] von 1987 bis 1997 an der Station Karlsruhe-West des Deutschen Wetterdienstes (DWD).....	95
Abb. 22:	Schadfaktoren des Eichensterbens infolge der Schwammspinner-Kalamität 1993 und 1994 im Bienwald.....	105
Abb. 23:	Konzept zur Überwachung der Schwammspinner-Population.....	116
Abb. 24:	Ablaufschema für die bestandesweise Behandlungsentscheidung in Abhängigkeit von der Kahlfraßprognose, dem Risikostandort, den aktuellen Bestandesverhältnissen und den waldbaulichen Zielen.....	125
 KARTEN:		
Karte 1:	Befallsgebiete der Schwammspinner-Massenvermehrung von 1992 bis 1994 in Rheinland-Pfalz	11
Karte 2:	Abgrenzung des Untersuchungsgebietes und die grobe Lage der Infrarot-Luftbild-Befliegungsfläche 1995 im Bienwald.....	29
Karte 3:	Flächenvergleich der 1994 mit Insektiziden behandelten Bereiche und der Folgeschadensflächen 1995	57
Karte 4:	Risikostandorte für Folgeschäden an Eichen nach starkem Licht- und Kahlfraß durch Schwammspinner im Bienwald.....	123
 FOTOS:		
Bild 1:	Infrarot-Luftbildaufnahme mit ungeschädigtem, planmäßig behandeltem Bestandesteil (rechts unten: homogen geschlossene Oberflächentextur) und geschädigtem, unbehandeltem Bestandesteil (Mitte: aufgelöste Oberflächentextur und Schlagschatten) sowie einer ungeschädigten Erlengruppe (oberer Bildrand); Forstamt Schaidt, Waldort: XXI 11 c ³ , Abteilung Aschbach	56

TABELLEN:

Tab. 1:	Die Schwammspinner Befalls-, Prognose- und Behandlungsflächen in Rheinland-Pfalz der Jahre 1993 und 1994	17
Tab. 2:	Kahlfraßprognose, aviotechnisch-flächige Behandlung und Kahlfraß in der südlichen rheinland-pfälzischen Oberrheinebene 1994 (ha).....	19
Tab. 3:	Technische Daten des Bildfluges und des Bildmaterials der Bienwald-befliegung 1995	30
Tab. 4:	Nach unterschiedlichen Ausfallraten der Eichen flächenbezogen ausgewiesene Schadklassen.....	31
Tab. 5:	Schlüssel zur fächigen Interpretation von Schadklassen aus CIR-Luftbildern (mb = ca. 1:5.500) für Eiche im Baumholzalder.....	34/35
Tab. 6:	Fehler-Matrizen zur Genauigkeitsabschätzung der Luftbildklassifizierung in terrestrischen Beobachtungs- und Kontrollflächen (siehe Text): 6a: Vergleich mit den Beobachtungsflächen 6b: Vergleich mit den Kontrollflächen der Plausibilitätsprüfung 6c: Zusammenfassung der Tabellen a und b	38/39
Tab. 7:	Im GIS flächenbezogen verfügbare Sachinformationen.....	45
Tab. 8:	Alterseinteilung	46
Tab. 9:	Einteilung in Eichenanteilsklassen.....	46
Tab. 10:	Umfang des Fraßes durch Schwammspinnerraupe 1993 und 1994, der Fraßprognose 1994 sowie der Behandlung 1994	47
Tab. 11:	Ausmaß der Schwammspinner-Folgeschäden im Bienwald 1995	48
Tab. 12:	Verteilung der Schwammspinnerfraßfläche (2.096 ha) auf die Wasserhaushaltsstufen in Reihenfolge zunehmender Wasserbeeinflussung sowie auf die Substratreihen innerhalb der Terrestrischen Standorte, Grundwasser-Standorte und Bachauen in Reihenfolge des zunehmenden Feinkornanteils und höheren Nährstoffangebots	52
Tab. 13:	Vergleich der Altersanteile der Steileichenfläche (Gesamtfläche) und der Schadfläche (Schadklassen 1-4) innerhalb gleicher Fraßgeschichte im Untersuchungsgebiet.....	55
Tab. 14:	Vergleich der Eichenanteile der Gesamtfläche und der Schadfläche (Schadklassen 1-4) innerhalb gleicher Fraßgeschichte im Untersuchungsgebiet.....	55

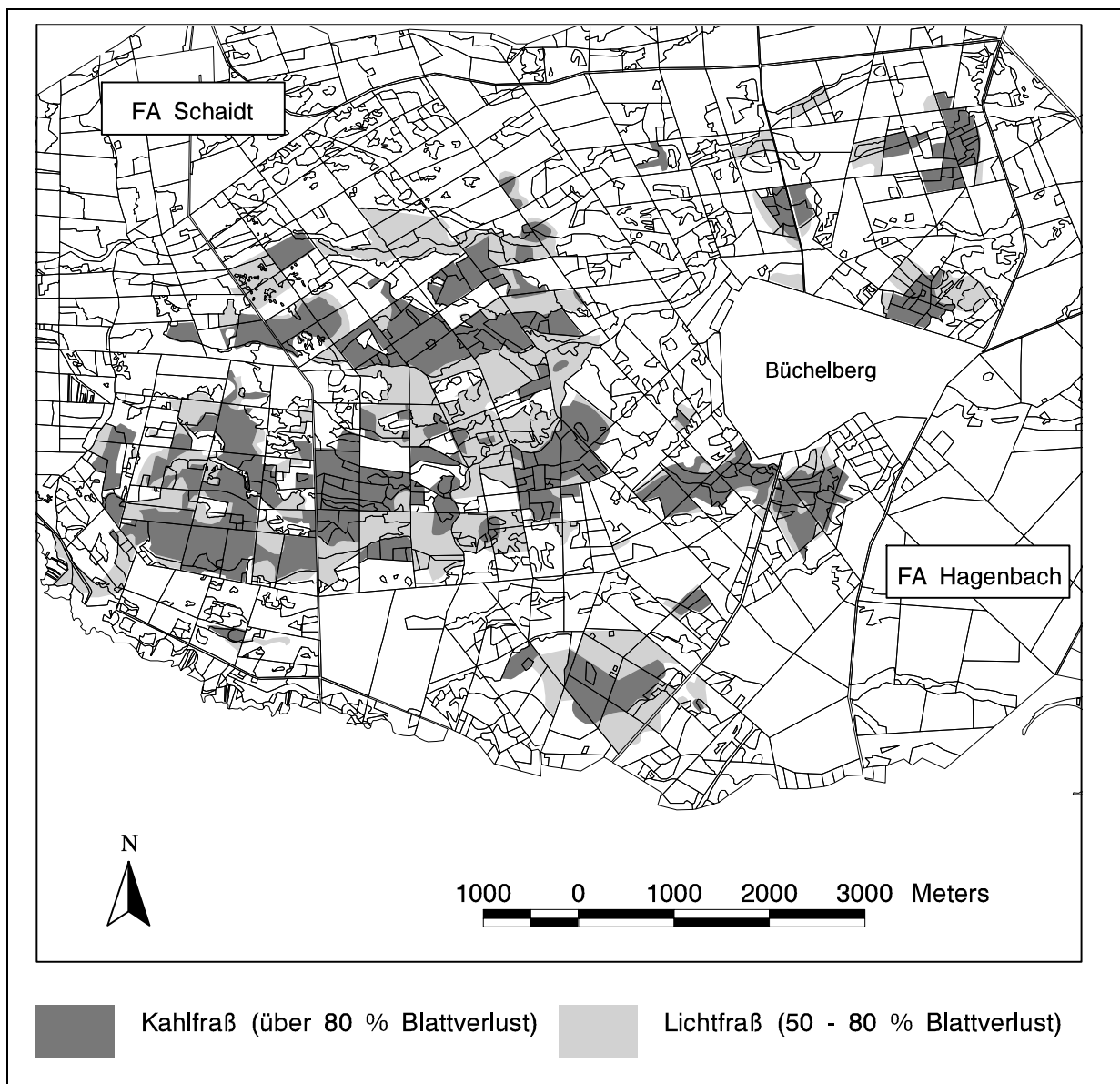
Tab. 15:	Koeffizienten (r) für die bivariaten Korrelationen des Blattverlustes und der Mortalität nach SPEARMAN und nach PEARSON mit den Faktoren: Fraßgeschichte (FG), Baumstandorte (STO), Altersstufe (ALT), Baumklasse (BKL) und Brusthöhendurchmesser (BHD).....	65
Tab. 16:	Kronenzustandsklasse (KZK) und Mortalität (MORT) 1997 in Abhängigkeit von der Kronenzustandsklasse 1995 (KZK I = kaum geschädigt, KZK II = geschädigt, KZK III = stark geschädigt, vgl. Kap. 4.4.2); Anzahl der Eichen (N) und relativer Anteil [%]	71
Tab. 17:	Mortalität von 1995 bis 1997 bei unterschiedlicher Kronenausformung, getrennt nach Fraßgeschichten, Anteile in [%]	73
Tab. 18:	Mortalität in stark geschädigten Dickungen von 1995 bis 1997 bei unterschiedlichen Baumklassen.....	75
Tab. 19:	Schadstufenentwicklung ausgewählter Kiefern von 1995 bis 1996.....	78
Tab. 20:	Anzahl der bei der Symptomanalyse von 1995 bis 1997 untersuchten Eichen	79
Tab. 21:	Eichenprachtkäferbefall (<i>Agrilus spec.</i>) am Stamm und Kronenansatz an in der Vegetationsperiode 1995, 1996 und 1997 abgestorbenen und stark geschädigten (Blattverluste von 70 bis 95%) Eichen im Baumholzalter (Intensitätsstufe 1: 1-5 Larvengänge bezogen auf 10 cm Länge und plätzeweiser Befall, Stufe 2: 6-10 und Stufe 3: >10; angegeben ist jeweils die mittlere Intensität über den gesamten Stamm und Kronenansatz).....	81
Tab. 22:	Ausscheidung von Risikostandorten für Folgeschäden an Eichen nach starkem Licht- und Kahlfraß durch Schwammspinner im Bienwald anhand der forstlichen Standortkartierung (Substratreihen und Wasserhaushaltsstufen)	121
Tab. 23:	Flächenausmaß der Risikostandorte für Folgeschäden an Eichen nach starkem Licht- und Kahlfraß durch Schwammspinner im Bienwald, Staatswald der Forstämter Hagenbach und Schaidt (Eichenbestand: Eichenanteil >10%, * Schätzung auf Grundlage der Daten aus dem Untersuchungsgebiet)	122

Verzeichnis des Anhangs

	Seite
ANHANG 1:	Karte der Befallsflächen 1993 A.01
ANHANG 2:	Karte der Befallsprognoseflächen 1994 A.02
ANHANG 3:	Karte der Behandlungsflächen 1994 A.03
ANHANG 4:	Karte der Befallsflächen 1994 A.04
ANHANG 5:	Karte der Folgeschadensflächen 1995 A.05
ANHANG 6:	Karte der Beobachtungsflächen in Althölzern, Baumhölzern und Dickungen der Forstämter Hagenbach und Schaidt A.06
ANHANG 7.1:	Beobachtungsflächen in Althölzern A.07
ANHANG 7.2:	Beobachtungsflächen in Baumhölzern A.10
ANHANG 8:	Aufnahmeparameter und Schlüsselverzeichnis für Alt- und Baumhölzer A.13
ANHANG 9:	Beobachtungsflächen in schwachen Baum- und Stangenhöl- zern A.17
ANHANG 10:	Beobachtungsflächen in Dickungen A.18
ANHANG 11:	Aufnahmeparameter und Schlüsselverzeichnis für die Dickungen..... A.19
ANHANG 12:	Verteilung der Baumstandorte innerhalb der Flächenpaare A.21
ANHANG 13:	Mortalität der Eichen von 1995 bis 1997 in den Beobach- tungsflächen..... A.23
ANHANG 14:	Häufigkeitsverteilungen des Blattverlustes lebender Eichen in 5%-Stufen für alle Kombinationen der Fraßgeschichte und des Baumstandortes in den Jahren 1995, 1996 und 1997..... A.24
ANHANG 15.1:	Häufigkeitsverteilungen des Blattverlustes lebender Eichen in 5%-Stufen für die Beobachtungsflächen mit der Fraßge- schichte „ohne Fraß“ in den Jahren 1995, 1996 und 1997 A.25
ANHANG 15.2:	Häufigkeitsverteilungen des Blattverlustes lebender Eichen in 5%-Stufen für die Beobachtungsflächen mit der Fraßge- schichte „Fraß 93“ in den Jahren 1995, 1996 und 1997..... A.26
ANHANG 15.3:	Häufigkeitsverteilungen des Blattverlustes lebender Eichen in 5%-Stufen für die Beobachtungsflächen mit der Fraßge- schichte „Fraß 94“ in den Jahren 1995, 1996 und 1997..... A.27
ANHANG 15.4:	Häufigkeitsverteilungen des Blattverlustes lebender Eichen in 5%-Stufen für die Beobachtungsflächen mit der Fraßge- schichte „Fraß 93/94“ in den Jahren 1995, 1996 und 1997..... A.28
ANHANG 16.1:	Häufigkeitsverteilungen der Blattverluste als Box-Plots zur Darstellung der zum Aufnahmezeitpunkt 1995 lebenden Ei- chen für alle Beobachtungsflächen..... A.29

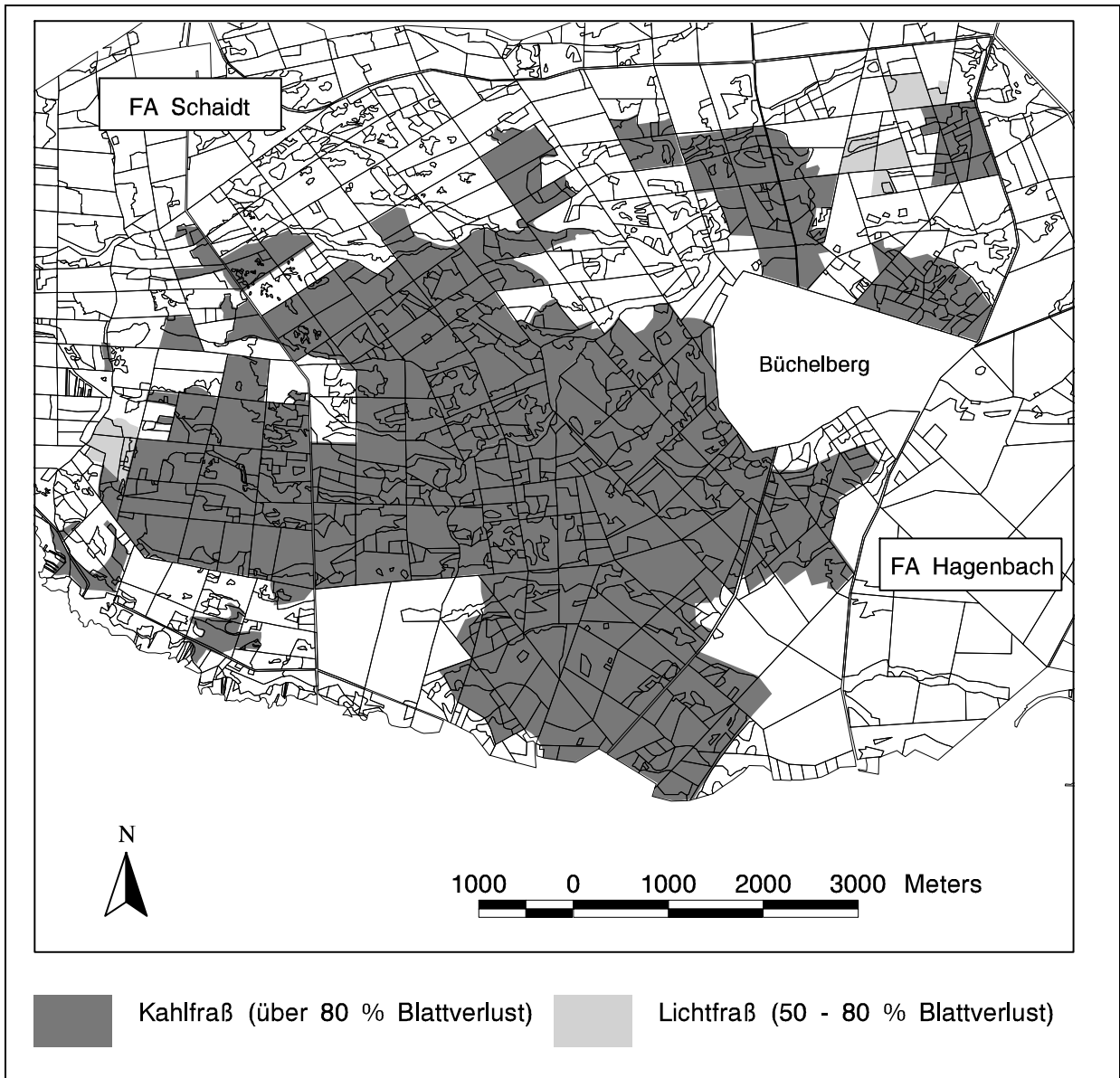
ANHANG 16.2:	Häufigkeitsverteilungen der Blattverluste als Box-Plots zur Darstellung der zum Aufnahmezeitpunkt 1997 lebenden Eichen für alle Beobachtungsflächen.....	A.30
ANHANG 17:	Aufnahmebeleg für die Symptomanalyse, modifiziert nach HARTMANN (1989)	A.31
ANHANG 18:	Aufnahmebeleg für die Wurzeluntersuchungen, modifiziert nach DELATOUR (zitiert nach HETT 1989).....	A.33
ANHANG 19:	Ergebnisse der Symptomanalyse am Stamm in Baum- und Stangenhölzern sowie Dickungen im Frühsommer 1995	A.34
ANHANG 20.1.1:	Ergebnisse der Symptomanalyse am Stamm in Alt- und Baumhölzern im Winter 1995/96.....	A.35
ANHANG 20.1.2:	Ergebnisse der Symptomanalyse am Stamm in Alt- und Baumhölzern im Winter 1996/97.....	A.42
ANHANG 20.1.3:	Ergebnisse der Symptomanalyse am Stamm in Alt- und Baumhölzern im Spätsommer 1997	A.43
ANHANG 20.2.:	Ergebnisse der Symptomanalyse an Wurzeln in Alt- und Baumhölzern im Winter 1995/96.....	A.45
ANHANG 21.1.1:	Ergebnisse der Symptomanalyse am Stamm in Dickungen im Winter 1995/96	A.46
ANHANG 21.1.2:	Ergebnisse der Symptomanalyse am Stamm in Dickungen im Winter 1996/97	A.48
ANHANG 21.2.1:	Ergebnisse der Symptomanalyse an Wurzeln in Dickungen im Winter 1995/96	A.49
ANHANG 21.2.2:	Ergebnisse der Symptomanalyse an Wurzeln in Dickungen im Winter 1996/97	A.50
ANHANG 22:	Lufttemperatur im Juni und Juli 1993 und 1994 an der Station Aschbach im Forstamt Schaidt.....	A.51
ANHANG 23:	Karten zur räumlichen Verteilung überlebender Eichen der Beobachtungsflächen in Dickungen: Stammfußkoordinaten	A.52
ANHANG 24:	Farbbilder	A.58

Anhang 1: Karte der Befallsflächen 1993



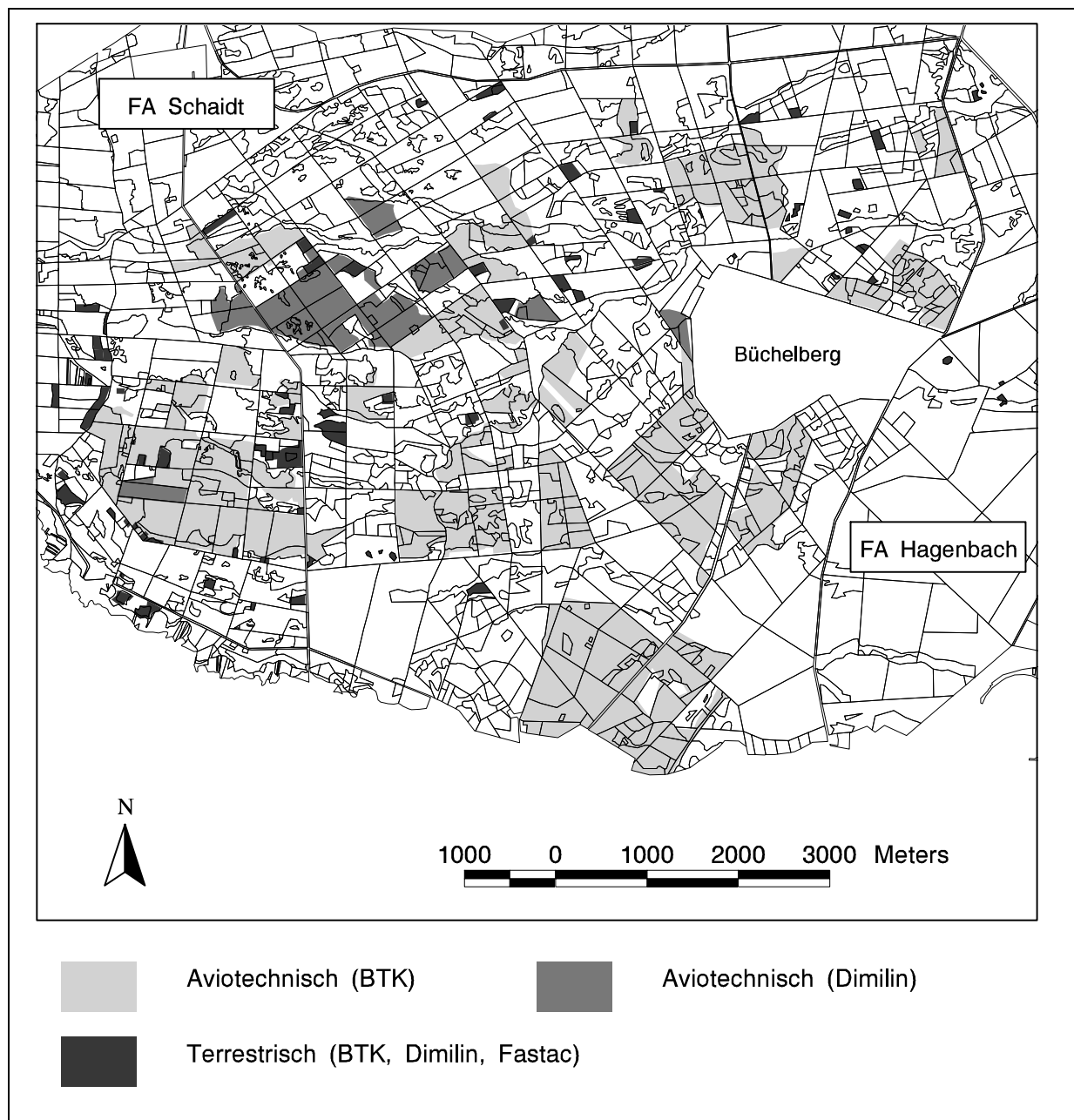
Befall 1993	Fläche (ha)
Lichtfraß	697
Kahlfraß	851
Gesamt	1.548

Anhang 2: Karte der Befallsprognoseflächen 1994



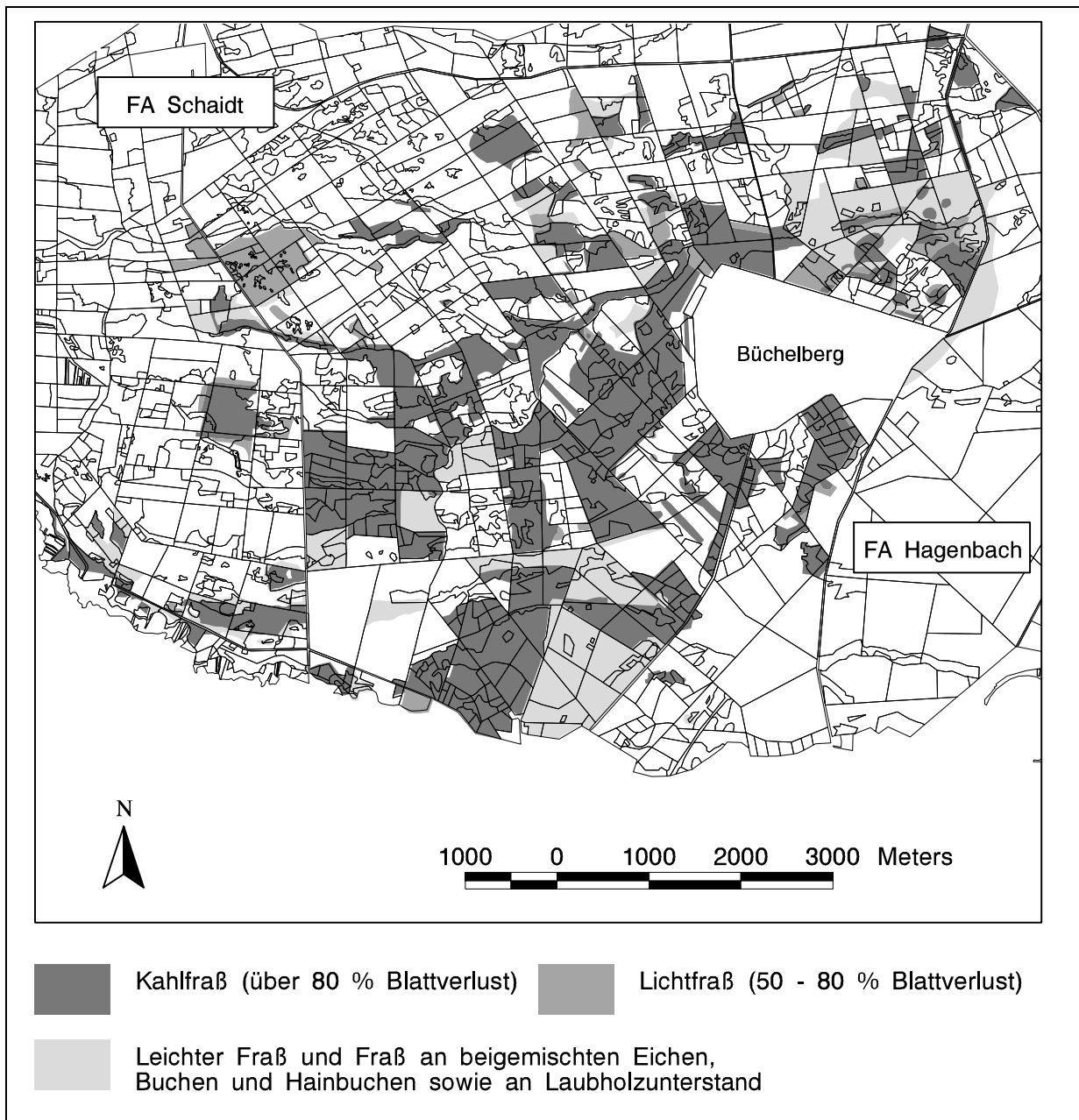
Befallsprognose 1994	Fläche (ha)
Lichtfraß	84
Kahlfraß	2.955
Gesamt	3.039

Anhang 3: Karte der Behandlungsflächen 1994



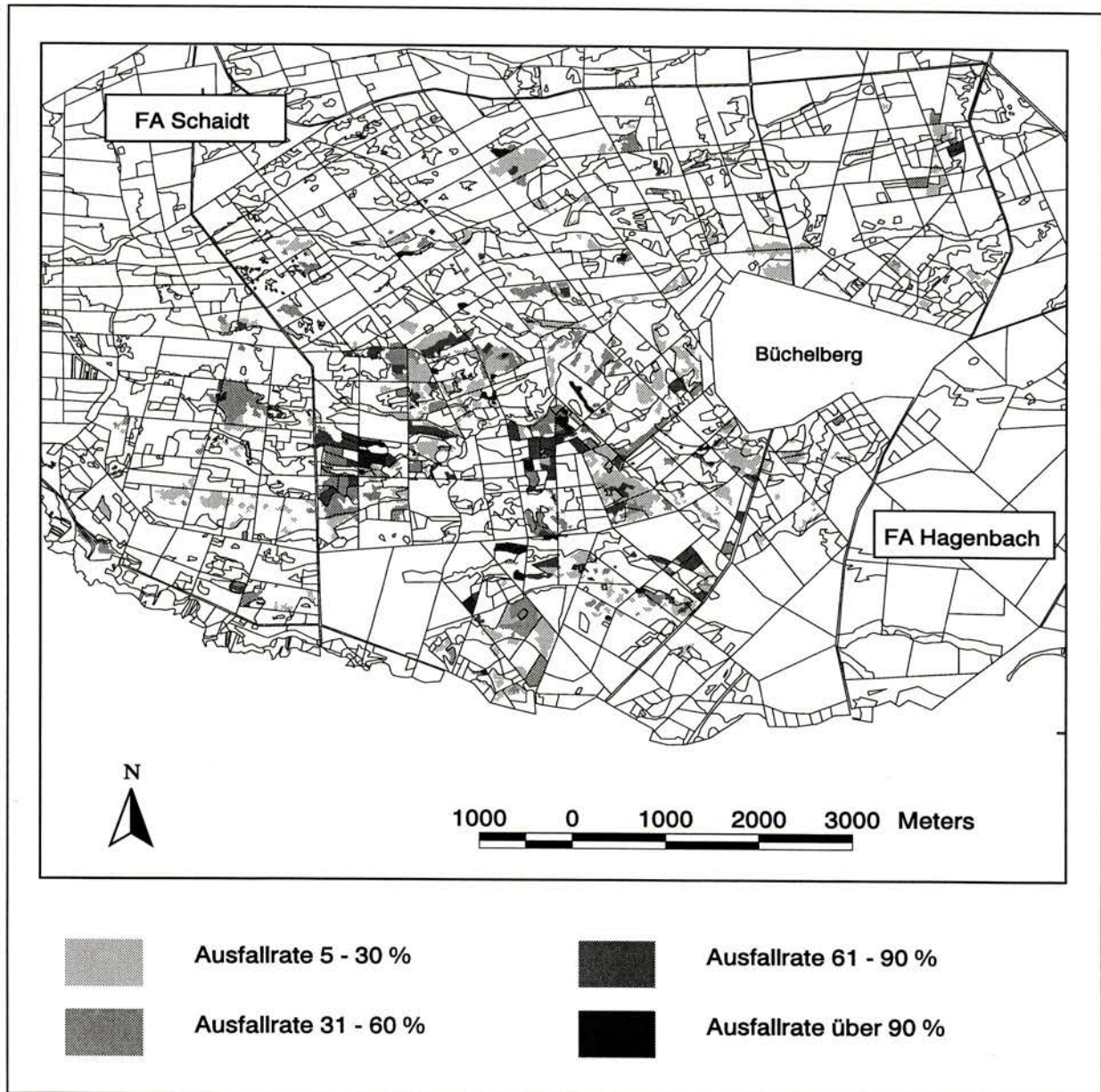
Behandlung 1994	Fläche (ha)
Aviotechnisch: <i>B.t.k.</i>	1.260
Aviotechnisch: <i>Diflubenzuron</i> (Dimilin)	191
Terrestrisch: <i>B.t.k.</i> , Dimilin, Fastac	103
Gesamt	1.554

Anhang 4: Karte der Befallsflächen 1994



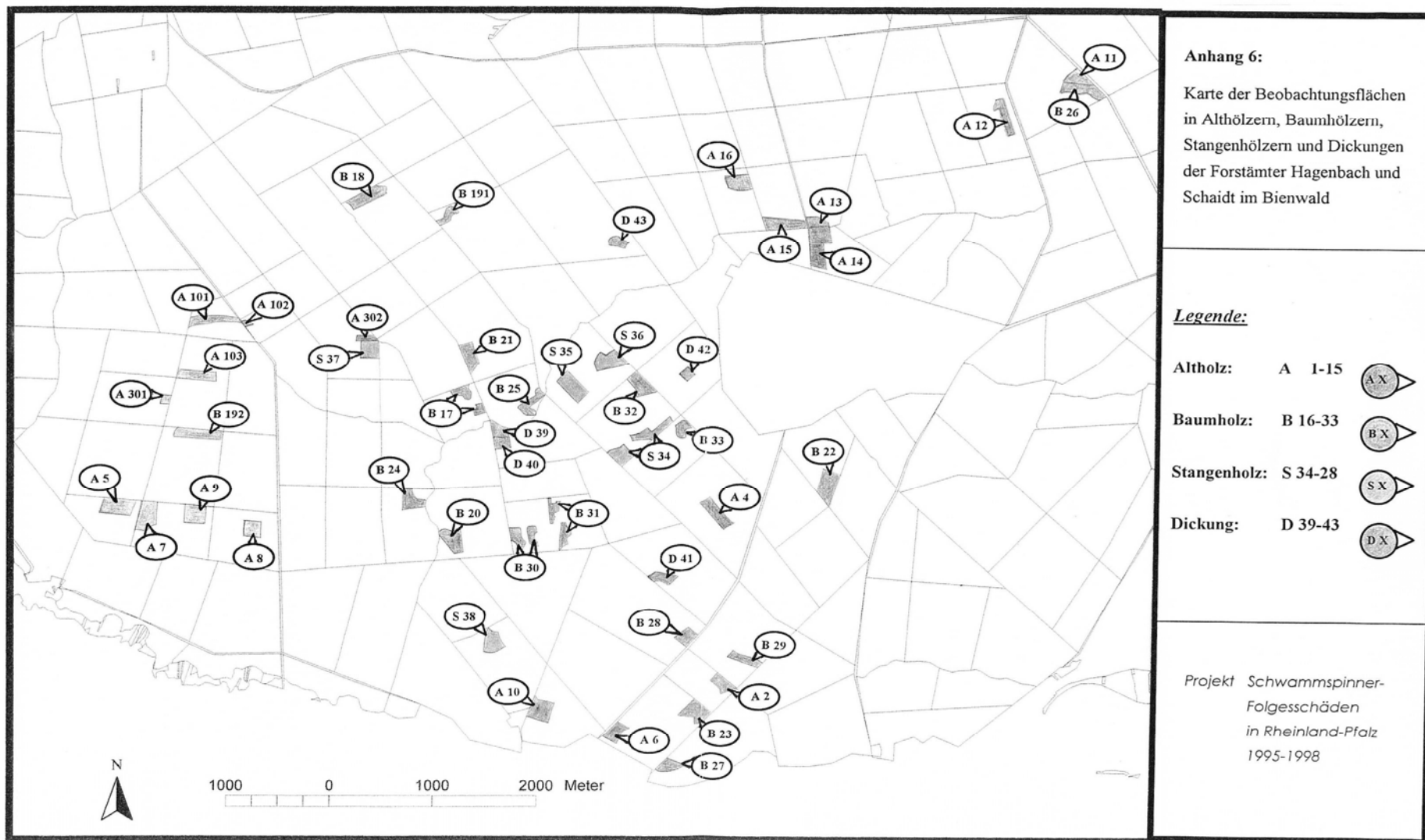
Befall 1994	Fläche (ha)
Leichter Fraß	558
Lichtfraß	189
Kahlfraß	1.389
Gesamt	2.133

Anhang 5: Folgeschadensflächen 1995



Schadklasse 1995	Ausfallrate	Fläche (ha)
1	5-30 %	227
2	31-60 %	175
3	61-90 %	101
4	>90 %	47
Σ 1-4	Σ 5-100 %	Σ 550

Anhang 6: Karte der Beobachtungsflächen in Althölzern, Baumhölzern, Stangenhölzern und Dickungen der Forstämter Hagenbach und Schaidt im Bienwald



Anhang 7.1: Beobachtungsflächen in Althölzern

Flächen-Nr.	Fraßgeschichte	Standorts-variante	Waldort (FA, Distrikt, Abteilung)	Fläche	Alter	Stamm-zahl/ha	Standortstypen ¹	Bemerkungen
1	2-maliger Fraß 1993 + 1994	weniger naß	<u>Zusammenfassung von:</u>	<u>Gesamt:</u> <u>5,0 ha</u>	<u>148 J.</u>	<u>ca. 140</u>	<u>Ges.:</u> WES zfr (55%), WES fr (9%)	Fläche 101: zusätzlich licht 1992 Fläche 103: Eiche 2-malig kahl, Bu licht 1993, kahl 1994
101	(vgl. Bemerkungen)		Schaidt, XXIII Saulache 4 b ⁴	2,9 ha	147 J.	ca. 150	WES zfr + fr (50%), WLS fr (50%)	
102			Schaidt, XXI Rindsess-West 13 b ²	0,3 ha	132 J.	ca. 340	WES zfr (50%), WES fr (50%)	
103			Schaidt, XXII Stuttpferch-West 2 a ³	1,8 ha	152 J.	ca. 100	WES zfr (82%), daneben WLS äfr	
2	ohne Fraß (vgl. Bemerkungen)	weniger naß	Hagenbach, XII Harteneck 6 a ⁴	4,0 ha	177 J.	ca. 120	WÜSL fr (60 %), WES fr (40 %)	nordwestlich 1/3 der Fläche licht 1993
3	2-maliger Fraß 1993 + 1994	naß	<u>Zusammenfassung von:</u>	<u>Gesamt:</u> <u>1,3 ha</u>	<u>160 J.</u>	<u>ca. 110</u>	<u>Ges.:</u> WES äfr (46%), WLS äfr (28%)	/
301			Schaidt, XXII Kammer 4 a ⁵	0,4 ha	162 J.	ca. 110	WLS äfr (90 %), daneben WAS zfr	
302			Schaidt, XXI Aschbach 11 a ³	0,9 ha	159 J.	ca. 110	WES äfr (72 %), WÜSL äfr (28 %)	
4	ohne Fraß	naß	Hagenbach, XVI Ober-Wolfslager 9 b ² , 9 c ²	3,9 ha	177 J.	ca. 100	WES vernä. (22 %), WES fr (23 %), WÜSMT/ WÜSL vernä. (18 %), WAS vernä. (10 %), daneben WAS fr	/
5	1-maliger Fraß 1993, behandelt 1994 (vgl. Bemerkungen)	weniger naß	Schaidt, XXII Kugelfäng 12 ⁴	4,2 ha	171 J.	ca. 100	WES fr (79 %), daneben WLS fr	z.T. licht 1992

¹ siehe Kap. 4.3.2.2.2, Tab. 12

Flächen-Nr.	Fraßgeschichte	Standorts-variante	Waldort (FA, Distrikt, Abteilung)	Fläche	Alter	Stamm-zahl/ha	Standortstypen ¹	Bemerkungen
6	ohne Fraß	weniger naß	Hagenbach, XII Harteneck 6 c ²	3,5 ha	187 J.	ca. 85	WES fr (36 %), ES fr (22%), daneben WLS fr (42 %)	/
7	1-maliger Fraß 1993, behandelt 1994	weniger naß	Schaidt, XXII Klotzweg 11 b ³	4,4 ha	170 J.	ca. 105	WES zfr (63 %), WLS fr (37 %)	/
8	1-maliger Fraß 1993, behandelt 1994	naß	Schaidt, XXII Köppel 10 a ⁴	3,8 ha	167 J.	ca. 95	WL/WLS äfr (79 %), WL sfr/fr (21%)	/
9	1-maliger Fraß 1993, behandelt 1994	naß	Schaidt, XXII Klotzweg 11 a ³	3,7 ha	170 J.	ca. 95	WÜSMT sfr (26 %), WLS sfr (19 %), daneben WÜSMT/WLS fr	/
10	ohne Fraß (vgl. Bemerkungen)	naß	Hagenbach, XII Lettenbuckel 7 b	4,2 ha	189 J.	ca. 80	WÜSMT sfr (54 %), WL sfr (11 %), daneben WL fr (26 %), WES sfr (9%)	auf ganzer Fläche Fraß an beigemischten Buchen 1994
11	1-maliger Fraß 1994	weniger naß	Hagenbach, IX Kallbachsee 1 b ⁴	3,2 ha	169 J.	ca. 85	ES zfr (75 %), WES zfr/ fr (15 %)	/
12	ohne Fraß (vgl. Bemerkungen)	weniger naß	Hagenbach, VIII Rothasenkuppe 2 a ⁷	3,4 ha	170 J.	ca. 85	ES zfr (92 %), WES fr (8 %)	einzelne Gelege vorhanden => nicht ganz unbeeinflusst
13	1-maliger Fraß 1994	weniger naß	Hagenbach, VIII Schöne Eichen 8 a ¹ (nördlich), VII Lindensteg-West 8 b ⁴	4,1 ha	176 J.	ca. 90	WÜSL fr (50 %), LBa sfr (26 %), WES fr (12 %), WÜSMT (12 %)	im Norden nässer

¹ siehe Kap. 4.3.2.2.2, Tab. 12

Flächen-Nr.	Fraßgeschichte	Standorts-variante	Waldort (FA, Distrikt, Abteilung)	Fläche	Alter	Stamm-zahl/ha	Standortstypen ¹	Bemerkungen
14	ohne Fraß	weniger naß	Hagenbach, VIII Schöne Eichen 8 a ¹ (südlich)	4,2 ha	176 J.	ca. 95	WES fr (47 %), WLS fr (39 %), WÜSMT fr (14 %)	/
15	1-maliger Fraß 1994	naß	Hagenbach, VII Gutenbrunnen-Schlag Ost 9 b ²	4,5 ha	173 J.	ca. 85	WÜSMT sfr (34 %), WL sfr (34 %), LBa sfr (25 %), daneben WES sfr/ fr	/
16	ohne Fraß	naß	Hagenbach, VII Gutenbrunnen-Schlag West 10 a ²	4,2 ha	178 J.	ca. 95	WLÜMT/WÜSMT sfr (64 %), daneben WL, WÜSMT, WÜSL sfr	/
<u>Summe (Anzahl der Bestände):</u>				<u>Summe:</u>				
16				61,6 ha				

¹ siehe Kap. 4.3.2.2.2., Tab. 12

Anhang 7.2: Beobachtungsflächen in Baumhölzern

Flächen-Nr.	Fraßgeschichte	Standorts-variante	Waldort (FA, Distrikt, Abteilung)	Fläche	Alter	Stamm-zahl/ha	Standortstypen ¹	Bemerkungen
17	2-maliger Fraß 1993 + 1994 (vgl. Bemerkungen)	weniger naß	Schaidt, XXI Brand-West 8 4	2,8 ha	95 J.	ca. 320	WÜSL fr (77%), WES fr (13%), daneben WES sfr (10%)	2-malig kahl nur auf 1,0 ha; Rest: starker Lichtfraß 1993, kahl 1994
18	ohne Fraß (vgl. Bemerkungen)	weniger naß	Schaidt, XXI Brüchel 2 b 2	2,6 ha	91 J.	ca. 340	WÜSL fr (44%), WES fr (32%), ES zfr (12%), WAS fr (12%),	Lichtfraß 1993 auf ganzer Fläche
19	2-maliger Fraß 1993 + 1994 (vgl. Bemerkungen)	naß	<u>Zusammenfassung von:</u> Schaidt, XX Forlenbusch 6 a 3 Schaidt, XXII Gr. Böhl-West 8 a 3	<u>Gesamt:</u> <u>3,6 ha</u> 1,6 ha 2,0 ha	114 J. 115 J. 113 J.	ca. 220 ca. 240 ca. 210	<u>Ges.:</u> WÜSL/WLS/WL sfr (67%) WÜSL/WL sfr (68%), WES fr 32%) WLS sfr(66%), WLS fr (18%)	Fläche 191: starker Licht-fraß 1993, kahl 1994; Fläche 192: 2-malig kahl
20	ohne Fraß	naß	Hagenbach, XV Porbelsee 5 b 2	3,1 ha	96 J.	ca. 260	WL/WLS vernäss. (39%), WLS sfr (36%), daneben WLS fr (25%)	vereinzelt alte Gelege
21	2-maliger Fraß 1993 + 1994 (vgl. Bemerkungen)	naß	Schaidt, XXI Obere Kahnlache-Ost 6 c 3	3,5 ha	96 J.	ca. 330	WL äfr (33%), WL/WÜSL sfr (62%)	Dauerbeobachtungsfläche; starker Lichtfraß 1993, kahl 1994
22	1-maliger Fraß 1993, behandelt 1994	weniger naß	Hagenbach, XVI Pürschpfad 3 b 2	3,9 ha	101 J.	ca. 330	WÜSL fr (45%), WES fr (30%), WÜSL sfr/vernäss. (25%)	/

¹ siehe Kap. 4.3.2.2.2, Tab. 12

Flächen-Nr.	Fraßgeschichte	Standorts-variante	Waldort (FA, Distrikt, Abteilung)	Fläche	Alter	Stamm-zahl/ha	Standortstypen ¹	Bemerkungen
23	ohne Fraß	weniger naß	Hagenbach, XII Harteneck 6 b 3	3,0 ha	97 J.	ca. 270	WLS fr (46%), ES zfr (29 %), WES fr (25%),	/
24	1-maliger Fraß 1993, behandelt 1994 (vgl. Bemerkungen)	naß	Hagenbach, XIV Blaubrück 2 a	2,8 ha	78 J.	ca. 460	WL sfr (82%), WL fr (18%)	Physiologisch älter als angegeben; trotz Bekämpfung leichter Fraß 1994
25	ohne Fraß (vgl. Bemerkungen)	naß	Schaidt, XXI Brand-Ost 7 4	2,7 ha	77 J.	ca. 400	WL fr (60%), WL sfr/vernäss. (40%)	Physiologisch älter als angegeben; Lichtfraß 1993
26	1-maliger Fraß 1994	weniger naß	Hagenbach, IX Kallbachsee 1 b 1	3,2 ha	99 J.	ca. 300	ES zfr (38%), WES fr (62%)	/
27	ohne Fraß	weniger naß	Hagenbach, XII Losemaus 5 c 2	2,8 ha	78 J.	ca. 330	ES fr (90%), ES zfr (10%)	Physiologisch älter als angegeben
28	1-maliger Fraß 1994	weniger naß	Hagenbach, XII Heßbach 9 a 1	2,9 ha	130 J.	ca. 255	WL/WLS fr (80%), WES fr (20%)	Obere Grenze des Altersspektrums; ungepflegt
29	ohne Fraß	weniger naß	Hagenbach, XII Kolbenlache 2 b 2	3,1 ha	120 J.	ca. 300	WÜSL/WLS fr (95%), WES (5%)	Obere Grenze des Altersspektrums; ungepflegt

¹ siehe Kap. 4.3.2.2.2, Tab. 12

Flächen-Nr.	Fraßgeschichte	Standorts-variante	Waldort (FA, Distrikt, Abteilung)	Fläche	Alter	Stamm-zahl/ha	Standortstypen ¹	Bemerkungen
30	1-maliger Fraß 1994	naß	Hagenbach, XV Großer Schlag 4 c	2,9 ha	89 J.	ca. 350	WÜSL/WLS vernäss. (25%), AmoS fr (10%), WÜSL/WL fr (30 %), WES fr (35%), WÜSMT fr	2 Teilflächen
31	ohne Fraß (vgl. Bemerkungen)	naß	Hagenbach, XV Großer Schlag 4 b	4,0 ha	82 J.	ca. 340	WES/WLS/WÜSL vernäss. (35%), AmoS fr (8%), WLS/WÜSL fr (32%), daneben WES fr, WÜSMT fr	nördliche Teilfläche auf 1 ha licht 1993; südliche Teilfläche auf 0,8 ha licht 1994
32	1-maliger Fraß 1994	naß	Hagenbach, XVI Ratzenbuckel-Süd 13 b 2	3,0 ha	83 J.	ca. 450	WÜSMT sfr (14%), WL sfr (42%), daneben WÜSMT fr (29%), WL fr	ungepflegt
33	ohne Fraß (vgl. Bemerkungen)	naß	Hagenbach, XVI Junge Eichen 10 a 2	2,7 ha	90 J.	ca. 375	WL/WÜSL sfr (20%), WÜSMT sfr (43%), WÜSL/WES fr (37%)	nordwestlich auf ca. 0,2 ha kahl 1994
Summe (Anzahl der Bestände):				Summe:				
				17			52,6 ha	

¹ siehe Kap. 4.3.2.2.2., Tab. 12

Anhang 8: Aufnahmeparameter und Schlüsselverzeichnis für Alt- und Baumhölzer

Nr.	FELDNAME	SCHLÜSSELVERZEICHNIS	AUFNAHMEN
1	FLNR	Beobachtungsflächennummer (1-33)	1
2	TFLNR	Teilflächennummer (für Beobachtungsflächen 1, 3 und 19)	1
3	LINIE	Taxationsstreifennummer in der Versuchsfläche	1
4	BNR	Baumnummer	1
5	BA	1 = Eiche 2 = Buche 3 = Kiefer 5 = Hainbuche 6 = Erle 7 = Roteiche 8 = Hickory 9 = Esche 10 = Ulme 11 = Kirsche 12 = Birke	1, 2
6	FRAGES	Fraßgeschichte: (einzelbaumweise zugeordnetes Beobachtungsflächenmerkmal) 0 = ohne Fraß 1 = Fraß 1993 2 = Fraß 1994 3 = Fraß 1993 und 1994	1
7	ALTER	Altersstufe: (einzelbaumweise zugeordnetes Beobachtungsflächenmerkmal) 1 = Altholz (> 130 Jahre) 2 = Baumholz (≤ 130 Jahre)	1
8	BHD	Brusthöhendurchmesser ($d_{1,3}$)	1
9	BKL	Baumklasse nach KRAFT (1884)	1
10	KA	Kronenausformung: 0 = gut: Krone voll und allseits gut ausgeformt, gut verzweigt, wenig Dürnräste 1 = mittel: Krone nicht allseits gleichmäßig ausgeformt, einseitig eingeklemmt, bedrängt 2 = schlecht: Krone allseitig eingeklemmt, schlecht verzweigt, fahnenförmig, stark bedrängt, häufig Dürnräste	1
11	ROL	Kronenstrukturansprache nach ROLOFF (1989): 1 = Stufe 0 2 = Stufe 0 <u>3 = Stufe 0, (Richtung Stufe 1)</u> 4 = Stufe 1 (Richtung Stufe 0) 5 = Stufe 1 <u>6 = Stufe 1 (Richtung Stufe 2)</u> 7 = Stufe 2 (Richtung Stufe 1) 8 = Stufe 2 <u>9 = Stufe 2 (Richtung Stufe 3)</u> 10 = Stufe 3 (Richtung Stufe 2) 11 = Stufe 3 <u>12 = Stufe 3 (absterbend)</u> 14 = abgestorben, aktuell 15 = abgestorben, alt	1

Nr.	FELDNAME	SCHLÜSSELVERZEICHNIS	AUFNAHMEN
12	WR	<p>Wasserreiser: Stufen in Anlehnung an den EST¹: [1. Ziffer: alt/neu/alt+neu, 2. Ziffer: Stufe] <u>0 = ohne Wasserreiser</u> 11 = nur alte, Stufe 1 21 = nur neue, Stufe 1 <u>31 = alte + neue, Stufe 1</u> 12 = nur alte, Stufe 2 22 = nur neue, Stufe 2 <u>32 = alte + neue, Stufe 2</u> 13 = nur alte, Stufe 3 23 = nur neue, Stufe 3 33 = alte + neue, Stufe 3</p>	1, 5, 7
13	SFLU	Anzahl der am Stamm sichtbaren Schleimflußflecken	1, 5, 7, 8
14	STAS	<p>Stammschäden: 0 = keine 1 = gering, bis DIN A4-Größe 2 = mittel, bis DIN A3-Größe 3 = stark, > DIN A3-Größe</p>	1, 5, 7
15	STO	<p>Baumstandort (einzelbaumweise Ansprache der über- wiegenden Nässeverhältnisse im unmittelbaren Kronen- schirmbereich im Radius von 5-10 m um den Stammfuß); siehe Definition im Kap. 4.4.1.3: 1 = nicht vernäbt 2 = eher vernäbt 3 = vernäbt 4 = naß</p>	2, 5, 6, 7, 8
16	FRAß	Blattverlust durch Insektenfraß in 5%-Stufen	2, 5, 7
17	FRAßART	<p>0 = ohne 1 = Frostspanner/ Eichenwickler 2 = Frostspanner 3 = Eichenwickler 4 = Schwammspinner 5 = alle</p>	2, 5, 7
18	MORT	<p>Kronenzustand im Frühjahr: 0 = lebend mit weniger als 75% Blattverlust 1 = frisch tot, diesjährig nicht ausgetrieben, i.d.R. mit viel Feinreisig 2 = tot: nicht festlegbar , ob 1 oder 3 3 = alt tot, in den Vorjahren schon abgestorben, mit wenig Feinreisig 4 = absterbend, mit mehr als 85% Blattverlust oder nur noch lebende Wasserreiser 5 = geringe Vitalität mit mehr als 75% Blattverlust</p>	2, 5, 7

¹ Erweiterter Sortentarif über die Entlohnung von Holzerntearbeiten vom 03.05.1979, in der Fassung vom 18.05.1994

Nr.	FELDNAME	SCHLÜSSELVERZEICHNIS	AUFNAHMEN
19	SICHT	Einsehbarkeit der Krone: 1 = gesamte Krone gut einsehbar 2 = Teilbereiche der Krone eingeschränkt und/ oder nur leicht schräg von unten einsehbar (zur Bewertung ausreichend) 3 = nur noch wenige Teilbereiche und/ oder steiler schräg von unten einsehbar (Bewertung kritisch, mit Erfahrung gerade noch möglich) 4 = Krone weitestgehend verdeckt oder nur von unten einsehbar (Bewertung unmöglich) 5 = Krone nur im Gegenlicht einsehbar	2, 3, 5, 6, 7, 8
20	LEBT	Bäume, die diesjährig definitiv noch ausgetrieben haben, aber in der Krone keine Blätter mehr besitzen: 1 = VLP bei 100%, aber noch grüne Wasserreiser über den Stamm 2 = aktuell abgestorben, mit frisch verdorrten Blättern in Krone und/ oder als Wasserreiser am Stamm	3, 5, 6, 7, 8
21	MT	Mehltaubefall: 0 = ohne sichtbaren Mehltaubefall 1 = gering (bis 1/3 der Blätter) 2 = mittel (1/3 bis 2/3) 3 = stark (> 2/3)	3, 6, 8
22	BELTY	Belaubungstyp, Ansprache ab 30% Blattverlust: 0 = keine Verlichtung 1 = Peripherie schütter, innen belaubt 2 = innen schütter, Peripherie belaubt 3 = Gesamtkrone schütter 4 = Teilbereiche der Krone verlichtet 5 = Regenerationsbelaubung (Wasserreiserbildung) an Starkästen im Außenbereich (Krone innen schütter) 6 = Regenerationsbelaubung (Wasserreiserbildung) an Starkästen im Kroneninnern 7 = anderer Verlichtungstyp	3, 6, 8
23	DUERR	Prozentualer Anteil der Dürrräste in der Krone, gemessen am Volumen der sichtbaren Gesamtkrone in 5%-Stufen eingeschätzt	3, 6, 8
24	BLNEK	Prozentualer Anteil der lebenden Blätter mit vorhandener, sichtbarer Blattnekrose (flächig, fleckige Braunfärbung der Blätter) in 5%-Stufen eingeschätzt	3, 6, 8
25	KLBL	Prozentualer Anteil deutlich verkleinerter Blätter in 5%-Stufen eingeschätzt	3, 6, 8
26	FRUKT	Intensität der Fruktifikation: 0 = ohne sichtbare Fruktifikation 1 = gering (bis 1/3 einer vollen Mast) 2 = mittel (1/3 bis 2/3 einer vollen Mast) 3 = stark (> 2/3 einer vollen Mast)	3, 6, 8

Nr.	FELDNAME	SCHLÜSSELVERZEICHNIS	AUFNAHMEN
27	SINS	Blattverlust, der eindeutig Raupenfraß zugeordnet werden kann und im August noch oder erst (bspw. Eichenprozessionsspinner) zu erkennen ist: 0 = ohne sichtbaren Fraß 1 = gering (bis 1/3 der Blätter) 2 = mittel (1/3 bis 2/3 der Blätter) 3 = stark (> 2/3 der Blätter)	3, 6, 8

AUFNAHMEN:

- 1 = Winteraufnahme 1994/95
- 2 = Fröhjahresaufnahme im Juni 1995
- 3 = Sommeraufnahme im August 1995
- 4 = 2 + 3 für Zwischenauswertung
- 5 = Fröhjahresaufnahme im Juni 1996
- 6 = Sommeraufnahme im August 1996
- 7 = Fröhjahresaufnahme im Juni 1997
- 8 = Sommeraufnahme im August 1997

Anhang 9: Beobachtungsflächen in schwachen Baum- und Stangenhölzern

Flächen-Nr.	Fraßgeschichte	Standorts-variante	Waldort (FA, Distrikt, Abteilung)	Anzahl der Beispielsbäume (Bestandesfläche)	Alter	Anzahl in Kronenzu- standsklassen	Standortstypen ¹	Bemerkungen
34	1-maliger Kahlfraß 1994	weniger naß	Hagenbach, XVI Ratzenbuckel-Süd 13 a ²	54 Bäume (4,0 ha)	50 J.	TF ² 1, KZK ³ : 5/ 7/ 4 TF 2, KZK: 5/ 6/ 5 TF 3, KZK: 4/ 11/ 7	TF 1: WÜSMT fr TF 2: KVL zfr TF 3: WÜSMT fr (WES zfr)	Ausfallrate 1995: etwa 60%
35	<u>1993</u> : Kahlfraß auf 90% und Lichtfraß auf 10% der Fläche <u>1994</u> : Kahlfraß auf 20% und Lichtfraß auf 80% der Fläche	naß	Hagenbach, XVI Ratzenbuckel-Nord 14 b ¹	33 Bäume (5,0 ha)	51 J.	KZK: 10/ 12/ 11	WLÜMT vernässend, WMT vernässend (und sfr), WÜSL u. WL vernässend	Ausfallrate 1995: > 90% Kahlfraß 1994 = vergessener Bekämpfung- streifen
36	1-maliger Kahlfraß 1994	weniger naß	Hagenbach, XVI Ratzenbuckel-Nord 14 a ¹	17 Bäume (3,5 ha)	50 J.	KZK: 6/ 9/ 2	WÜSMT fr, WLÜMT fr (östlicher Teil)	Ausfallrate 1995: etwa 15%
37	Lichtfraß 1993, 1-maliger Kahlfraß 1994	naß	Schaidt, XXI Aschbach 11 c ³	39 Bäume (4,0 ha)	57 J.	KZK: 10/ 12/ 17	WL sfr und äfr	Ausfallrate 1995: etwa 60%
38	2-maliger Kahlfraß 1993 u. 1994	weniger naß	Hagenbach, XIII Schlangensee 3 c ³	32 Bäume (4,2 ha)	47 J.	KZK: 10/ 13/ 9	WES fr	Ausfallrate 1995: etwa 20%

¹ siehe Kap. 4.3.2.2.2, Tab. 12

² TF = Teilfläche

³ Anzahl der Bäume in der jeweiligen Kronenzustandsklasse (= KZK): I/ II/ III

Anhang 10: Beobachtungsflächen in Dickungen

Flächen-Nr.	Fraßgeschichte	Standorts-variante	Waldort (Forstamt, Distrikt, Abteilung)	Versuchs- fläche (Bestandesfläche)	Alter	Stamm- zahl/ha (Stand 1994)	Standortstypen ¹	Bemerkungen
39	2-maliger Kahlfraß 1993 und 1994	weniger naß	Hagenbach, XV Windheimer Schläge 1 b ³	0,25 ha (2,5 ha)	20 J.	3100	WLS, WES fr	Pflanzung; Vollaufnahme 1995, 1996 und 1997
40	Lichtfraß 1993 und Kahlfraß 1994	naß	Hagenbach, XV Windheimer Schläge 1 b ³	0,25 ha (2,5 ha)	20 J.	4884	WES vernäss.	Pflanzung; Vollaufnahme 1995 und 1997
41	1-maliger Kahlfraß 1994	naß	Hagenbach, XII Fuchslöcher 1 b ²	0,16 ha (2,1 ha)	22 J.	3581	AMOS, WAS vernäss.	Pflanzung; Vollaufnahme 1995 und 1997
42	1-maliger Kahlfraß 1994	weniger naß	Hagenbach, XVI Pfirsingberg 12 b ²	0,09 ha (2,7 ha)	22 J.	3822	WÜSMT fr	Pflanzung; Vollaufnahme 1995 und 1997
43	1-maliger Kahlfraß 1994	weniger naß	Schaidt, XX Staudenbuckel 3 d ³	0,25 ha (1,6 ha)	30 J.	2320	WES fr	aus Saat; Vollaufnahme 1995 und 1997

¹ siehe Kap. 4.3.2.2.2., Tab. 12

Anhang 11: Aufnahmeparameter und Schlüsselverzeichnis für die Dickungen**A. Parameter an abgestorbenen Bäumen (summarische Erhebung 1995):**

Nr.	FELDNAME	SCHLÜSSELVERZEICHNIS	AUFNAHME
1	TOT	1 = alt tot 2 = frisch tot (noch mit Feinreisig)	1
2	KRAFT	soziale Stellung nach KRAFT (1884): 1 = vorherrschend 2 = herrschend 3 = mitherrschend 4 = unterständig	1

B. Parameter an lebenden Bäumen:

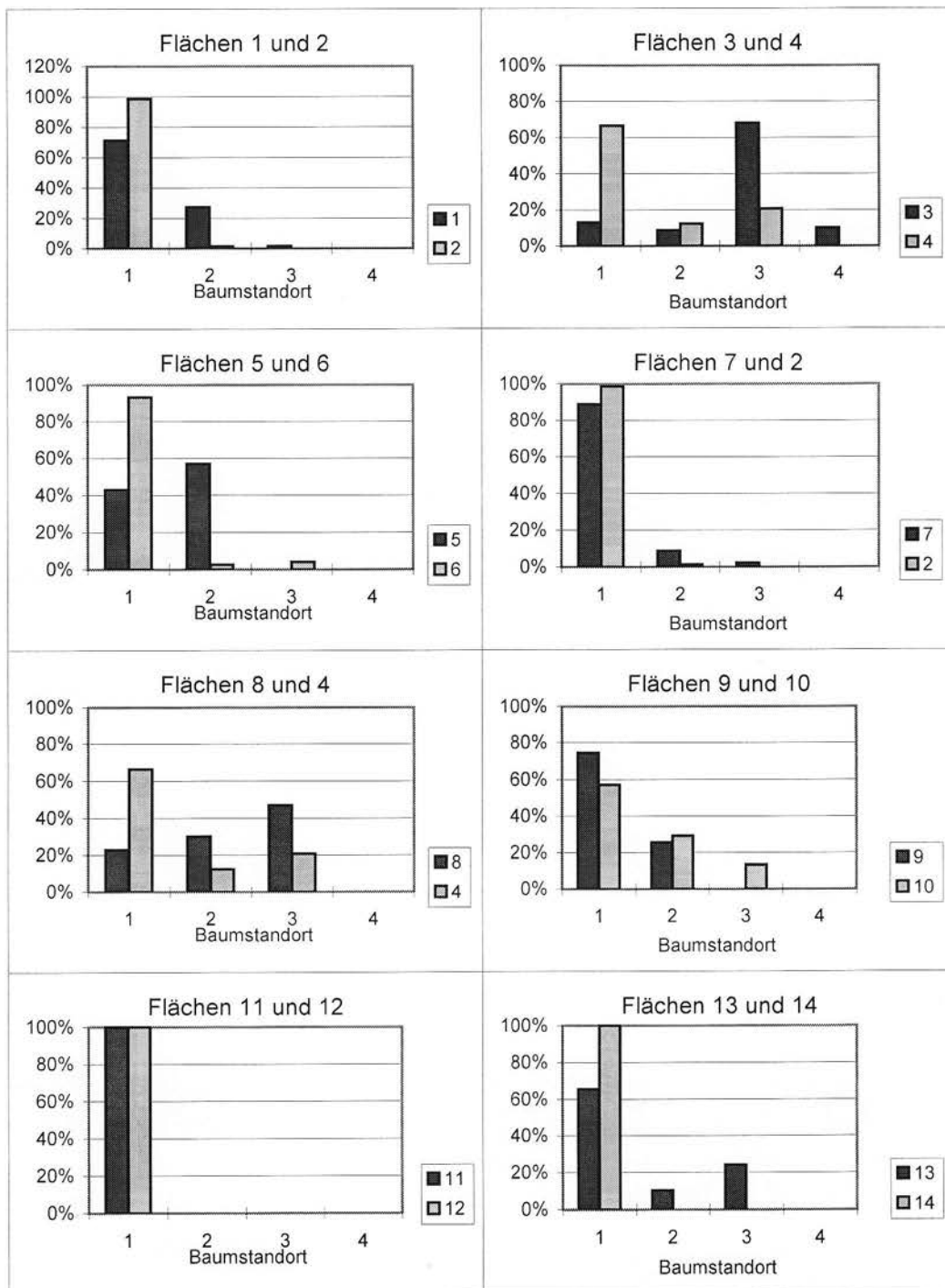
Nr.	FELDNAME	SCHLÜSSELVERZEICHNIS	AUFNAHME
1	FLNR	Beobachtungsflächennummer (39-43)	1, 2, 3
2	REIHE	Nummer der Pflanzreihe	1, 2, 3
3	BNR	Baumnummer	1, 2, 3
4	FRAGES	Fraßgeschichte: (einzelbaumweise zugeordnetes Beobachtungsflächenmerkmal) 2 = Fraß 1994 3 = Fraß 1993 und 1994	1
5	LAGE	Stammfußkoordinaten: X-Achse (Pflanzreihe), Y-Achse (Abstand der Bäume in der Pflanzreihe)	1
6	BA	1 = Buche 2 = Hainbuche 3 = Eiche 4 = Roteiche 7 = Kiefer 8 = Birke 9 = Faulbaum 10 = Eberesche 11 = Ilex	1, 2, 3
7	BKL	Baumklassen nach KRAFT (1884): 1 = vorherrschend 2 = herrschend 3 = mitherrschend 4 = unterständig	1, 2, 3
8	VLPGRP	Blattverlustgruppe: Stufe 1 = < 30% Blattverlust, gut belaubt Stufe 2 = 30-70% Blattverlust, mittel belaubt Stufe 3 = > 70% Blattverlust, schwach belaubt Stufe 4 = 100% Blattverlust, noch lebende Wasserreiser Stufe 5 = 100% Blattverlust, 1996 bzw. 1997 abgestorben	1, 2, 3 2, 3

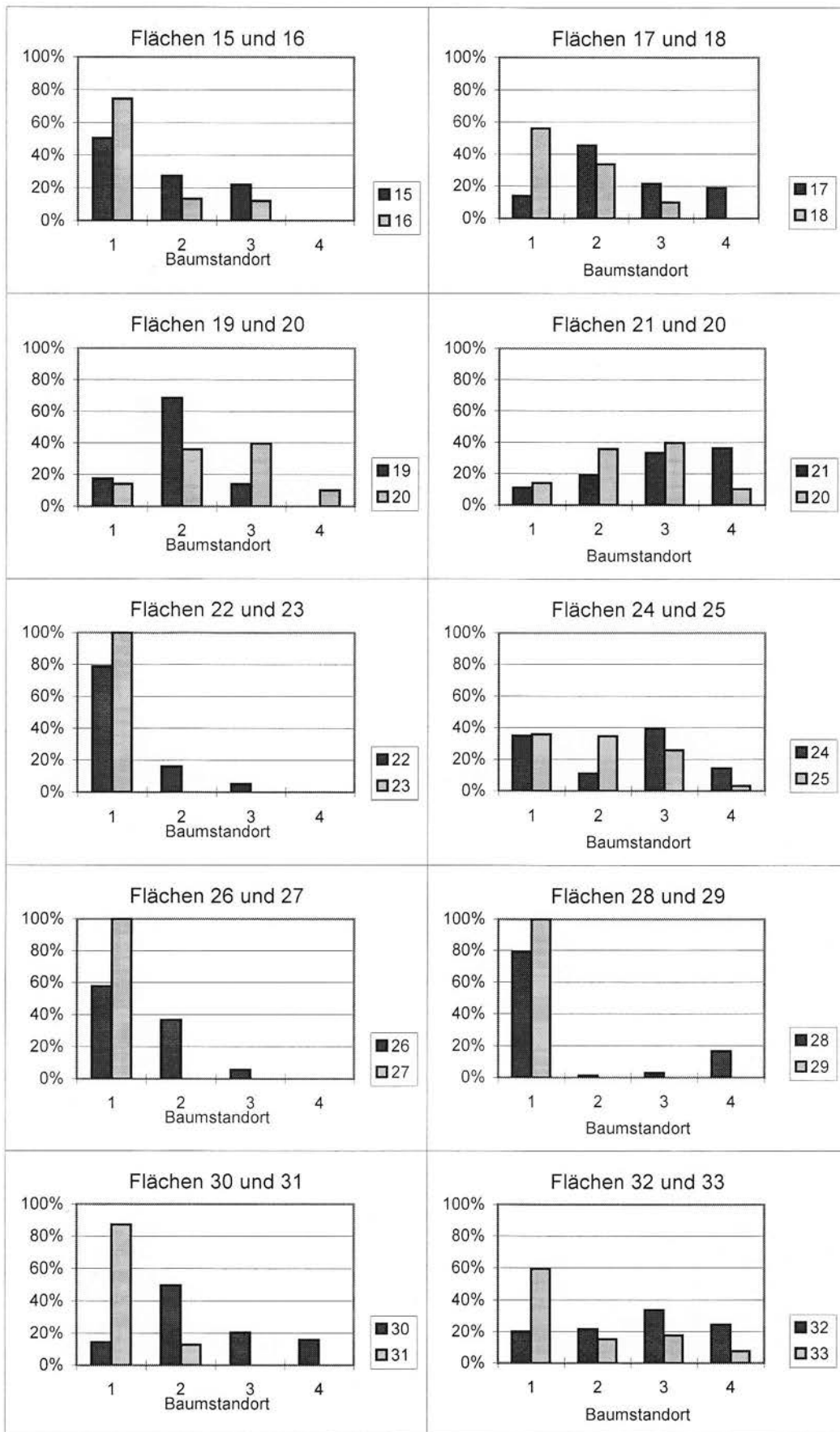
Nr.	FELDNAME	SCHLÜSSELVERZEICHNIS	AUFNAHMEN
9	KA	Kronenausformung: 0 = gut: Krone allseits gut ausgeformt, gut verzweigt 1 = mittel: Krone einseitig und nicht gleichmäßig ausgeformt 2 = schlecht: Krone schlecht verzweigt, fahnenförmig	1, 2, 3
10	WR	Wasserreiser: Stufen in Anlehnung an den EST ¹ : 0 = ohne Wasserreiser 1 = wenige Wasserreiser 2 = mehrere Wasserreiser 3 = zahlreiche Wasserreiser	1, 2, 3
11	BEM 1/2	Besonderheiten: 1 = auffällige Kleinblättrigkeit 2 = Insektenfraßspuren an den Blättern 3 = Insektenbefall am Stamm (Einflug-, Ausbohrlöcher, Holzmehl, usw.) 4 = Pilzbefall der Blätter (Fruchtkörper, Nekrosen) 5 = Pilzbefall des Stammes (Fruchtkörper, Nekrosen) 6 = Eichenmehltau 7 = Tiefzwiesel 8 = Schleimflußflecken (Anzahl)	1, 2, 3

AUFNAHMEN: 1 = Sommeraufnahme im Juli 1995 (Vollaufnahme)
 2 = Sommeraufnahme im August 1996 (stichprobenweise Aufnahme)
 3 = Sommeraufnahme im August 1997 (Vollaufnahme)

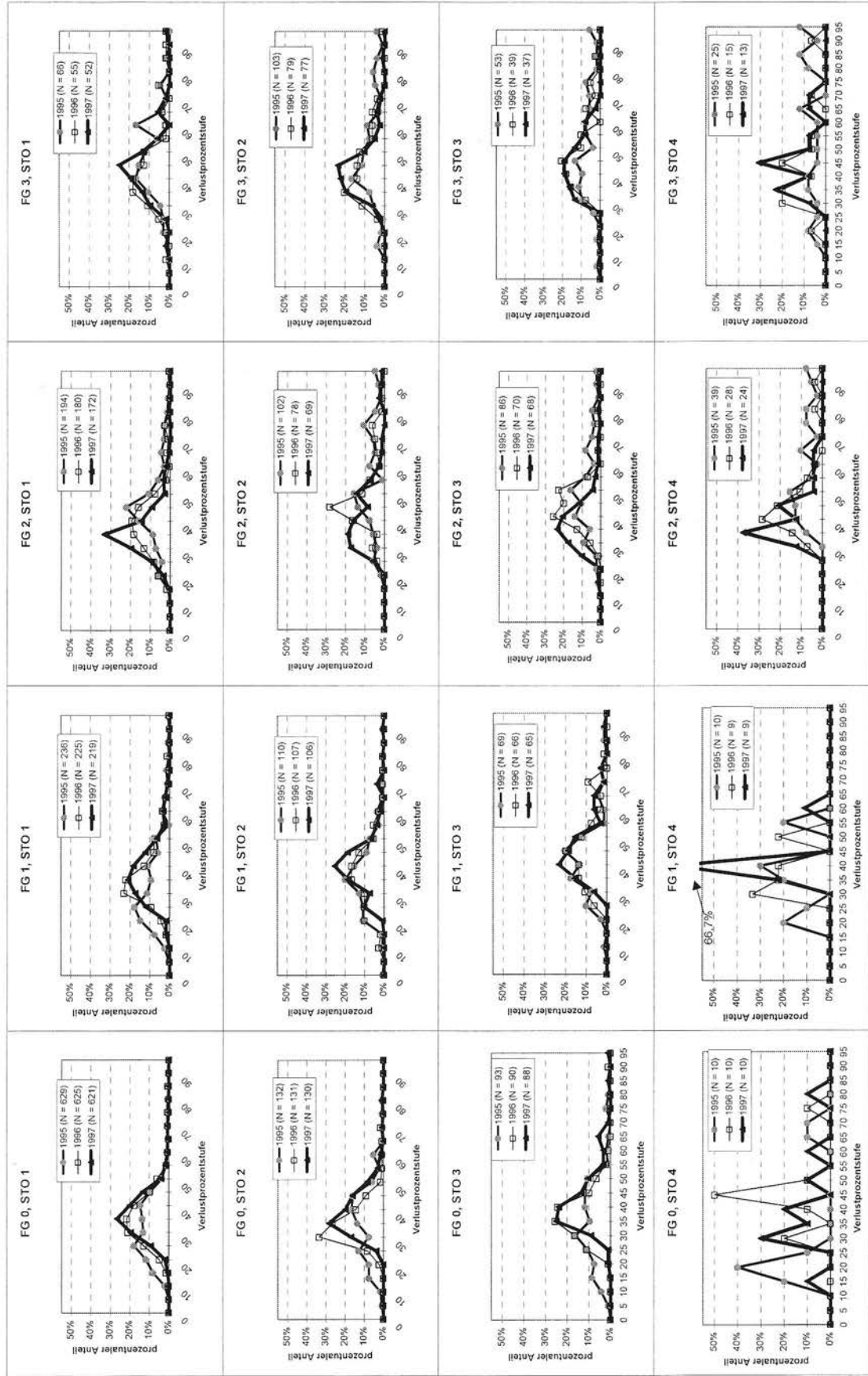
¹ Erweiterter Sortentarif über die Entlohnung von Holzerntearbeiten vom 03.05.1979; in der Fassung vom 18.05.1994, Abb. 2

Anhang 12: Verteilung der Baumstandorte innerhalb der Flächenpaare (vgl. Kap. 4.4.1);
 Anteile in [%] (Baumstandort [STO 1] = nicht vernäßt, STO 2 = eher vernäßt,
 STO 3 = vernäßt und STO 4 = naß)

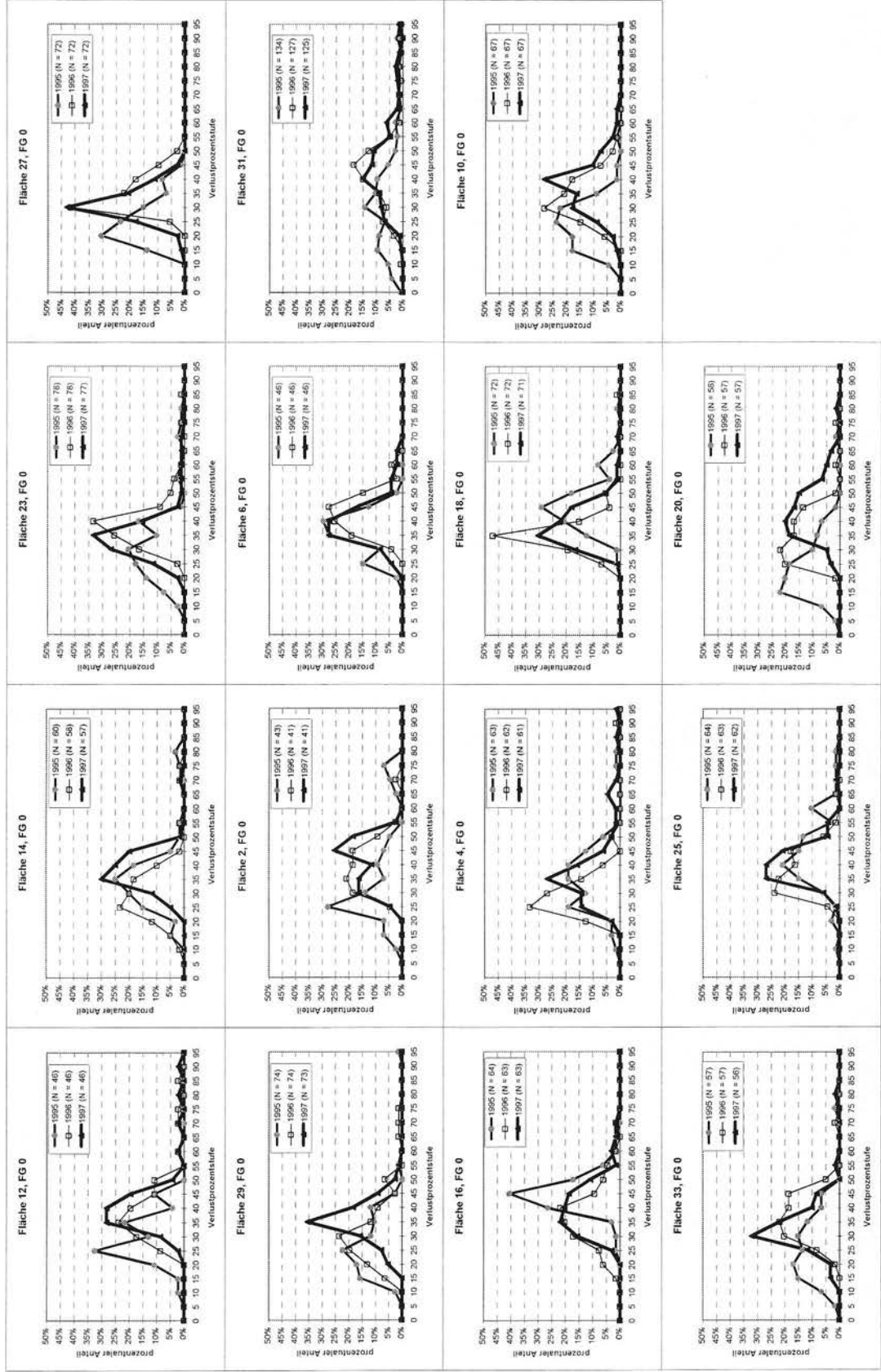




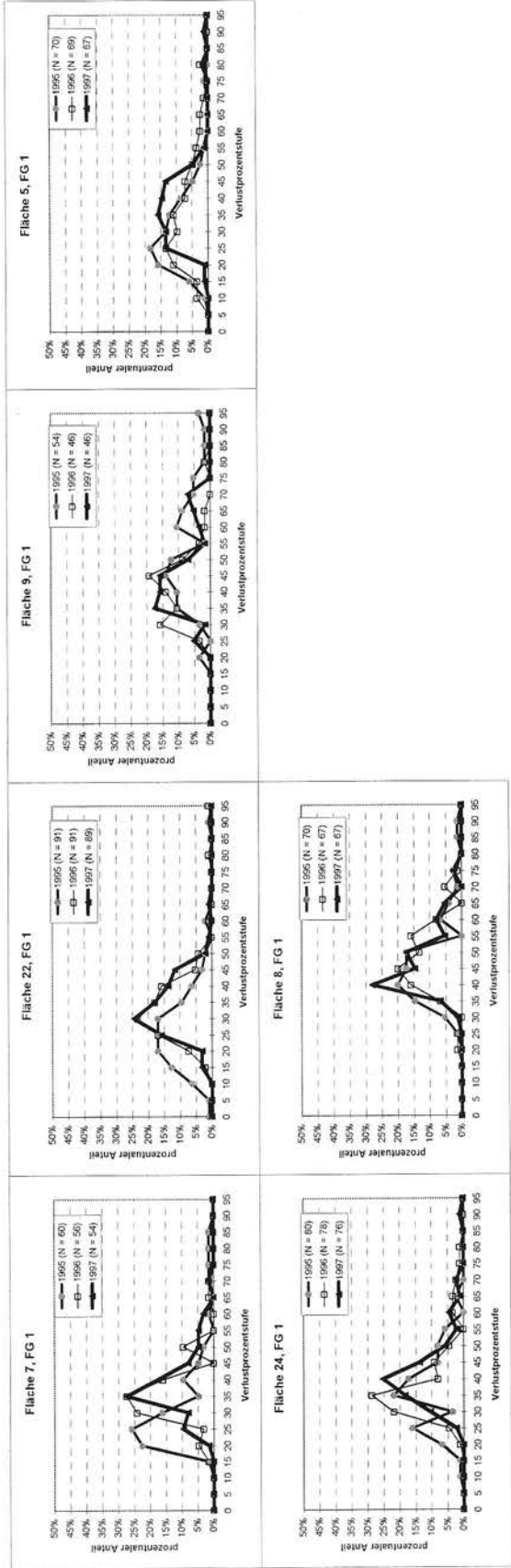
Anhang 14: Häufigkeitsverteilungen des Blattverlustes lebender Eichen in 5%-Stufen für alle Kombinationen der Fraßgeschichte (FG 0-3, in Spalten) und des Baumstandortes (STO 1-4, in Zeilen) (vgl. Kap. 4.4.1) in den Jahren 1995, 1996 und 1997; Anteile in [%] der aufgenommenen Stichprobenbäume



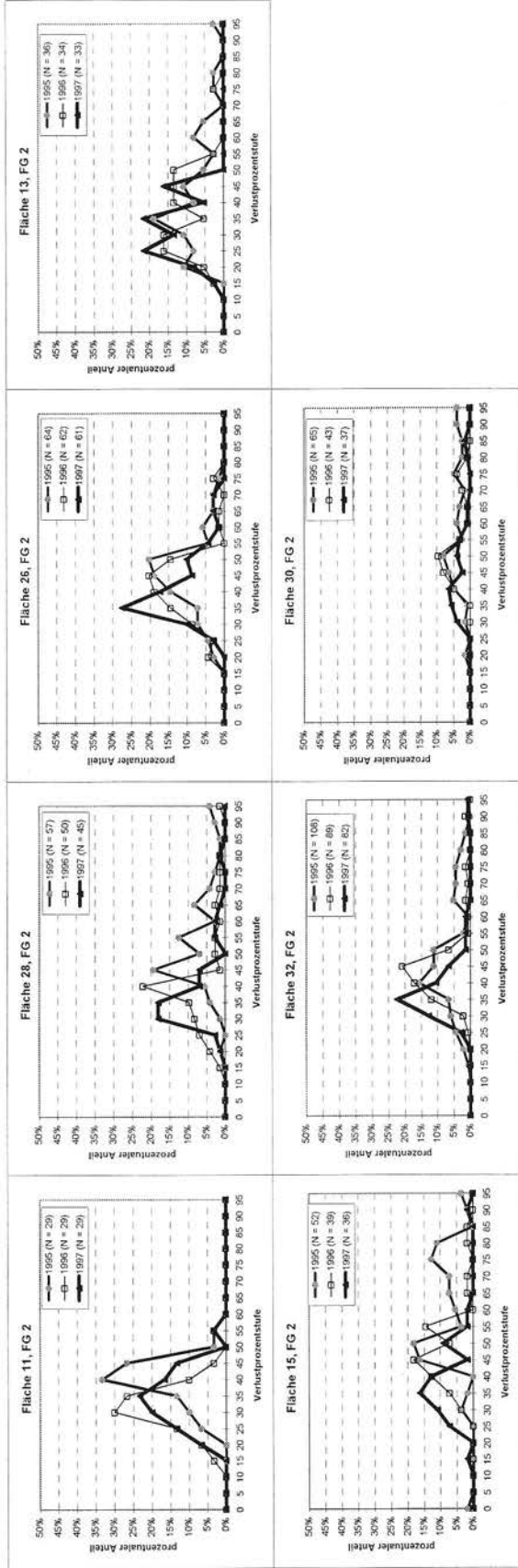
Anhang 15.1: Häufigkeitsverteilungen des Blattverlustes lebender Eichen in 5%-Stufen für die Beobachtungsflächen mit der Fraßgeschichte ohne Fraß (FG 0) in den Jahren 1995, 1996 und 1997; zeilenweise sortiert nach dem prozentualen Anteil der Baumstandorte (STO) 2-4: eher vernäbt und naß (vgl. Kap. 4.4.1); Anteile in [%] der aufgenommenen Stichprobenbäume



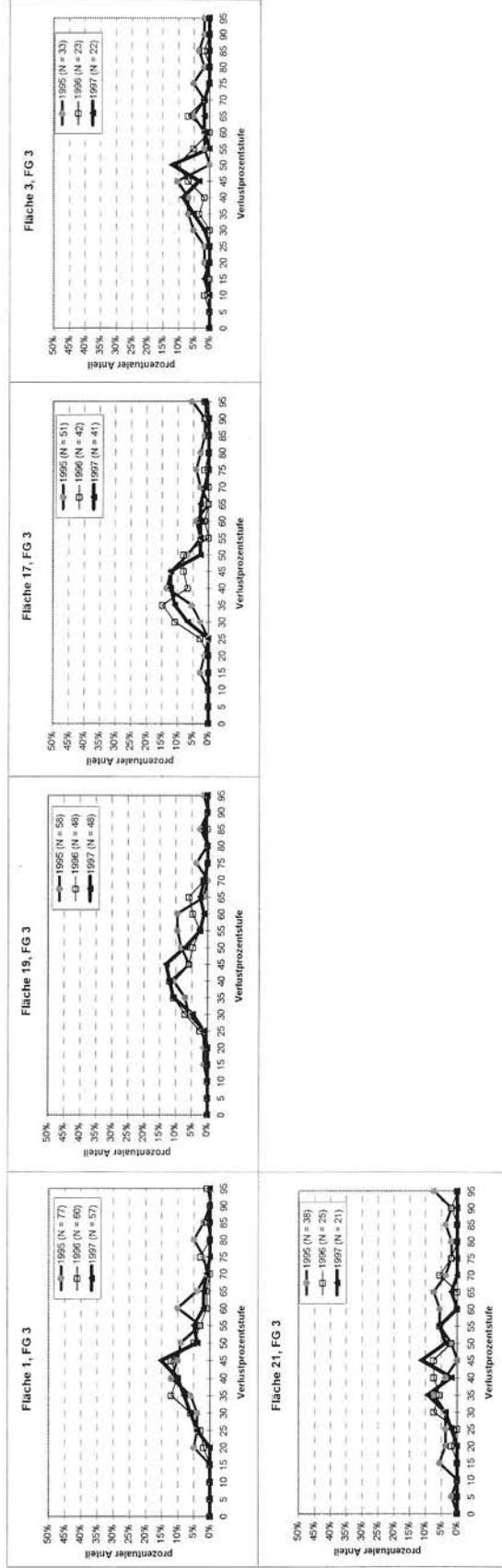
Anhang 15.2: Häufigkeitsverteilungen des Blattverlustes lebender Eichen in 5%-Stufen für die Beobachtungsflächen mit der Fraßgeschichte **Fraß 1993** (FG 1) in den Jahren 1995, 1996 und 1997; zeilenweise sortiert nach dem prozentualen Anteil der Baumstandorte (STO) 2-4: eher vernäßt, vernäßt und naß (vgl. Kap. 4.4.1); Anteile in [%]; die aufgenommene Stichprobenbäume



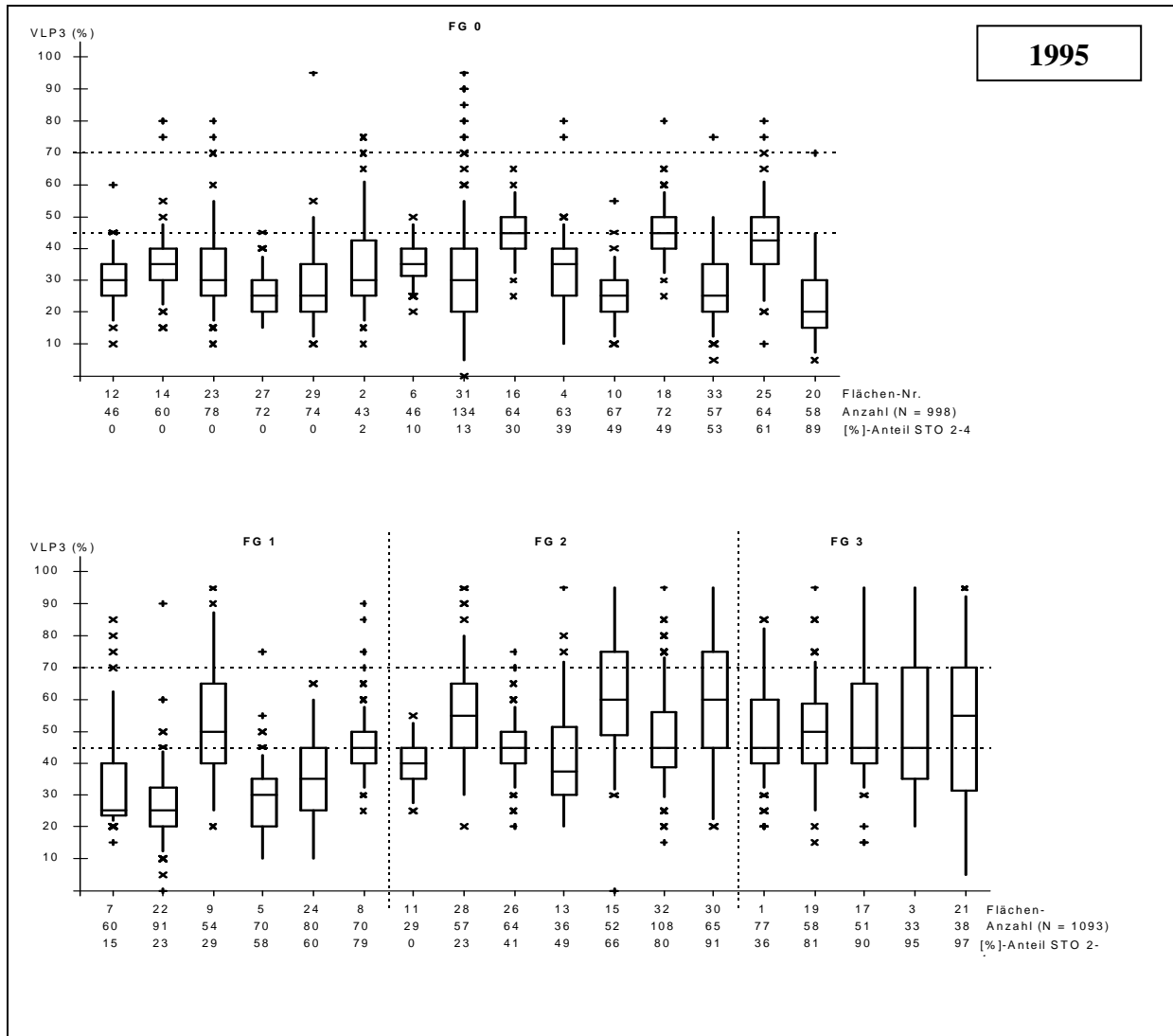
Anhang 15.3: Häufigkeitsverteilungen des Blattverlustes lebender Eichen in 5%-Stufen für die Beobachtungsflächen mit der Fraßgeschichte **Fraß 1994** (FG 2) in den Jahren 1995, 1996 und 1997; zeilenweise sortiert nach dem prozentualen Anteil der Baumstandorte (STO) 2-4: eher vernäbt, vernäbt und naß (vgl. Kap. 4.4.1); Anteile in [%] der aufgenommenen Stichprobenbäume



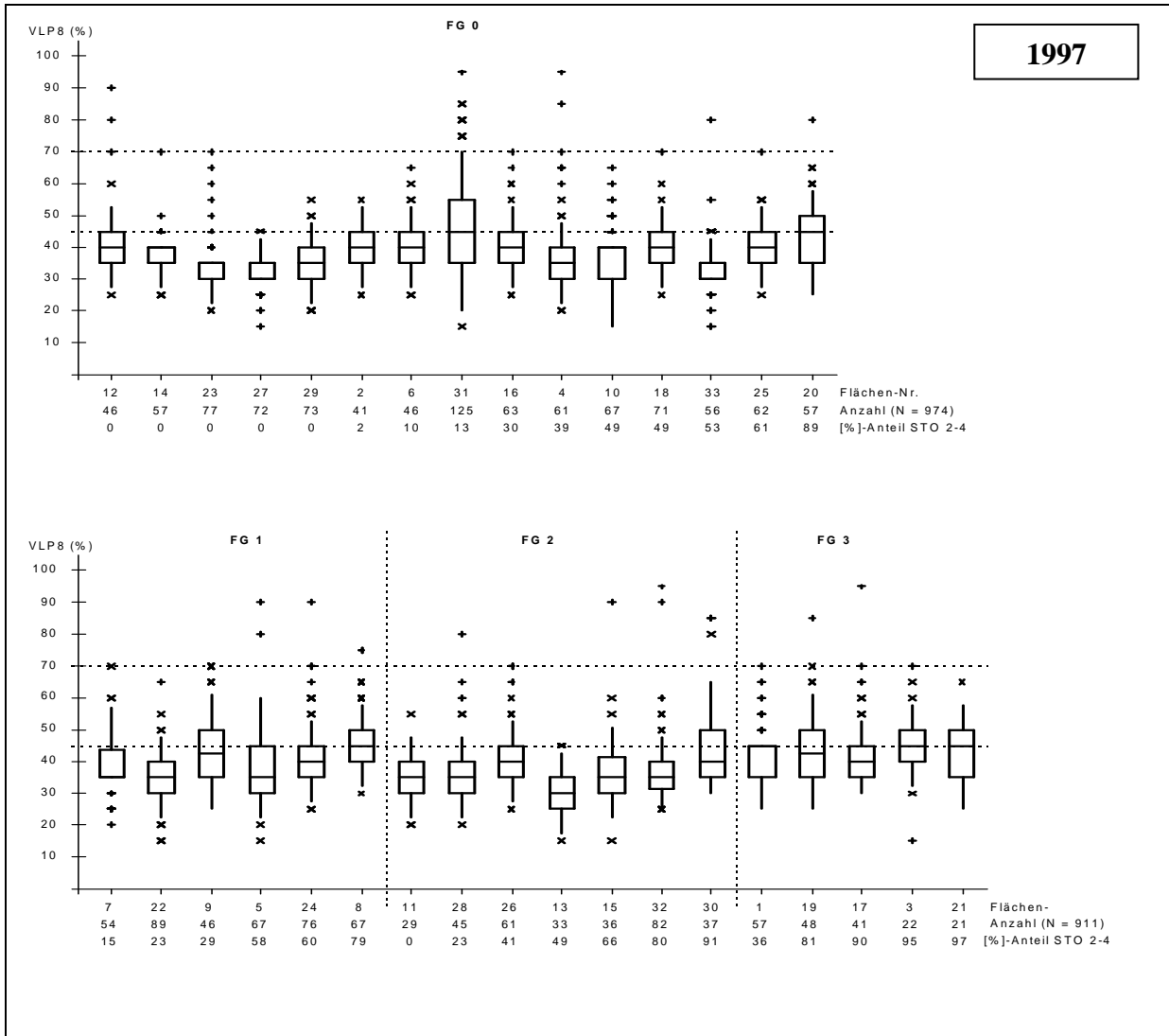
Anhang 15.4: Häufigkeitsverteilungen des Blattverlustes lebender Eichen in 5%-Stufen für die Beobachtungsflächen mit der Fraßgeschichte **Fraß 1993/94** (FG 3) in den Jahren 1995, 1996 und 1997; zeilenweise sortiert nach dem prozentualen Anteil der Baumstandorte (STO) 2-4: eher vernäbt, vernäbt und naß (vgl. Kap. 4.4.1); Anteile in [%]; Anteile in [%] der aufgenommenen Stichprobenbäume



Anhang 16.1: Häufigkeitsverteilungen der Blattverluste (VLP) [%] als Box-Plots zur Darstellung der zum Aufnahmezeitpunkt 1995 lebenden Eichen für alle Beobachtungsflächen; Reihenfolge nach der Fraßgeschichte (FG 0-3) und dem prozentualen Anteil der Baumstandorte (STO) 2-4: eher vernäßt, vernäßt und naß (siehe Kap. 4.4.1)



Anhang 16.2: Häufigkeitsverteilungen der Blattverluste (VLP) [%] als Box-Plots zur Darstellung der zum Aufnahmezeitpunkt 1997 lebenden Eichen für alle Beobachtungsflächen; Reihenfolge nach der Fraßgeschichte (FG 0-3) und dem prozentualen Anteil der Baumstandorte (STO) 2-4: eher vernäbt, vernäbt und naß (siehe Kap. 4.4.1)



Anhang 17: Aufnahmebeleg für die Symptomanalyse (modifiziert nach HARTMANN 1989)**Symptomanalyse - Baumholz -**

Blatt I (II)

Aufnahmedatum:

A. Bestand:

1. Waldort/ Flächen-Nr.:
2. Baum-Nr.:
3. Alter:
4. Schlußgrad:

B. stehender Baum:

1. Lage im Bestand (innen/ Rand/ freistehend):
2. Vegetation:
3. Unterstand (Baumart, Ausprägung):
4. Baumklasse nach Kraft:
5. BHD [cm]:
6. Wasserreiser:
7. Blattverlust in [%] bzw. Absterbezeitpunkt:
8. Krone (abblätternde Borke, Pilzkörper, Feinreisigzustand, u.a.):
 - Rindenbild:
 - Schleimfluß:
 - Ausfluglöcher von Agrilus:
 - Specht:
 - abblätternde Borke:
 - Pilzkörper:
 - sonstiges:

C. gefällter Stamm:

Gesamtlänge [m]:

Kronenansatz bei [m]:

Symptomanalyse

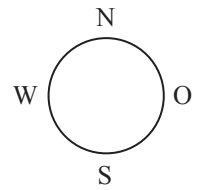
Baum-Nr.:

Blatt II (II)

Krone: a) Bastzustand (grün, nekrotisch):

b) Agrilusbefall:

c) sonstiges:



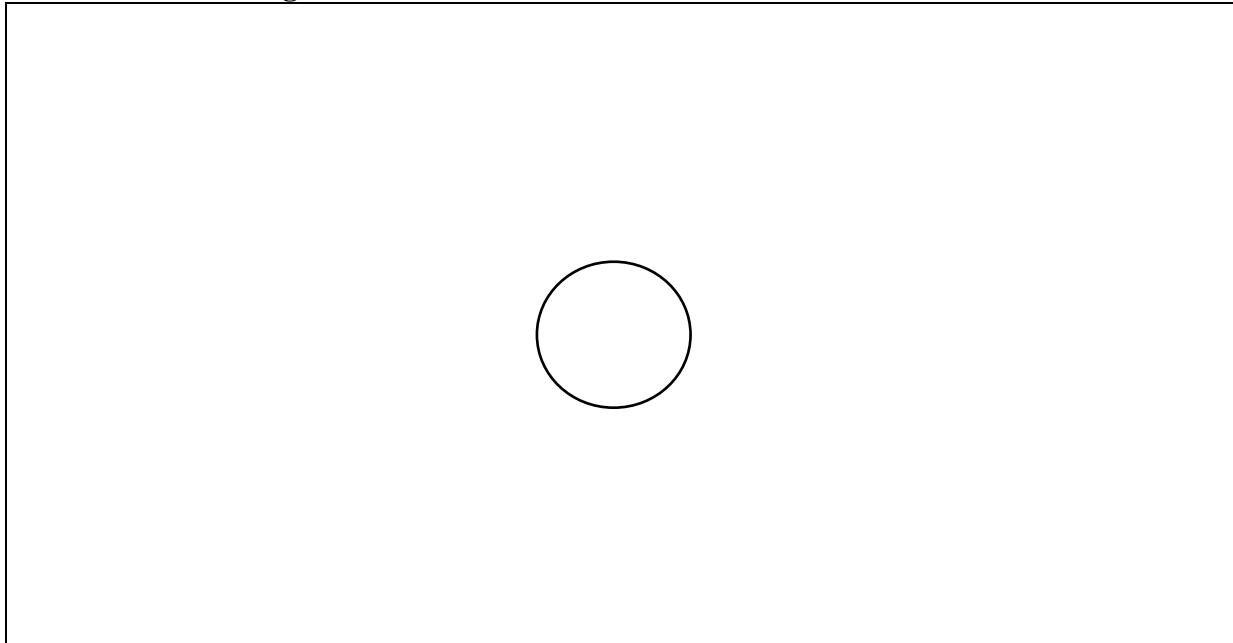
Stamm:

Sektion III:	N	W	S	O	Bemerkungen
Sektion II:					
Sektion I:					
	N	W	S	O	

Anhang 18: Aufnahmebeleg für die Wurzeluntersuchungen, modifiziert nach DELATOUR (zitiert nach HETT 1989)

Waldort:		Flächen-Nr.		Baum-Nr.	
Aufnahmedatum:					

1 - Wurzelabbildung



Legende

gesunde Wurzel	nekrotische Wurzel	Hallimaschbefall	tote Wurzel

2 - Beschreibung der Wurzeln

Wurzel-Nr.	gesund		nekrotisch und/oder Hallimaschbefall		tot		Bemerkungen (Agrilus, o.ä.)	
		%		%		%		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
Summe		%		%		%		%
Nekrosen	/	/		%		%	/	/
Hallimasch	/	/		%		%	/	/

Anhang 19: Ergebnisse der Symptomanalyse am Stamm in Baumhölzern sowie Dickungen im Frühsommer 1995 (vgl. Kap. 4.5)

Flächen-Nr.	Alter (Jahre)	Baum-Nr.	Fraggeschichte ¹	STO ²	VLPG ³ 06/1995	A. Ansprache in Hüfthöhe		sonstiges (Pilzkörper usw.)	B. Liegendansprache		sonstiges	
						Bastzustand	Agrilusbefall ⁴		Hallimasch	Agrilusbefall		Hallimasch
34-1	50	1	2	2	5	grün	0	vorhanden	Scolytidenlöcher vorhanden	0	0	0
34-1	50	2	2	2	5	größtenteils grün	Stufe 1	0	ohne besondere Merkmale	Stufe 1	0	0
34-1	50	3	2	2	3	grün	Stufe 1	0	100% Blattverlust; wenige lebende Wasserreiser	Stufe 1	0	0
34-1	50	4	2	2	3	grün	0	0	starker Wasserreiserbesatz	0	0	0
34-1	50	5	2	2	3	grün	Stufe 1	0	ohne besondere Merkmale	Stufe 1	0	0
34-1	50	6	2	2	5	grün	0	0	ohne besondere Merkmale	0	0	0
34-1	50	7	2	2	3	grün	0	0	ohne besondere Merkmale	0	0	0
34-1	50	8	2	2	5	grün	Stufe 1	0	ohne besondere Merkmale	Stufe 1	0	0
34-1	50	9	2	2	5	größtenteils grün	Stufe 2	0	Pilzbefall in der Krone	Stufe 2	0	0
34-1	50	10	2	2	3	grün	Stufe 1	0	Pilzbefall in der Krone	Stufe 1	0	0
34-1	50	11	2	2	2	grün	Stufe 1	0	ohne besondere Merkmale	Stufe 1	0	0
39/40	20	1	3	3	5	teilweise grün	0	vorhanden	Pilzbefall in der Krone	0	vorhanden	0
39/40	20	2	3	3	5	teilweise grün	0	vorhanden	Pilzbefall in der Krone	0	vorhanden	0
39/40	20	3	3	3	3	größtenteils grün	0	vorhanden	Pilzbefall in der Krone	0	vorhanden	0
39/40	20	4	3	3	3	grün	0	0	Pilzbefall in der Krone	0	0	0
39/40	20	5	3	3	2	grün	0	0	Pilzbefall in der Krone	0	0	0
21	96	1	3	4	3	100% grün	0	0	wenig Spechteinhibe	Stufe 1 auf Südseite (Zickzackgänge)	0	0
21	96	2	3	4	5	100% grün	0	0	wenig Spechteinhibe	Stufe 1 auf Südseite (Zickzackgänge)	0	0
37	57	1	3	3	5	100% grün	0	0	ohne besondere Merkmale	Stufe 2 auf Südseite	0	0

¹ Fraggeschichte:
 0 = ohne Fraß
 1 = Fraß 1993
 2 = Fraß 1994
 3 = Fraß 1993/94
 4 = naß

² Standort (STO):
 Baumstandort
 1 = nicht vernäht
 2 = eher vernäht
 3 = vernäht
 4 = naß

³ Verlustgruppe (VLPG):
 Blattverlust in %
 1 = < 30%
 2 = 30-70%
 3 = > 70%
 5 = abgestorben

⁴ Mittlere Agrilusbefallsstufen:
 Stufe 1 = 1-5 Larvengänge/10 cm
 Stufe 2 = 6-10 Larvengänge/10 cm
 Stufe 3 = > 10 Larvengänge/10 cm

Anhang 20.1.1: Ergebnisse der Symptomanalyse am Stamm in Alt- und Baumhölzern im Winter 1995/96 (vgl. Kap. 4.5); Legende am Ende der Tabelle, Seite A.41

Flächen-Nr.	Baum-Nr.	Fräß-geschichte	STO ²	Kraft ³	VLP ₄ ^{8/1995}	Unterstands-ausprägung	A. Ansprache in Hüfthöhe			B. Liegendansprache			sonstiges	
							Bastzustand	Agrilusbefall	Hallimasch	sonstiges	Bastzustand	Agrilusbefall		Hallimasch
101	59	3	1	2	100	gut Bu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 2	ohne	Spechteinhibe, in Krone abblätternde Borke	100% nekrotisch abblättern	Stufe 3	ohne	/
101	82	3	2	2	100	mittel HBu	100% nekrotisch abblättern	nicht mehr erkennbar	vorhanden	zahlreiche Spechteinhibe; anbrüchig; in Krone abblätternde Borke; zahlreiche Scolytidenlöcher	100% nekrotisch abblättern	Stufe 2	vorhanden	wenige Scolytidenlöcher, mehrfach Holzwespenlöcher und Bockgänge
102	11	3	2	1	80	fehlt	100% grün	platzweise abgewehrt	ohne	bis ca. 2,5m Höhe zahlreiche kleine Schleimflufflecken	100% grün	platzweise kleine Befallsstellen	ohne	/
2	59	0	1	3	75	gut Bu	100% nekrotisch abblättern	ohne	ohne	Krone anbrüchig	100% grün	ab 8m Höhe 2 kleine Befallsstellen	ohne	/
301	11	3	4	2	85	mäßig Bu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 3	ohne	einzelne Spechteinhibe; stellenweise anbrüchig; in Krone abblätternde Borke; vereinzelt Scolytidenlöcher	100% nekrotisch abblättern	Stufe 3	ohne	zahlreiche Scolytidenlöcher, wenige Holzwespenlöcher
301	16	3	3	2	75	fehlt	100% grün	Stufe 2	ohne	zahlreiche Schleimflufflecken bis in die Krone, v.a. im Süden	100% grün	platzweise kleine Befallsstellen	ohne	/
302	4	3	3	2	75	fehlt	60% grün, 40% nekrotisch abblättern	Stufe 1	ohne	Krone zu 50% frisch abgestorben	60% grün, 40% nekrotisch abblättern	Stufe 2	ohne	einzelne Scolytidenl.
302	9	3	3	2	100	mittel HBu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 3	ohne	zahlreiche Spechteinhibe; anbrüchig; in Krone abblätternde Borke; vereinzelt Scolytidenlöcher	ab ca. 2m Höhe 100% nekrotisch	Stufe 1 im Süden, Stufe 2 in Norden	ohne	vereinzelt Scolytidenlöcher, wenige Bockgänge

Flächen-Nr.	Baum-Nr.	Fraß-geschichte	STO	Kraft ³	VLP ⁴ 8/1995	Unterstands- ausprägung	A. Ansprache in Hüfthöhe			B. Liegendansprache			sonstiges	
							Basizustand	Agriusbefall	Hallimasch	Basizustand	Agriusbefall	Hallimasch		
302	24	3	3	2	100	mäßig HBu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 2	ohne	zahlreiche Spechteinhiiebe; anbrüchig; in Krone stellenweise abblättern	100% nekrotisch abblättern	Stufe 2	ohne	zahlreiche Scolytidenlöcher, wenige Holzwespenlöcher und Bockgänge
5	32	1	1	2	75	mäßig Bu	100% grün	Stufe 2	ohne	zahlreiche kleine Schleimflußlecken bis ca. 1,5m Höhe	100% grün	platzweise kleine Befallsstellen	ohne	/
5	60	1	2	2	100	mittel Bu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 1	ohne	einige Spechteinhiiebe; anbrüchig; in Krone abblättern	100% nekrotisch abblättern	nicht mehr erkennbar	ohne	zahlreiche Scolytiden- und Holzwespenlöcher
5	73	1	2	2	100	mäßig Bu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 1	ohne	Spechteinhiiebe; abblättern	100% nekrotisch abblättern	Stufe 2	ohne	vereinzelt Scolytidenlöcher, einzelne Bocklarven und Holzwespenlöcher
5	82	1	1	3	100	gut Bu	10% grün, 90% nekrotisch abblättern	Stufe 3	ohne	Spechteinhiiebe; in Krone	ab ca. 2m Höhe 100% nekrotisch abblättern	Stufe 1	ohne	/
7	13	1	1	2	100	gut Bu	5% grün, 95% nekrotisch abblättern	Stufe 2	ohne	Spechteinhiiebe; anbrüchig; mehrfach Scolytidenlöcher	ab ca. 2m Höhe 100% nekrotisch abblättern	Stufe 2	ohne	zahlreiche Scolytidenlöcher
7	77	1	1	2	85 *	gut Bu	100% grün	Stufe 2	ohne	1 Schleimflußfleck im Nordosten	100% grün, ab ca. 7,5m Höhe 100% nekrotisch	Stufe 1	ohne	/
8	5	1	1	2	100	mittel HBu	75% grün, 25% nekrotisch	Stufe 1	ohne	in Krone stellenweise abblättern	75% grün, 25% nekrotisch, ab ca. 3m Höhe 100% nekrotisch	Stufe 1	ohne	mehrfach Scolytidenlöcher im Norden

Flächen-Nr.	Baum-Nr.	Fraß-geschichte	STO ²	Kraft ³	VLP ⁴ 8/1995	Unterstands- ausprägung	A. Ansprache in Hüfthöhe			B. Liegendansprache			
							Basiszustand	Agrilusbefall	Hallimasch	sonstiges	Basiszustand	Agrilusbefall	Hallimasch
8	9	1	3	2	90	mittel HBu	65% grün, 35% nekrotisch	ohne	ohne	ohne	Stufe 1	ohne	vereinzelt Scolytidenlöcher
8	10	1	3	2	100	gut HBu	100% nekrotisch abblättern	nicht mehr erkennbar	vorhanden	anbrüchig; zahlreiche Scolytidenlöcher	100% nekrotisch abblättern	vorhanden	zahlreiche Scolytidenlöcher, wenige Holzwespenlöcher, mehrfach Bockgänge im Splint
9	34	1	1	2	70	mittel HBu	100% grün	Stufe 1	ohne	1 Schleimfußfleck im Norden	100% grün	ohne	/
13	7	2	1	3	75	mittel HBu	50% grün, 50% nekrotisch abblättern	ohne	ohne	/	50% grün, 50% nekrotisch abblättern, ab 4m Höhe 95% nekrotisch, ab Kronenansatz 100% grün	ohne	nur in Krone vereinzelt Scolytidenlöcher
15	12	2	3	3	80	mäßig HBu	100% grün	ohne	ohne	vereinzelt Schleimfußflecken im Westen	100% grün	ohne	/
15	56	2	2	3	75	mittel HBu	100% grün	ohne	ohne	/	100% grün	ohne	/
15	61	2	2	2	90	mittel HBu	100% grün	ohne	ohne	1 starker Ast abgestorben	100% grün, ab ca. 10m Höhe im Norden nekrotisch	ohne	/
15	62	2	2	2	75	mittel HBu	100% grün	ohne	ohne	am Kronenansatz Spechthöhle	100% grün	ohne	/
15	75	2	3	2	75	mittel HBu	100% grün	ohne	ohne	/	100% grün	ohne	/
17	15	3	4	2	100	mäßig HBu	100% nekrotisch	ohne	vorhanden	leichter Schleimfluß am gesamten Stamm; vereinzelt Scolytidenlöcher	100% nekrotisch	vorhanden	vereinzelt Scolytidenlöcher, vereinzelt Bocklarven im Bast, wenige Holzwespenlöcher

Flächen-Nr.	Baum-Nr.	Fräß-geschichte	STO	Kraft	VLP ₄	Unterstands-ausprägung	A. Ansprache in Hüfthöhe			B. Liegendansprache				
							Bastzustand	Agrilusbefall	Hallimasch	sonstiges	Bastzustand	Agrilusbefall	Hallimasch	sonstiges
17	37	3	4	2	100	gut HBu	100% nekrotisch abblättern	nicht mehr erkennbar	vorhanden	ab 8m Höhe stellenweise abblätternde Borke; einzelne Spechteinhibe; Krone anbrüchig	100% nekrotisch abblättern	Stufe 1	vorhanden	einzelne Scolytidenlöcher, wenige Bockgänge im Bast
17	54	3	2	2	100	mittel Bu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 1	vorhanden	vereinzelt Spechteinhibe; stellenweise abblätternde Borke in der Krone	100% nekrotisch abblättern	Stufe 1	vorhanden	vereinzelt Scolytidenlöcher, zahlreiche Bockgänge im Bast
17	61	3	2	2	95 *	gut HBu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 2	ohne	einzelne Spechteinhibe; ab ca. 7m Höhe ohne Borke; anbrüchig; mit Bock- und Scolytidenlöchern	100% nekrotisch abblättern	Stufe 3	ohne	mehrere Bockgänge, Scolytiden- und Holzwespenlöcher im Bast
17	69	3	2	2	80 *	mittel HBu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 2	ohne	Splint im Süden anbrüchig; in Krone stark abblätternde Borke; mehrfach Scolytidenlöcher	100% nekrotisch abblättern	Stufe 2	vorhanden	zahlreiche Scolytidenlöcher; zahlreiche Holzwespenlöcher und Bockgänge in Krone
17	75	3	2	2	100	mäßig Bu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 1	vorhanden	ab ca. 8m Höhe Spechteinhibe; mehrfach Scolytidenlöcher	100% nekrotisch abblättern	platzweise Stufe 1	ohne	mehrfach Scolytidenlöcher; wenige Bocklarven
192	13	3	2	2	100	gut HBu	60% grün, 40% nekrotisch abblättern	Stufe 1	ohne	in Krone stellenweise abblätternde Borke	ab ca. 2,5m Höhe 100% nekrotisch	Stufe 2	ohne	vereinzelt Scolytidenlöcher
192	22	3	2	2	85	gut HBu	10% grün, 90% nekrotisch abblättern	Stufe 1	ohne	wenige Spechteinhibe im Norden	60% grün, 40% nekrotisch abblättern, ab ca. 2,5m Höhe 100% nekrotisch	Stufe 1	ohne	mehrfach Bockgänge im Bast, ganz vereinzelt Scolytidenlöcher
21	11	3	3	3	95	mäßig HBu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 3	ohne	in Krone stellenweise abblätternde Borke und Spechteinhibe	100% nekrotisch abblättern	Stufe 2	ohne	bis 8m Höhe vereinzelt, darüber zahlreiche Scolytidenlöcher
21	17	3	4	2	85 *	mittel HBu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 1	ohne	mehrere Schleimflusflecken; wenige Spechteinhibe	100% nekrotisch (schwarze Streifen)	Stufe 1	ohne	vereinzelt Scolytidenlöcher ab ca. 4,5m, vereinzelt Bocklarven, im Süden und Osten stellenweise anbrüchig

Flächen-Nr.	Baum-Nr.	Frab-geschichte	STO ²	Kraft ³	VLP ⁴ 8/1995	Unterstands- ausprägung	A. Ansprache in Hüfthöhe			B. Liegendansprache ⁵			Hallimasch	sonstiges
							Bastzustand	Agrilusbefall	Hallimasch	sonstiges	Bastzustand	Agrilusbefall		
21	18	3	2	2	75	mittel Bu	100% grün	Stufe 1	ohne	wenige Scolytidenlöcher	100% grün	1 Befallsstelle in 10m Höhe	ohne	/
21	42	3	4	2	100	mäßig Bu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 2	vorhanden	Spechteinhibe und Bocklarven am ganzen Stamm; stellenweise abblätternde Borke; vereinzelt Scolytidenlöcher	100% nekrotisch	Stufe 1 (im oberen Bereich)	vorhanden	vereinzelt Scolytidenlöcher, einzelne Bocklarven und Holzwespenlöcher
21	43	3	4	2	80	mittel Bu	bis ca. 0,5m Höhe 100% grün	Stufe 2	ohne	Spechteinhibe am ganzen Stamm	bis ca. 1m grün, darüber 100% nekrotisch	Stufe 2 (im oberen Bereich)	ohne	vereinzelt Scolytidenlöcher
21	54	3	1	1	100	gut Bu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 2	ohne	ab ca. 10m Höhe abblätternde Borke; zahlreiche Spechteinhibe; vereinzelt Scolytidenlöcher	100% nekrotisch abblättern	Stufe 1	ohne	vereinzelt Scolytidenlöcher und zahlreiche Bocklarven im Bast
21	56	3	1	2	100	mittel HBu	100% nekrotisch	Stufe 2	vorhanden	anbrütlich; stellenweise abblätternde Borke; zahlreiche Spechteinhibe; viele Bocklarven; vereinzelt Scolytidenlöcher	100% nekrotisch abblättern	Stufe 1	vorhanden	wenige Scolytidenlöcher, ab ca. 6,5m mehrfach; zahlreiche Bocklarven im Bast
21	61	3	3	2	100	mittel HBu	100% nekrotisch abblättern	nicht mehr erkennbar	vorhanden	anbrütlich; Krone stellenweise abblätternde Borke; vereinzelt Scolytidenlöcher	100% nekrotisch	einzelne Befallsstellen	ohne	vereinzelt Scolytidenlöcher
21	63	3	4	2	95 *	gut HBu	100% grün	Stufe 1 (platzweise)	ohne	Krone zu 50% ohne Borke	100% grün bis 2m Höhe, darüber ganz nekrotisch	Stufe 2	ohne	ab Kronenansatz vereinzelt Scolytiden- und Holzwespenlöcher
21	64	3	4	3	85	gut HBu	60% grün, 40% nekrotisch abblättern	Stufe 1	vorhanden	zahlreiche Spechteinhibe; vereinzelt bis zahlreiche Scolytidenlöcher	60% grün, 40% nekrotisch abblättern, ab 2m Höhe 100% nekrotisch	Stufe 1, zur Krone hin Stufe 2	ohne	/

Flächen-Nr.	Baum-Nr.	Fraß-geschichte	STO	Kraft	VLP ₄ 8/1995	Unterstands- ausprägung	A. Ansprache in Hüfthöhe		B. Liegendansprache		Hallimasch	sonstiges
							Bastzustand	Agriusbefall	Hallimasch	sonstiges		
28	14	2	1	2	Lebt1 *	mittel Bu	100% grün	Stufe 1 (platzweise)	ohne	in Krone stellenweise abblätternde Borke	sonstiges	ab 6,5m vereinzelt Scolytidenlöcher
28	15	2	1	3	Lebt1 *	mittel Bu	100% grün	Stufe 1 (platzweise)	ohne	/	ohne	mehrere Scolytidenlöcher und Bocklarven ab ca. 14m, vorher kein Befall
28	25	2	1	2	Lebt1 *	mittel Bu	100% grün	Stufe 1	ohne	1 Schleimflußfleck in ca. 1,5m Höhe	ohne	/
28	34	2	1	3	mäßig HBu	mäßig HBu	100% nekrotisch	Stufe 1	ohne	/	ohne	vereinzelt Bockgänge im Bast
28	46	2	1	2	mittel Bu	mittel Bu	100% grün	Stufe 1	ohne	1 Stelle mit Schleimfluß	ohne	/
28	73	2	4	2	100	gut Bu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 1	ohne	Krone mit einzelnen Spechteinhieben und Borke fast völlig abgeblättert; anbrüchlig mit Bocklarven, vereinzelt Scolytidenlöcher	ohne	in Norden vereinzelt Scolytidenlöcher, in Süden zahlreich, vereinzelt Bocklarven
28	78	2	4	2	95	gut Bu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 3	ohne	in Krone vereinzelt Spechteinhiebe	ohne	vereinzelt Scolytidenlöcher und ab Kronensatz zusätzlich zahlreiche Holzwespenlöcher
28	79	2	4	2	90	mittel Bu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 1	ohne	einzelne Spechteinhiebe	ohne	vereinzelt Scolytidenlöcher, in Krone vereinzelt Bockgänge im Bast
30	30	2	2	2	75	mäßig Bu	100% grün	Stufe 1	ohne	wenige Schleimflußflecken	ohne	/

Flächen-Nr.	Baum-Nr.	Fraß-geschichte	STO Kraft	VLP ₄ 8/1995	Unterstands-ausprägung	A. Ansprache in Hüfthöhe		B. Liegendansprache		sonstiges	Hallimasch	sonstiges	
						Bastzustand	Agrilusbefall	Bastzustand	Agrilusbefall				
30	64	2	4	1	mäßig HBu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 3	vorhanden	wenige Spechteinhiße ab ca. 4m Höhe	100% nekrotisch abblättern, ab ca. 3m Höhe, im Nordosten grün, ab 12m rundum grün	platzweise Stufe 1	vorhanden	/
30	76	2	4	1	fehlt	100% nekrotisch abblättern	ohne	ohne	anbrüchig; in Krone Pilzkonsolen; vereinzelt Holzwespenlöcher	100% nekrotisch abblättern	platzweise Stufe 1	ohne	vereinzelt Scolytidenlöcher
30	78	2	4	1	fehlt	100% nekrotisch abblättern	Stufe 2	vorhanden	ab ca. 7m abblätternde Borke	100% nekrotisch abblättern	Stufe 1	vorhanden	nur in Krone einzelne Holzwespenlöcher und zahlreiche Bockgänge
30	101	2	3	2	mäßig Bu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 1	ohne	einzelne Spechteinhiße; anbrüchig; in Krone stellenweise abblätternde Borke; vereinzelt Scolytidenlöcher	100% nekrotisch abblättern	Stufe 2 im Süden	ohne	/
30	130	2	2	2	mäßig Bu	100% nekrotisch abblättern	ohne	ohne	einzelne Spechteinhiße; mehrfach Scolytidenlöcher	100% nekrotisch abblättern	1 Befallsstelle in 12m Höhe	ohne	mittlerer Scolytidenbefall am Erdstamm, darüber nur vereinzelt
32	59	2	4	2	fehlt	100% nekrotisch abblättern	Stufe 1	vorhanden	stark anbrüchig; Spechteinhiße am Stamm	100% nekrotisch abblättern	1. Abschnitt Stufe 1, Rest nicht mehr erkennbar	vorhanden	zahlreiche Bockgänge

1 Fraßgeschichte:
 0 = ohne Fraß
 1 = Fraß 1993
 2 = Fraß 1994
 3 = Fraß 1993+94

2 Standort (STO):
 Baumstandort
 1 = nicht vermaßt
 2 = eher vermaßt
 3 = vermaßt
 4 = naß

3 Kraft:
 Baumklassen nach KRAFT (1884)

4 Verlustprozent (VLP):
 Blattverlust in [%]
 bzw. Lebt1
 (= lebende Wasserreiser)
 * = im September 1995 abgestorben

5 Mittlere Agrilusbefallsstufen:
 Stufe 1 = 1-5 Larvengänge/ 10 cm
 Stufe 2 = 6-10 Larvengänge/ 10 cm
 Stufe 3 = > 10 Larvengänge/ 10 cm

Anhang 20.1.2: Ergebnisse der Symptomanalyse am Stamm in Alt- und Baumhölzern im Winter 1996/97 (vgl. Kap. 4.5)

Flächen-Nr.	Baum-Nr.	Fraß-geschichte	STO ²	Kraft ³	VLP ⁴ 8/1995	VLP ⁴ 8/1996	A. Ansprache in Hüfthöhe		B. Liegendansprache		sonstiges			
							Bastzustand	Agrilusbefall ⁵	Hallimasch	Hallimasch		Bastzustand	Agrilusbefall ⁵	
192	29	3	1	3	65	100	100% nekrotisch	nicht mehr erkennbar	/	vereinzelt Spechteinhiebe; kaum Feinreisig	100% nekrotisch	Stufe 1	/	ganz vereinzelt Scolytidenlöcher; mäßig Bocklarven
21	25	3	4	2	65	100	100% nekrotisch	Stufe 1	/	einzelne Spechteinhiebe, ab Kronensatz verstärkt; in Krone stellenweise abblätternde Borke; zahlreiche Scolytidenlöcher	100% nekrotisch	Stufe 1	im Osten bis 10 cm Höhe	ganz vereinzelt Scolytidenlöcher; zahlreiche Bocklarven, -gänge
24	2	1	4	3	55	100	100% nekrotisch	Stufe 1	/	vereinzelt Spechteinhiebe; guter Feinreisigbesatz; stark abblätternde Borke in der Krone; vereinzelt Scolytidenlöcher	100% nekrotisch	Stufe 1	/	nur Bocklarven und -gänge
28	77	2	3	2	60	80	100% nekrotisch	plätzeweise Befallsstellen	/	zahlreiche Spechteinhiebe, v.a. ab 7m Höhe; guter Feinreisigbesatz; noch dünne Blätter; zahlreiche Scolytidenlöcher	100% nekrotisch anhaftend	Stufen 1 und 2	/	vereinzelt Scolytidenlöcher; zahlreiche Bockgänge mit Larven
32	17	2	1	3	70	75	100% nekrotisch	Stufe 1	/	vereinzelt Spechteinhiebe; 1 kleiner Schleimflußfleck; noch wenig Feinreisig	100% nekrotisch anhaftend	Stufe 1	/	einzelne Bockgänge
32	62	2	4	1	65	100	100% nekrotisch abblättern	Stufe 2	vorhanden	vereinzelt Spechteinhiebe; in der Krone abblätternde Borke; wenig Feinreisig; zahlreiche Scolytidenlöcher	100% nekrotisch abblättern	Stufe 2	bis 20 cm Höhe	vereinzelt Scolytidenlöcher; zahlreiche Bockgänge mit Larven
32	95	2	2	2	45	100	100% nekrotisch abblättern	Stufe 1	/	3 kleine Schleimflußflecken; mehrfach Spechteinhiebe; wenig Feinreisig; Kronenentwicklung schlecht	100% nekrotisch abblättern	Stufe 1	/	einzelne bis zahlreiche Bockgänge

¹ Fraßgeschichte:
 0 = ohne Fraß
 1 = Fraß 1993
 2 = Fraß 1994
 3 = Fraß 1993+94
 4 = naß

² Standort (STO):
 Baumstandort
 1 = nicht vernäht
 2 = eher vernäht
 3 = vernäht
 4 = naß

³ Kraft:
 Baumklassen nach KRAFT (1884)

⁴ Verlustprozent (VLP):
 Blattverlust in [%]
 bzw. Lebt 1
 (= lebende Wasserreiser)

⁵ Mittlere Agrilusbefallsstufen:
 Stufe 1 = 1-5 Larvengänge/10 cm
 Stufe 2 = 6-10 Larvengänge/10 cm
 Stufe 3 = > 10 Larvengänge/10 cm

Anhang 20.1.3: Ergebnisse der Symptomanalyse am Stamm in Alt- und Baumhölzern im Spätsommer 1997 (vgl. Kap. 4.5)

Flächen-Nr.	Baum-Nr.	Fraß- ₁ geschichte	STO ₂	Kraft ₃	VLP ₄ 8/1996	TOT ₅ 1997	Unterstands- ausprägung	Bastzustand	A. Ansprache in Hüfthöhe		sonstiges	B. Liegende- ansprache
									Agrilusbefall ⁶	Hallimasch		
101	26	3	1	1	75	+	gut	100% nekrotisch	Stufe 3	ohne	Bockgänge	/
103	31	3	1	2	95	*	gering	100% nekrotisch	Stufe 3	ohne	Bockgänge	/
4	6	0	3	3	90	+	fehlt	100% nekrotisch	Stufe 1	vorhanden	/	/
7	78	1	1	1	70	*	gut Bu	100% nekrotisch	Stufe 3	vorhanden	vereinzelt Scolytidenlöcher	/
7	103	1	1	2	65	+	gut Bu	100% nekrotisch abblättern	2 Seiten Stufe 2; andere Seiten ohne	vorhanden	einzelne Bocklarven und Scolytidenlöcher	/
14	9	0	1	3	70	+	mittel HBu	noch 2 grüne Streifen	platzweise rundum	/	/	/
15	64	2	2	2	65	o	gut Bu			vorhanden		/
17	76	3	2	2	95	+	mittel HBu	100% nekrotisch	Stufe 3	vorhanden	mit 2 Schleimflufflecken	/
18	73	0	1	2	85	+	mittel HBu	100% nekrotisch	nicht mehr erkennbar	vorhanden	stark anbrüchig	/
191	191/2	3	2	2	55	*	fehlt	Wurzellanläufe grüner Bast, ebenso ein Streifen	Stufe 3	ohne	frisch abgestorben (rotes Laub); kein Zeichnen mit Schleimfluß	/
20	62	0	3	4	Lebt!	+	mäßig HBu	100% nekrotisch	Stufe 1		/	/
21	3	3	3	3	45	+	mittel HBu	100% nekrotisch	Stufe 1	ohne	junge Bocklarven	/
21	8	3	2	2	70	+	mittel HBu	100% nekrotisch	Stufe 3	vorhanden	/	/
21	34	3	4	3	70	+	gut HBu	100% nekrotisch	Stufe 3	vorhanden	/	/
23	5	0	1	3	85	+	fehlt	100% nekrotisch	Stufe 1	ohne	/	/
24	28	1	3	3	80	+	mittel HBu	100% grün	1 Stelle platzweise (ca. 20x20cm)	ohne	/	/
24	24/3	1	3	2	75	*	gut HBu	100% nekrotisch	/	ohne	Scolytidenlöcher; ganz frisch abgewelkt (rotes Laub)	/
25	13	0	3	4	55	*	mäßig	100% nekrotisch	Stufe 2 (platzweise)	vorhanden	VLP 8/1997: 70%	/
25	86	0	3	4	50	+	fehlt	100% nekrotisch	Stufe 3	vorhanden	/	/
26	19	2	1	3	75	+	gut Bu	100% nekrotisch	/	vorhanden	mehrere Scolytidenlöcher	/
28	29	2	3	3	95	+	mittel	100% nekrotisch	Stufe 1	ohne	/	/
28	37	2	1	3	65	+	mäßig Bu/ HBu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 2	vorhanden	einzelne Bocklarven; 1 Seite mit vielen Scolytidenlöchern	/
28	51	2	1	3	65	+	mäßig Bu	100% nekrotisch	1 Stelle platzweise	vorhanden	/	/
28	74	2	4	2	50	*	fehlt	100% nekrotisch	Stufe 2	ohne	Scolytidenlöcher	/
28	28/1	2	1	2	30	+	mittel Bu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 1; mehrere alte überwallte Herde	vorhanden	/	/

Flächen-Nr.	Baum-Nr.	Fraß- ¹ geschichte	STO ²	Kraft ³	VLP ⁴ 8/1996	TOT ⁵ 1997	Unterstands- ausprägung	Bastzustand	A. Ansprache in Hüfthöhe		sonstiges	B. Liegend- ansprache
									Agrilusbefall ⁶	Hallimasch		
30	18	2	2	2	75	+	mittel Bu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 3	vorhanden	Scolytidenlöcher	/
30	82	2	2	2	70	*	mäßig	100% nekrotisch	auf Südseite begrenzt, dort Stufe 3	vorhanden	Bohrlöcher vorhanden	/
30	89	2	2	4	70	+	mäßig Bu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 2	vorhanden	stark anbrüchig	/
30	109	2	1	2	75	+	gut Bu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 3	vorhanden	stark anbrüchig	/
30	112	2	3	2	75	+	mäßig Bu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 3	vorhanden	stark anbrüchig; Scolytidenlöcher; Bocklarven	/
30	116	2	2	2	75	+	mäßig Bu/ HBu	100% nekrotisch abblättern	Stufe 3	vorhanden	Scolytidenlöcher; anbrüchig	/
30	30/4	2	3	2	95	o	mäßig Bu/ HBu	100% nekrotisch	Stufe 1	ohne	vereinzelt Bocklarven	/
31	67	0	1	2	95	+	mittel	100% nekrotisch	Stufe 1	ohne	/	/
31	146	0	1	3	65	+	mäßig	100% nekrotisch	Stufe 1	vorhanden	/	/
32	48	2	4	3	60	+	fehlt	100% nekrotisch abblättern	nicht mehr erkennbar	vorhanden	stark anbrüchig; einzelne Scolytidenlöcher	/
32	60	2	4	3	90	+	fehlt	100% nekrotisch	vorhanden	vorhanden	/	/
32	82	2	4	4	Lebt!	+	fehlt	100% nekrotisch abblättern	Stufe 2 (kaum noch erkennbar)	vorhanden	zahlreiche Bocklarven; einzelne Scolytidenlöcher; anbrüchig	/
32	93	2	2	1	70	*	gut HBu	100% nekrotisch	nicht mehr erkennbar	vorhanden	VLP 8/97: 95%; Toderursache wahrscheinlich alter Blitzschaden	/
32	103	2	3	2	45	*	wenig	100% nekrotisch	ohne	vorhanden	/	/
32	128	2	1	4	75	+	gut	100% nekrotisch	Stufe 1	vorhanden	/	/
32	32/4	2	2	2	95	+	fehlt	100% nekrotisch abblättern	Stufe 2	vorhanden	Bockgänge	/
33	24	0	2	3	40	+	mittel	100% nekrotisch	ohne	vorhanden	Scolytus intricatus	/

¹ Fraßgeschichte:
0 = ohne Fraß
1 = Fraß 1993
2 = Fraß 1994
3 = Fraß 1993+94

² Standort (STO):
Baumstandort
1 = nicht vernäht
2 = eher vernäht
3 = vernäht
4 = naß

³ Kraft:
Baumklassen nach
KRAFT (1884)

⁴ Verlustprozent (VLP):
Blattverlust in [%]
bzw. Lebt!
(= lebende Wasserreisler

⁵ TOT:
Absterbezeitpunkt
o = 09/1996 abgestorben
+ = bis 06/1997 abgestorben
* = nach 06/1997 abgestorben

⁶ Mittlere Agrilusbefallsstufen:
Stufe 1 = 1-5 Larvengänge/ 10 cm
Stufe 2 = 6-10 Larvengänge/ 10 cm
Stufe 3 = > 10 Larvengänge/ 10 cm

Anhang 20.2: Ergebnisse der Symptomanalyse an Wurzeln in Alt- und Baumhölzern im Winter 1995/96 (vgl. Kap. 4.5)

Flächen-Nr.	Baum-Nr.	Wurzelsprache (Angabe in [%] aller Wurzeln)				Agrilus	Hallimasch	sonstiges
		Bast 100% grün	Bast grün/ nekrotisch	Bast 100% nekrotisch	wenige Agriluslarven			
301	11	0	0	100	wenige Agriluslarven	0	/	
302	4	0	14	86		71	/	
5	32	83	17	0		0	/	
7	77	56	44	0		0	/	
8	9	0	30	70		40	anbrüchig zu ca. 30%	
15	56	90	10	0		0	/	
17	15	0	0	100		73	anbrüchig zu ca. 20%	
17	54	0	0	100		40	/	
192	22	0	23	77		46	/	
21	17	0	73	27		18	/	
21	18	0	77	23		0	/	
21	42	0	20	80	wenige Agriluslarven	60	/	
21	43	0	12	88		50	/	
21	56	0	0	100		89	/	
21	63	0	0	100		25	/	
21	64	0	0	100		64	/	
28	14	0	0	100		0	/	
28	15	0	0	100		11	/	
28	25	0	0	100		0	/	
28	34	0	0	100		75	/	
28	79	0	11	89		0	/	
30	30	0	90	10		10	/	

Anhang 21.1.1: Ergebnisse der Symptomanalyse am Stamm in Dickungen im Winter 1995/96 (vgl. Kap. 4.5)

Flächen-Nr.	Baum-Nr.	Fraßschicht	STO ²	Kraft ³	BHD ⁴	VLPG ⁵ 08/1995	A. Stehendansprache (anbrüchiger Splint, Pilze usw.)		Bastzustand	B. Liegendansprache		sonstiges
							Spechtringelung; 1 Schleimflußfleck (in ca. 4,5m Höhe, Südwest)			Agriusbefall	Hallimasch	
39/40	1	1	2	1	13	1		Spechtringelung; 1 Schleimflußfleck (in ca. 4,5m Höhe, Südwest)	100% grün	mehrere plätzeweise Befallsstellen, teilweise abgewehrt	ohne	1 Bohrloch in ca. 7m Höhe
39/40	2	1	1	2	10	3		wenige oberflächliche Spechteinhiebe; wenige Stellen mit abblätternder Borke	100% nekrotisch	ohne	vorhanden	mehrere Scolytidenlöcher bis ca. 2m Höhe, darüber nur noch vereinzelt; zahlreiche Bocklarven (bis ca. 2m Höhe, darüber deutlich weniger); anbrüchig
39/40	3	1	1	3	11	3		wenige Spechteinhiebe; am Kronensatz flächig Vuilleminia comedens	100% nekrotisch	ohne	vorhanden	vereinzelt Scolytidenlöcher; zahlreiche Bocklarven
39/40	4	1	2	2	10	1		keine Auffälligkeiten	100% grün	ohne	ohne	/
39/40	5	1	2	2	10	3		ab Kronensatz flächig Vuilleminia comedens	100% nekrotisch	ohne	vorhanden	ab ca. 4m Höhe stark anbrüchig
39/40	6	2	2	1	15	3		wenige Spechteinhiebe; ab Kronensatz Tremella mesenterica und Vuilleminia comedens	100% nekrotisch	ohne	vorhanden	stark anbrüchig; zahlreiche Bocklarven
39/40	7	2	1	3	9	3		wenige Spechteinhiebe; ab Kronensatz Tremella mesenterica und Vuilleminia comedens	100% nekrotisch	ohne	vorhanden	ab ca. 2m Höhe Vuilleminia comedens; ab ca. 4m Höhe anbrüchig; vereinzelt Bocklarven
39/40	8	2	1	3	8	3		wenige Spechteinhiebe; ab Kronensatz Tremella mesenterica und Vuilleminia comedens	100% nekrotisch	ohne	vorhanden	stark anbrüchig; vereinzelt Bocklarven
39/40	9	1	1	2	11	3		wenige Spechteinhiebe; ab Kronensatz Vuilleminia comedens	100% nekrotisch	ohne	ohne	in Krone Vuilleminia comedens; zahlreiche Scolytidenlöcher und Bocklarven
39/40	10	1	1	3	8	3		keine Auffälligkeiten	100% nekrotisch	ohne	vorhanden	ab ca. 2m Höhe anbrüchig; vereinzelt Bocklarven
39/40	11	1	2	1	13	3		ganz vereinzelt Spechteinhiebe	100% nekrotisch	ohne	vorhanden	ab ca. 4m Höhe anbrüchig; vereinzelt Bocklarven

Flächen-Nr.	Baum-Nr.	Fraßgeschichte	STO ²	Kraft ³	BHD ⁴	VLPG ⁵ 08/1995	A. Stehendansprache (anbrüchiger Splint, Pilze usw.)	B. Liegendansprache			sonstiges
								Bastzustand	Agriusbefall	Hallimasch	
39/40	12	1	2	2	10	3	ganz vereinzelt Spechthiebe, am Kronenansatz einige Vuilleminia comedens	100% nekrotisch	ohne	vorhanden	/
39/40	13	1	2	1	12	1	am ganzen Stamm alte Spechtringelung; 1 Schleimflußfleck	100% grün	mehrere platzweise Befallsstellen bis ca. 1,3m Höhe	ohne	/
41	15	2	1	2	8	3	vereinzelt Spechthiebe; am Kronenansatz Vuilleminia comedens	100% nekrotisch	ohne	vorhanden	stark anbrüchig; Krone mit Vuilleminia comedens; vereinzelt Scolytidenlöcher
41	17	2	1	2	8	3	vereinzelt Spechthiebe; am Stamm Vuilleminia comedens; zahlreiche Pilzkonsolen; alte Spechtringelung	100% nekrotisch	ohne	ohne	stark anbrüchig; Krone mit Vuilleminia comedens; vereinzelt Bockgänge
41	18	2	2	1	11	3	vereinzelt Spechthiebe; zahlreiche Pilzkonsolen am Stamm; in der Krone Vuilleminia comedens	100% nekrotisch	ohne	ohne	ab ca. 6m Höhe stark anbrüchig; Krone mit Vuilleminia comedens; zahlreiche Bockgänge
42	22	2	1	1	11	3	Pilzkonsolen am Stamm und in der Krone	100% nekrotisch	ohne	vorhanden	stark anbrüchig
42	24	2	1	2	8	3	vereinzelt Spechthiebe; vereinzelt Pilzkonsolen	100% nekrotisch	ohne	ohne	anbrüchig

¹ Fraßgeschichte:
1 = lichte 1993, kahl 1994
2 = kahl 1993/94

² Baumstandort (STO):
Baumstandort
1 = nicht vernäht
2 = eher vernäht
3 = vernäht
4 = naß

³ Kraft:
Baumklassen nach
KRAFT (1884)

BHD:
Brusthöhendurchmesser (d 1,3)

⁵ Verlustgruppen (VLPG):
1 = Blattverlust < 30%
2 = Blattverlust 30-95%
3 = abgestorben

Anhang 21.1.2: Ergebnisse der Symptomanalyse am Stamm in Dickungen im Winter 1996/97 (vgl. Kap. 4.5)

Flächen-Nr.	Baum-Nr.	Frageschichte ¹	STO ²	Kraft ³	BHD ⁴	VLPG 08/1995 ⁵	VLPG 08/1996 ⁵	A. Stehendansprache (anbrüchiger Splint, Pilzkörper, ...)		Bastzustand	B. Liegendansprache Hallimasch		sonstiges
								ohne Feinreisig; abblätternde Borke; vereinzelt Spechteinhibe	(anbrüchiger Splint, Pilzkörper, ...)		Agrilusbefall	1 Befallsstelle am Stammfuß	
39	1	3	1	2	9	2	5	ohne Feinreisig; abblätternde Borke; vereinzelt Spechteinhibe	100% nekrotisch abblättern	/	/	stark anbrüchig; zahlreiche Bockgänge	
39	2	3	1	2	10	2	5	sehr wenig Feinreisig; abblätternde Borke; Pilzkonsolen am Stammfuß; vereinzelt Spechteinhibe	100% nekrotisch abblättern	/	/	stark anbrüchig; vereinzelt Scolytidenlöcher; zahlreiche Bockgänge	
39	3	3	1	1	11	3	5	wenig Feinreisig; abblätternde Borke; vereinzelt Spechteinhibe	100% nekrotisch abblättern	vereinzelt bis 3m Höhe Ringelgänge	im Norden bis 2,5m Höhe	anbrüchig; vereinzelt Scolytidenlöcher; zahlreiche Bockgänge	
40	4	3	2	2	8	3	5	wenig Feinreisig; Tremella mesenterica in Krone	100% nekrotisch abblättern	/	im Norden bis 0,5m Höhe	anbrüchig; vereinzelt Bocklarven	
40	5	3	3	1	10	3	5	guter Feinreisigbesatz; in Krone abblätternde Borke und Vuilleminia comedens	100% nekrotisch abblättern	/	rundum bis ca. 2m Höhe	mehrfach Bockgänge	
40	6	3	3	2	8	3	5	wenig Feinreisig	100% nekrotisch anhaftend	/	rundum	vereinzelt Scolytidenlöcher und Bockgänge	
41	7	2	2	2	9	2	5	wenig Feinreisig; abblätternde Borke; Pilzkonsolen in Krone	100% nekrotisch abblättern	/	rundum bis ca. 1,3m Höhe	vereinzelt Scolytidenlöcher und Bockgänge	
41	8	2	1	1	9	3	5	guter Feinreisigbesatz; in Krone abblätternde Borke; zahlreiche Spechteinhibe	100% nekrotisch abblättern	/	/	vereinzelt Scolytidenlöcher; zahlreiche Bockgänge	
41	9	2	1	2	7	3	5	wenig Feinreisig; abblätternde Borke; Tremella mesenterica in Krone	100% nekrotisch abblättern	/	/	vereinzelt Scolytidenlöcher; mehrfach Bockgänge	
41	10	2	2	2	8	2	2	vereinzelt frische Spechteinhibe am Stamm	100% grün	/	/	/	
42	11	2	1	1	12	3	5	wenig Feinreisig; abblätternde Borke; Pilzkonsolen in Krone; mehrfach Spechteinhibe	100% nekrotisch abblättern	/	rundum	zahlreiche Bockgänge	
42	12	2	1	2	10	3	5	wenig Feinreisig; Pilzkonsolen in Krone und am Stamm; vereinzelt Spechteinhibe	100% nekrotisch abblättern	wenige Befallsherde am Stammfuß	/	vereinzelt Bockgänge	

¹ Fraßgeschichte:
1 = licht 1993, kahl 1994
2 = kahl 1993/94

² Standort (STO):
Baumstandort
1 = nicht vernäht
2 = eher vernäht
3 = vernäht
4 = naß

³ Kraft:
Baumklassen nach KRAFT (1884)

⁴ BHD:
Brusthöhendurchmesser (d 1,3)

⁵ Verlustgruppen (VLPG):
1 = Blattverlust < 30%
2 = Blattverlust 30-95%
3 = abgestorben

Anhang 21.2.1: Ergebnisse der Symptomanalyse an Wurzeln in Dickungen im Winter 1995/96 (vgl. Kap. 4.5)

Flächen-Nr.	Baum-Nr.	Bastzustand	Wurzelsprache		Hallimasch	sonstiges
			Agrilusbefall			
39/40	1	100% grün	westlich wenige junge Zickzackgänge an den Wurzelsanläufen (bis ca. 30 cm Höhe)		ohne	/
39/40	2	100% nekrotisch		ohne	rundum im Stock	/
39/40	3	100% nekrotisch		ohne	rundum im Stock	/
39/40	4	ca. 90% grün mit nekrotischen Streifen im Osten und Westen		ohne	ohne	/
39/40	5	100% nekrotisch		ohne	rundum im Stock	/
39/40	6	100% nekrotisch		ohne	rundum im Stock	/
39/40	7	100% nekrotisch		ohne	rundum im Stock	/
39/40	8	100% nekrotisch		ohne	rundum im Stock	/
39/40	9	100% nekrotisch	an den Wurzelsanläufen wenige Ringelgänge		ohne	einzelne Bockgänge
39/40	10	100% nekrotisch		ohne	rundum im Stock	/
39/40	11	100% nekrotisch		ohne	rundum im Stock	/
39/40	12	100% nekrotisch		ohne	rundum im Stock	/
39/40	13	100% grün	rundum an Wurzelsanläufen (unter dichtem Bodenbewuchs) bis ca. 30 cm Höhe außer im Norden gleichmäßig verteilt Zickzackgänge		ohne	/
41	15	100% nekrotisch		ohne	südöstlich im Stock	/
41	17	100% nekrotisch		ohne	rundum im Stock	/
41	18	100% nekrotisch		ohne	ohne	/
42	22	100% nekrotisch		ohne	50% der Wurzeln befallen	/
42	24	100% nekrotisch		ohne	ohne	/

Anhang 21.2.2: Ergebnisse der Symptomanalyse an Wurzeln in Dickungen im Winter 1996/97 (vgl. Kap. 4.5)

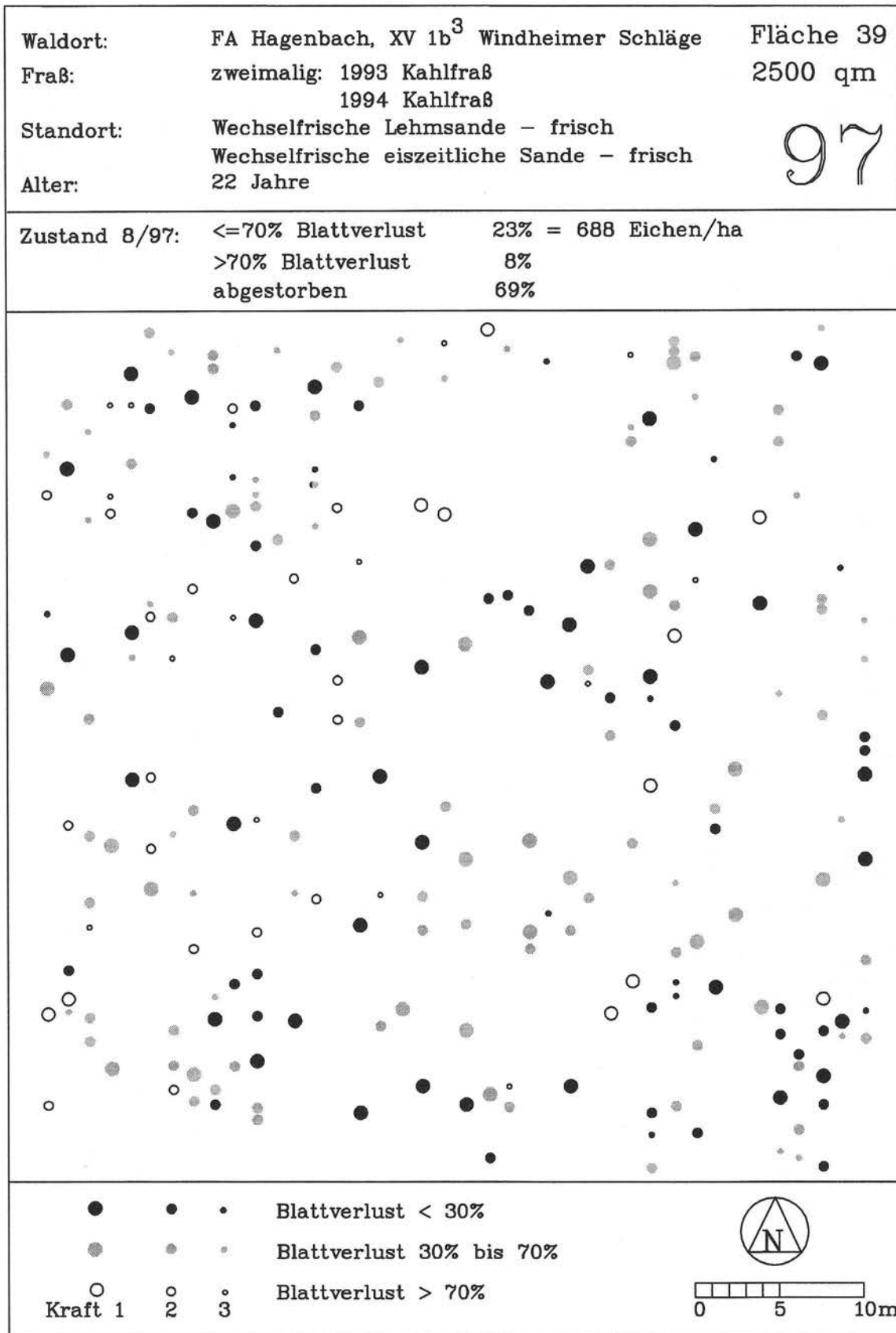
Flächen-Nr.	Baum-Nr.	Bastzustand	Wurzelsprache		Hallimasch	sonstiges
			Agrilusbefall			
39	1	100% nekrotisch	5 Ringelgänge unter dicker Moossschicht		ohne	/
39	2	100% nekrotisch	ohne		ohne	/
39	3	100% nekrotisch	ohne		vorhanden	/
40	4	100% nekrotisch	ohne		rundum weißes Mycel	/
40	5	100% nekrotisch	ohne		rundum weißes Mycel	/
40	6	100% nekrotisch	ohne		rundum weißes Mycel	/
41	7	100% nekrotisch	ohne		rundum weißes Mycel	/
41	8	100% nekrotisch	ohne		ohne	/
41	9	100% nekrotisch	ohne		rundum weißes Mycel	/
41	10	100% grün	ohne		ohne	/
42	11	100% nekrotisch	1 Zickzackgang am Wurzelanlauf		rundum	/
42	12	100% nekrotisch	ohne		ohne	/

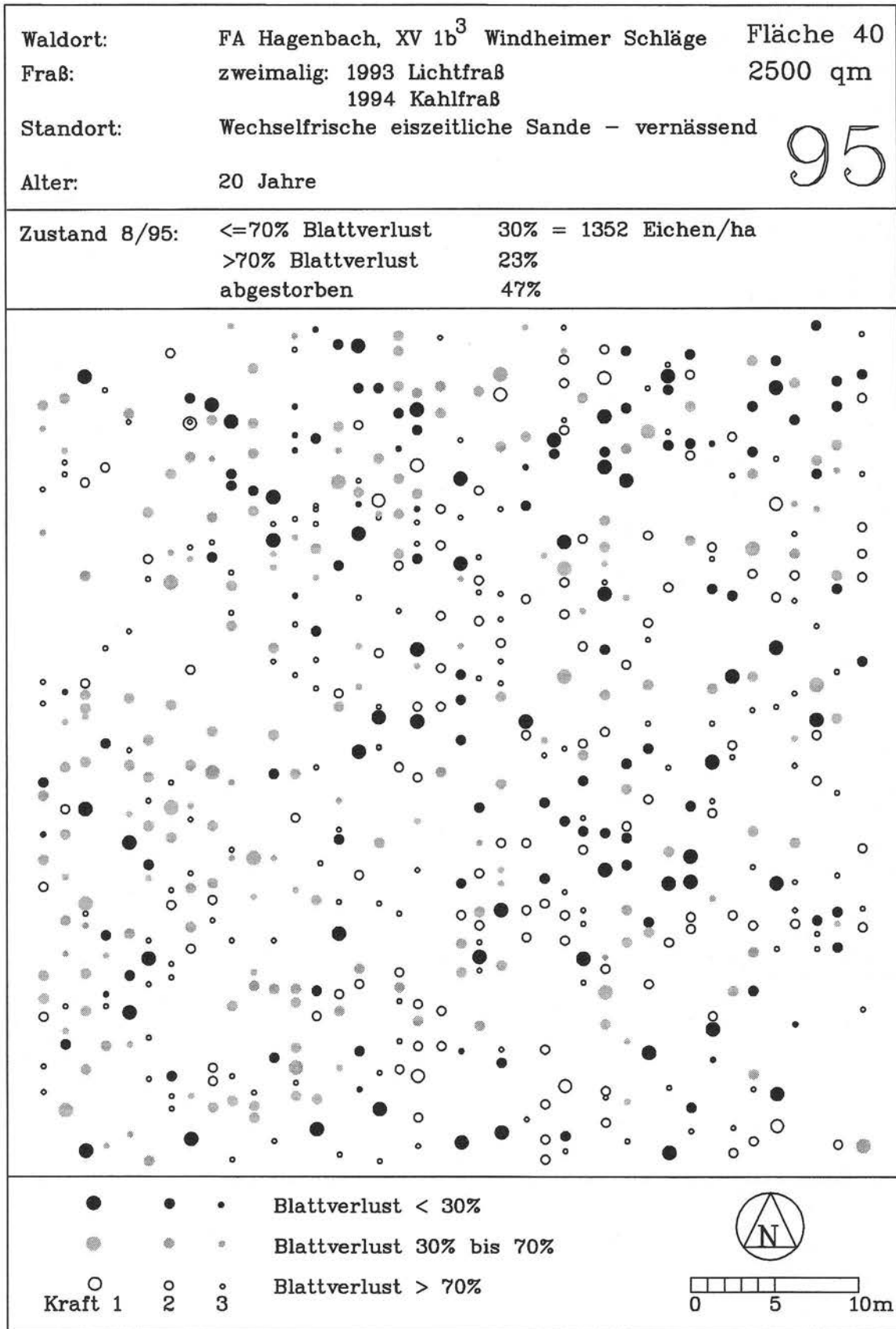
Anhang 22: Lufttemperatur im Juni und Juli 1993 und 1994 an der Meßstation Aschbach der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz im Forstamt Schaidt, Nr. 334-A-701, XXI 11 c², Bienwald (Lufttemperatur [°C], gemessen in 20 cm Höhe über dem Boden, M = Monatswerte [°C])

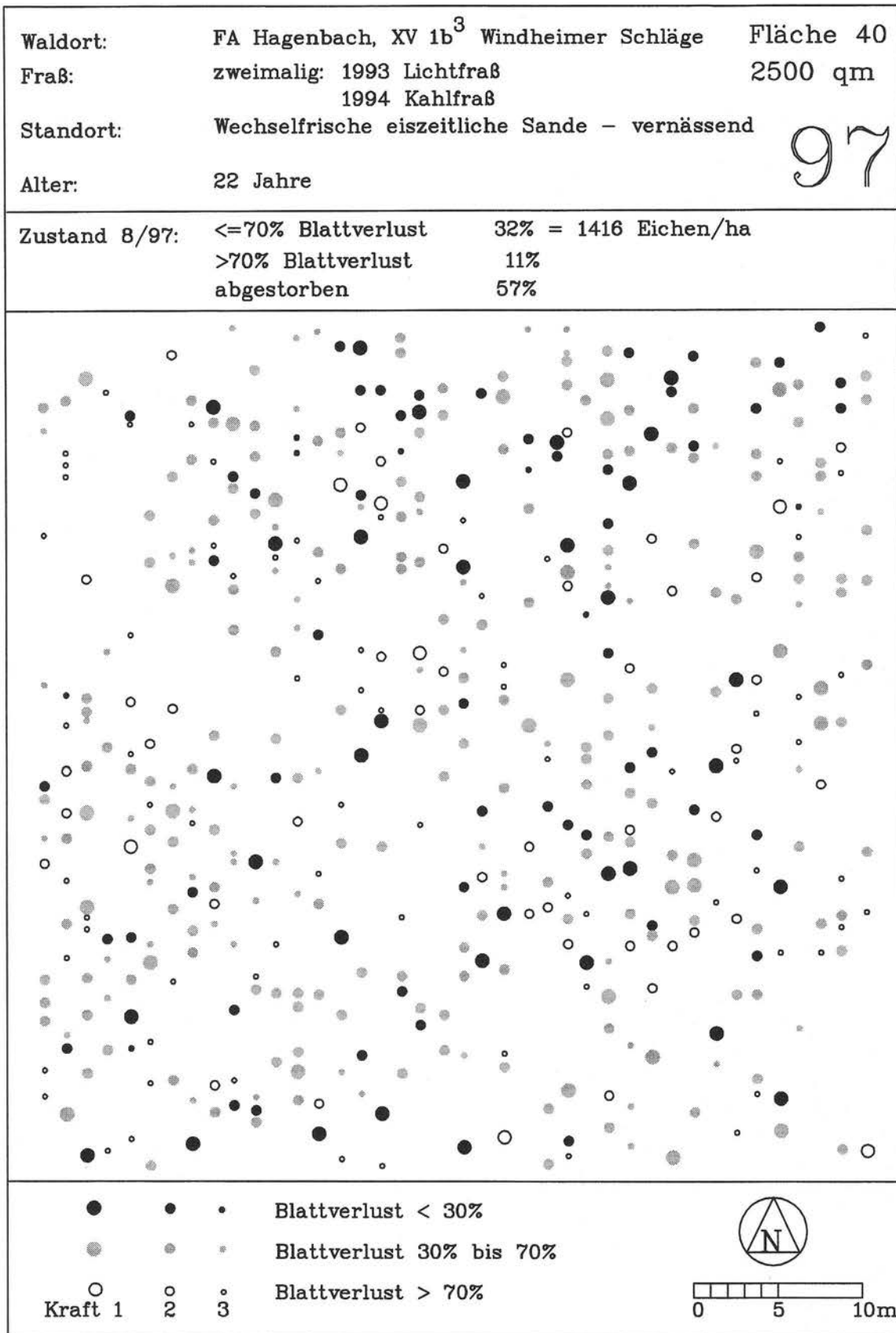
Juni 1993			Juli 1993			Juni 1994			Juli 1994		
Tag	Min	Max	Tag	Min	Max	Tag	Min	Max	Tag	Min	Max
01	7.6	16.2	01	7.9	17.4	01	5.0	16.8	01	14.3	15.9
02	5.7	10.9	02	8.9	17.9	02	10.9	17.1	02	*	*
03	6.7	10.8	03	13.0	19.9	03	9.7	15.4	03	*	*
04	9.5	13.7	04	11.7	19.7	04	8.2	11.6	04	20.7	29.5
05	9.1	17.5	05	11.5	18.7	05	7.8	11.6	05	16.2	23.2
06	10.2	19.6	06	9.4	13.7	06	5.1	11.3	06	13.3	21.2
07	11.0	18.1	07	5.6	14.2	07	10.0	15.6	07	10.7	17.6
08	10.7	18.5	08	6.2	15.1	08	7.3	16.2	08	9.7	16.4
09	9.6	18.9	09	6.2	17.1	09	7.5	12.7	09	14.1	19.6
10	11.9	19.2	10	11.2	14.9	10	8.1	11.4	10	10.2	19.2
11	10.9	14.1	11	9.1	12.7	11	7.9	11.9	11	10.9	21.1
12	9.0	12.3	12	8.0	11.9	12	6.9	13.4	12	11.8	21.8
13	9.0	11.8	13	6.0	11.6	13	7.9	14.6	13	13.6	23.0
14	10.2	14.0	14	8.0	11.5	14	10.0	14.7	14	14.8	20.8
15	9.0	13.0	15	12.6	16.0	15	7.0	15.7	15	14.3	20.4
16	8.2	15.1	16	12.2	18.9	16	7.8	16.3	16	13.5	22.3
17	8.4	14.4	17	14.4	19.1	17	10.3	16.6	17	15.1	21.9
18	6.1	15.6	18	13.8	17.7	18	7.9	18.7	18	15.7	19.7
19	8.2	18.5	19	12.3	15.4	19	9.9	18.8	19	15.1	18.1
20	12.7	18.1	20	9.9	13.7	20	13.6	20.4	20	15.8	17.3
21	9.6	15.0	21	10.9	14.4	21	12.8	20.0	21	12.9	19.8
22	10.1	14.5	22	10.7	14.2	22	14.6	21.0	22	13.1	21.3
23	12.5	16.3	23	7.1	15.0	23	11.4	19.5	23	13.6	20.8
24	7.6	13.6	24	12.5	18.4	24	9.0	18.7	24	14.2	22.2
25	4.1	12.1	25	12.0	16.8	25	11.3	20.5	25	14.7	23.0
26	9.4	14.4	26	9.7	14.6	26	11.2	19.6	26	14.8	22.5
27	11.5	16.4	27	9.1	13.9	27	12.4	21.0	27	14.5	23.0
28	6.5	13.0	28	13.1	15.4	28	16.1	20.3	28	14.7	23.4
29	6.1	15.2	29	13.4	19.6	29	15.9	22.4	29	17.2	21.6
30	7.0	16.3	30	12.6	19.9	30	14.9	20.7	30	15.7	21.8
M	4.1	15.2	31	10.3	15.8	M	5.0	16.7	31	14.0	20.6
		32.4	M	5.6	16.0		32.9		M	9.7	21.0
				32.1							36.2
											33.7
											30.1
											25.1
											22.6
											30.6
											31.1
											32.0
											33.9
											34.4
											28.2
											30.2
											33.7
											30.8
											24.2
											23.7
											19.6
											30.7
											33.8
											29.4
											34.7
											35.7
											35.1
											35.7
											36.1
											30.8
											32.8
											32.0
											36.2

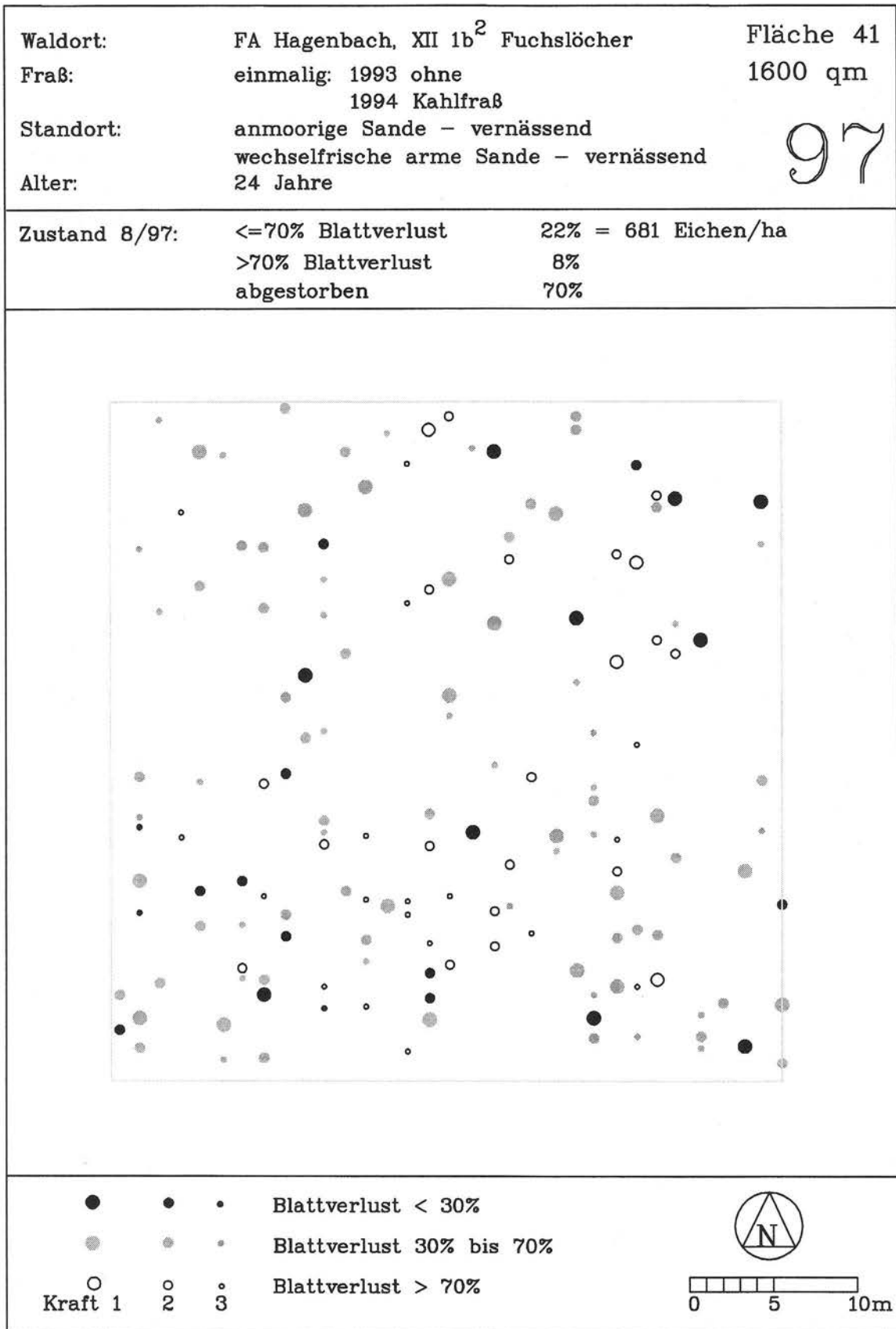
Anhang 23: Karten zur räumlichen Verteilung überlebender Eichen der Beobachtungsflächen in Dickungen (Stammfußkoordinaten)

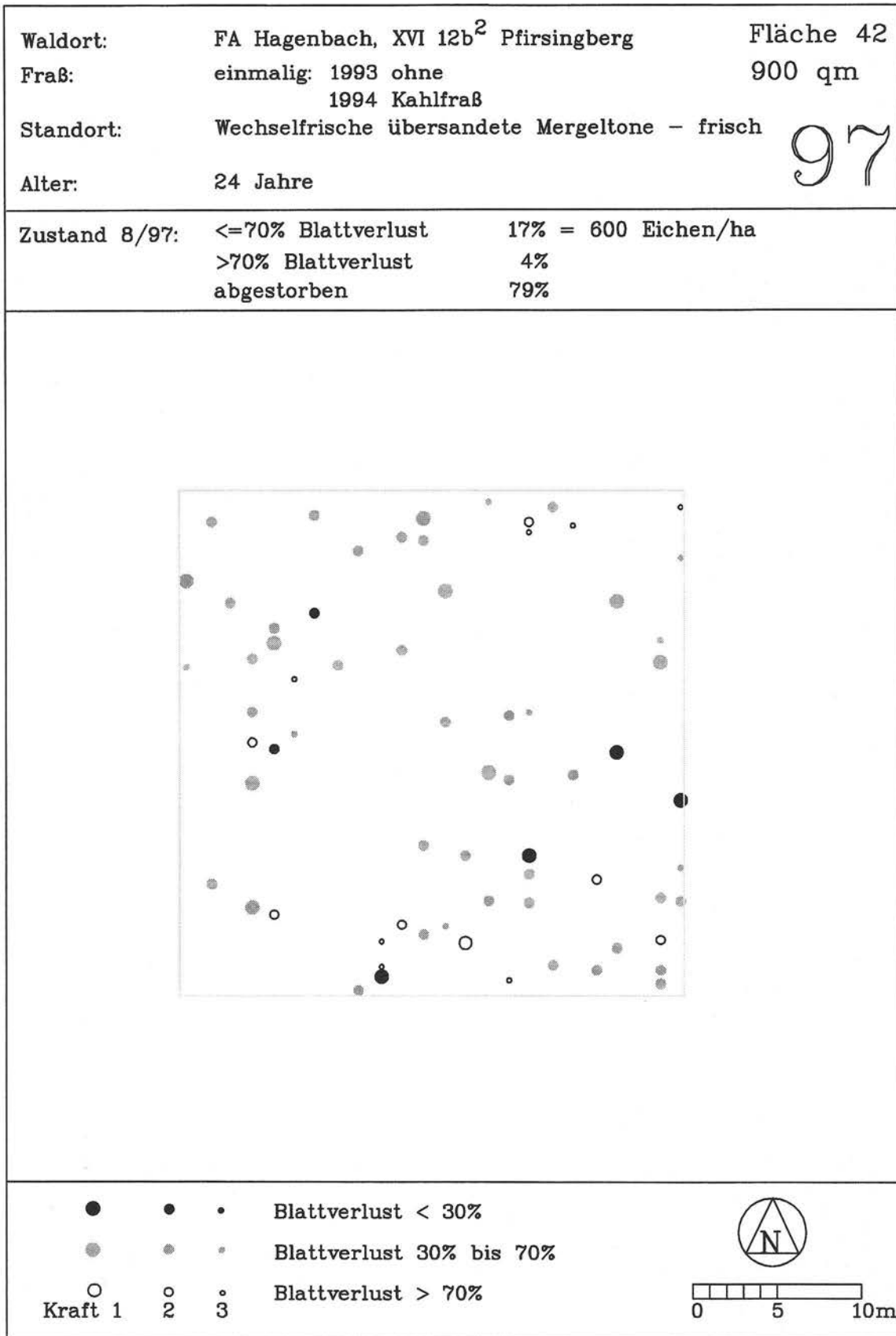
	Seite
Karte 1: Beobachtungsfläche 39, 1997	A.53
Karte 2: Beobachtungsfläche 40, 1995	A.54
Karte 3: Beobachtungsfläche 40, 1997	A.55
Karte 4: Beobachtungsfläche 41, 1997	A.56
Karte 5: Beobachtungsfläche 42, 1997	A.57











Farbbilder aus dem Bienwald:

- Bild 1: Schwammspinnerraupe (*Lymantria dispar* L., Larvenstadium L 4) 1994
- Bild 2: Schwammspinnerraupen während der Massenvermehrung 1994
- Bild 3: Behandlungsgrenze: unbehandelt mit Kahlfraß (rechte Bildhälfte) und behandelt ohne Fraß (linke Bildhälfte) 1994
- Bild 4: Infolge zweimaligem Kahlfraß abgestorbene Alteichen im Naturwaldreservat Stuttperch, September 1997
- Bild 5: Nach einmaligem Kahlfraß abgestorbene Fichten in der Abteilung Kahnlache-Ost, März 1996
- Bild 6: Abgestorbene Eichen im Dickungsalter in der Abteilung Windheimer Schläge, September 1995
- Bild 7: Infolge des Befalls durch Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus* [F.]) absterbende Eiche in der Abteilung Ratzenbuckel-Nord, August 1995
- Bild 8: Belaubungszustand einer stark geschädigten Eiche mit Eichenprachtkäferbefall in der Abteilung Heßbach, Juli 1997
- Bild 9: Infolge Schwammspinnerfraß entstandene Kahlfläche in der Abteilung Saubuckel, die nach Totalausfall der Eichen vergrast und vernäbt ist, Juli 1997
- Bild 10: Adulter Eichenprachtkäfer, der aus einer Holzprobe der Eklektorenuntersuchung geschlüpft ist, April 1996
- Bild 11: Schleimflußflecken als Zeichen einer Abwehrreaktion auf Eichenprachtkäferbefall in der Abteilung Heßbach, Juli 1997
- Bild 12: Larvengänge des Eichenprachtkäfers 1996
- Bild 13: Gabelgänge des *Xyleborus monographus* (F.) in einem Eichenstamm 1996
- Bild 14: Leitergang des *Trypodendron signatum* Oliv. in einem Eichenstamm 1996

Fotonachweis: BRECHTEL, F. (Bild 10, 12), DELB, H. (Bild 4, 5, 6, 8, 9, 11, 13), JOCHUM, M. (Bild 14), LAFRENZ, R. (Bild 7), LEPLA, P. (Bild 1), WIRTH, P. (Bild 2, 3)



Bild 1

Bild 2



Bild 3

Bild 4

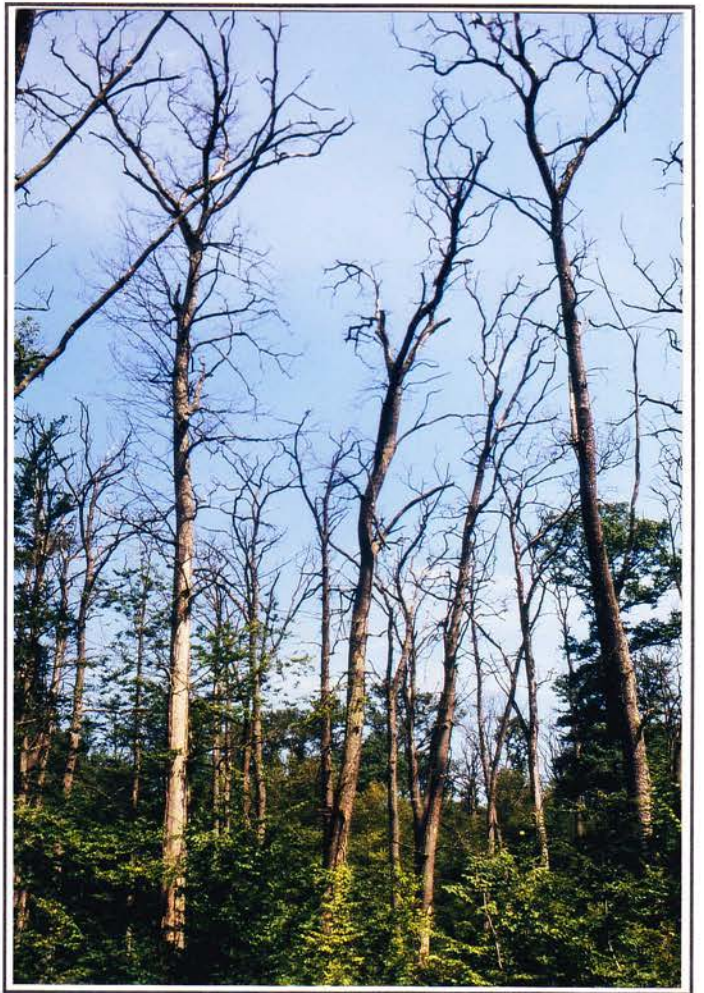


Bild 5

Bild 6



Bild 7



Bild 8



Bild 9

Bild 10



Bild 11



Bild 12

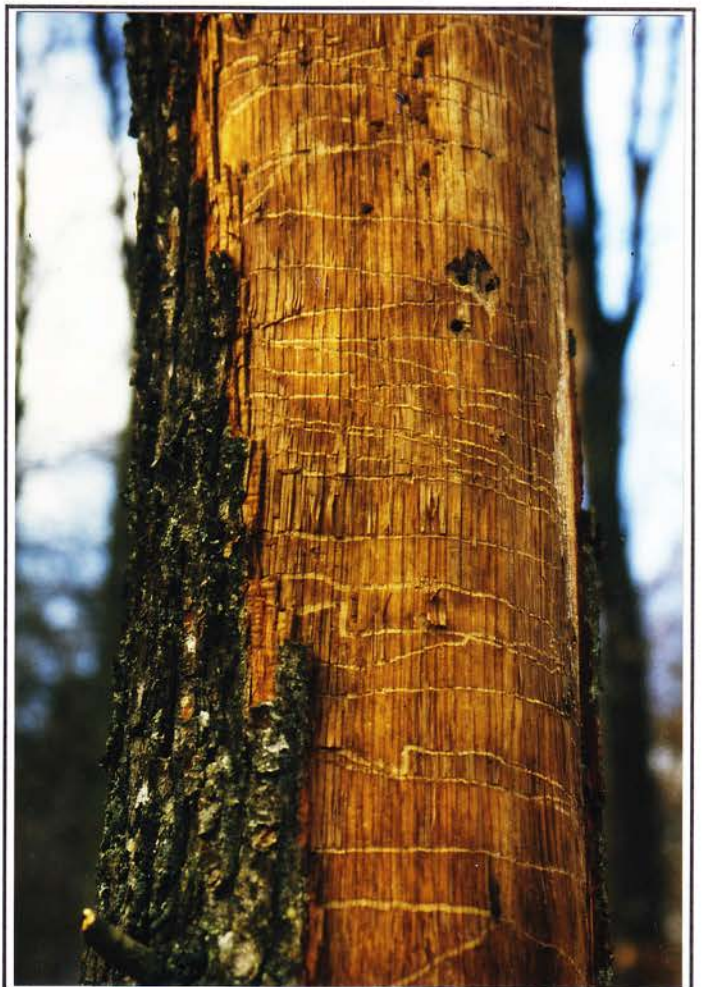
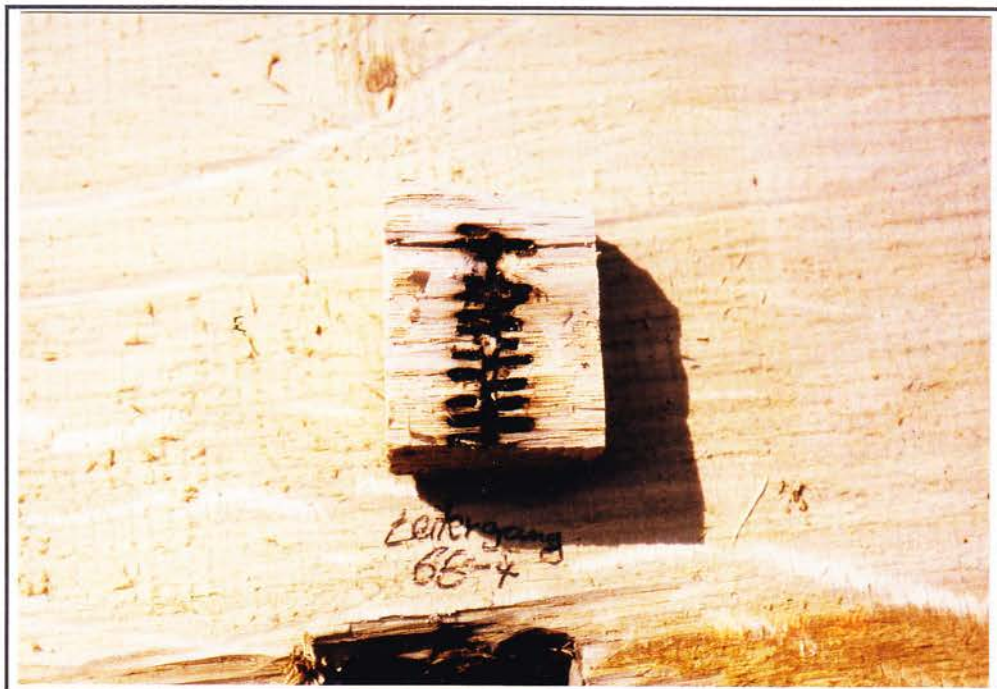


Bild 13



Bild 14



Lebenslauf

Persönliche Daten:	Horst Delb Arnold-Fanck-Str. 27 79115 Freiburg i. Br. geboren am 05.01.1965 in Landau i.d. Pfalz Familienstand: verheiratet, ein Kind Staatsangehörigkeit: deutsch
Schulbildung:	1971-1974 Grundschule Annweiler 1974-1976 Realschule Annweiler 1976-1985 Trifelsgymnasium Annweiler; Abitur: Juni 1985 1985 Regionalsieger und Landesdritter im Wettbewerb " <i>Jugend forscht</i> ", Thema: Umweltchemie
Hochschulausbildung:	Okt. 1985 Studium der Forstwissenschaften an der Universi- bis tät Freiburg, Diplomarbeit am Institut für Luftbild- Okt. 1990 messung und Fernerkundung, Abschluß mit dem Diplom
Auslandspraktikum:	Juli-Sept. 1988 Oakridge Ranger District, US Forest Service, Oregon - USA
Berufliche Tätigkeiten:	Nov. 1990 Angestellter bei der Forstlichen Versuchsanstalt bis Rheinland-Pfalz, Abt. Waldschutz, Luftbildmessung Mai 1991
	Juni 1991 Vorbereitungsdienst für die Laufbahn des höheren bis Forstdienstes in Rheinland-Pfalz, Juni 1993 Abschluß mit dem Staatsexamen
	Juli 1993 Freiberufliche Tätigkeiten: bis - Permanente Stichprobeninventur bei der Sept. 1994 gräflich Hatzfeldt-Wildenburg'schen Privat- forstverwaltung, Westerwald - Forsteinrichtung bei der Freiherr von Hövel'schen Privatforstverwaltung, Siegerland - Luftbild-Waldschadenserhebung Rheinland-Pfalz
	seit Oktober 1994 Angestellter im höheren Forstdienst beim Land Rheinland-Pfalz - bis 03/95: Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Forst- lichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Abt. Forstli- che Ökologie und Forstpflanzenzüchtung, Trippstadt - bis 09/98: Leiter des Projektes: Folgen der Schwamm- spinner-Kalamität 1992-95 in Rheinland-Pfalz, Forst- amt Hagenbach - seit 10/98: Waldschutzbeauftragter des Landes Rhein- land-Pfalz an der Forstlichen Versuchs- und For- schungsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Waldschutz, Freiburg i. Br.

Freiburg, den 30. Juli 1999