

Rheinland - Pfalz
Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten

Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt, Rheinland-Pfalz,
Schloß, D-67705 Trippstadt

Telefon 06306 / 911-0
Telefax 06306 / 2821

Nr. 28/94
H.W. Schröck
Kronenzustand auf Dauerbeobachtungsflächen
in Rheinland-Pfalz
- Entwicklung und Einflußfaktoren -

ISSN 0931-9662

Reichsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten
Berlin

Mitteilungen des Reichsministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten
Nr. 100/1934

1934

Reichsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten
Berlin

1934

Vorwort

Jährlich im Herbst werden der Öffentlichkeit die Ergebnisse der terrestrischen und luftbildgestützten Waldzustandserhebungen vorgestellt. Diese zeigen aktuelle Entwicklungstendenzen im Kronenzustand der Waldbäume und großräumige Schadensschwerpunkte auf, können aber nur sehr eingeschränkt Hinweise zur Erklärung der beobachteten Schäden geben. Daher erfolgen in Rheinland-Pfalz bereits seit mehr als 10 Jahren neben diesen landesweiten Übersichtserhebungen Intensivuntersuchungen auf Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen.

Über eine Langzeitbeobachtung der wesentlichen Kompartimente dieser ausgewählten Waldökosysteme, der hierin ablaufenden Prozesse sowie eine kontinuierliche Erfassung der bedeutsamen natürlichen und anthropogenen Einflüsse sollen diese Intensivuntersuchungen zur Klärung von Ursache-Wirkungsbeziehungen im Waldschadensgeschehen beitragen. Nur mit Hilfe der an den Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen in interdisziplinärer Zusammenarbeit bereits gewonnenen und in Zukunft noch zu gewinnenden Erkenntnisse über die Dynamik der Ökosysteme, ihre Reaktion auf veränderte Umweltbedingungen und die komplizierten Wechselbeziehungen zwischen natürlichen und anthropogenen Streßeinflüssen lassen sich die Befunde der jährlichen Waldzustandserhebungen sachgerecht interpretieren. Den im vorliegenden Bericht dargestellten Untersuchungen auf Kronenzustands-Dauerbeobachtungsflächen kommt hierbei eine Schlüsselrolle zu. Hier werden die Möglichkeiten und Grenzen der okularen Kronenzustandsansprache analysiert, die Ansprachekriterien durchleuchtet und mögliche Einflußfaktoren auf den Kronenzustand der Waldbäume bewertet.

Wenngleich die vorliegende Arbeit auf einen bereits 10-jährigen Beobachtungszeitraum zurückgreifen kann und bereits viele interessante Aspekte aufzeigt, hat sie noch den Charakter eines Zwischenberichtes. Die Beantwortung ökosystemarer Fragestellungen mit Hilfe von Freilandstudien erfordert sehr viel Zeit. Allerdings steigt der Erkenntnisgewinn mit jedem weiteren Beobachtungsjahr beträchtlich. Auch auf den Kronenzustands-Dauerbeobachtungsflächen lassen die kommenden Jahre einen weiteren erheblichen Erkenntnisfortschritt zu Kernfragen des Waldschadensgeschehens, insbesondere zur Unterscheidung möglicher durch Luftschadstoffe verursachter Auslenkungen des Kronenzustandes von natürlich bedingten Fluktuationen in der Belaubungsdichte erwarten. Daher ist die Waldforschung keineswegs in der Sackgasse, wie die Überschrift eines Artikels in DIE ZEIT vom 03.12.1993 suggeriert, sondern sie wird im Gegenteil von Jahr zu Jahr ergiebiger und interessanter.

Trippstadt im Oktober 1994

Dr. Joachim Block

Danksagung

Es versteht sich von selbst, daß der Autor bei einem Projekt mit solch langer Laufzeit nicht alleine gearbeitet hat. So möchte ich mich an dieser Stelle ganz herzlich bei all denjenigen bedanken, ohne deren Mitarbeit diese Arbeit nicht zustande gekommen wäre.

Geleitet wurde dieses Projekt von 1982 bis 1987 durch meinen Vorgänger Hans Joachim Fraude.

Wesentlich unterstützt wurden wir bei allen Arbeiten durch Volker Ehrgott und ab 1990 durch seinen Nachfolger Frank Schmidt. Nicht nur bei der Durchführung der Arbeiten, sondern vor allem auch bei der praktischen Umsetzung und Diskussion der theoretischen Ansätze am Objekt, lieferten beide wertvolle Anregungen. Frank Schmidt hat, neben der Datenaufbereitung und Durchführung zahlreicher Berechnungen, auch nahezu alle Abbildungen bearbeitet.

Bei der Mitarbeit bei den Außenaufnahmen sei, neben anderen, Hansi Pos hervorgehoben.

Die Organisation der Durchführung und Leitung der Interpretation der IRC-Luftbildaufnahmen übernahm Dr. Norbert Heidingsfeld, die grafische Aufbereitung der Ergebnisse Oliver Bopp und Mitarbeiter.

Für unermüdliche Unterstützung in Textgestaltung und Layout sei insbesondere Christine Haley gedankt.

Die statistische Beratung übernahm Uwe Wunn, die zahlreichen Tests wurden in erster Linie von Rüdiger Ebdent durchgeführt, dem stellvertretend für die Mitarbeit zahlreicher anderer Studenten an dieser Stelle gedankt wird.

Besonderer Dank gebührt unserem Abteilungsleiter Dr. Joachim Block und dem Direktor der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Professor Dr. Axel Roeder, die nicht nur wichtige Beiträge zur Diskussion inhaltlicher Fragen einbrachten, sondern auch bei der kritischen Durchsicht des Manuskriptes wertvolle Anregungen geliefert haben.

Darüber hinaus spreche ich allen, insbesondere den zahlreichen Revier- und Forstamtsleitern vor Ort, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, auch wenn sie hier nicht namentlich erwähnt wurden, meinen Dank für ihre Gesprächsbereitschaft, ihre fachliche Beiträge und ihre persönliche Unterstützung aus.

Trippstadt, im Oktober 1994

Hans Werner Schröck

Inhaltsverzeichnis

Übersicht	10
Abstract	11
1. Problemstellung und Zielsetzung	12
2. Material und Methode	16
2.1 Flächenauswahl	16
2.2 Flächenanlage und Bewirtschaftung	19
2.3 Aufnahmekriterien	19
2.3.1 Grundaufnahme	20
2.3.2 Kronenzustandsansprache	21
2.3.2.1 Allgemeine Daten.....	21
2.3.2.2 Hauptmerkmale	22
2.3.2.3 Sonstige Merkmale	24
2.4 Infrarot-Color-Luftbilder	32
2.5 Aufnahme des chemischen Bodenzustandes und des Nähr- und Schadstoffgehaltes in Nadeln und Blättern	33
2.6 Maßnahmen zur Eingrenzung des Schätzfehlers bei der Kronenzustandsansprache	34
2.7 Mathematische Verfahren	35
2.7.1 DUNN's Test für große Stichproben	36
2.7.2 Clusteranalyse zur Sichtung der Ergebnisse.....	36
2.8 Auswertung und Darstellung der Daten	37
3. Witterung im Beobachtungszeitraum	39
3.1 Witterungsdaten des Deutschen Wetterdienstes	39
3.2 Wasserstreß an einzelnen Waldstandorten	42

4.	Ergebnisse	45
4.1	Methodenprüfung.....	45
4.1.1	Einsehbarkeit der Kronen.....	45
4.1.2	Einfluß von Dichtstand, Durchforstung und Kronenansatz.....	46
4.1.3	Beeinflussung durch Gegenlicht.....	48
4.1.4	Beeinflussung durch mechanisch bedingte Nadelverluste und Kronenbrüche.....	48
4.1.5	Schätzgenauigkeit - ein Beispiel	50
4.2	Fichte.....	52
4.2.1	Entwicklung der Kronenverlichtung der einzelnen Flächen im Vergleich	52
4.2.2	Räumliche Verteilung der Kronenverlichtung auf den Einzelflächen.....	55
4.2.3	Entwicklung des relativen Nadelverlustprozentos - Gesamtkollektiv	56
4.2.4	Vergleich: Frühjahrsaufnahme - Herbstaufnahme (Gesamtkollektiv)	60
4.2.5	Entwicklung der Vergilbung auf den Einzelflächen.....	62
4.2.6	Räumliche Verteilung vergilbter Fichten auf der Beobachtungsfläche	63
4.2.7	Entwicklung der Vergilbung des Gesamtkollektives.....	65
4.2.8	Schadstufenentwicklung.....	68
4.2.9	Untersuchung ausgefallener Bäume.....	69
4.2.10	Zusammenhang zwischen Nadelverlust und biotischen Faktoren.....	72
4.2.11	Zusammenhang zwischen Nadelverlust und abiotische Merkmalen.....	81
4.2.12	Zusammenhänge zwischen ertragskundlichen Kennwerten und dem Nadelverlust.....	82
4.2.13	Infrarot-Color-Luftbilder.....	85
4.2.14	Zusammenhang zwischen Bodenzustand und Kronen- verlichtung.....	86
4.2.15	Zusammenhang zwischen Nähr- und Schadstoffgehalten in den Fichtennadeln und der Kronenverlichtung.....	88
4.3	Kiefer.....	90
4.3.1	Entwicklung der Kronenverlichtung auf den einzelnen Flächen im Vergleich.....	90

4.3.2	Räumliche Verteilung der Kronenverlichtung auf den Einzelflächen.....	92
4.3.3	Entwicklung des relativen Verlustprozent - Gesamtkollektiv	93
4.3.4	Erfassung von Anzahl und Vollständigkeit der Nadeljahrgänge.....	97
4.3.5	Vergleich der Stufeneinteilung nach Verlustprozenten mit der Einteilung nach den Gesamtbenadelungswerten	100
4.3.6	Anteile Dürnräste / Feinreisig und Nadelverlustprozent	101
4.3.7	Vergilbung und Schadstufenentwicklung.....	103
4.3.8	Untersuchung ausgefallener Bäume.....	103
4.3.9	Zusammenhang zwischen Nadelverlust und biotischen Faktoren	105
4.3.10	Zusammenhang zwischen Nadelverlust und abiotischen Merkmalen.....	114
4.3.11	Zusammenhänge zwischen ertragskundlichen Kennwerten und dem Nadelverlust	116
4.3.12	Infrarot-Color-Luftbilder.....	117
4.3.13	Zusammenhang zwischen Bodenzustand und Kronen- verlichtung.....	118
4.3.14	Zusammenhang zwischen Nähr- und Schadstoffgehalten in den Kiefernadeln und der Kronenverlichtung	120
4.4	Buche.....	121
4.4.1	Entwicklung der Kronenverlichtung der einzelnen Flächen im Vergleich	121
4.4.2	Räumliche Verteilung der Kronenverlichtung auf den Einzelflächen.....	122
4.4.3	Entwicklung des relativen Blattverlustes - Gesamtkollektiv	123
4.4.4	Entwicklung der Vergilbung (Einzelflächen und Gesamtkollektiv).....	126
4.4.5	Schadstufenentwicklung.....	127
4.4.6	Untersuchung ausgefallener Bäume.....	127
4.4.7	Zusammenhang zwischen Blattverlust und biotischen Faktoren	128
4.4.8	Zusammenhang zwischen Blattverlust und abiotischen oder nicht eindeutig zuzuordnenden Merkmalen	133
4.4.9	Veränderungen von Kronenstrukturmerkmalen	140
4.4.10	Zusammenhänge zwischen ertragskundlichen Kenn- werten und dem Blattverlust	143
4.4.11	Infrarot-Color-Luftbilder.....	144
4.4.12	Zusammenhang zwischen Bodenzustand und Kronenverlichtung	145

4.4.13	Zusammenhang zwischen Nähr- und Schadstoffgehalten in den Buchenblättern und der Kronenverlichtung.....	146
4.5	Eiche.....	148
4.5.1	Entwicklung der Kronenverlichtung der einzelnen Flächen im Vergleich	148
4.5.2	Räumliche Verteilung der Kronenverlichtung auf den Einzelflächen.....	150
4.5.3	Entwicklung des relativen Blattverlustprozentos - Gesamtkollektiv	151
4.5.4	Vergilbung und Schadstufenentwicklung	155
4.5.5	Untersuchung ausgefallener Bäume	155
4.5.6	Zusammenhang zwischen Blattverlust und biotischen Faktoren.....	156
4.5.7	Zusammenhang zwischen Blattverlust und abiotischen oder nicht eindeutig zuzuordnenden Merkmalen	163
4.5.8	Veränderungen von Kronenstrukturmerkmalen.....	168
4.5.9	Zusammenhang zwischen ertragskundlichen Kennwerten und dem Blattverlust	170
4.5.10	Infrarot-Color-Luftbilder	171
4.5.11	Zusammenhang zwischen Bodenzustand und Kronenverlichtung	172
4.5.12	Zusammenhang zwischen Nähr- und Schadstoffgehalten in den Eichenblättern und der Kronenverlichtung	174
4.6	Entwicklung der Kronenverlichtung der vier Baumarten im Vergleich	175
5.	Diskussion	177
5.1	Methodische Probleme bei Herleitung und Interpretation der Ergebnisse	177
5.2	Kritische Würdigung und Interpretation der Ergebnisse	183
5.2.1	Fichte.....	183
5.2.2	Kiefer.....	189
5.2.3	Buche	193
5.2.4	Eiche	201

5.3	Konsequenzen - notwendige Änderungen des Untersuchungskonzeptes	206
5.3.1	Bereits realisierte Änderungen des Untersuchungskonzeptes der Kronenzustandsbeobachtungsflächen.....	207
5.3.2	Überlegungen für künftige Änderungen des Untersuchungs- konzeptes Kronenzustandserhebung.....	209
6.	Zusammenfassung	212
7.	Summary.....	217
8.	Literaturverzeichnis	222

Anhang

Übersicht

Seit 1983 wird auf über 50 Beobachtungsflächen der Kronenzustand von nahezu 4500 Bäumen der vier Baumarten Fichte, Buche, Kiefer und Eiche ein bis zweimal im Jahr anhand zahlreicher Kriterien beschrieben. Diese Untersuchungen sind Grundbausteine eines umfassenden Umweltmonitoringsystems im Wald.

Das Hauptkriterium des Kronenzustandes, die Kronenverlichtung, hat sich im Untersuchungszeitraum bei Fichte und Kiefer vergleichsweise gering, bei Buche und Eiche hingegen drastisch verändert. Das zweite wichtige Kriterium, die Vergilbung von Nadeln und Blättern, ist in größerem Umfang nur auf wenigen Flächen aufgetreten. Als entscheidende Auslöser für die deutliche Zunahme der Kronenverlichtung bei den Laubhölzern kristallisieren sich, bei unverändert zu hoher Grundbelastung durch Luftschadstoffe, biotisch-abiotische Faktorenkomplexe heraus.

Der Anteil deutlich verlichteter Buchen stieg in zwei Schüben von 5% im Jahr 1989 auf 40% im Jahr 1992 an. Warm-trockne Vegetationsperioden seit 1988 mit dem Trockenjahr 1991 führten zu einer verstärkten Belastung infolge Trockenstreß. Gleichzeitig war eine deutlichen Zunahme der Ozonkonzentrationen, gegenüber denen die Buche als besonders empfindlich gilt, zu verzeichnen. Starke Fruktifikation in den Jahren 1990 und 1992 bewirkte einen hohen Verbrauch von Reservestoffen. Die sprunghaften Anstiege der Kronenverlichtung fielen mit Jahren besonders starker Fruktifikation zusammen. Die Kronenverlichtung der Einzelbäume stieg mit der Zunahme der Fruktifikationsintensität an. Hieraus kann gefolgert werden, daß der Fruktifikation in Zusammenhang mit der Kronenverlichtung bei der Buche besondere Bedeutung zukommt. Höhe und Dauer dieser Auswirkungen werden jedoch durch das Auftreten eines oder mehrerer zusätzlicher Belastungsfaktoren bestimmt.

Der Anteil deutlich verlichteter Eichen stieg von 5% im Jahr 1992 auf 43% im Jahr 1993 an. Wie bei der Buche führt die Trockenheit zu einer Grundbelastung, in deren Folge vermutlich geringere Feinreismengen ausgebildet wurden. Wesentliche Ursache und Auslöser der deutlichen Ausprägung der Kronenverlichtung waren jedoch Blattverluste durch Insektenfraß. Während die Eichen 1988 nach mehreren für die Baumart günstigen Jahren durch Insektenfraß verlorene Blattmasse wieder voll regenerierten, war jedoch 1993 aufgrund des Zusammentreffens mehrerer Belastungsfaktoren nahezu keine Regeneration zu beobachten.

Daß bei den Nadelhölzern keine deutliche Zunahme der Kronenverlichtung stattfand, könnte, insbesondere bei der gegenüber SO_2 sehr empfindlichen Fichte, darauf zurückzuführen sein, daß direkte Immissionsbelastungen durch SO_2 als zusätzlichem Belastungsfaktor seit 1988 deutlich zurückgegangen sind. Die weitere Entwicklung kann zur Zeit nicht prognostiziert werden. Ein Rückgang der Kronenverlichtung der Laubhölzer, z.B. nach mehreren Jahren mit günstigen Witterungsbedingungen und geringer Fruktifikation oder Insektenfraßschäden, würde auf noch regulierungsfähige Teilsysteme, ein weiterer Anstieg der Verlichtungen auf eine anthropogen verursachte Übersteuerung dieser Systeme hinweisen.

Abstract

Since 1983 on more than 50 observation plots the crown condition of almost 4.500 trees of the four tree species pine, beech, spruce and oak has been assessed once or twice a year on the basis of various criteria. The assessments are the basic elements of an extensive environmental forest monitoring system.

During the assessment period there were only slight changes concerning defoliation as the main criterium for the crown condition, as far as pine and spruce are concerned, however drastic changes occurred in the defoliation of beech and oak. Only a small number of observation plots was affected by the second important criterium, the yellowing of needles and broadleaves. It becomes more and more obvious that interactions of biotic and abiotic factors are decisive for the significantly increased defoliation of broadleaved trees as long as basic stress due to air pollutants remains as high as it is at the present time.

The percentage of significantly defoliated beeches increased in two phases, from 5 % in the year 1989 to 40 % in 1992. Warm and dry vegetation periods since 1988 in combination with the drought of 1991 led to an increase in drought stress. At the same time a substantial increase in ozone concentrations - which beech is known to be susceptible to - was recorded. High levels of fructification in the years 1990 and 1992 led to a high additional consumption of nutrients. The years with especially high fructification coincide with a sharp increase in defoliation. This leads to the conclusion that fructification plays a special role for the defoliation of beech. However, the extent and duration of these effects are determined by the presence of one or several additional stress factors.

The percentage of significantly defoliated oaks increased from 5 % in the year 1992 to 43 % in the year 1993. As in the case of beech, the drought resulted in basic stress which probably led to a reduced production of twigs. However, the most essential causal factor for the severe defoliation were leaf losses caused by insects. Whereas in 1988, after a series of favourable years for this tree species, oaks were able to regenerate their foliage completely, as a result of several stress factors almost no regeneration could be observed in 1993.

The fact that no significantly increased defoliation has occurred in coniferous trees could be attributed to the marked reduction of SO₂ immissions since 1988, as especially spruce is known to be highly susceptible to SO₂.

As far as the further development is concerned, no prognosis can be made at this particular point of time. A decrease in the amount of defoliation of broadleaved trees, e.g. after several years of favourable weather conditions and low fructification or insect damage, would lead to the conclusion that the ecosystems seem to be still able to regulate themselves, a further increase in defoliation would be an indication that air pollution impacts exceed the resilience of these systems.

1. Problemstellung und Zielsetzung

Zu Beginn der achtziger Jahre avancierten die "Neuartigen Waldschäden" (Waldsterben) in der Öffentlichkeit zu einem Umweltproblem ersten Ranges. Absterbende Wälder im Osten Europas (z.B. im Erzgebirge) und auf großer Fläche deutlich sichtbare Kronenverlichtungen in den höheren Lagen der Mittelgebirge Westdeutschlands führten zu großer Besorgnis. Aus diesem Grunde wurde 1982/83 bundesweit damit begonnen, den Zustand der Wälder mit Hilfe der Kriterien "Kronenverlichtung" und "Vergilbung der verbliebenen Blatt-/Nadelmasse" zu erfassen und jährlich der interessierten Öffentlichkeit im sogenannten Waldschadensbericht zugänglich zu machen. Dieses Verfahren gibt zwar einen Überblick über die räumliche Verteilung und die Höhe der Schäden, Aussagen über Ursache-Wirkungsbeziehungen sind jedoch nur sehr eingeschränkt möglich. Daher wurde in Rheinland-Pfalz 1982 durch die Landesregierung ein Untersuchungsprogramm gestartet, das neben der Erfassung des Kronenzustandes die Durchführung zahlreicher Zusatzerhebungen vorsah (MÜHLHAUS 1985). Dieses seit 1983 bestehende Konzept der Waldökosystem-Überwachung ist zweigleisig aufgebaut:

- Landesweite Übersichtserhebungen wie Waldzustandserhebung oder Bodenzustandserhebung erlauben aufgrund ihres systematisch angelegten Stichprobenrasters flächenrepräsentative Aussagen über den jeweils aktuellen Zustand der Waldökosysteme und lokalisieren Schadensschwerpunkte.
- Intensivuntersuchungen an gezielt ausgewählten Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen tragen dazu bei, die Kenntnisse über die Dynamik in Waldökosystemen zu erweitern und Kausalzusammenhänge zwischen Veränderungen im Waldökosystem und den auf dieses System einwirkenden Faktoren zu erkennen. Sie dienen somit zur Aufdeckung von Ursache-Wirkungsbeziehungen.

Die übergeordnete Zielsetzung dieses Untersuchungsprogramms ist es zu klären, ob Zusammenhänge zwischen Schadensentwicklung und Luftschadstoffbelastung bestehen, um daraus die weitere Entwicklung und Gefährdung der Waldökosysteme durch Luftverunreinigungen abzuschätzen. Aus diesen Ergebnissen sollen Handlungsempfehlungen zur Reduktion der Belastungen abgeleitet werden.

Die Intensivuntersuchungen von Waldökosystemen, die aus Kostengründen auf einige wenige Dauerbeobachtungsflächen konzentriert sind, werden ergänzt durch eingehende Untersuchungen des Kronenzustandes auf einem Netz von Kronenzustands-Dauerbeobachtungsflächen. Über die hier gewonnenen Ergebnisse wird in der vorliegenden Arbeit berichtet. Daneben stehen intensive Erhebungen auf Boden- und

vegetationskundlichen Dauerbeobachtungsflächen, sowie eine periodische Kartierung der Flechtenvegetation. Als Dauermessung wesentlicher Umwelteinflüsse erfolgen meteorologische Messungen, Depositionsmessungen und an fünf Waldmeßstationen eine kontinuierliche Erfassung der Luftschadstoffbelastung. All diese Untersuchungen sind räumlich den Kronenzustands-Dauerbeobachtungsflächen zugeordnet. Bei der Bewertung der Ergebnisse des Kronenzustandes kann folglich auf zahlreiche, in anderen Teilgebieten gewonnene Erkenntnisse zurückgegriffen werden.

Zur Beurteilung der Waldschäden wird in Ermangelung anderer, in einem kurzen Zeitraum einfach und zügig zu erhebender Kriterien der als Ergebnis vielfältiger Faktoren entstandene sichtbare Kronenzustand verwendet. Durch einen Vergleich mit erwarteten Normalzuständen kann bei Abweichungen von diesen auf Störungen (Belastungen) geschlossen werden (ULRICH und PUHE 1993). Die Baumkronen werden somit zum Indikator für Zustand und Entwicklung der Waldökosysteme. Die Erfassung der Kronenschäden erfolgt in erster Linie mit dem in der Biologie seit langem bekannten und bei der Erfassung von Insektenfraßschäden bewährten Verfahren der Schätzung des Nadel-/Blattverlustes (FRANTZIAN 1973). Als weiteres, wichtiges Kriterium wird der Anteil der Vergilbung, d.h. noch lebender, aber bereits in ihrem Stoffwechsel gestörter Nadeln oder Blätter, einbezogen. Diese beiden Kriterien werden üblicherweise jeweils in Stufen zusammengefaßt und kombiniert als sogenannte Schadstufe dargestellt.

Ein wesentliches Ziel der Untersuchungen an den Kronenzustands-Dauerbeobachtungsflächen ist es zu klären, inwieweit der Kronenzustand als Indikator für Störungen des Waldökosystems geeignet ist, ob folglich aus Höhe und Umfang von Verlichtung und Vergilbung der Kronen auf Schäden im gesamten Ökosystem geschlossen werden kann.

Zu Beginn der Erhebungen lagen weder längerfristige Beobachtungen des Kronenzustandes der wichtigsten Baumarten vor, noch war bekannt, welche Kriterien der Kronenzustandsansprache zur Interpretation der Parameter Kronenverlichtung und Vergilbung benötigt werden. Weiterhin mußte bedacht werden, daß die Entstehung der Kronenverlichtung auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sein könnte, die Kronenschäden bei den einzelnen Baumarten oftmals sehr unterschiedlich ablaufen und zudem vermutlich zwischen Induktion der Schäden und Auftreten der ersten Symptome längere Zeiträume liegen können. Aus diesem Grunde sollte in einem ersten Schritt der Versuch unternommen werden, eine große Zahl möglicherweise die Kronenverlichtung beeinflussender Parameter in Form eines Screenings zu erfassen. Da der Einfluß der einzelnen Faktoren auf die Kronenverlichtung nicht klar abzugrenzen ist, sollte mit Ausnahme von Verlichtungen infolge Windeinwirkung oder bedrängender

Nachbarbäume die Kronenverlichtung so eingewertet werden, wie sie sich dem Betrachter darstellt (BRAUNGER 1983). Zur Optimierung des Aufnahmeverfahrens soll in einem zweiten Schritt die Eignung aller erhobener Parameter sowohl auf ihre Praktikabilität (Prüfung methodischer Probleme wie z.B. Schätzfehler), als auch auf ihre Aussagekraft überprüft werden.

Ein weiteres wichtiges Ziel ist, mit Hilfe von Langzeitbeobachtungen des Kronenzustandes und begleitender Parameter Hinweise auf die Ursachen von Veränderungen zu bekommen.

Insbesondere ist zu prüfen, inwieweit aus den natürlichen Schwankungen des Kronenzustandes anthropogen bedingte Veränderungen durch Luftschadstoffe isoliert werden können. Bei Kenntnis der natürlichen Schwankungsbreite kann versucht werden, die zur Analyse erforderliche Untersuchungs- und Beobachtungsdauer abzuschätzen.

Im Einzelnen ist zu klären, ob:

- Nadelpilze als biotische Verursacher der Kronenverlichtung in Frage kommen (SCHÜTT 1985),
- die gehäuft beobachtete Fruktifikation der Waldbäume als Notfruktifikation infolge übermäßiger Luftschadstoffbelastung zu werten ist (SEITSCHEK 1984),
- Insektenfraßschäden wesentlich zu Umfang und Höhe der Kronenverlichtung beitragen,
- Stamm- und Kronenverletzungen die Kronenverlichtung mitverursachen und
- großkronige Bäume aufgrund des stärkeren Auskämmens von Luftschadstoffen stärker bedroht sind.

Im Gegensatz zu einem regelten, unter kontrollierten Bedingungen ablaufenden Experiment ist die Dauerbeobachtung natürlicher Ökosysteme darauf angewiesen, daß die zur Prüfung bestimmter Hypothesen erforderlichen Faktorenkombinationen auftreten. So ist z.B. die Beantwortung der Frage, inwieweit Fruktifikation zu Veränderungen des Kronenzustandes führt, nicht nur davon abhängig, daß Bäume tatsächlich fruktifizieren. Vielmehr ist notwendig, daß dies in unterschiedlicher Stärke und unter verschiedenen Randbedingungen (z.B. günstige/ungünstige Witterung) auftritt. Hinzu kommt, daß zur Absicherung der Ergebnisse wiederholte Ereignisse bei ähnlicher Konstellation nötig sind.

Weiterhin ist zu überprüfen, unter welchen Bedingungen die Bäume in der Lage sind, ihren Kronenzustand zu regenerieren.

Neben der Beobachtung der Einzelindividuen soll auch die Entwicklung der Schäden im gesamten Bestand verfolgt werden. Hierbei zu klären, inwieweit strukturelle Unterschiede in der Schadensausprägung auf den Flächen zu beobachten sind. Stehen

stärker geschädigte Bäume in Gruppen zusammen, kann z.B. geprüft werden, ob kleinräumig wirksame Faktoren hierfür ursächlich sind.

Die Kronenzustands-Dauerbeobachtungsflächen dienen ebenfalls dazu die Entwicklung ausgewählter, repräsentativer Waldökosysteme zu dokumentieren und damit die Waldzustandserhebung zu ergänzen. Die dauerhafte Dokumentation der Entwicklung des Kronenzustandes wird sowohl mit Photos vom Boden aus, als auch mit Hilfe von Infrarot-Color-Luftbildern vorgenommen. Zudem sind die Erkenntnisse aus den Dauerbeobachtungsflächen notwendig, um die jährlichen Ergebnisse der Waldzustandserhebung zu interpretieren.

2. Material und Methode

2.1 Flächenauswahl

Das Grundgerüst des Beobachtungsflächennetzes wurde im Herbst/Winter 1982/1983 mit der Anlage von 28 Fichten-Dauerbeobachtungsflächen geschaffen. Wertvolle Anregungen hierzu lieferten die durch die FVA Baden-Württemberg bereits 1978 - in methodischer Abstimmung mit der FVA Bayern - eingerichteten Tannen-Dauerbeobachtungsflächen (EVERS et al. 1979, KÖNIG 1979, WAGNER 1981, SCHRÖTER 1981).

Die zunächst erfolgte Beschränkung auf die Baumart Fichte beruhte auf der Annahme, daß diese gegenüber Luftschadstoffen, insbesondere SO₂, besonders empfindlich sei, und somit, nicht zuletzt aufgrund ihres weiten Verbreitungsgebietes, als Monitorbaumart besonders geeignet erschien.

Aufgrund fortschreitender Schadsymptome bei weiteren Baumarten wurden im Sommer 1983 acht Buchenbeobachtungsflächen, im Frühjahr und Sommer 1984 sechs Kiefern- und vier Eichenbeobachtungsflächen eingerichtet. 1986 und 1987 wurde das Beobachtungsnetz um zwei Kiefern- und drei Eichenflächen erweitert. Dem Ausfall einer Fichtendauerbeobachtungsfläche 1987 und der Neuanlage von zwei Buchenersatzflächen 1987 folgten die Frühjahrsstürme 1990 mit zum Teil verheerenden Auswirkungen. Fünf Beobachtungsflächen wurden völlig, sieben zum großen Teil zerstört. Andere Flächen wiesen einzelne oder gruppenweise Windwürfe auf.

1991 wurde das Versuchskonzept um vier Standorte ergänzt. Im Forstamt Neuhäusel wurden innerhalb eines Buchenbestandes zwei Teilflächen auf zwei verschiedenen Substraten (Bimsüberlagerung/Quarzit) angelegt. Eine weitere Buchenfläche wurde im Forstamt Kirchheimbolanden auf einem Rhyolit-Standort eingerichtet. In der Rheinebene wurde im Forstamt Schaidt eine Versuchsfläche in einem Stieleichenbestand eingerichtet. Für die Baumart Fichte wurde mit Hilfe von CIR-Luftbildern ein stark geschädigter Fichtenbestand im Forstamt Hermeskeil ausgesucht. In diesem Bestand wurden unterschiedlich stark geschädigte Teilflächen abgegrenzt um Ursachen und Entwicklung dieser Teilkollektiven zu untersuchen.

Ende 1992 ergibt sich somit folgender Stand des Beobachtungskollektives:

- 24 Fichten-Dauerbeobachtungsflächen (davon 7 Flächen aufgrund großer, sturmbedingter Stammzahlverluste nur für Sonderuntersuchungen brauchbar)
- 10 Buchen-Dauerbeobachtungsflächen (davon 2 Flächen aufgrund von Sturmschäden nur eingeschränkt aussagefähig)
- 7 Kiefern-Dauerbeobachtungsflächen
- 8 Eichen-Dauerbeobachtungsflächen

Kennzeichnend für die Auswahl der Beobachtungsstandorte war, daß im Gegensatz zur Waldschadenserhebung keine systematische Stichprobenverteilung gewählt wurde, sondern im Hinblick auf die Fragestellung gezielt Flächen in ausgedehnten Waldgebieten, bevorzugt in exponierter Lage, unter der Prämisse einer freien Anströmbarkeit für Fernimmissionen angelegt wurden (Abb. 1).

Die erste Flächenauswahl (1982/83) deckte die Hauptfichtenvorkommen in den Hochlagen von Hunsrück, Eifel und Westerwald ab. Im südlichen Landesteil (Rheinhessen-Pfalz), der keine großflächigen Fichtenanbaugebiete aufweist, wurden die Fichtenbeobachtungsflächen unter dem Gesichtspunkt der "Monitorbaumart" und einer vermuteten, regional unterschiedlichen Immissionsbelastung im Pfälzerwald, in der Westpfalz, am Donnersberg und im Bereich Mainz angelegt.

Die später ausgewählten Buchen-, Eichen- und Kiefernflächen wurden entweder in räumlicher Nähe zu vorhandenen Fichten-Dauerbeobachtungsflächen (um eine vergleichende Beobachtung mehrerer Baumarten zu ermöglichen) oder in Gebieten, in denen diese Baumarten schwerpunktmäßig vorkommen, in denen jedoch keine Fichtenbeobachtungsflächen liegen, eingerichtet. Bei der Baumart Eiche wurde z.T. auf bereits bestehende, geeignete ertragskundliche Weiserflächen zurückgegriffen, um auf diese Weise Informationen über die frühere Bestandes- und Einzelbaumentwicklung mit aktuellen Zustandsinformationen verknüpfen zu können.

Die Versuchsflächen sollten folgenden Kriterien genügen:

- Standorte, die nach den Waldbaurichtlinien als geeignet für die jeweilige Baumart angesehen werden.
- Relativ gut einsehbare, homogene Altbestände mit vergleichsweise geringer innerartlicher Konkurrenz.
- Von Menschen möglichst gering beeinflusste, homogene Standortverhältnisse. Hiermit sollte die Auswahl größerer Flächen oder anderer Versuchsdesigns vermieden werden.
- Vermeidung von Beständen oder Bestandesteilen mit atypisch hohen Rucke- und Fällungsschäden.
- Ausschluß von gekalkten und gedüngten Flächen.

Die Anlage der Beobachtungsflächen erfolgte möglichst in großen, homogenen Waldbeständen, um eine Flächenreserve zur Durchführung und Konzentration von Spezialuntersuchungen unterschiedlichster Fachrichtungen zu gewährleisten.

Um den erwarteten Schadensanstieg "von Beginn an" zu verfolgen, wurden Bestände mit vergleichsweise geringer Schädigung ausgewählt. Aus den sich hieraus ergebenden Schwierigkeiten bei der Interpretation der Ergebnisse wird in der Diskussion eingegangen.

Waldökosystem – Dauerbeobachtungsflächen

in Rheinland-Pfalz

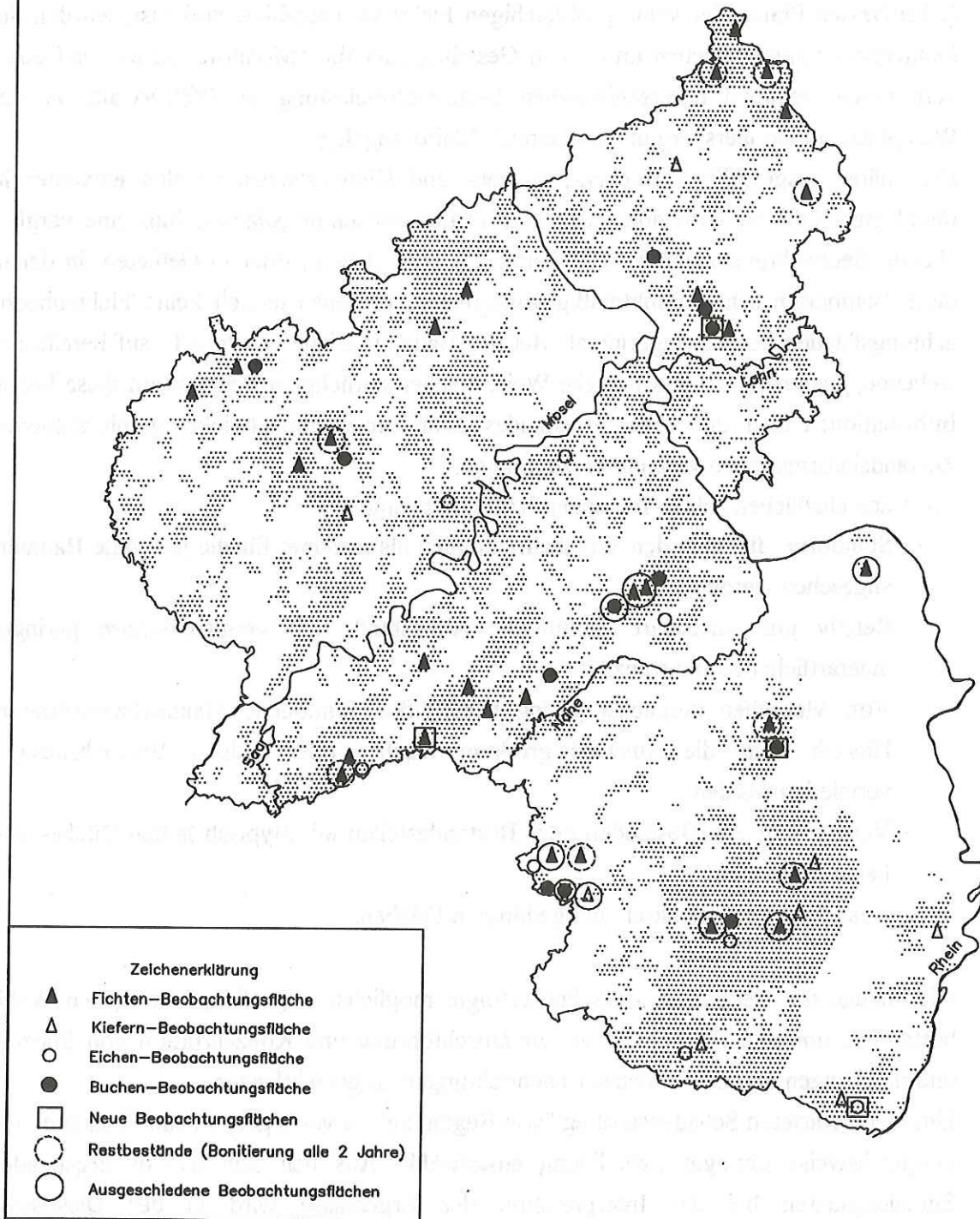


Abb.1: Lage der Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz

2.2 Flächenanlage und Bewirtschaftung

Die Beobachtungsflächen haben eine Größe von 0,25 Hektar (i.d.R. 50 x 50 m). Zustandskontrolle und Sicherung der Versuchsflächen erfolgen durch die Forstämter und sind in der "Anweisung über das Forstliche Versuchswesen in Rheinland-Pfalz (AFV 92)" geregelt. Alle Bäume sind dauerhaft nummeriert; die individuelle Beobachtung jedes Baumes wird somit gewährleistet.

Zu Beginn der Untersuchung wurden die Beobachtungsflächen zunächst aus der forstlichen Bewirtschaftung genommen. Bäume durften nur nach Schadereignissen (z.B. Windwurf, Käferbefall etc.) entnommen werden.

Diese Regelung erwies sich für die langfristig angelegten Beobachtungsflächen aufgrund des fortschreitenden Dichtstandes als nicht praktikabel und wurde 1987 aufgehoben. Eine erste reguläre Durchforstung wurde Ende 1989/Anfang 1990 in den Fichten-Dauerbeobachtungsflächen durchgeführt. Die Durchforstung erfolgte nach den ortsüblichen waldbaulichen Konzepten (Waldbaurichtlinien).

2.3 Aufnahmekriterien

Die Erfassung der Aufnahmekriterien wird u.a. auf Anregung des Forschungsbeirats Waldschäden durch die "Arbeitsgruppe Dauerbeobachtungsflächen Waldschäden des Bundes und der Länder" (v.a. 1987/88) in wesentlichen Punkten vereinheitlicht. Im Anhang I (Tab. 1-5) befindet sich eine Auflistung und kurze Beschreibung aller auf rheinland-pfälzischen Dauerbeobachtungsflächen erhobenen Parameter. Zusätzlich ist angegeben, ob die Erhebungen innerhalb der Arbeitsgruppe verbindlich und somit weitgehend vergleichbar, oder fakultativ durchzuführen waren.

Zunächst wird, neben der Erfassung allgemeiner Zuordnungsdaten wie Forstdirektion, Forstamt, Forstrevier, Waldort und Waldeigentümer eine Charakterisierung des Standortes und der Waldbestände im Rahmen einer Grundaufnahme vorgenommen. Hier werden Daten erhoben, die sich kurzfristig nicht entscheidend verändern, so daß eine Wiederholungsaufnahme frühestens im Abstand von 5 Jahren durchgeführt werden muß. Die eigentliche Kronenzustandserhebung, auch Vitalitätsaufnahme genannt, erfolgt durch jährliche Ansprachen zahlreicher Parameter (s.u.). Die wesentlichen Informationen über die Beobachtungsflächen sind in Anhang II zusammengefaßt.

2.3.1 Grundaufnahme

Standortsaufnahme

Wuchsgebiet, Höhe über NN, Hangneigung, Hangrichtung und Grundform (Ergebnis von Hangneigung und ggf. Stauwasserbeeinflussung) liefern Grundinformationen über den Standort (ARBEITSKREIS STANDORTKARTIERUNG 1980). Die exakte Erfassung des Bodenzustandes erfolgt über eine Bodenprofilansprache (Humus- und Bodenzustand am Bodeneinschlag) und einer chemischen Analyse des Bodenzustandes. Eine Standortsfeinkartierung (10 x 10 m / Fichtenflächen) ergibt Informationen über die Homogenität der Versuchsflächen.

Mittelwerte des Niederschlags und der Temperatur (Klimaatlas des Deutschen Wetterdienstes) charakterisieren die langjährige Situation in dem betroffenen Großraum, eigene Witterungsdaten aus Waldklimameßstationen der Forstlichen Versuchsanstalt geben Hinweise auf örtliche und zeitliche Variationen und lassen langfristig Aussagen über den Einfluß der Witterung auf die Vitalität und die natürliche Variabilität des Kronenzustandes der Bäume zu.

Die chemische Analyse von Laub- und Nadelproben ergibt Hinweise über den aktuellen Ernährungszustand der Waldbäume und über Schadstoffbelastungen, soweit Schadstoffe von Blattorganen gespeichert werden.

Bestandesbeschreibung

Für alle Bestände wurden neben Baumart und Altersbestimmung einzelbaumweise folgende ertragskundliche Kennwerte erhoben:

- Baumklasse nach KRAFT (1884)

Klasse 1 = vorherrschend

Klasse 2 = herrschend

Klasse 3 = gering mitherrschend

Klasse 4 = beherrscht

- Brusthöhendurchmesser
- Baumhöhe
- Kronenlänge.

Zur Ermittlung des jährlichen Zuwachses wurden Bäume auf ausgewählten Dauerbeobachtungsflächen mit Umfangmeßbändern ausgestattet.

Zusätzlich erfaßt werden Kronenausbildung (gering, normal, stark) und Kronenform (normal, eingeklemmt, einseitig, stark einseitig). Diese Daten vermitteln einen Eindruck

über Standraum, Kronenvolumen und Wuchskraft der Einzelbäume. Insbesondere die Länge der grünen Krone an der Baumhöhe und das Verhältnis Baumhöhe zu Durchmesser (h/d-Verhältnis) geben wertvolle Informationen über die Stabilität des Einzelbaumes. An einigen Versuchsflächen wurden Stammfußkoordinaten eingemessen und der Kronenumfang durch Ablotung von acht Kronenradien erfaßt.

2.3.2 Kronenzustandsansprache

2.3.2.1 Allgemeine Daten

Aufnahmezeitpunkt

Festgelegte und für die Ansprache auf den Dauerbeobachtungsflächen verbindliche Aufnahmezeitpunkte sind für die Baumart Fichte: Frühjahr (vor dem Austrieb), für die Baumarten Buche und Eiche: Sommer (Höhepunkt der Vegetationsentwicklung, vor Beginn der Herbstverfärbung). Die Baumart Kiefer wird in Rheinland-Pfalz, u.a. zur Unterstützung der Interpretation der Ergebnisse der Waldzustandserhebung, im Sommer, durch die Mehrzahl der anderen Bundesländer im Winter aufgenommen. Zusätzliche Aufnahmen erfolgen in Rheinland-Pfalz bei der Fichte im Herbst (Abschluß Vegetationsperiode) und bei der Eiche kurz vor Johannistriebbildung (Mitte Juni).

Die zweite Bonitierung der Fichte soll in erster Linie Informationen über Veränderungen innerhalb eines Jahres liefern. Auch können verschiedene, eventuell den Nadelverlust erklärende Parameter biotischer Art (z.B. Fruktifikation) bei der Frühjahrsansprache nicht immer zuverlässig erhoben werden. Von 1983 bis 1986 wurde das gesamte Fichtenkollektiv im Frühjahr und im Herbst aufgenommen, ab 1987 erfolgt im Herbst nur noch die Aufnahme eines Teilkollektives.

Die Notwendigkeit des zweiten Aufnahmeterrains bei der Baumart Eiche ist durch vergleichsweise häufigen Insektenfraß und das z.T. sehr unterschiedliche Regenerationsverhalten der Eichen nach Insektenfraß (s.u.) begründet.

Der Termin der Frühjahrsaufnahme bei der Baumart Fichte sollte nach dem Protokoll der 1. Sitzung der "Arbeitsgruppe Dauerbeobachtungsflächen" (1987) den Ländern unter anderem dazu dienen, an Hand der vorgefundenen Änderungen über die Durchführung einer Voll- bzw. Unterstichprobe der Terrestrischen Waldzustandserhebung zu entscheiden.

Aufnahmebedingungen

Die Witterungssituation zum Aufnahmezeitpunkt könnte Hinweise auf Bewertungsunterschiede des Kollektives geben. Eine nicht immer vermeidbare Ansprache des Einzelbaumes gegen das Sonnenlicht, und insbesondere die unterschiedliche Einsehbarkeit der Einzelbäume, dienen als wichtige Kriterien der Zuverlässigkeit der erhobenen Daten.

2.3.2.2 Hauptmerkmale

Zum Erkennen der Belastungen und Gefährdungen von Waldökosystemen dient, in Ermangelung anderer, in einem kurzen Zeitraum einfach und zügig zu erhebender Kriterien, der als Ergebnis vielfältiger Streßfaktoren entstandene Kronenzustand. Hauptkriterium zur Beurteilung des Kronenzustandes sind Kronenverlichtungen, beschrieben als Nadel- bzw. Blattverlust der Bäume und der Grad der Vergilbung der noch vorhandenen Blätter oder Nadeln. Diese Merkmale sind vielfach Ausdruck für die auf ein Waldökosystem einwirkenden Beeinträchtigungen und lassen sich zudem in relativ kurzer Zeit erfassen (DAMMAN et al. 1992).

Nadel-/Blattverlust

Geschätzt wird der relative Nadel-/Blattverlust in 5%-Werten zu der am jeweiligen Baum theoretisch vorhandenen Nadel-/Blattmasse. Bewertungsmaßstäbe (Standards) sind Farbbildhefte (SCHRÖTER et al. 1984, SANASILVA KRONENBILDER 1986), grundlegende Untersuchungen über das Wachstum von Bäumen unter veränderten Bedingungen (ROLOFF 1984, GRUBER 1987), Absprachen in der Arbeitsgruppe "Dauerbeobachtungsflächen Waldschäden des Bundes und der Länder" und jährliche Treffen und Abstimmung (Eichung) der Länderinventurleiter der Waldzustandserhebung.

Durch die jeweilige, bzw. nach Durchforstungseingriffen ehemalige Standraumsituation, oder durch bedrängende oder peitschende Nachbarbäume verursachte geringere Belaubung, werden nach BRAUNGER (1983) als differenzierbare und klar abgrenzbare Merkmale, nicht als Verlust gewertet.

Zunächst wird eine grobe Schätzung der Transparenz (Durchsichtigkeit der Baumkrone) vorgenommen, der erhobene Wert dann durch exaktes Betrachten der Krone mit dem Fernglas verifiziert. Die erfaßten 5%-Werte werden anschließend rechnerisch zu Nadel-/Blattverluststufen zusammengefaßt (Anhang I, Tab. 2).

Diese Transparenzschätzung ist bei der Lichtbaumart Kiefer u.a. aufgrund der zum Teil sehr unterschiedlichen Kronenformen oder wegen Blütenbildung reduzierter Nadelmasse als alleiniges Vitalitätsmerkmal nur eingeschränkt geeignet. Aus diesem Grunde wird in Rheinland-Pfalz bei dieser Baumart eine Objektivierung durch Zählung der Anzahl und Schätzung der Vollständigkeit der Nadeljahrgänge vorgenommen (FRAUDE 1987).

Hierbei werden 5 - 10 Zweige in der Oberkrone, jedoch nicht am Leittrieb (i.d.R. reduzierte Anzahl von Nadeljahrgängen) und nicht in Bereichen von Blütenbildung (Blühzweige besitzen eine größere Zahl von Nadeljahrgängen) eingewertet. Die Einwertung erfolgt in vier Stufen, deren "Stufenmittelwerte" zu einem Gesamtbenadelungswert addiert werden können (Anhang I, Tab.3). Um die natürliche Variabilität von Anzahl und Vollständigkeit der Nadeljahrgänge (d.h. ohne biotische bzw. abiotische Einflüsse) zu erfassen, werden Triebverluste aufgrund Waldgärtnerfraß hierbei nicht berücksichtigt, gehen jedoch als fehlende Nadelmasse in das Verlustprozent mit ein.

Diese Information führt, unter Einbeziehung des dünnen Feinreisiganteiles (bis 1987 Dürrastanteiles), zu einer bestimmten Verlichtungsstufe, innerhalb dieser dann das jeweilige Verlustprozent nach der Transparenz eingeschätzt wird.

Vergilbung

Die Ansprache der Vergilbung liefert weitere wichtige Informationen über eventuell bereits zum Teil geschädigte Nadeln/Blätter, bzw. über mögliche Nährstoffmängel. Dieses Merkmal wurde bei der Baumart Fichte ab 1983 in vier verbal beschriebenen Intensitätsstufen (keine, gering, mittel, stark) erfaßt. Diese Stufeneinteilung wurde 1984 folgendermaßen präzisiert: Stufe 0 = bis 10% Vergilbung, Stufe 1 = 11 bis 25% Vergilbung, Stufe 2 = 26 - 60% Vergilbung, Stufe 3 > 60% Vergilbung. Bewertet werden nur eindeutig vergilbte Blätter oder Nadeln der vorhandenen Nadel-/Blattmasse.

Bei den Laubhölzern und der Baumart Kiefer wurde ab 1984, bei der Fichte ab 1987 der Vergilbungsanteil in 5%-Stufen geschätzt und rechnerisch zu Vergilbungsstufen (s.o.) zusammengefaßt. Zusätzlich wurde aufgrund von Abgrenzungsschwierigkeiten zwischen nicht deutlich vergilbten und vergilbten Nadeln/Blättern 1984 die Vergilbungsstufe 9 = "fahlgrün" definiert.

Schadstufen

Die Ergebnisse aus der Einwertung von Nadel-/Blattverluststufen und Vergilbungsstufen werden rechnerisch zu Schadstufen zusammengefaßt (siehe Anhang I, Tab.2).

Die seit der letzten Aufnahme abgestorbenen Bäume werden im Jahr des Absterbens der Schadstufe 4 zugeordnet, so daß der Anteil dieser Stufe auf den Dauerbeobachtungsflächen gleichbedeutend mit der jährlichen Absterberate ist. Im Folgejahr werden diese Bäume als "ausgefallen unbekannte Ursache" bzw. "ausgefallen biotische Ursache" dokumentiert. Bäume, die aufgrund abiotischer Ursache (z.B. Sturm) ausfallen, bei einer Durchforstung entnommen werden oder aus anderen Gründen nicht bonitierbar sind (z.B. Kronenbruch), werden nicht als abgestorben, sondern als ausgeschieden erfaßt. Die Ausfallursache wird dokumentiert.

Ursache des Ausscheidens

Zeitpunkt und Ursache des Ausscheidens werden soweit möglich erfaßt. Die Entwicklung der Kronenverlichtung vor dem Absterben kann Hinweise auf eventuell vorhandene, langfristige Vitalitätsminderung liefern.

2.3.2.3 Sonstige Merkmale

a) Biotische Merkmale

Fruktifikation

Als einfach und zeitgleich, d.h. im Zuge der Kronenzustandsansprache zu erhebendes Merkmal, wird die Fruktifikation der Bäume in vier Stufen, die im Folgenden sinngemäß auch bei anderen Merkmalen Verwendung finden, erfaßt:

- Stufe 0: "ohne" = Merkmal tritt nicht auf
- Stufe 1: "gering" = vereinzelt, nicht auf den ersten Blick erkennbar
- Stufe 2: "mittel" = auf den ersten Blick erkennbar, offensichtlich
- Stufe 3: "stark" = starke Fruktifikation (z.B. Biegen der Äste)

Bei der Baumart Kiefer werden nur die grünen (unreifen) Zapfen aus dem letzten Jahr bewertet. Die aktuell gebildeten, noch sehr kleinen Zapfen werden aufgrund des erfahrungsgemäß hohen Schätzfehlers nicht berücksichtigt.

Blütenbildung - Kiefer

Bei der Blütenbildung wird ein Teil der Nadelkurztriebe (Nadeln) des betroffenen Jahrestriebes durch männliche Blüten ersetzt. Erfasst wird der Anteil von Trieben mit männlicher Blütenbildung in 5%-Stufen. Bis 1988 bezog sich diese Einwertung auf alle erkennbaren Nadeljahrgänge, seit 1989 wird zur jährlichen Differenzierung der Anteil von Trieben mit männlicher Blütenbildung am aktuellen Jahrestrieb eingewertet.

Von Interesse sind Intensität und langfristige Schwankungen der Blütenbildung. Desweiteren führt nach MARCET und SIEBER (1985) starke und vor allem wiederholte Blüte zur Kronenverlichtung. Diese aufgrund Blütenbildung "fehlende" Nadelmasse wird (als erkennbares und differenzierbares Merkmal) nicht als Nadelverlust gewertet (s.o.).

Borkenkäferbefall

Borkenkäferbefall ist im allgemeinen leicht erkennbar und kann, insbesondere bei Nadelbäumen, in nennenswertem Umfang zum Absterben von Bäumen führen.

Die Erfassung erfolgt in folgenden Kategorien: ohne Befall, geringer Befall (einige wenige Einbohrlöcher/Harztropfen), mittlerer Befall (zahlreiche Einbohrlöcher/Harztropfen jedoch noch keine Auswirkung auf Benadelung bzw. kein Abfallen der Rinde erkennbar), starker Befall (beginnende Ablösung der Rinde bzw. beginnende Verfärbung der Nadeln).

Reifefraß in den Trieben (z.B. durch *Blastophagus piniperda*) wird nicht als Borkenkäferbefall, sondern unter "sonstigem Insektenbefall" erfaßt.

Sonstiger Insektenbefall

Alle anderen zu Nadel- oder Blattverlusten führenden Insektenschäden werden als "sonstiger Insektenbefall" in den vier beschriebenen Stufen erfaßt (s. oben). Zweifelsfrei bestimmten Insekten zuzuordnenden Nadel-/Blattverluste werden in der Rubrik "Bemerkungen" festgehalten.

Blattnekrosen (Buche, Eiche); braune Nadeln (Fichte, Kiefer)

Verbräunungen von Blättern und Nadeln können vielfältige Ursachen haben. Akute Immissionsschäden, Viruskrankheiten, Pilzkrankheiten, Insektenfraß etc. führen zu jeweils charakteristischen Schäden, die jedoch bei Altbäumen vom Boden aus nicht immer zweifelsfrei diagnostiziert werden können. Zudem werden bei den Nadelbäumen verschiedene Schadursachen durch natürliche Alterungsprozesse der Nadeln überlagert, bzw. sind bei okularer Ansprache vom Boden nicht von diesen zu trennen.

Blattnekrosen werden in 4 Stufen ("keine"; "vereinzelt", nicht auf den ersten Blick erkennbar; "häufig", bis 50% der Blätter betroffen; "sehr häufig", an über 50% der Blätter erkennbar) erfaßt. "Braune Nadeln" wurden von 1984 bis 1991 in den Stufen "nicht vorhanden" und "vorhanden" eingewertet. Ab 1992 werden diese Merkmale, zur Quantifizierung des Anteiles an der Gesamtnadel-/Blattmasse, in 5%-Stufenanteilen an der vorhandenen Nadel-/Blattmenge erfaßt. Abgestorbene Nadeln oder Blätter werden als nicht vorhanden gewertet und gehen somit in das Nadel-/Blattverlustprozent ein.

Streifallmessung - Untersuchung auf Nadelpilzbefall

Zur Überprüfung von Dynamik und Umfang der Streifallmenge, sowie von Pilzinfektionsrate und Bestimmung der Pilzarten¹ werden auf zwei Kiefernbeobachtungsflächen (die dritte Fläche ist 1990 infolge Windwurf ausgeschieden) und einer Fichtenbeobachtungsflächen seit 1986, auf zwei weiteren Fichtenflächen seit 1989 Streifalluntersuchungen vorgenommen. Die Nadelstreu wird pro Fläche in 15 Sammelbehältern (Durchmesser 30 cm) in Form von Plastikeimern mit durchlöcherter Boden und einem Kunststoffsiebeinsatz in drei Reihen à 5 Sammler an Pfählen in 2m Höhe aufgefangen. Die Streifallproben werden 14-tägig entnommen. Jede Streifallprobe, ggf. Stichprobe von maximal 100 Nadeln/Kurztrieben, wird nach einer vierstufigen Farbskala (grün bis gelblichgrün, gelblich bis ockerfarben, rotbraun, grau) sortiert und anschließend unter dem Stereomikroskop einer makroskopischen Sichtung auf Pilzbefallsymptome unterzogen. Ab Januar 1989 erfolgt, zur Reduktion des Arbeitsaufwandes, diese Untersuchung nur noch bei erhöhter Streifallaktivität. Für die Kiefer wurde die

¹ Die Bestimmung der Pilzarten und die Bewertung deren Pathogenität erfolgt durch Herrn Dr. W.R. Arendholz, Universität Kaiserslautern

Grenze auf >150 kg/ha/14 Tage, für die Fichte auf >100 kg/ha/14 Tage (Frischgewicht) festgelegt. Bei positiven Befunden wird mittels lichtmikroskopischer Analyse der fruktifizierenden Organe (Pyknidien, Konidienträger ect.), soweit dies ohne Kulturversuche möglich ist, die Pilzart bestimmt. Anschließend wird die Trockenmasse erfaßt.

Mistelbefall

Die Mistel (*Viscum album* L.) kann auf fast allen Baumarten als Halbschmarotzer vorkommen und erhebliche Schäden verursachen (BUTIN 1983). Auf den Dauerbeobachtungsflächen wurde die Mistel bisher nur in Kiefernkronen beobachtet. Erfasst wird sie in den zwei Stufen "vorhanden", "nicht vorhanden".

Kienzopf (Kiefernrrinden-Blasenrost)

Die durch zwei Rostpilzarten hervorgerufene Erkrankung ist Ursache zahlreicher Absterbevorgänge bei der Gemeinen Kiefer (BUTIN, 1983). Dieses Merkmal wird in der Regel sicher erkannt und in den Stufen "vorhanden" und "nicht vorhanden" erfaßt.

Schleimflußflecken (Buche)

Die Schleimflußkrankheit der Buche, auch Buchenrindennekrose genannt, beruht auf einem Faktorenkomplex. Während der Krankheitsanstoß biotischer Natur ist (Buchenwollschildlaus, *Nectria coccinea*), wird der Ausbruch bzw. die Ausbreitung der Krankheit vor allem durch abiotische Faktoren (Standort- und Witterungsbedingungen) bestimmt (z.B. BUTIN 1983, LUNDERSTÄDT 1992). Erfasst wird das Merkmal "Schleimflußflecken" in 3 Kategorien: keine, bis 2, > 2 Flecken je Baum. Die Erfassung erfolgt im Zuge der Sommeraufnahme.

Rauhborigkeit (Buche)

Aufgrund der zu Beginn der Untersuchungen gemachten Beobachtung, daß Buchen - eine Baumart mit normalerweise glatter Rinde - zum Teil intensive Rauhborigkeit

aufwiesen, wird auch dieses Merkmal in vier Stufen erhoben: keine, geringe, mittlere, starke Raubborkigkeit.

Fraßschäden (Eiche)

Die Fraßtätigkeit der Insekten, v.a. Eichenwickler und Frostspannerarten, ist i.d.R. vor Johannistriebbildung beendet (SCHWENKE 1987). Eine Ausnahme hiervon bildet der Fraß des Schwammspinners, dessen Raupen sich z. T. erst im August verpuppen können. Die Eiche kann vor Johannistriebbildung entstandene Blattverluste meist durch Regeneration über Johannistriebbildung ersetzen (SPÄTH 1912). Zur Quantifizierung dieser Schäden werden seit 1988 zusätzlich zur Bonitierung im August die Blattverluste infolge Fraßschäden vor Beginn der Johannistriebbildung in 5%-Werten der vorhandenen, bzw. wenn infolge Knospenfraß keine Blattreste zu erkennen sind, nach aktueller Kronenstruktur zu erwartenden Blattmenge erfaßt. Da die Fraßtätigkeit durch den nur in außergewöhnlich warm-trocknen Jahren und in warmen Regionen auftretenden Schwammspinner zu diesem Aufnahmezeitpunkt oft noch andauert, kann in diesem Falle ohne eine zusätzliche Aufnahme keine exakte Schätzung der Fraßschäden vorgenommen werden.

b) Abiotische Schadmerkmale

Stammschäden, Kronenbruch

Die Erfassung und Quantifizierung von eindeutig abiotischen Schäden wie Stammschäden (Fällungs-, Rücke-, Schälsschäden) und Kronenbrüchen (durch Sturm bzw. durch Schnee verursacht) geben Hinweise auf mögliche Eintrittspforten von Schaderregern. Diese können die Vitalität des Baumes beeinträchtigen.

Die Einteilung der Stammschäden erfolgt, getrennt nach offenen bzw. überwallten Schäden, in drei Kategorien:

klein :	bis 50 cm ²
mittel :	50 cm ² bis DIN A4
groß :	>DIN A4

Vorhandene Kronenbrüche werden eingeteilt in "schwach" (nur Kronenspitze gebrochen, keine wesentliche Reduktion der Assimilationsmasse), "mittel" (deutlich sichtbar, weniger als ein Drittel der grünen Krone abgebrochen) und "stark" (deutlich sichtbar, die grüne Krone ist um mindestens ein Drittel reduziert).

Sturmbedingte Nadelverluste (Fichte)

Bei der Nadelbaumart Fichte können durch Sturm erhebliche Nadelverluste auftreten. Diese werden als mechanisch bedingte Verluste nicht in die Schätzung des Nadelverlustes einbezogen. Zur Überprüfung dieses Verfahrens und zur Quantifizierung des Umfangs von Nadelverlusten infolge Sturmschäden (Peitschwirkung) erfolgt seit 1990 eine Einwertung sturmbedingter Nadelverluste in vier Stufen (siehe Kap. 2.3.2.3a "Fruktifikation"); "starke" Nadelverluste sind hierbei mit "mehr als 50% der Nadelmenge abgepeitscht" definiert).

Frostschäden an Blättern (Eiche)

Die Erfassung von Frosteinwirkung auf bereits ausgetriebene Blätter wurde bei der Eiche erstmals im Juni 1991, nach einem extremen Spätfrost, im Zuge der Bonitierung von Insektenfraßschäden erfaßt. Die Einteilung erfolgt in den vier verbal beschriebenen Stufen: (siehe Kap. 2.3.2.3a "Blattnekrosen") an bereits ausgetriebenen Blättern.

c) Sonstige, Blatt- und Nadelverluste lokalisierende und beschreibende Merkmale

- Buche und Eiche

Belaubungstyp

Die Lokalisation der Blattverluste könnte Hinweise auf unterschiedliche Schadensabläufe, ggf. auch auf unterschiedliche Schadursachen geben. Die Beschreibung erfolgt in fünf Stufen, wobei das überwiegend vorkommende Merkmal gewertet wird.

Die Erfassung erfolgt bei der Buche seit 1984, bei der Eiche seit 1987 in den Stufen:

Stufe 0 : Krone normal (gleichmäßig) belaubt

Stufe 1 : Peripherie schütter, innen belaubt

Stufe 2 : Innen schütter, Peripherie belaubt

Stufe 3 : Gesamtkrone schütter

Stufe 4 : Gesamtkrone weitgehend kahl

Dürrastbildung

Durch Lokalisation (Kroneninnenraum/Kronenmantel) und Quantifizierung des Anteiles durrer Zweige und Äste (bei Buche Langtriebe 2. Ordnung) in vier Stufen sollen Aussagen über Umfang und Ort von größeren, relativ schnell ablaufenden Absterbeprozessen ermöglicht werden. Bis 1987 wurden dürre Zweige und dürre Äste in die Ansprache einbezogen. 1988 wurde das Verfahren überprüft und ab 1989 wird, aufgrund des zum damaligen Zeitpunkt fehlenden Auftretens von dürrer Ästen bzw. der oftmals nicht möglichen Abgrenzung zur natürlichen Astreinigung, nur noch das Merkmal "dürre Zweige" bewertet. 1984 bis 1986 wurde bei der Eiche keine Lokalisierung des Merkmales "dürre Zweige" vorgenommen, sondern eine summarische Beschreibung in drei Kategorien ("keine", "einzelne", "zahlreiche") durchgeführt.

Verzweigungstypen nach ROLOFF

Grundgedanke von ROLOFF (1989 S. 776) ist, "daß sich eine abnehmende Vitalität eines Baumes in abnehmenden Triebblängen widerspiegeln muß...", somit "...über einen längeren Zeitraum abnehmende Triebblängen unterschiedliche Verzweigungen und damit veränderte Kronenstrukturen zur Folge haben...".

Der vierstufigen Einteilung von ROLOFF (1989) liegt somit eine sich über mehrere Jahre entwickelnde Verzweigungsstruktur zugrunde. Jährliche Schwankungen im Blattverlust, z.B. durch Trockenheit, Fruktifikation oder Insektenfraß, sind in diesem Verfahren von untergeordneter Bedeutung.

Verzweigungstypen:	Stufe 0	=	Explorationsphase
	Stufe 1	=	Degenerationsphase
	Stufe 2	=	Stagnationsphase
	Stufe 3	=	Resignationsphase

Jede dieser Verzweigungstypen wird in 3 Stufen unterteilt, die den oberen, mittleren und unteren Bereich der jeweiligen Stufe nach ROLOFF (1986) repräsentieren. Eine Ausnahme bildet Stufe 0, die in zwei Stufen unterteilt wird.

Nach diesem Schema wurden alle Buchen- und Eichenbeobachtungsflächen im Winter 1991/92 erstmals aufgenommen. Künftig wird dieses Merkmal periodisch, etwa alle fünf Jahre, im Winterzustand der Bäume erfaßt.

Bereits 1984 und 1985 wurde, unter dem Eindruck beginnender Veränderungen in der Kronenstruktur, das Merkmal "Spießbildung", welches in etwa der Stufe 1 nach ROLOFF (1986) entspricht, in vier Stufen erfaßt:

- Stufe : 0 = $\leq 10 \%$
- Stufe : 1 = 11 - 25 % der vorhandenen Langtriebe (Oberkrone)
- Stufe : 2 = 26 - 60 % sind als "Spieße" ausgebildet
- Stufe : 3 = $> 60 \%$

Kleine Blätter

Kleinblättrigkeit wird aufgrund der Annahme, daß geschädigte Bäume gelegentlich deutlich kleinere Blätter ausbilden, in die Blattverlustschätzung einbezogen und geht folglich als "Blattflächenverlust" in die Schätzung ein (SANASILVA KRONENBILDER 1986). Das Merkmal wird in den Stufen "nicht vorhanden" und "vorhanden" erfaßt.

Gerollte Blätter

Das Einrollen der Blätter ist ein vor allem bei der Baumart Buche bekanntes, oft infolge von Sommertrockenheit, oder infolge von Wurzelschädigungen auftretendes Phänomen (HARTMANN et al. 1988). Verstärktes Auftreten, meist in der Oberkrone beginnend, kann zu einer deutlichen Erhöhung der Transparenz führen. Das Auftreten von gerollten Blättern wird nicht als Blattverlust gewertet. Eine Blattverlustschätzung als reine Transparenzschätzung könnte zu höheren Verlustprozentwerten als tatsächlich vorhanden führen.

Das Merkmal wird in den Stufen "nicht vorhanden" und "vorhanden" erfaßt.

- Kiefer

Dürrastanteil, dürres Feinreisig

Von 1984 bis 1987 erfolgte eine Einwertung des Anteiles von Dürrästen in 5%-Stufen. Nach einer Überprüfung dieses Verfahrens anhand der Datenreihe 1984-1987 wurden 1988 verschiedene Verfahren getestet, und ab 1989 eine Einwertung in folgende, verbal beschriebene Stufen vorgenommen:

- Stufe 0 = kein Trockenreisig oder nur vereinzelt im unteren Bereich der Lichtkrone
- Stufe 1 = mehrere dürre Zweige bis partienweise Trockenreisig im unteren Lichtkronenbereich
- Stufe 2 = partienweise Trockenreisig im unteren Kronenbereich, aber auch im oberen Teil der Lichtkrone
- Stufe 3 = erheblicher Anteil an Trockenreisig im Bereich der gesamten Lichtkrone

Nadellänge, Trieblänge

Nadellänge und Trieblänge geben Hinweise auf die Wuchskraft des Baumes. Diese ist abhängig von Standort, Konkurrenzverhältnissen, jährlichen Witterungsbedingungen und anderen, z.B. krankheitsbedingten Einflüssen.

Die Erfassung dieses Merkmales erfolgt, aufgrund der Schwierigkeiten bei der Einwertung, in drei Stufen: normal, überdurchschnittlich lang und deutlich verkürzt. Hierbei werden, zur Beobachtung von Veränderungen auf der Beobachtungsfläche, die bei den jeweiligen Standortverhältnissen zu erwartenden Nadel- bzw. Triebängen zugrundegelegt.

Grundlage der 1984 bis 1988 erhobenen Daten sind alle vorhandenen Nadeljahrgänge bzw. die erkennbaren Längen der letzten zwei bis drei Jahrestriebe. Der Gesamteindruck des Baumes stand im Vordergrund. Ab 1989 wird, um jährliche Schwankungen besser erfassen zu können, nur noch der aktuelle Nadeljahrgang/Trieb in die Bewertung einbezogen.

2.4 Infrarot-Color-Luftbilder

Beginnend mit dem Jahre 1984 liegen für verschiedene Waldschadensdauerbeobachtungsflächen in unregelmäßigen Abständen Infrarot-Color-(CIR)-Luftbilder vor. Ziel dieser Luftbildaufnahmen ist in erster Linie eine Dokumentation des Kronenzustandes. Desweiteren ermöglicht dieses Verfahren, im Gegensatz zur terrestrischen Kronenzustandserfassung, einen Vergleich der Ergebnisse von Einzelbäumen mehrerer Jahre zum gleichen Zeitpunkt und durch den gleichen Interpreten. Mögliche, im Zeitverlauf auftretende Änderungen im Anspracheverfahren

der terrestrischen Erhebung können erkannt, Veränderungen in der Kronenstruktur überprüft werden.

Ein einzelbaumweiser Vergleich der Ergebnisse der beiden Erhebungsverfahren ermöglicht das Erkennen von Schwachstellen und Stärken der beiden Methoden und kann somit zu einer Verbesserung der Interpretationsmöglichkeiten beitragen. In der vorliegenden Untersuchung wird jeweils die älteste und die aktuellste Luftbildaufnahme zum Vergleich mit den Ergebnissen der terrestrischen Ansprache herangezogen.

Interpretationsmerkmale sind im Luftbild Nadel-Blattverlust- und Vergilbungsstufen, Fruktifikation und Sondermerkmale (s. Anhang I.Tab.6.).

Seit den siebziger und den frühen achtziger Jahren wird das Verfahren der Interpretation von Kronenschäden mittels Color-Infrarot-Luftbildern ständig weiterentwickelt. Mittlerweile liegt ein harmonisierter Interpretationsschlüssel vor (VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE 1993), so daß das Verfahren von HEIDINGSFELD (1993) als praxisreif und dem terrestrischen Verfahren gleichwertig bezeichnet wird.

2.5 Aufnahme des chemischen Bodenzustandes und des Nähr- und Schadstoffgehaltes in Nadeln und Blättern

Untersuchungen des Bodenzustandes liegen für die einzelnen Standorte z.T. für unterschiedliche Termine und in verschiedenen Intensitätsstufen vor:

- Die erste Kartierung 1984 umfaßt neben der Bodenprofilaufnahme auf einem Teil der Flächen eine Bodenprobenahme zur chemischen Analyse. Diese Proben wurden als aliquote Mischproben jeweils aus den Tiefenstufen 3-8 cm, 20-25 cm und 50-60 cm gewonnen.
- An 16 Untersuchungsstandorten wurden mit Beginn des Jahres 1988 gezäunte Bodendauerbeobachtungsflächen eingerichtet. Für diese liegen flächenrepräsentativ (Rasterverfahren) und tiefenstufenbezogen analysierte Bodenproben vor. Seit 1991 werden an diesen Flächen zusätzlich Bodensickerwasserproben gewonnen, so daß künftig zu der Bodenfestphase auch die Bodenlösungsphase bewertet werden kann. Die angewendeten Analyseverfahren entsprechen denen bei ZOTH und BLOCK (1992) beschriebenen Verfahren.
- Bei den übrigen, nach 1990 kartierten Standorten wird das in der Arbeitsanleitung "Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE)" (1990) beschriebene Verfahren angewendet.

Chemische Untersuchungen von Nadeln und Blättern wurden für die verschiedenen Baumarten zu unterschiedlichen Zeiten vorgenommen. Die Fichtenflächen wurden in den Jahren 1986 - 1988, Kiefern, Buchen und Eichenbestände 1992 beprobt. Die

Probenahme der Nadelhölzer erfolgte außerhalb der Vegetationszeit, die der Laubhölzer Ende Juli.

Ziel der Nadel-/Blattanalysen ist es, flächenrepräsentative Daten über Nähr- und Schadstoffgehalte in Nadeln und Blättern zu erhalten. Um bei Wiederholungsbeprobungen Veränderungen auf der Fläche belegen zu können, werden pro Fläche drei Mischproben von jeweils fünf Bäumen gebildet und - bei Nadelhölzern nach Nadeljahrgängen getrennt - analysiert. Bei der Baumart Fichte wurden von einem zufällig ausgesuchten Punkt jeweils drei in 25 Meter Entfernung liegende Satellitenpunkte ausgewählt. Von diesem Satelliten wurden die nächsten fünf Bäume der Klasse 1 und 2 nach KRAFT (1884) ausgewählt, für Wiederholungsbeprobungen markiert, und durch Baumsteiger Proben aus dem jeweils siebten Quirl gewonnen. Bei den anderen Baumarten wurde mittels Helikopter von 15 aus dem Helikopter zufällig ausgewählten, anfliegbaren Bäumen Proben aus der Lichtkrone gewonnen. Mit dem zweiten Helikoptereinsatz (Kiefer) wurde ein erster Versuch zur dauerhaften Markierung der Bäume aus dem Helikopter unternommen. Die angewendeten Analyseverfahren und die eingesetzten Geräte sind bei BLOCK et al. (1991) beschrieben.

2.6 Maßnahmen zur Eingrenzung des Schätzfehlers bei der Kronenzustandsansprache

Die Kronenzustandsansprache kann nach SCHÖPFER (1985 S.221) als "qualifizierte Okulartaxe" bezeichnet werden. Jede Okulartaxe ist mit zahlreichen Fehlern behaftet, wobei insbesondere Aufnahme- bzw. Schätzfehler und systematische Fehler auftreten können. Die Ergebnisse der Methodenprüfung werden in Kap.4.1. dargestellt. Zur Reduktion dieser Fehler werden zahlreiche Maßnahmen getroffen:

- Die Aufnahme erfolgt durch in der Kronenansprache speziell trainierte Mitarbeiter im 2- Mann-Team.
- Die Fluktuation dieses Fachpersonals wird so gering wie möglich gehalten.
- Vor jeder Erhebung erfolgt eine umfassende Anspracheübung dieser Mitarbeiter.
- Jährliche Abstimmungsübung der Arbeitsgruppe "Dauerbeobachtungsflächen Waldschäden des Bundes und der Länder" zusammen mit den Inventurleitern der Terrestrischen Waldschadeninventur sichern die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der einzelnen Bundesländer.
- Unregelmäßige Treffen der Arbeitsgruppe "Dauerbeobachtungsflächen Waldschäden des Bundes und der Länder" zur Diskussion der Erhebungsmerkmale.

- Durchführung als sogenannte "kontrollierte Schätzung". Dies bedeutet, daß bei allen Bäumen mit mehr als 5% Nadel-/Blattverlustprozent-Differenz zur letzten Ansprache nach der Aufnahme der Beobachtungsfläche das Ergebnis überpüft wird. Hierbei wird die Gefahr einer Nivellierung in Kauf genommen, um ansprachebedingte Schwankungen zu verringern. Bis 1989 wurde bei diesen Bäumen das um mehr als 5% zur letzten Aufnahme abweichende Ergebnis im Zweifelsfall eher Richtung Letztjahresergebnis korrigiert, d. h. eine eher vorsichtige Schätzung von Veränderungen vorgenommen. Ab 1990 wurde auch diese mögliche Nivellierungsquelle ausgeschlossen und der aktuelle Wert im Zweifelsfall belassen.
- Die Datenerfassung erfolgt seit 1989 mit mobilen Datenerfassungsgeräten. Sie erlaubt eine automatisierte Plausibilitätsprüfung vor Ort und schaltet durch den Wegfall der Dateneingabe durch Dritte eine zusätzliche Fehlerquelle aus.

2.7 Mathematische Verfahren

Die durch Aufnahme- bzw. Schätzfehler und anderer Fehlerquellen auftretenden Schwierigkeiten bei der Anwendung mathematischer Tests sind bekannt. Bei der Datenanalyse mittels mathematischer Verfahren werden die Daten (Werte) als "richtig" angenommen. Diese Vorgehensweise wird bei der Bewertung der Ergebnisse berücksichtigt.

Von erheblichem Interesse ist eine Information darüber, ob sich Gruppen von Bäumen mit unterschiedlicher Merkmalsausbildung (z.B. Fruktifikation, soziale Stellung) in der Kronenverlichtung signifikant unterscheiden.

Gesucht wurde nun ein Verfahren, das möglichst schnell und einfach einen Überblick über signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Flächen oder Gruppen von Flächen gibt. Darüber hinaus sollten Flächen, die sich hinsichtlich der Kronenverlichtung ähnlich verhalten zusammengefaßt werden.

Da die Werte der erhobenen Merkmale nicht einer Normalverteilung folgen, wird ein nichtparametrisches Verfahren angewendet. Unter den zahlreichen multiplen Vergleichsverfahren wurde der Rangtest nach DUNN ausgewählt, da dieser auch den Vergleich unterschiedlicher Stichprobenumfänge zu läßt.

Zunächst werden pro Jahr paarweise Vergleiche der Daten aus allen Fichten-dauerbeobachtungsflächen bezüglich ihrer Lokation durchgeführt. Um einen Überblick über die Ergebnisse dieses Tests zu erhalten, werden signifikante Ergebnisse, entsprechend der Differenz ihrer Lokationen nach oben oder unten, mit einem Plus- oder Minuszeichen versehen. Diese Paarvergleiche werden anschließend mit einem Cluster-

analyseverfahren bearbeitet. Da es sich um Rangdaten handelt, muß ein entsprechendes Verfahren (Complete-Linkage) gewählt werden (DEICHSEL und TRAMPISCH 1985).

2.7.1 DUNN's Test für große Stichproben

Unter der Nullhypothese gleicher Lokation werden k verschiedenen Stichproben aus homomer, d.h. gleiche Verteilung voraussetzend, und stetig verteilten Populationen zu einer einzigen Stichprobe zusammengefügt und dann den einzelnen Stichprobenelementen Rangzahlen zugeordnet. Die Prüfung eines Kontrastes erfolgt dann über die Differenz der jeweiligen mittleren Rangsummen der unterschiedlichen Stichprobengruppen. Dieser Kontrast wird dann durch die dazugehörige Standardabweichung im Sinne eines asymptotischen Tests dividiert.

Die so ermittelte Testgröße vergleicht man mit dem entsprechenden α -risikogeschützten Quantil der Standardnormalverteilung (bei p Kontrasten wählt man statt u_α die Schranke $u_{\alpha/2p}$). Die Vergleiche werden mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 5\%$ durchgeführt. Ist der berechnete Wert vom Betrag größer als diese Schranke (U-Wert), so ist der betreffende Kontrast signifikant von Null verschieden, d.h. die beiden Gruppen unterscheiden sich nach ihrer Lokation auf der Skala des gemessenen Merkmals. Aufgrund der gewählten Schranke $u_{\alpha/2p}$ als höchst möglichem Risiko wird konservativ getestet. Die Anwendung des Tests setzt nicht voraus, daß eine vorweg durchgeführte Rangvarianzanalyse die Nullhypothese verwirft. Die Alternativhypothese bei der Rangvarianzanalyse ist eine einheitliche und generelle, während die Alternativhypothesen der multiplen Vergleichstests p -fach und jeweils in anderer Richtung spezifiziert sind (LIENERT 1973).

Da die gemessenen Merkmale intervallskaliert sind, können Unterschiede zwischen den Lokationen zweier Stichproben als Unterschiede in den Stichprobenmittel interpretiert werden.

2.7.2 Clusteranalyse zur Sichtung der Ergebnisse

Zur Zusammenfassung von sich hinsichtlich der Kronenverlichtung ähnlich verhaltenden Flächen werden die Ergebnisse der paarweisen Vergleiche der verschiedenen Beobachtungsflächen mit dem Clusteranalyseverfahren nach der Complete-Linkage-Methode klassifiziert. Ein Punkt wird dabei dann einem bereits bestehenden Cluster zugeordnet, wenn die Distanz des fraglichen Punktes zu jedem Punkt des Clusters unterhalb einer bestimmten Schwellendistanz liegt. Die Distanz zwischen zwei Clustern

K und L ist durch den maximalen Abstand zwischen allen Punktepaaren, gebildet aus je einem Punkt eines jeden Clusters, definiert (DEICHSEL und TRAMPISCH 1985).

Darüber hinaus können sich räumliche Strukturen bei der Verteilung der Schadsymptome auf der Beobachtungsfläche mit Baumverteilungsplots belegen lassen. Hierzu wird zunächst ein optischer Vergleich der Verteilung von Kronenverlichtungsstufen auf der Fläche durchgeführt. Anschließend wird versucht, diese Ergebnisse mittels Methoden der markierten Punktprozesse zu überprüfen. Diese Überprüfungen wurden durch Herrn Prof. Dr. Stoyan², Bergakademie Freiberg, vorgenommen (PENTTINEN et al. 1993). Bei dieser Methode werden die Baumstandorte als Punkte, die Angaben über Kronenverlichtung und Vergilbung als Marken angenommen. Man geht davon aus, daß die Daten sich so verhalten, wie man es von Teilen homogener Wälder erwartet.

Statistisch gesicherte Aussagen sind mit Methoden der Punktfeldstatistik erst bei mehr als 100 Bäumen je Fläche möglich. Solche Baumzahlen liegen, bei einer Beobachtungsflächengröße von 0,25 ha in Altbeständen, nur für die Baumart Fichte vor.

2.8 Auswertung und Darstellung der Daten

In der folgenden Auswertung werden die über einen längeren Zeitraum beobachteten Untersuchungsflächen bis zum Jahre 1992 analysiert. Für die Baumart Eiche wurden, aufgrund deutlicher Änderungen des Kronenzustandes 1993, die aktuellen Ergebnisse dieses Jahres nachträglich mit einbezogen. Für die anderen Baumarten dagegen waren erneute Berechnungen zur Bewertung nicht notwendig. Auf die nach 1990 eingerichteten Flächen wird aufgrund zu kurzer Zeitreihen nicht eingegangen.

Vor Darstellung und Analyse der Ergebnisse erfolgt ein Überblick über das Witterungsgeschehen im Beobachtungszeitraum, inclusive einer Darstellung mittels Wasserhaushaltsmodelle berechneter Wasserstreßkennwerte an zwei Waldstandorten.

Die Ergebnisdarstellung beginnt mit einer Prüfung der methodischen Vorgehensweise. Anschließend werden die Ergebnisse der untersuchten Baumarten zunächst einzeln, dann gemeinsam aufbereitet und diskutiert. Zum Abschluß wird versucht, die bisherige Arbeit kritisch zu würdigen, Verbesserungsvorschläge zu machen und Möglichkeiten künftiger Vorgehensweise zu skizzieren.

Grundlage aller Betrachtungen ist die Einzelfläche. Aus verschiedenen Gründen der Datenanalyse kann die Notwendigkeit einer Zusammenfassung sowohl einzelner, als auch

² Herrn Prof. Dr. Stoyan, Universität Freiberg, wird an dieser Stelle für die Bearbeitung der Daten gedankt.

aller Flächen einer Baumart bestehen. Aus diesem Grunde erfolgte die Aufbereitung der Daten in mehreren Schritten.

Für jede Baumart wird zunächst die Entwicklung der Kronenverlichtung einzelflächenweise dargestellt. Anschließend werden bezüglich der Kronenverlichtung sich ähnlich verhaltende Flächen zusammengefaßt. Bei der Auswertung werden für die Baumarten z.T. verschiedene Zeiträume ausgewählt. Ziel ist, möglichst viele Flächen mit einem möglichst langen und einheitlichen Beobachtungszeitraum zu kombinieren. In einem zweiten Schritt werden anhand von Baumverteilungsplots die Verteilungsstrukturen verschiedener Merkmale (z.B. Kronenverlichtung) auf den Einzelflächen überprüft und die Ergebnisse exemplarisch aufgezeigt. Da eine Überprüfung der Ergebnisse mit Methoden der Punktfeldstatistik statistisch gesicherte Aussagen erst bei mehr als 100 Bäume pro Fläche liefert, werden diese Ergebnisse nur für die Baumart Fichte beschrieben.

Zur Klärung, ob die erhobenen Zusatzparameter einen Einfluß auf Kronenverlichtung bzw. Vergilbung haben, d.h. zur Differentialdiagnose beitragen können, wird auf Gruppenunterschiede getestet. Diese Tests wurden sowohl für die Gesamtkollektive (Bäume aller Beobachtungsflächen einer Baumart) aller Aufnahmejahre (Erhöhung des Kollektivumfanges), als auch für die Einzelflächenkollektive durchgeführt. Diese Überprüfungen werden i.d.R. mittels DUNN-Test durchgeführt (s. Kap. 2.7.). Abweichende Testverfahren werden im Text erwähnt.

Für die verschiedenen Gruppen werden die Mittelwerte der Prüfgröße (i.d.R. Verlustprozent) grafisch bzw. tabellarisch aufbereitet. Eine Darstellung erfolgt aus Platzgründen nur für Gesamtkollektive und teilweise nur für ausgewählte Beobachtungsjahre. Gründe für die Auswahl bestimmter Beobachtungsjahre sind durch das Bestreben bestimmt, möglichst viele Beobachtungsflächen in die jeweilige Auswertung einzubeziehen. Aus diesem Grunde sind zahlreiche Auswertungen, z.B. auch der Zusammenhang zwischen Stammschäden und Kronenverletzungen am Beispiel des Jahres 1989 - einem Jahr mit sowohl hoher Baumzahl, als auch langjähriger Beobachtung dieser Bäume - dargestellt. Falls die Überprüfung solcher Zusammenhänge in anderen Jahren zu anderen Ergebnissen führte wird dies diskutiert. Andere Gründe der Auswahl werden im Text angeführt.

3. Witterung im Beobachtungszeitraum

3.1 Witterungsdaten des Deutschen Wetterdienstes

Zur Charakterisierung der großräumigen Witterungssituation im Beobachtungszeitraum werden zunächst die Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD, 1979-1992) herangezogen. Nur diese Daten ermöglichen, aufgrund der langjährigen Erfassung, Vergleiche mit zurückliegenden Zeiträumen. Grundlage des Niederschlagsmittels sind die monatlichen Flächenmittelwerte bzw. Abweichungen vom langjährigen Mittel³ für Rheinland-Pfalz und das Saarland (Abb. 2,4). Zur Charakterisierung der Temperatur werden die Monatsmittelwerte der Abweichungen vom langjährigen Mittel³ der Stationen Bad Marienberg, Nürnberg, Deuselbach und Weinbiet - Stationen die inmitten bzw. am Rande großräumiger Waldgebiete liegen - verwendet (Abb. 3,5) (zu einigen Terminen lagen nur für drei dieser Stationen Messungen vor). Eine Überprüfung der Monatsmittelwerte der vier Einzelstationen ergab, daß die Temperaturänderungen sehr homogen verlaufen, so daß die Monatsmittelwerte dieser Stationen zur Charakterisierung der Temperaturverläufe herangezogen werden können. Dargestellt werden, beginnend mit der Vegetationsperiode 1979, die Monate April bis September und, über die Jahresgrenzen hinweg, die Monate Oktober bis März des Folgejahres.

³ Der Berechnung der Abweichungen vom langjährigen Mittel der Niederschlagshöhe und der Temperatur liegen für die Jahre 1979 bis 1985 die Vergleichsdaten von 1931 bis 1960, ab 1986 die Vergleichsdaten von 1951 bis 1980 zugrunde

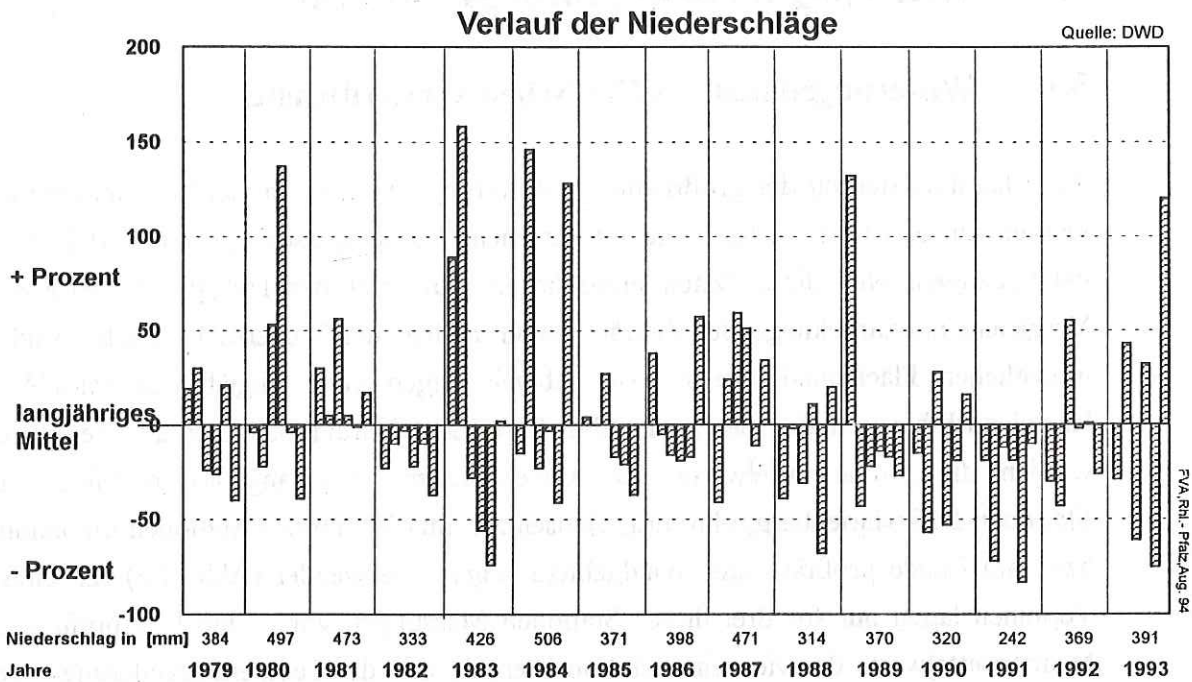


Abb. 2: Verlauf der Niederschläge in der Vegetationszeit (April-September) - Monatsniederschlagssummen in Prozent des langjährigen Flächenmittels Rheinland-Pfalz und Saarland - (zusätzlich angegeben ist die Niederschlagsmenge im jeweiligen Zeitraum).

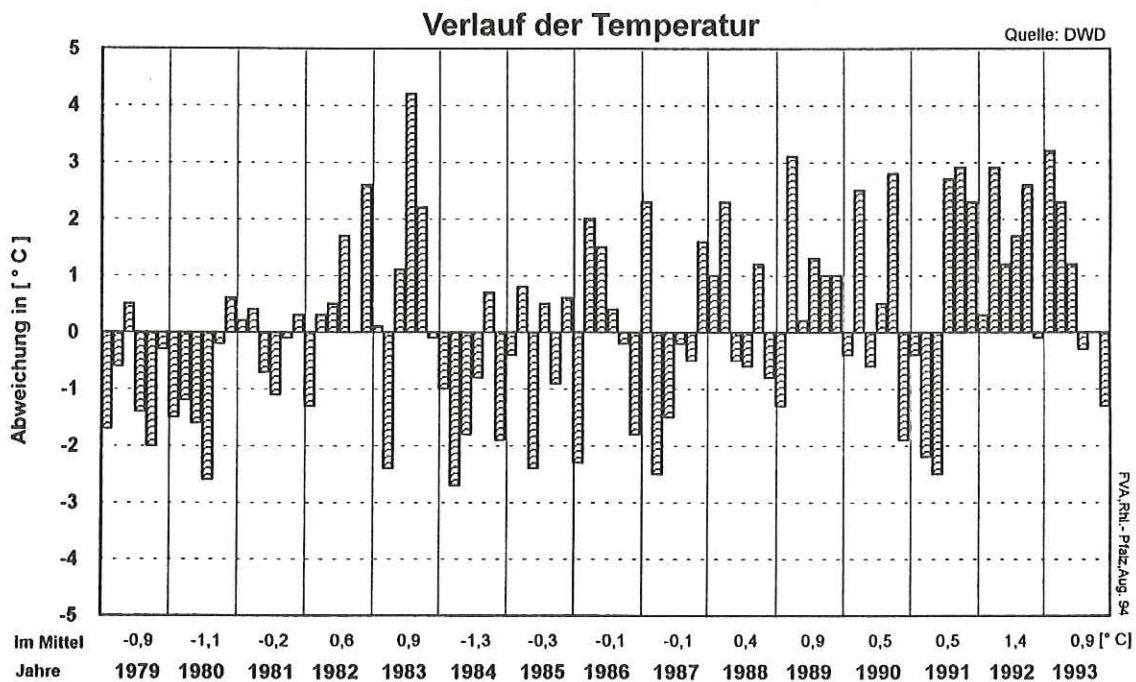


Abb. 3 Verlauf der Temperatur in der Vegetationszeit (April-September) - Abweichungen vom langjährigen Mittel der Stationen Bad Maienberg, Nürburg, Deuselbach und Weinbiet - (zusätzlich angegeben ist die mittlere Abweichung im jeweiligen Zeitraum).

Verlauf der Niederschläge

Quelle: DWD

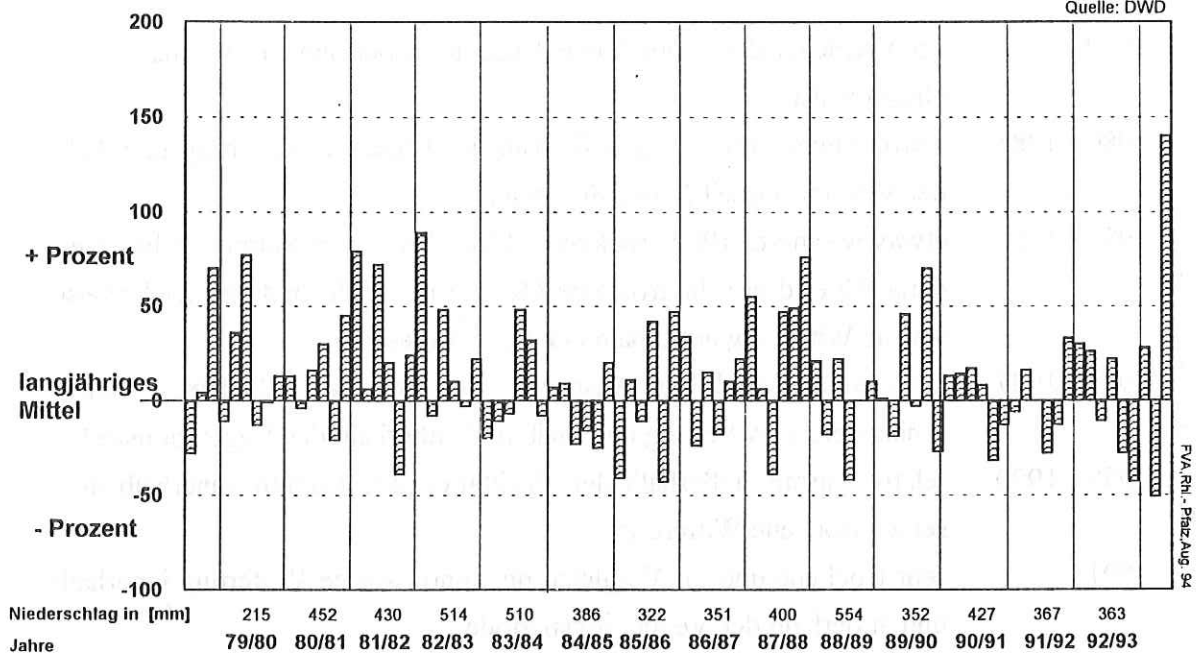


Abb. 4: Verlauf der Niederschläge in der Vegetationsruhe (Oktober - März) - Monatsniederschlagssummen in Prozent des langjährigen Flächenmittels Rheinland-Pfalz und Saarland - (zusätzlich angegeben ist die Niederschlagsmenge im jeweiligen Zeitraum).

Verlauf der Temperatur

Quelle: DWD

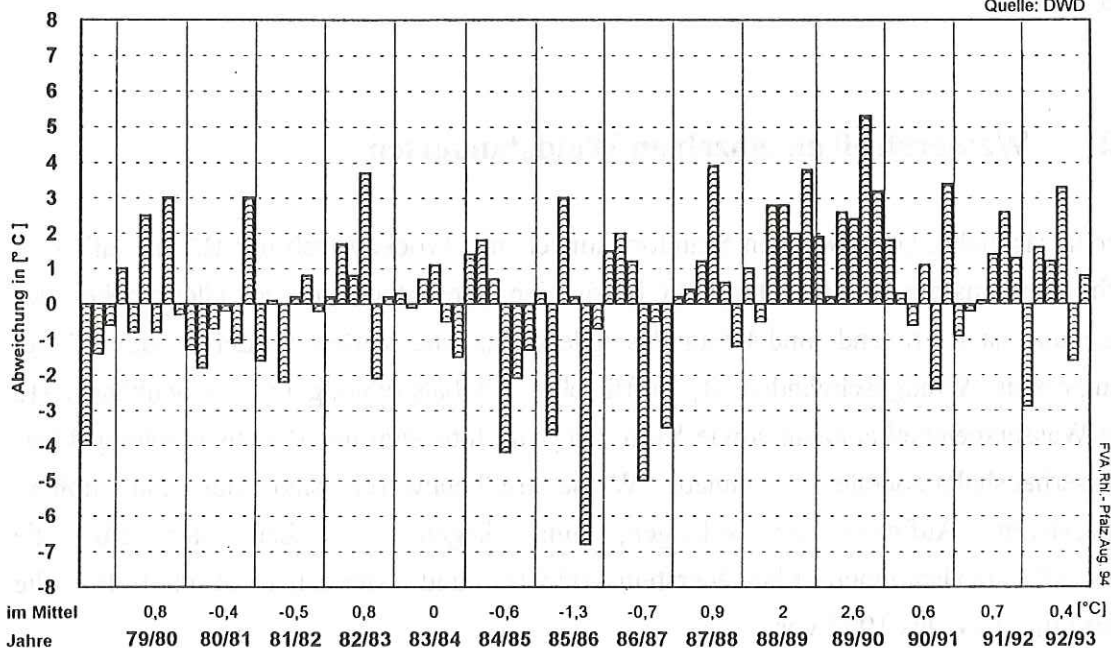


Abb. 5: Verlauf der Temperatur in der Vegetationsruhe (Oktober - März) - Abweichungen vom langjährigen Mittel der Stationen Bad Marienberg, Nürburg, Deuselbach und Weinbiet (zusätzlich angegeben ist die mittlere Abweichung im jeweiligen Zeitraum).

Die klimatische Situation läßt sich, wenn auch bei großen monatlichen Schwankungen, im Vergleich zum langjährigen Mittel in folgende Perioden einteilen:

1979	Im Vergleich der Jahre kühle Vegetationsperiode mit normal hohen Niederschlägen
1980 - 1981	warm-feuchte Witterung außerhalb, kühl-feuchte Witterung innerhalb der Vegetationszeit (April-September)
1982 - 1983	etwas wärmere, 1982 trocknere, 1983, bei in der Summe hoher Niederschläge, drei sehr trockene Monate innerhalb und vergleichsweise warme Witterung außerhalb der Vegetationszeit
1984 - 1987	kühl-feuchte, und mit Ausnahme der Periode 1985/1986, niederschlagsreiche Witterung innerhalb und außerhalb der Vegetationszeit
1988 - 1990	relativ warme, außerhalb der Vegetationszeit feuchte, innerhalb derselben trockene Witterung
1991	sehr trockene und im Vergleich der Jahre warme Witterung innerhalb und außerhalb der Vegetationsperiode
1992	warme Witterung bei wechselnden, in August und September geringen, im langjährigen Vergleich des Gesamtjahres jedoch normalen Niederschlägen.

Auffallend ist die 1988 bis 1992 warme und in den Sommermonaten trockene Witterung, wobei das Jahr 1991 im langjährigen Mittel als ausgesprochenes Trockenjahr bezeichnet werden kann.

3.2 Wasserstreß an einzelnen Waldstandorten

Der tatsächliche, am jeweiligen Standort auftretende Trockenstreß der Bäume läßt sich nicht allein aus der Niederschlagshöhe bestimmen. Wesentlich sind vor allem, neben der Trennung nach Freiland- und Bestandesniederschlag, die Verteilung der Niederschläge, Temperatur, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchte, Globalstrahlung und Bodenkennwerte wie Wasserspeicherkapazität sowie Verteilung und Intensität der Durchwurzelung. Über Wasserhaushaltsmodelle berechnete Wasserstreßkennwerte sind nur mit hohem apparativen Aufwand zu erlangen, und liegen zur Zeit nur für die Umweltkontrollstationen Idar-Oberstein (Fichte) und Merzalben (Eiche) für die Zeiträume 1987 bis 1992 vor.

Berechnet werden durch das Wasserhaushaltsmodell Matrixpotentiale des Bodenwassers (cm Wassersäule oder hPa). Eine Zuordnung zu Streßintensitätsstufen wird im Anhalt an

den durch VON WILPERT (1991) untersuchten Zusammenhängen zwischen Matrixwasserpotential des Bodens und Xylemwasserpotential des Baumes und der darauf beruhenden Bewertung des physiologischen Zustandes des Baumes vorgenommen (Tab.1). Erfäßt werden durch diese Methodik nur Streßphasen, die innerhalb der Vegetationszeit auftreten. Hierbei ist zu beachten, daß VON WILPERT (1991) seine Untersuchungen auf einem Pseudogley und einem Parabraunerde-Standort für die Baumart Fichte (Jungbestände) durchgeführt hat und die dort festgelegten Streßintensitätsstufen nun auf Braunerden aus Quarzit mit Fichtenbestockung bzw. aus Buntsandstein mit Eichenbestockung übertragen werden. Da nicht bekannt ist, inwieweit diese Grenzen auf die hier zu beurteilenden Bestände übertragbar sind, bedeutet dies, daß dieser Vergleich nur Hinweise geben und Tendenzen aufzeigen kann.

Soil water potential [hPa]	Xylem water potential [MPa]	indexed tracheid diameter [mm/1000]	Stress intensity	Physiologic. situation
> -900 (-600)	-0.2 - -1.0	+ 13 - -01	0 = no stress	± full supply
- 900 - -1100	-1.0 - -1.50	-01 - -06	1 = little stress	xylem reserve emptied
-1100 - -1300	-1.5 - -2.5	-06 - -10	2 = medium stress	stomata closed
-1300 - -1500	-2.5 - -3.5	-10 - -15	3 = strong stress	turgor loss
< -1500	< -3.5	< -15	4=sublethal stress	crown reduct.

Tab. 1: Matrixpotentiale des Bodenwassers, Xylempotential, Zell-durchmesserreaktion, Wasserstreßintensitäten und physiologische Interpretation; aus VON WILPERT (1991). (Anmerkung: die Werte gelten für den untersuchten Pseudogley-, die Daten in Klammer für den Parabraunerdestandort).

Zur Bewertung der Wasserstreßintensität wird das durch das Wasserhaushaltsmodell für verschiedene Tiefenstufen berechnete Matrixpotential anhand der Durchwurzelungsintensität gewichtet und die Anzahl der Tage verschieden hoher, möglicherweise zu Wasserstreß führender Matrixpotentiale aufgelistet.

Die Ergebnisse aus Idar-Oberstein (Bodenart: sandiger Schluff; nutzbare Wasserspeicherkapazität: 77 mm) zeigen, daß - mit Ausnahme des Jahres 1987 - in jedem Jahr zwischen 8 und 28 Tage ein verringertes Wasserangebot (Stufe 1) zu verzeichnen ist. Das Jahr 1991 fällt mit einem Anteil von 40 Tagen in der Stufe 2 deutlich aus dem Rahmen und kann somit als das Jahr mit der geringsten Wasserversorgung bezeichnet werden. Auffallend ist, im Vergleich zu dem zweiten Untersuchungsstandort (s.u.), der

relativ hohe Anteil von 19 bis 75 Tagen mit evtl. beginnender Wasserreduktion in den Jahren 1988 bis 1992 (Tab.2).

Matrixpotential /Jahr	Stufe 0 -600 - -900	Stufe 1 -900 - -1100	Stufe 2 -1100 - -1300	Stufe 3 -1300 - -1500	Stufe 4 < -1500
1987	--	--	--	--	--
1988	19	21	3	--	--
1989	75	22	--	--	--
1990	48	18	--	--	--
1991	42	28	40	--	--
1992	32	8	--	--	--

Tab. 2: Anzahl und maximale Dauer von Tagen verschieden hoher Matrixpotentiale des Bodenwassers am Standort Idar-Oberstein (Fichte).

Der Standort Merzalben (Bodenart: schluffiger Sand; nutzbare Wasserspeicherkapazität 117 mm) zeigt demgegenüber eine geringere Anzahl von Tagen mit evtl. beginnendem bzw. leichtem Wassermangel. 1990 und 1991 sind 13 bzw. 9 Tage mit reduziertem Wasserangebot (Stufe 2), 1991 jedoch 35 Tage mit deutlichem Wassermangel (Stufe 3) zu beobachten. Dies bedeutet, daß das Jahr 1991 auch am Standort Merzalben als das Jahr mit dem bisher geringsten Wasserangebot bezeichnet werden muß (Tab.3).

Matrixpotential Jahr	Stufe 0 -600 - -900	Stufe 1 -900 - -1100	Stufe 2 -1100 - -1300	Stufe 3 -1300 - -1500	Stufe 4 < -1500
1987	--	--	--	--	--
1988	3	2	--	--	--
1989	4	5	1	--	--
1990	6	8	13	--	--
1991	5	4	9	35	--
1992	13	5	--	--	--

Tab. 3: Anzahl und maximale Dauer von Tagen verschieden hoher Matrixpotentiale des Bodenwassers am Standort Merzalben (Eiche).

Obwohl die Ergebnisse dieser zwei Standorte Hinweise auf die Grenzen der Übertragbarkeit dieser durch VON WILPERT (1991) für Fichtenjungbestände auf Pseudogley- bzw. Parabraunerde-Standorte ermittelten Grenzwerte geben, werden im Vergleich der Jahre deutliche Unterschiede sichtbar. Nicht völlig geklärt sind die am Standort Merzalben im Vergleich zum Standort Idar-Oberstein relativ geringe Anzahl von Tagen mit beginnendem Engpass in der Wasserversorgung (Stufe 0 und 1) und das unterschiedliche Niveau im Jahr mit der geringsten Wasserversorgung 1991.

4. Ergebnisse

4.1 Methodenprüfung

Die Schätzung des relativen Nadel-/Blattverlustes oder des Prozentanteils vergilbter Nadeln der vorhandenen Nadel-/Blattmasse unterliegt subjektiven Einflüssen. Diese werden durch ein intensives Schulungsprogramm und äußerst geringe Fluktuation der Aufnahmeteams minimiert (s. Kap.2.6). Eine Überprüfung der Daten im Anschluß an die Aufnahme reduziert weitere Fehler (kontrollierte Schätzung). Trotzdem können am Einzelbaum größere Abweichungen in der Einwertung vorkommen.

Eine Überprüfung aller Bäume mit mehr als 10% Nadel-/Blattverlust-Differenz von einem zum anderen Jahr (Zeitraum 1983 - 1988) ergab, daß diese Bäume oft schwierig einzuwerten sind. Nicht genügend einsehbare, nach Durchforstung freigestellte, einseitige Kronen, durch Wind/Sturm verpeitschte bzw. gebrochene Kronen sind häufig mögliche Ursache von Differenzen (scheinbaren Veränderungen). Aus diesem Grunde wird im Folgenden versucht, die Auswirkungen auf die Einwertung des Nadel-/Blattverlustes einiger dieser Kriterien zu quantifizieren.

4.1.1 Einsehbarkeit der Kronen

Zur Darstellung struktureller Veränderungen auf einer bestimmten Fläche ist es notwendig, alle Bäume der Kraftklassen 1 - 3 (4) zu erfassen. Da nicht alle Kronen gleich gut einsehbar sind, erfolgen Schätzungen oftmals mit eingeschränkter, zum Teil auch ungenügender Kroneneinsicht. Der relative Nadel-/Blattverlust (Gesamtkollektiv der jeweiligen Baumarten) getrennt nach 3 Gruppen qualitativ unterschiedlicher Kroneneinsehbarkeit ist in Tab.4 dargestellt.

Kroneneinsehbarkeit (Gruppe)	durchschnittlicher Nadel-/Blattverlust (Anzahl der Bäume)							
	Fichte		Kiefer		Eiche		Buche	
	Frühj. 1989	1989	1989	1991	1989	1992		
gut einsehbar (0)	15,3 (2531)	10,3 (563)	13,5 (255)	12,8 (173)	15,2 (161)	27,2 (177)		
Teile der Krone einsehbar (1)	15,0 (497)	8,2 (30)	12,9 (70)	15,1 (140)	13,0 (68)	22,3 (54)		
schlecht einsehbar (2)	14,3 (77)	8,3 (3)	13,5 (17)	15,7 (15)	11,0 (25)	20,4 (22)		

Tab. 4: Durchschnittliches Verlustprozent der Baumarten in Abhängigkeit von der Kroneneinsehbarkeit.

Während bei Fichte und Kiefer keine signifikanten Unterschiede im Verlustprozent von unterschiedlich gut einsehbaren Bäumen zu erkennen sind, sind sowohl bei Buche; als auch bei Eiche (hier nur für das Jahr 1991) signifikante Unterschiede vorhanden. Bei der Eiche kann eine Beeinträchtigung der Kroneneinsehbarkeit den Eindruck einer höheren, bei der Buche den Eindruck einer geringeren Kronenverlichtung vermitteln. Gründe hierfür sind vor allem im unterschiedlichen Kronenhabitus zu suchen. Bei schlechter Kroneneinsehbarkeit neigt der Schätzer dazu, die Belaubung eher aus einer sehr stammnahen Perspektive einzuwerten. Die Schattbaumart Buche ist innen noch voll belaubt, obwohl von der Kronenperipherie her bereits deutliche Blattverluste erkennbar sein können, so daß hier der Blattverlust unterschätzt wird. Bei der Lichtbaumart Eiche führt eine Ansprache aus sehr stammnaher Perspektive zur Überbewertung der oft langen, geringer beblätterten Kroneninnenbereiche, während der Blick in die vitale Außenkrone nicht gegeben ist.

1989 sind diese Unterschiede bei der Eiche nicht signifikant und auch 1989 bei der Buche nur zwischen Gruppe 0 und Gruppe 2 zu belegen. Ein Grund hierfür ist, daß in diesen Jahren der Blattverlust insgesamt gering und auch nur wenige Bäume stärker verlichtet waren. Demgegenüber weisen die Eichen 1991 infolge Frühfrostschäden, die Buchen 1992 infolge starker Fruktifikation und der sowohl 1990; als auch 1991 trockenen Sommerwitterung (s. u.), eine deutliche Spreitung der relativen Blattverluste auf. Bei der Kiefer werden durch das Zählen von Anzahl und Vollständigkeit der Nadeljahrgänge Fehleinwertungen eingeschränkt. Bei der Fichte werden in geringer geschädigten Beständen durch die meist große Homogenität der Kronen Fehleinschätzungen vermieden.

4.1.2 Einfluß von Dichtstand, Durchforstung und Kronenansatz

Die Fichtenflächen 122 und 147 wurden aufgrund ihres Dichtstandes vor der ersten Bonitierung (1983) durchforstet. Die Entwicklung des durchschnittlichen Verlustprozentes von 1983 bis 1989 verdeutlicht insbesondere bei Fläche 147 die zunächst im Vergleich zum Gesamtkollektiv gegenläufige Entwicklung der Kronenverlichtung (siehe Abb.7). Hier zeigt sich, daß durch die Freistellung abgestorbene Nadeln und Feinreisig in dem zuvor beschatteten Kronenteil sichtbar werden können und dann teilweise durch Einbeziehung der Schattkrone in die Bewertung die Benadelung i.d.R. schlechter eingewertet wird. In den Folgejahren bewirkt die Standraumerweiterung des Einzelbaumes und die damit geminderte intraspezifische Konkurrenz, daß die verbliebenen Bäume ihre Benadelungsdichte erhöhen können. Da die Grenzen zwischen "natürlichem" Nadelverlust durch

Beschattung und "vorzeitigem" Nadelfall durch sonstige Faktoren fließend sind, kommt der Festlegung des Kronenansatzes eine entscheidende Bedeutung zu. So hat nach SCHÖPFER (1985) "bei Kronenlängen von Altlichten zwischen 10 und 15 m ... eine systematische Verschiebung der Kronenbasis ... um nur einen halben Meter einen einseitigen Fehler von rd. 3 - 6 % zur Folge".

Ähnlich ist der Ablauf in Mischbeständen, insbesondere bei Kiefer im Oberstand und Buche im Unterstand. Hier wächst auf vielen Standorten die Buche in die Krone der Lichtbaumart Kiefer ein. Die hierdurch verursachte Dürrast-/Dürreiserbildung im unteren bis mittleren Kronenbereich der Lichtbaumart - oft verbunden mit ungenügender Einsicht in die Oberkrone der Kiefer - geht häufig als Merkmal in die Vitalitätsansprache ein. Dies war insbesondere auf der Kieferndauerbeobachtungsfläche 304 (siehe Abb.30) zu beobachten. Der hohe Dürrastanteil führte zu einer Erhöhung des Verlustprozentes. D.h. die vergleichsweise hohe Kronenverlichtung der Jahre 1984 bis 1987 war z.T. durch das Einwachsen des Buchenunter- und Zwischenstandes in die Kiefernkronen und die damit verbundene natürliche Dürrastbildung mitverursacht. Nach der Entnahme des in die Kiefernkronen einwachsenden Buchenunterstandes (Winter 1986/87) war ein Rückgang im durchschnittlichen Nadelverlust aller Kiefern der Fläche 304 von 20% 1987 auf 11% 1989 zu verzeichnen.

Insbesondere in den Laubholzbeständen führt die Entnahme starker Bedränger dazu, daß die wegen Beeinträchtigung durch den Nachbarbaum dezimierte, nun gut einsehbare Kronenseite eingewertet wird. Hier sind, insbesondere bei ungeübtem Personal, Fehleinschätzungen vorprogrammiert, die auch durch die Ansprache der Krone von einem zweiten Standort i.d.R. nicht ausgeglichen werden können. In solchen Fällen sollte folglich nur die "normal" entwickelte Baumhälfte eingewertet werden.

Die Ansprache der Kronenform wurde, im Zuge der Grundaufnahme, in die vier Gruppen normal, eingeklemmt, einseitig und stark einseitig entwickelte Krone vorgenommen. Die durchschnittlichen Verlustprozente der nach diesen Kriterien unterteilten Kollektive der vier Baumarten zeigen zum Teil Unterschiede zwischen den Gruppen auf (Tab.5). Bei der Baumart Fichte besteht im Jahr 1992 die Tendenz einseitige oder eingeklemmte Bäume niedriger einzuwerten, während bei der Kiefer die eingeklemmten, im Vergleich zu den "normal" entwickelten Kronen, tendenziell höher eingewertet wurden. Die etwas niedrigere Einwertung von Bäumen mit eingeklemmter Krone bei der Buche hat aus praktischer Erfahrung ihre Ursache in der meist schlechten Einsehbarkeit dieser Kronen. Bei der Eiche bestehen keine deutlichen Unterschiede zwischen normal und einseitig entwickelter Kronenform. Für die übrigen Merkmale können aufgrund des geringen Kollektivumfanges keine Aussagen gemacht werden.

Kronenform	Fichte		Kiefer		Buche		Eiche	
	Ø VLP92	Anzahl (Bäume)	Ø VLP92	Anzahl (Bäume)	Ø VLP92	Anzahl (Bäume)	Ø VLP92	Anzahl (Bäume)
normal	16,8	431	10,9	81	26,4	58	19,8	63
eingeklemmt	15,1	569	13,1	151	24,4	76	27,5	2
einseitig	15,5	383	11,2	109	26,9	37	19,4	33
stark einseitig	14,7	175	11,9	34	30,6	9	10,0	1

Tab. 5: Durchschnittliches Verlustprozent der vier Baumarten 1992, aufgliedert in Gruppen mit unterschiedlicher Kronenform.

4.1.3 Beeinflussung durch Gegenlicht

Eine Überprüfung des Umfangs der Bäume, die (zum Aufnahmeterrain war keine andere Kroneneinsicht möglich) gegen die Sonne angesprochen werden mußten, zeigt, daß deren Anteil am Gesamtkollektiv meist unter 1% lag und somit bedeutungslos war. Desweiteren zeigt sich, daß grobe Fehleinschätzungen durch die deutliche Erhöhung der Transparenz bei Gegenlicht mit geübtem Personal dennoch vermieden werden können.

4.1.4 Beeinflussung durch mechanisch bedingte Nadelverluste und Kronenbrüche

Mechanisch bedingte Nadelverluste können entweder durch Schnee/Eisbruch oder durch Wind/Sturmeinwirkung hervorgerufen werden. Die Schäden zeigen sich in größerem Umfang vor allem in Naßschneelagen als Kronen- oder Astabbrüche und als Peitschschäden (abgepeitschte Nadeln/Zweige) nach stärkeren Stürmen, insbesondere in dichtstehenden Beständen.

So führten die Orkane im Frühjahr 1990 nicht nur zu umfangreichen Windwürfen, sondern bewirkten auch z.T. erhebliche Feinreisigverluste an stehenden Bäumen. Bei der Frühjahrsansprache der Fichte wurden auf Dauerbeobachtungsflächen Feinreisig (bis 1 cm Astdurchmesser, inkl. anhaftender Nadeln) bis 6,5 t/ha (waldfrisch) gefunden (Tab.6).

Flächennummer	kg Feinreisig/ha
101	1756
102	2156
105	2769
106	2131
107	1156
108	3253
109	4094
110	3563
111	6583

Flächennummer	kg Feinreisig/ha
121	4663
122	4944
123	1475
124	4775
125	1056
126	363
128	1950
142	3125
147	3792

Tab. 6: Feinreisigverluste auf Fichtenflächen durch die Orkane im Frühjahr 1990.

Bei der Kronenansprache werden mechanisch bedingte Nadelverluste (Peitschschäden) nicht als Verlust gewertet. Um dennoch die Auswirkungen der Peitschschäden auf den Nadelverlust zu überprüfen, wird eine Aufgliederung des Fichtenkollektives nach vier Gruppen unterschiedlich starker, sturmbedingter Nadelverluste des Jahres 1990 vorgenommen. Die Entwicklung des durchschnittlichen Verlustprozentes der Bäume dieser vier Gruppen werden dann von 1989 bis 1991 dargestellt (Tab.7). Die Ergebnisse zeigen, daß das durchschnittliche Verlustprozent im Jahr 1990 mit der Intensität der Peitschschäden ansteigt. Allerdings ergibt eine Überprüfung dieser Gruppen, daß eine ähnliche Gruppierung bereits vor dem Sturm vorhanden war. Eventuell sind bestimmte Gruppen von Bäumen generell stärker durch Peitschschäden beeinflusst und werden infolgedessen im relativen Verlustprozent immer etwas höher eingewertet.

Peitschschäden 1990	Anzahl (Bäume)	durchschnittliches Verlustprozent Frühjahrsaufnahme		
		1989	1990	1991
keine	773	15,4	14,7	13,6
wenig	672	14,9	13,8	13,3
mittel	451	16,7	16,2	15,9
stark	66	18,3	19,9	18,3

Tab. 7: Entwicklung des durchschnittlichen Nadelverlustprozentes für Gruppen von Fichten mit unterschiedlich starken Peitschschäden im Frühjahr 1990.

Die Frage, inwieweit ältere, mechanische Nadelverluste für diese Gruppenbildung bereits vor 1990 ursächlich waren, kann nicht beantwortet werden. Deutliche Zusammenhänge zwischen Baumklasse und Peitschschäden sind nicht zu erkennen (Tab.8).

Baumklasse nach Kraft	mit Peitschschäden		ohne Peitschschäden	
	ØVLP	Baumzahl	ØVLP	Baumzahl
1	19,9	141	19,0	143
2	15,0	848	14,4	494
3	12,5	268	11,0	130
4	11,0	22	12,3	24

Tab. 8: Durchschnittliches Verlustprozent (ØVLP) im Frühjahr 1990 von Fichten mit und ohne Peitschschäden in den verschiedenen Baumklassen

Beim Auftreten von Kronenbrüchen wird folgendermaßen verfahren: bei leichten und mittelstarken Kronenbrüchen bleibt der Baum in der Bewertung, bei starkem Kronenbruch wird er aus dem Kollektiv genommen. Etwa 15% des Fichtenkollektives (s. Kap. 4.2.11) und 20% des Kiefernkollektives (s. Kap.4.3.10) weisen einen leichten oder mittleren Kronenbruch auf. Signifikante Auswirkungen auf die Einschätzung des durchschnittlichen Verlustprozentes sind nicht vorhanden. Bei Buche und Eiche wurden keine Kronenbrüche in dem beobachteten Kollektiv festgestellt.

4.1.5 Schätzgenauigkeit - ein Beispiel

An einem Fallbeispiel sollen die Auswirkungen des personenbedingten Schätzfehlers dargestellt werden. Die Ausgangssituation: ein relativ gering geschädigter, gut einsehbarer Fichtenbestand; das gleiche, eingespielte Aufnahmeteam, wobei die erste Aufnahme am Montagmorgen und die zweite Aufnahme am folgenden Donnerstagnachmittag, d.h. in der gleichen Woche, erfolgten.

Zur differenzierten Bewertung der von Aufnahmeteam zu Aufnahmeteam auftretenden Veränderungen im relativen Nadelverlust der Einzelbäume werden Verlustprozentdifferenzen berechnet und die Anzahl der jeweiligen Bäume in diesen "Veränderungsstufen" in Prozent des Gesamtkollektives dargestellt (Abb.6).

Die in Stufe "0" dargestellte Häufigkeit zeigt somit den prozentualen Anteil der Bäume, die an beiden Terminen gleich eingewertet wurden; die in der Stufe "+5" angegebenen Häufigkeiten zeigt den Anteil der Bäume, deren relativer Nadelverlust am zweiten

Termin höher geschätzt, die in der Stufe "-5" dargestellten Häufigkeiten den relativen Anteil der Bäume, deren Nadelverlust niedriger eingeschätzt wurde.

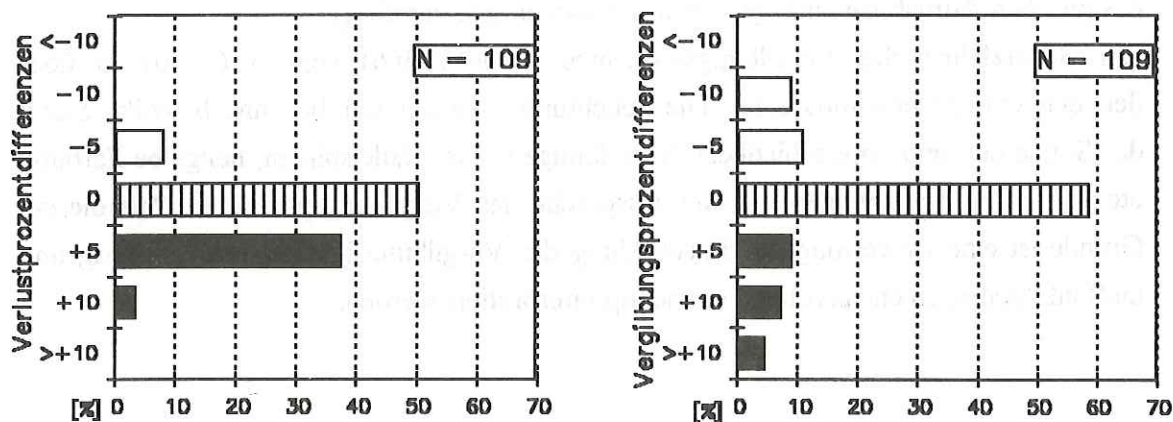


Abb. 6: Nadelverlust- und Vergilbungsprozentdifferenzen in 5% Stufen zwischen zwei Bonitiersterminen innerhalb einer Woche (Fläche 108).

50% der Fichten weisen das gleiche Verlustprozent, 7% der Bäume ein um 5% niedrigeres, 37% der Fichten ein um 5% höheres und lediglich 3% der Fichten einen um 10% höheres Nadelverlustprozent am zweiten Aufnahmetermin auf. Deutlich wird eine Tendenz zur "Vergabe" höherer Nadelverluste am Donnerstag - gegen Ende der Aufnahmewoche. Dieses Beispiel zeigt einerseits, wie relativ genau solche Schätzungen vorgenommen werden können, andererseits, daß auch bei geübtem Personal ansprachebedingte Schwankungen auftreten.

Die Differenzen im Vergilbungsprozent zeigen im Vergleich zum Verlustprozent größere, jedoch keine gerichteten Schwankungsbereiche auf (Abb.6). 58% der Fichten weisen zu beiden Terminen das gleiche, 11% ein um 5% und 9% ein um 10% niedrigeres Vergilbungsprozent auf. 9% der Fichten weisen dagegen ein um 5%, 7% ein um 10% und 3% ein um mehr als 10% erhöhtes Vergilbungsprozent auf.

Eine statistische Überprüfung mit Hilfe des Paarvergleichstests von WILCOXON ergibt "signifikante" Unterschiede im Nadelverlustprozent, nicht jedoch bezüglich des Vergilbungsprozentes auf 95%-Niveau. Diese Schwankungsbereiche müssen bei der Interpretation beachtet und Ergebnisse, insbesondere beim Vergleich kleiner Kollektive, entsprechend vorsichtig bewertet werden.

Der Schätzfehler muß bezüglich des Nadel-/Blattverlustprozentes (über alle Baumarten) mit 5 - 10% am Einzelbaum angenommen werden. SCHÖPFER (1985) hat den

absoluten Schätzfehler mit rund ± 8 Prozentpunkten (Ergebnisse von Qualifizierungstest der Waldzustandserhebung 1983 und 1984) kalkuliert. Die von KÖHL (1992) festgestellten Differenzen zwischen verschiedenen Beobachtertrupps erfordern möglicherweise noch eine Differenzierung dahingehend, daß auch das Schätzverhalten des gleichen Aufnahmeteam's gewissen Schwankungen unterliegt.

Der Schätzfehler des Vergilbungsprozentes (siehe Abb.6) liegt 5 (- 10) % über demjenigen des Verlustprozentes. Die Belichtungssituation, d.h. besonnt, bewölkt, Stand der Sonne etc. und unterschiedliche Vergilbungen, z.B. Nadelspitzen, hellgelbe Färbung etc. führen zu Schätzfehlern bei der Ansprache des Vergilbungsprozentes. Aus diesem Grunde ist eine Bewertung der Entwicklung der Vergilbungsintensitäten schwierig und muß infolgedessen entsprechend vorsichtig interpretiert werden.

4.2 Fichte

Grundlage der folgenden Darstellungen sind 27 Fichtendauerbeobachtungsflächen mit insgesamt 3185 Bäumen zu Beginn der Untersuchungen 1982/83 (Anhang II, Tab.1,2).

4.2.1 Entwicklung der Kronenverlichtung der einzelnen Flächen im Vergleich

Für jede Einzelfläche wird im Anhang IV die Entwicklung von Schadstufen und des durchschnittlichen Nadelverlust-/Vergilbungsprozentes sowie der Kollektiventwicklung im Beobachtungszeitraum graphisch dargestellt.

Die Entwicklung der Einzelflächenergebnisse, dargestellt als Entwicklung der durchschnittlichen Verlustprozente aller von 1983 bis 1989 bzw. 1990 bis 1992 beobachteten Bäume zeigt, daß die Kronenverlichtung von 1983 bis 1987 zunimmt, um danach zu stagnieren (Abb.7). Diese Entwicklung ist auf fast allen Flächen zu beobachten. Abweichend vom allgemeinen Trend weist die Beobachtungsfläche 147 einen deutlichen Rückgang des durchschnittlichen Verlustprozentes von 1983 auf 1984 auf (s. Kap.4.1.2). In den Folgejahren erfolgt eine Anpassung an die allgemeine Entwicklung.

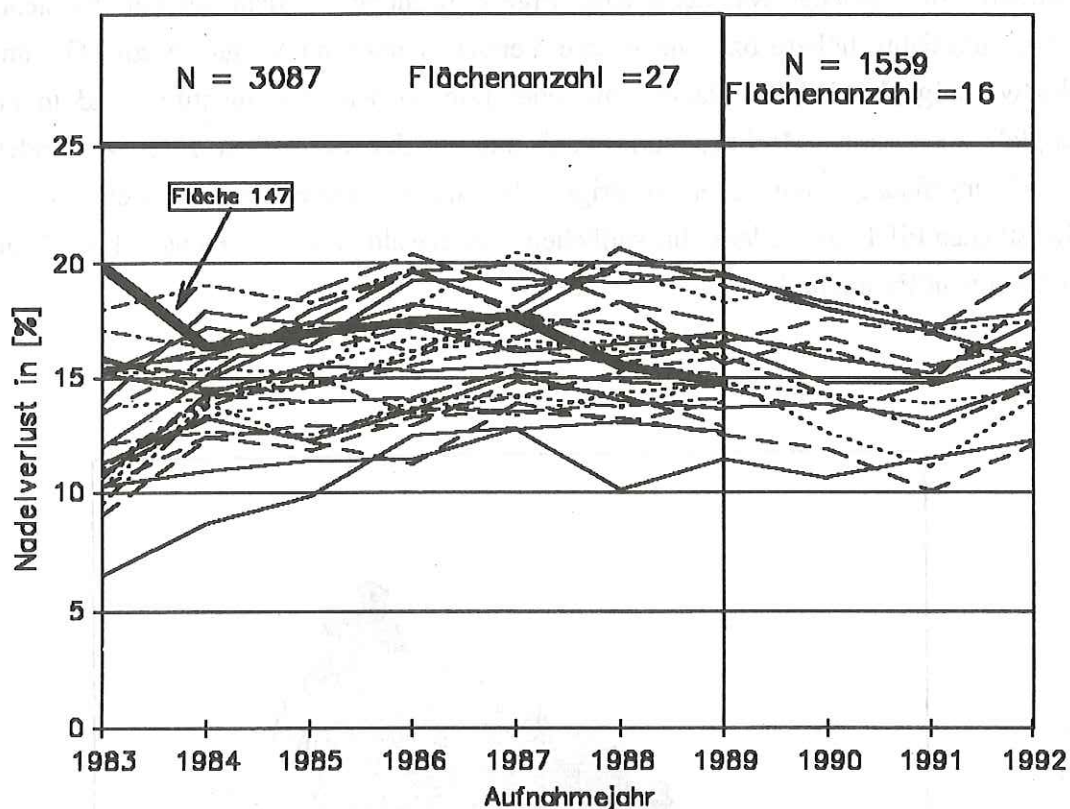


Abb. 7: Entwicklung des durchschnittlichen Nadelverlustes der Fichtenbeobachtungsflächen jeweils aller von 1983 bis 1989 bzw. 1990 bis 1992 bonitierten Bäume in Prozent, Frühjahrsaufnahme (N = Anzahl der Bäume im jeweiligen Untersuchungszeitraum).

Als erste Orientierung, ob zwischen den Einzelflächen signifikante Unterschiede hinsichtlich des Nadelverlustprozentes bestehen, wird mittels DUNN-Test (paarweiser Vergleich der Daten) jahresweise von 1983 bis 1989 auf Unterschiede im Verlustprozent getestet. In einem zweiten Schritt werden diese Ergebnisse mit Hilfe eines Clusteranalyseverfahrens nach der Complete-Linkage-Methode bearbeitet, und aus Gründen der Sicherheit (möglichst deutliche Unterschiede in der Kronenverlichtung über einen längeren Zeitraum) und Zweckmäßigkeit (möglichst praktikabler Gruppenumfang) in folgende Gruppen eingeteilt:

- Gruppe 1 = in mindestens 5 der 7 Jahre im Vergleich zum Gesamtkollektiv höhere Verlustprozente,
- Gruppe 2 = in mindestens 5 der 7 Jahre im Vergleich zum Gesamtkollektiv niedrigere Verlustprozente,
- Gruppe 3 = über den Beobachtungszeitraum keine eindeutige Zuordnung möglich.

Die Ergebnisse zeigen, daß von 27 Fichtenbeobachtungsflächen 10 Flächen im Vergleich zum Kollektiv aller Flächen eher höhere, 12 Flächen eher niedrigere Verlustprozente

aufwiesen. Für 5 Flächen war keine eindeutige Zuordnung (in mehr als vier der sieben Beobachtungsjahre höhere bzw. niedrigere Verlustprozente im Vergleich zum Gesamtkollektiv) möglich (Abb.8). Flächen mit eher höherer Kronenverlichtung sind in der Westpfalz, im Raum Morbach/Hermeskeil und in der nördlichen Eifel zu finden. Beobachtungsflächen mit eher niedriger Kronenverlichtung finden sich in der südwestlichen Eifel, im mittleren bis südlichen Westerwald, sowie im Hunsrück im Raum Idar-Oberstein/Entenpfuhl.

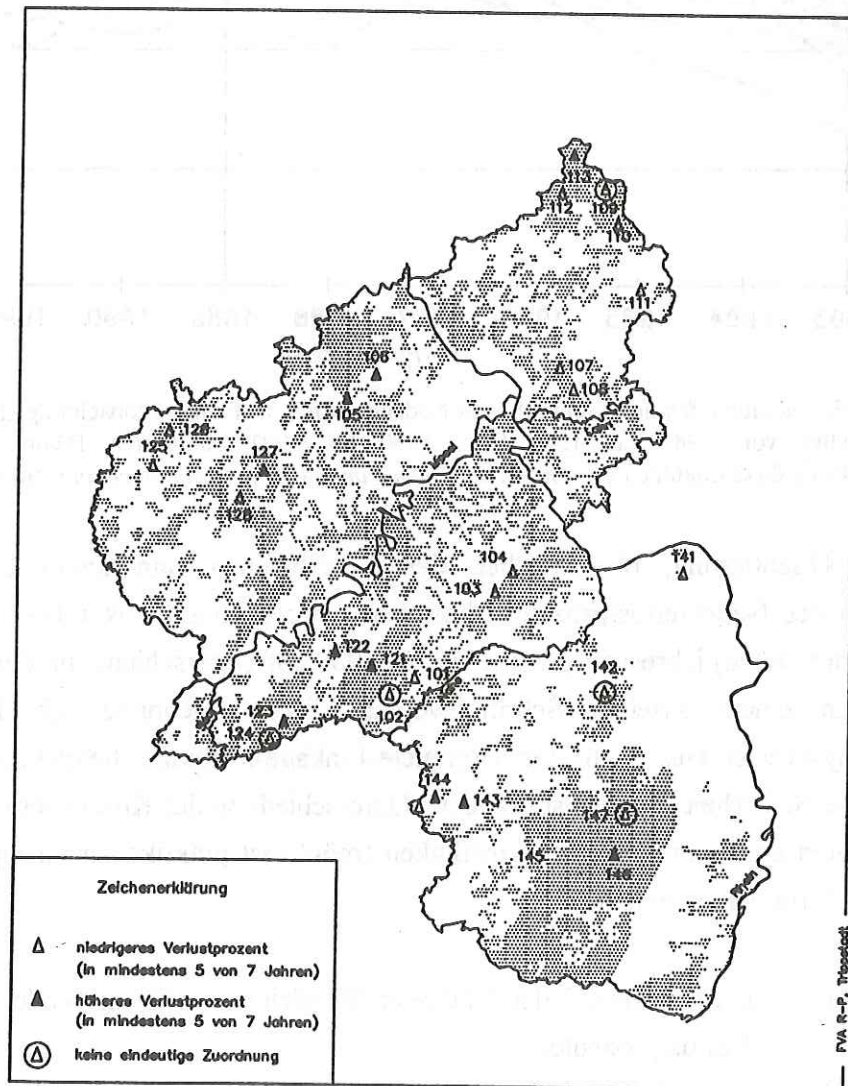


Abb. 8: Verteilung von im Beobachtungszeitraum 1983-1989 verschieden stark verlichteter Fichtenflächen.

4.2.2 Räumliche Verteilung der Kronenverlichtung auf den Einzelflächen

Die visuelle Auswertung von Verteilungen des Merkmals "Verlustprozent" am Beispiel der Frühjahrsaufnahme 1989 auf den einzelnen Beobachtungsflächen vermittelt den Eindruck, daß Bäume mit unterschiedlich starker Kronenverlichtung direkt nebeneinander stehen. Gruppenbildung im Sinne eines gehäuften Auftretens von gleichen oder ähnlichen Verlustprozenten ist nur in geringem Umfang zu erkennen. Allerdings weisen die Verlustprozente auf den Einzelflächen oft nur geringe Unterschiede auf, so daß das Ergebnis hierdurch überlagert sein könnte. Eine Analyse mit Methoden der Punktfeldstatistik (siehe Kap.2.7.2) ergibt eine relativ starke positive Korrelation, d.h. Gruppen von Bäumen mit gleichem Schädigungsgrad, auf den Beobachtungsflächen 102, 106, 111, 112, 121, 124, 126 und 142 (Beispiel siehe Abb.9). Eine negative Korrelation, d.h. keine Gruppen von Bäumen mit gleichem Schädigungsgrad, sind auf den Untersuchungsflächen 105, 109, 110, 122, und 123 zu finden (Beispiel siehe Abb.10). Insgesamt können somit auf den 27 Fichtenbeobachtungsflächen offensichtlich keine starken räumlichen Korrelationen hinsichtlich des Markers "Verlustprozent" angenommen werden. Diese statistische Überprüfung bestätigt somit, daß auf der Mehrzahl der Fichtenflächen unterschiedlich stark verlichtete Bäume nebeneinander stehen.

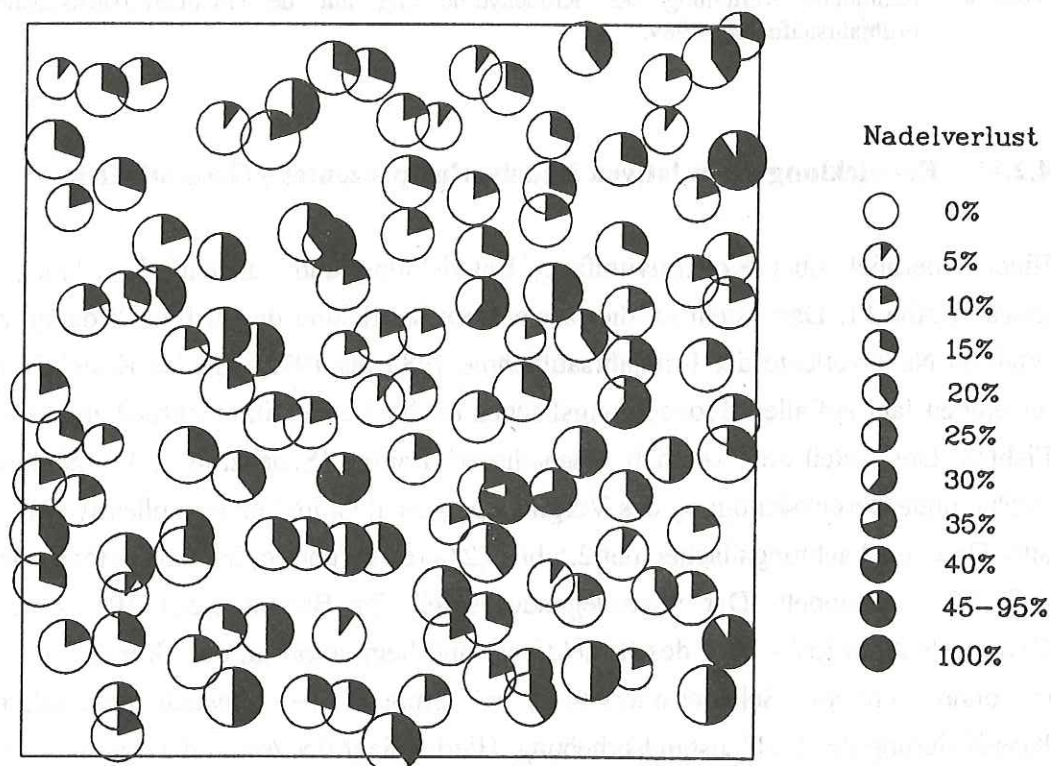


Abb. 9: Räumliche Verteilung der Kronenverlichtung auf der Fichtenversuchsfläche 126, Frühjahrsaufnahme 1989.

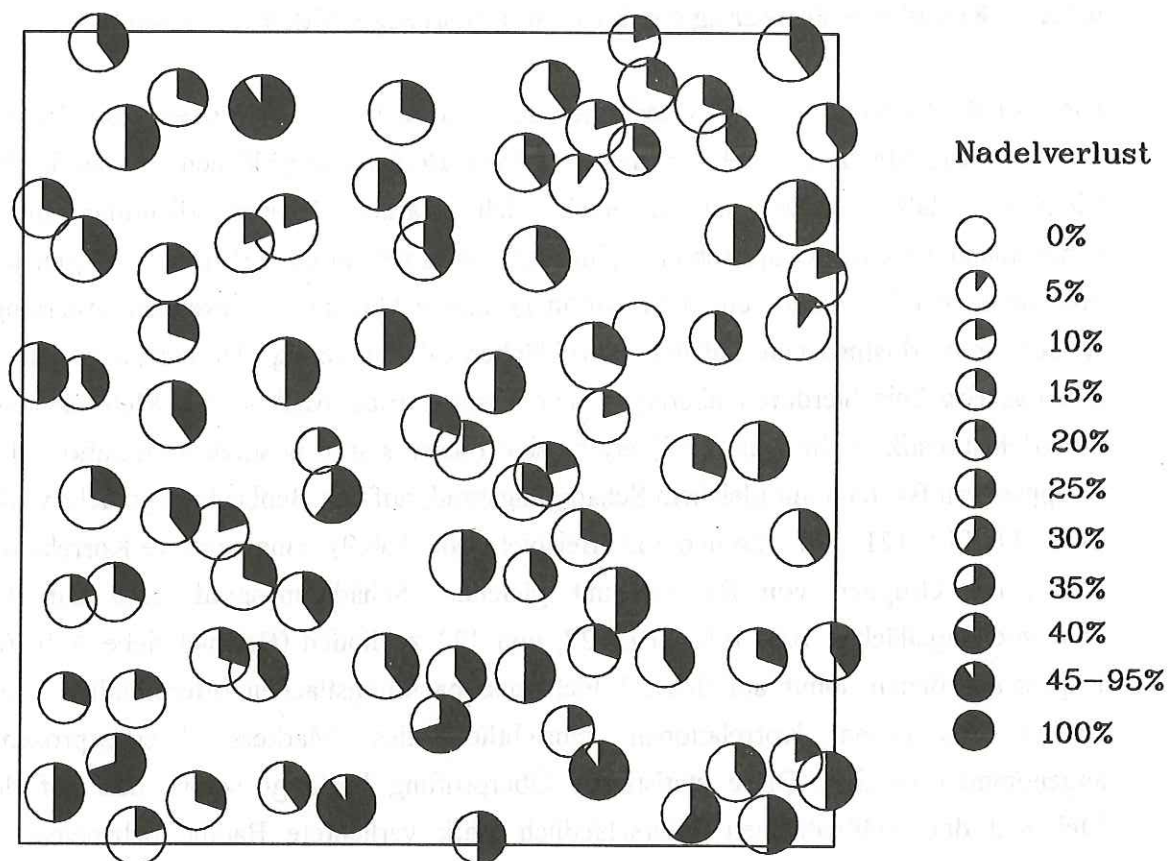


Abb. 10: Räumliche Verteilung der Kronenverlichtung auf der Fichtenversuchsfläche 123, Frühjahrsaufnahme 1989.

4.2.3 Entwicklung des relativen Nadelverlustprozentes - Gesamtkollektiv

Einen Überblick über Kollektivumfang, Entwicklung und Ausmaß der Nadelverluste gewährt Abb.11. Dargestellt ist die prozentuale Verteilung der in Fünf-Prozent-Werten erfaßten Nadelverluste der Frühjahrsaufnahme 1983 bis 1992 für das Kollektiv der im jeweiligen Jahr auf allen Beobachtungsflächen noch lebenden bzw. aktuell abgestorbenen Fichten. Der Anteil der "deutlich geschädigter" Bäume (Schadstufe 2-4 = Nadelverlust >25%, ohne Berücksichtigung des Vergilbungsanteils) ist im Gesamtkollektiv der Fichten aller Dauerbeobachtungsflächen mit 2,5 bis 5,2% relativ gering, hat sich jedoch von 1983 auf 1992 verdoppelt. Der überwiegende Anteil der Bäume weist 10% bzw. 15% Nadelverlust auf (57 - 80% des Kollektives) und liegt somit an der Grenze von Stufe 0 (= ohne sichtbare Schadensmerkmale) zu Stufe 1 (= schwach geschädigt) der Klassifizierung der Waldzustandserhebung. Hierbei liegt der Anteil der Bäume in Stufe 0 zwischen 30% und 40%, der Anteil der Bäume in Stufe 1 zwischen 50 % und 63 %. Die zeitliche Entwicklung ist gekennzeichnet durch eine Zunahme in den Gruppen mit einem

Verlustprozent >10% bis 1987, einen Rückgang bis 1991 und einen erneuten Anstieg von 1991 auf 1992.

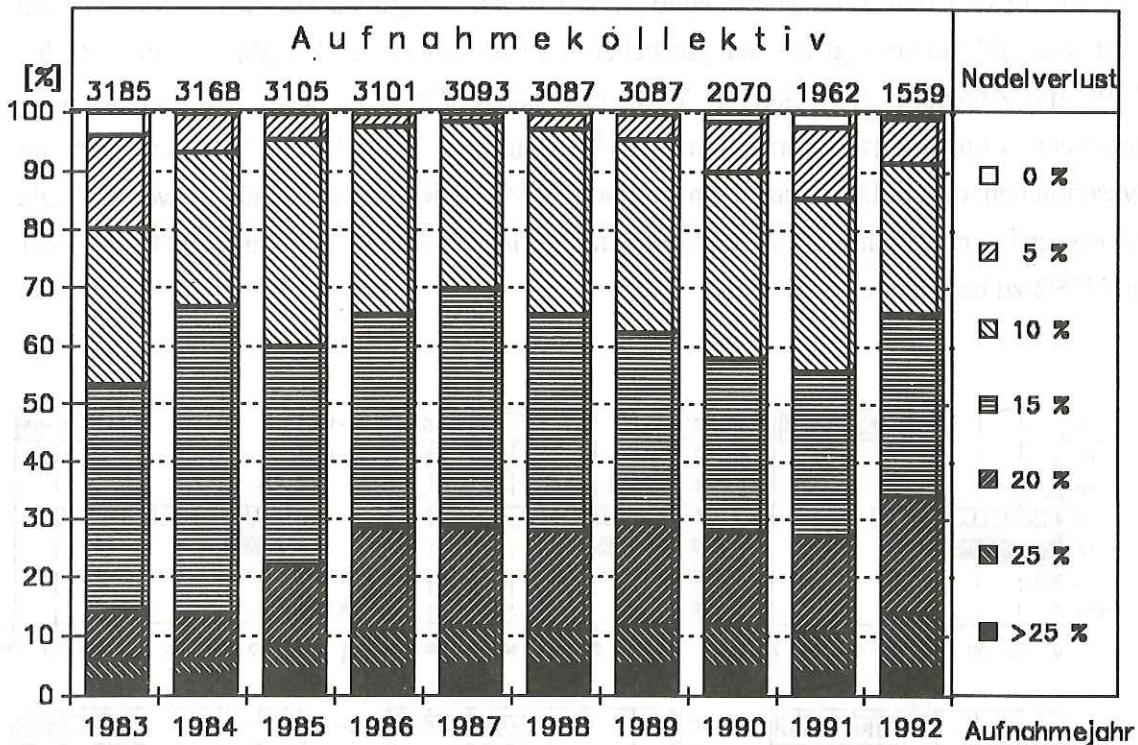


Abb. 11: Verteilung der in Fünf-Prozent-Werten erfassten Nadelverluste; Gesamtkollektiv der Fichten aller Dauerbeobachtungsflächen; Frühjahrsaufnahme 1983 bis 1992 (Kollektiv der im jeweiligen Jahr lebenden bzw. seit der letzten Erhebung abgestorbenen Bäume).

Zur differenzierten Bewertung der von Jahr zu Jahr im Gesamtkollektiv aller Beobachtungsflächen auftretenden Veränderungen im relativen Nadelverlust werden jährliche Nadelverlustprozentdifferenzen der Einzelbäume berechnet und die Anzahl der jeweiligen Bäume in diesen "Veränderungsstufen" in Prozent des Gesamtkollektives dargestellt (Abb.12). Das mit Stufe "0" bezeichnete Kollektiv zeigt somit den Anteil der Bäume, die sich im zugrundegelegten Zeitraum hinsichtlich ihres Nadelverlustprozentes nicht verändert haben; die in der Stufe "+5" angegebenen Häufigkeiten zeigt den Anteil der Bäume, deren relativer Nadelverlust um 5 Prozentpunkte zugenommen hat, die in der Stufe "-5" dargestellten Häufigkeiten den relativen Anteil der Bäume, deren Nadelverlust um 5 Prozentpunkte zurückgegangen ist. Dieses Verfahren setzt (nur) konstante Schätzungen voraus, d.h. die absolute Höhe der Nadelverluste ist von geringerer Bedeutung (s. Kap. 4.1.5.).

Die Verlustprozentdifferenzen aller im aktuellen und vorhergehenden Jahr lebenden Einzelbäume von 1983 bis 1992 zeigen eine geringe Schwankungsbreite des Nadelverlustprozentes von Jahr zu Jahr auf (Abb.12). Etwa 50% aller Bäume weist das

gleiche Verlustprozent wie im Vorjahr auf, weitere 40% zeigen Veränderungen von $\pm 5\%$ -Punkten. Zum Teil deutlich weniger als 10% des Gesamtkollektives haben sich um mehr als $\pm 5\%$ -Punkte verändert, wobei Veränderungen sowohl positiver (= Nadelverlustzunahme), als auch negativer Art (= Nadelverlustabnahme) zu verzeichnen sind. Bis 1987 überwiegt bei den jährlichen Veränderungen die Zunahme, von 1988 bis 1991 die Abnahme des relativen Verlustprozentes. 1991 auf 1992 war wieder eine deutliche Zunahme zu verzeichnen. Erkennbar ist, daß diese Veränderungen im wesentlichen durch Differenzen im Bereich $\pm 5\%$ Nadelverlust bestimmt werden. Die relativ größten, gerichteten Veränderungen sind in den Jahren 1983 auf 1984 und 1991 auf 1992 zu beobachten.

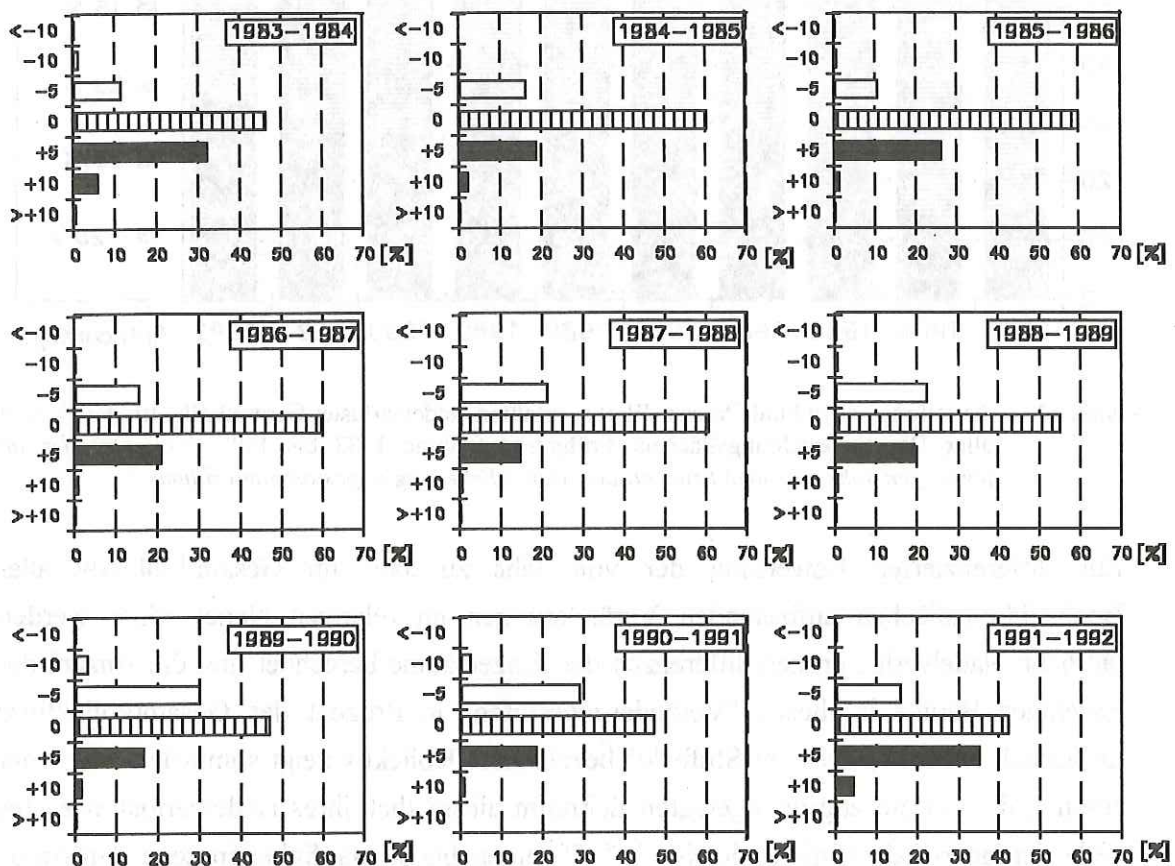


Abb. 12: Jährliche Nadelverlustprozentdifferenzen in 5%-Stufen und deren Anteil am Gesamtkollektiv der Baumart Fichte im Vergleich der Jahre 1983 bis 1992 in Prozent (weiße Balken = Rückgang, schwarze Balken = Zunahme der Kronenverlichtung).

Eine Betrachtung der Verlustprozentdifferenzen gleicher Aufnahmekollektive über längere Zeiträume (1983 auf 1987, 1987 auf 1992 und 1983 auf 1992) zeigt, daß hier die Dynamik der Verlustprozentdifferenzen im Vergleich zur jahresweisen Entwicklung erwartungsgemäß höher liegt [Abb.13]. Deutlich wird, daß die relativen Anteile der

Bäume, deren Nadelverlust zugenommen hat, in den Zeiträumen 1983/1987 bzw. 1983/1992 sehr ähnlich sind. Etwa 80% der Bäume weisen bei dem Vergleich dieser beiden Zeiträume Verlustprozentdifferenzen von $\pm 5\%$, 4-5% der Bäume von $>10\%$ auf. Über den gesamten Beobachtungszeitraum ist ein leichter Trend zur Zunahme des Nadelverlustes zu beobachten. Im Zeitraum 1987/1992 sind keine Veränderungen zu verzeichnen. Zu beachten ist, daß das dem Zeitraum 1983/1987 zugrunde liegende Kollektiv nahezu doppelt so umfangreich ist wie die beiden anderen, durch die Orkane im Frühjahr 1990 reduzierten Kollektive (Kap.4.2.4.).

VERLUSTPROZENTDIFFERENZEN

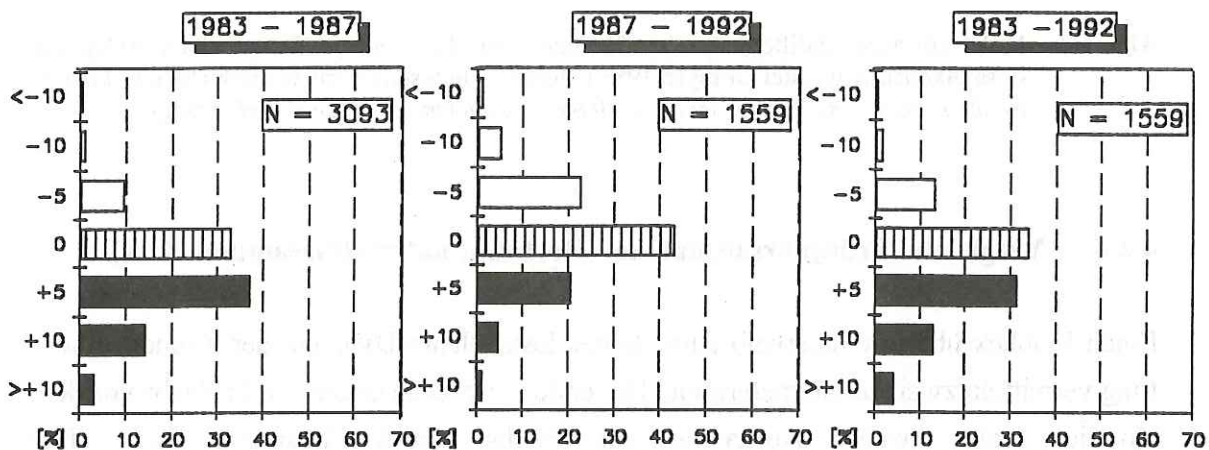


Abb. 13: Nadelverlustprozentdifferenzen in 5%-Stufen für die Jahre 1983 auf 1987, 1987 auf 1992 und 1983 auf 1992 und deren Anteil am jeweiligen Gesamtkollektiv (Fichte) der in diesen Zeiträumen bonitierten Einzelbäume in Prozent (weiße Balken = Rückgang, schwarze Balken = Zunahme der Kronenverlichtung).

Ob, und wenn ja, in welchem Umfang und in welche Richtung sich unterschiedlich stark verlichtete Bäume entwickeln, ist für eine Prognose der weiteren Entwicklung von entscheidender Bedeutung. Analysiert werden daher die Verlustprozentdifferenzen der Gruppen 0 - 10% Nadelverlust, 15 - 25% Nadelverlust, $> 25\%$ Nadelverlust im Basisjahr 1983. Die Ergebnisse zeigen, daß die Dynamik der Veränderungen bei zu Beginn der Aufnahme stärker verlichteten Bäumen höher liegt. Deutlich wird, daß diese Bäume im Vergleich zu den Bäumen mit geringem Nadelverlust von 1983 auf 1992 einen Rückgang im Nadelverlustprozent aufwiesen (Abb.14). Diese Analyse stützt sich allerdings nur auf das relativ geringe Kollektiv von 31 Fichten.

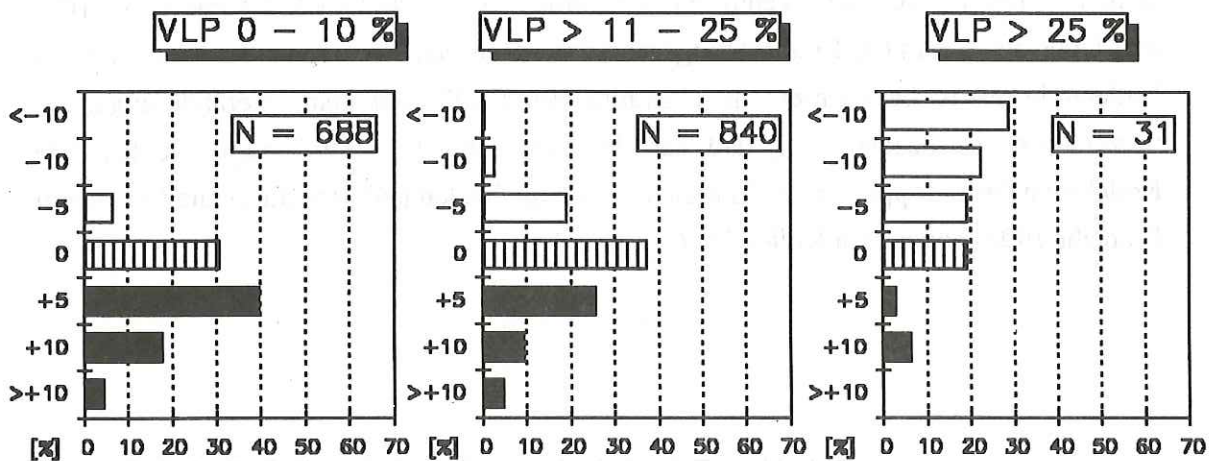


Abb. 14: Nadelverlustprozentdifferenzen in 5%-Stufen von 1983 auf 1992 und deren Anteil am Gesamtkollektiv für drei Gruppen 1983 unterschiedlich stark verlichteter Fichten in Prozent (weiße Balken = Rückgang, schwarze Balken = Zunahme der Kronenverlichtung).

4.2.4 Vergleich: Frühjahrsaufnahme - Herbstaufnahme (Gesamtkollektiv)

Einen Einblick über die innerhalb eines Jahres feststellbare Dynamik der Kronenverlichtung vermitteln zwei Aufnahmetermine. Die erste Ansprache erfolgt im Frühjahr vor dem Austrieb, die zweite Aufnahme im Herbst nach Vegetationsende. Der Herbstaufnahmetermin zeigt mit Ausnahme der Jahre 1991 und 1992 geringere Nadelverluste auf. Die Unterschiede sind während des gesamten Beobachtungszeitraumes allerdings vergleichsweise gering (Abb.15).

Der Anteil der Bäume, bei denen das relative Verlustprozent innerhalb eines Jahres gestiegen oder zurückgegangen ist, liegt im Aufnahmezeitraum zwischen 35% im Jahre 1985 und 60% im Jahre 1992 (Abb.16). Bis 1990 überwiegt deutlich der Anteil der Bäume, deren relatives Verlustprozent vom Frühjahr zum Herbst eines jeden Jahres zurückgeht.

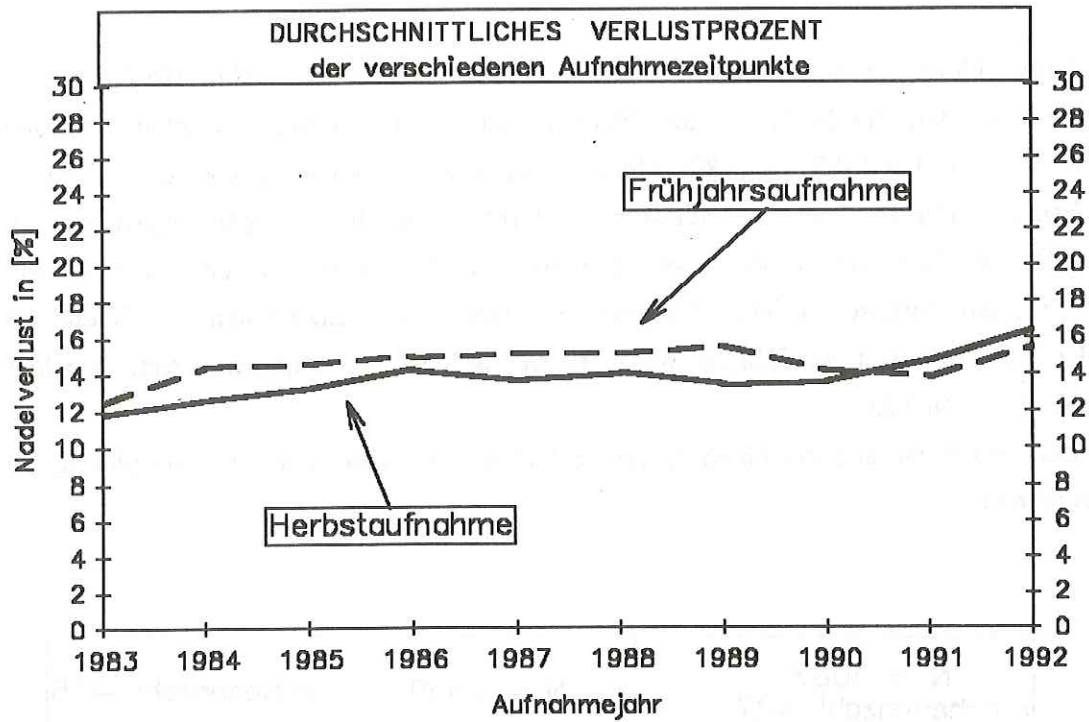


Abb. 15: Vergleich des durchschnittlichen Nadelverlustes von Fichten aus der Frühjahrs- und der Herbstaufnahme in den Jahren 1983 bis 1992.

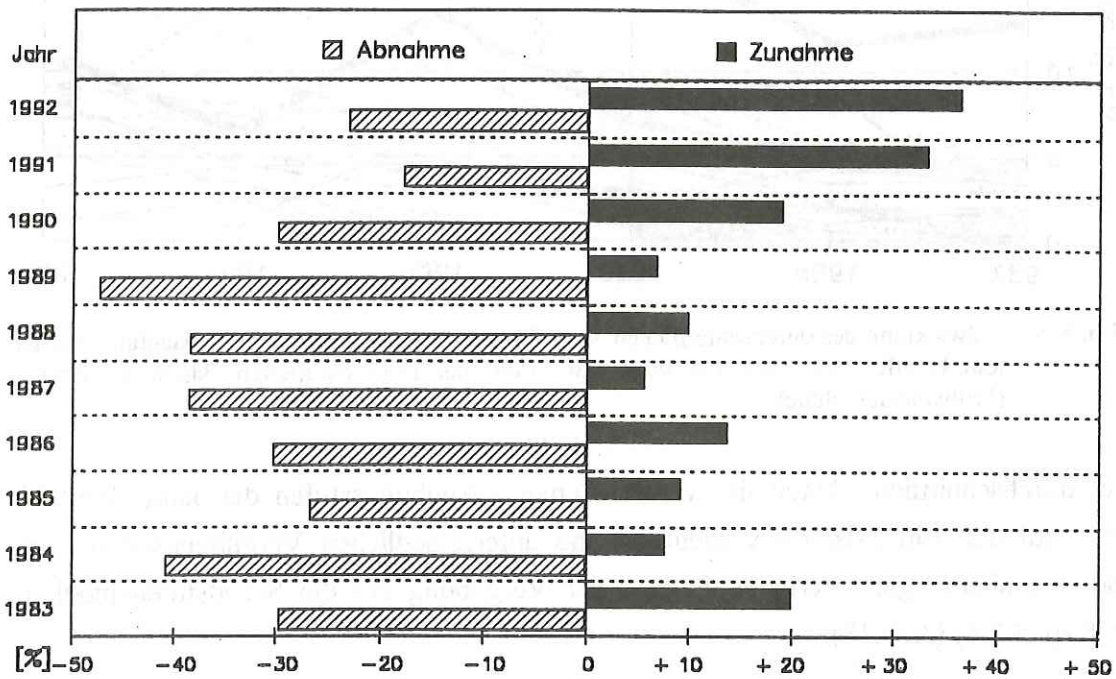


Abb. 16: Entwicklung des Anteiles der Fichten, deren relatives Verlustprozent von Frühjahr auf Herbst innerhalb eines Jahres gestiegen bzw. zurückgegangen ist.

4.2.5 Entwicklung der Vergilbung auf den Einzelflächen

Die Entwicklung des durchschnittlichen Vergilbungsprozentes der Jahre 1987 bis 1992 verdeutlicht, daß die Mehrzahl der Flächen bislang nur geringe Vergilbung zeigen (Abb.17). Von den 1987 bis 1989 aufgenommenen 27 Beobachtungsflächen weisen 20 Flächen über den Beobachtungszeitraum ein durchschnittliches Vergilbungsprozent von unter 5% auf. Lediglich auf der Beobachtungsfläche Nr.126 ist über den Zeitraum 1987 bis 1992 ein durchschnittliches Vergilbungsprozent >10 festzustellen. Auffallend ist zugleich die zum Teil von Jahr zu Jahr stark wechselnde Vergilbungsintensität einzelner Flächen (z.B. Nr.123).

Im Zeitverlauf ist auf einzelnen Versuchsflächen eine Zunahme der Vergilbung zu verzeichnen.

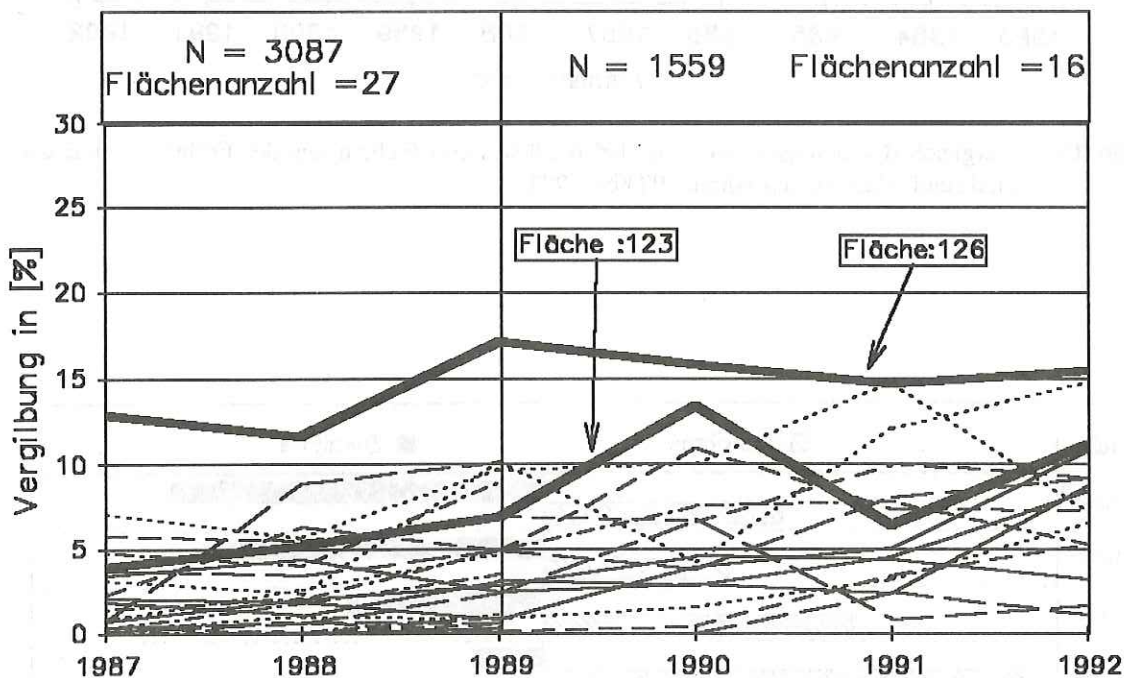


Abb. 17: Entwicklung des durchschnittlichen Vergilbungsprozentes der Fichtenbeobachtungsflächen jeweils aller von 1987 bis 1989 bzw. 1990 bis 1992 bonitierten Bäume in Prozent (Frühjahrsaufnahme).

Der durchschnittliche Anteil der verschiedenen Vergilbungsstufen der Jahre 1983 bis 1992 auf den Einzelflächen verdeutlicht die unterschiedlichen Vergilbungsintensitäten und den überwiegend geringen Einfluß der Vergilbung auf die Schadstufeneinteilung (s. Kap. 4.2.8) (Abb.18).

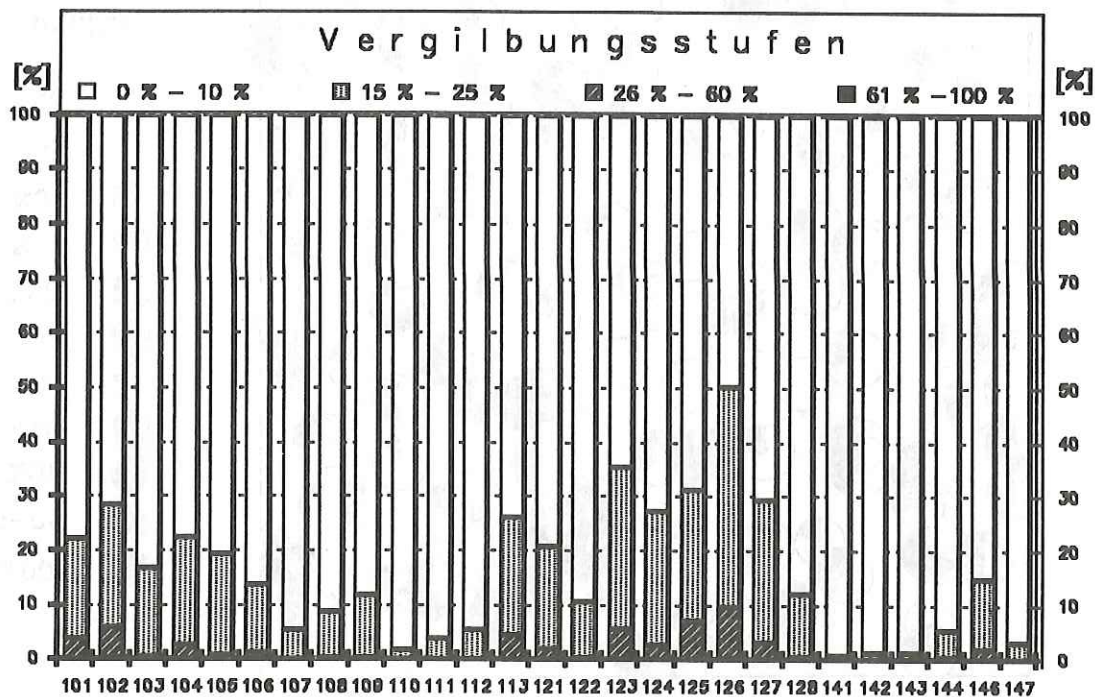


Abb. 18: Durchschnittlicher Anteil der Vergilbungsstufen auf den einzelnen Fichtenflächen der Jahre 1983 bis 1992.

4.2.6 Räumliche Verteilung vergilbter Fichten auf der Beobachtungsfläche

Die visuelle Auswertung von Verteilungen des Merkmals "Vergilbungsprozent" am Beispiel der Frühjahrsaufnahme 1989 zeigt, daß auf den Beobachtungsflächen mit stärkerer Vergilbung eher in Gruppen zusammenstehen. Die statistische Analyse (siehe Kap.2.7.2) zeigt hinsichtlich der räumlichen Verteilung von Bäumen mit gleichem Vergilbungsprozent eine starke positive Korrelation (Gruppen von Bäumen mit gleichem Vergilbungsgrad) auf den Versuchsflächen 105, 121, 126, 128 und eine negative Korrelation (keine Gruppen von Bäumen mit gleichem Vergilbungsgrad) auf der Fläche 123 (Abb.19, 20). Die übrigen Flächen sind indifferent. Somit können auf den 27 Fichtenbeobachtungsflächen offensichtlich keine starken räumlichen Korrelationen zwischen dem Marker "Vergilbungsprozent" angenommen werden; d.h. auf der Mehrzahl der Fichtenflächen stehen unterschiedlich stark vergilbte Bäume nebeneinander.

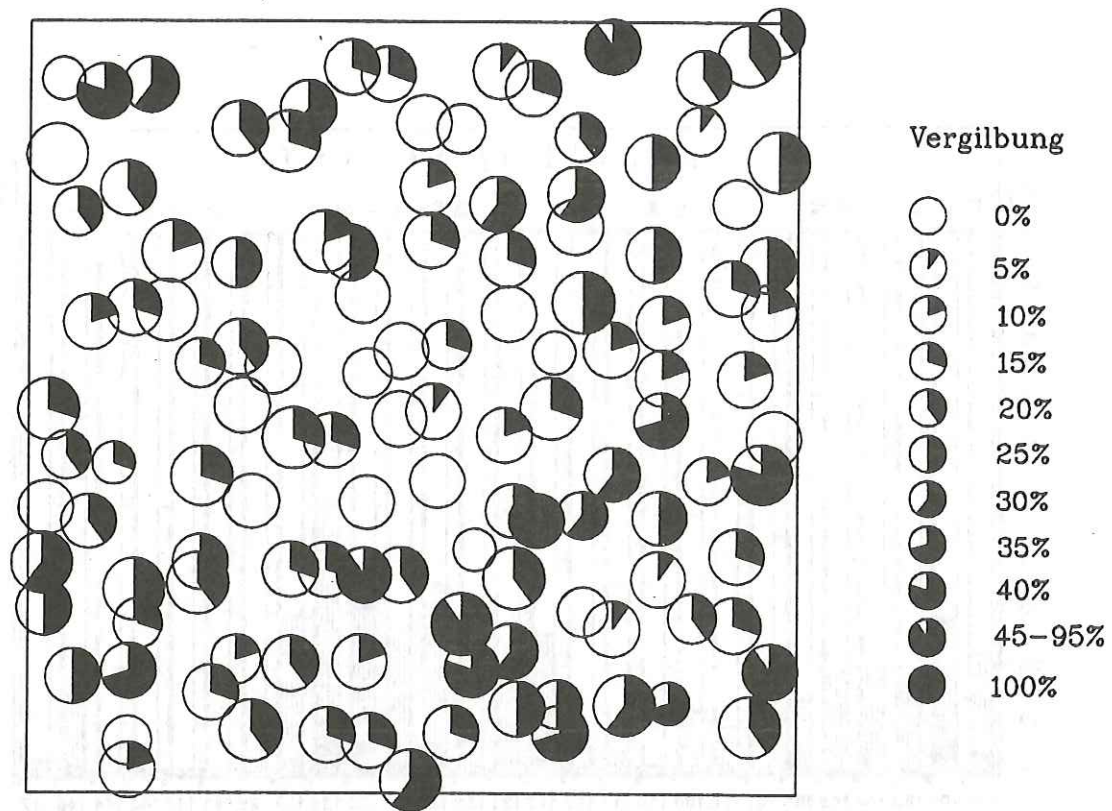


Abb.19: Gruppenweise räumliche Verteilung des Merkmales "Vergilbung" auf der Fichtenbeobachtungsfläche 126, Frühjahrsaufnahme 1989.

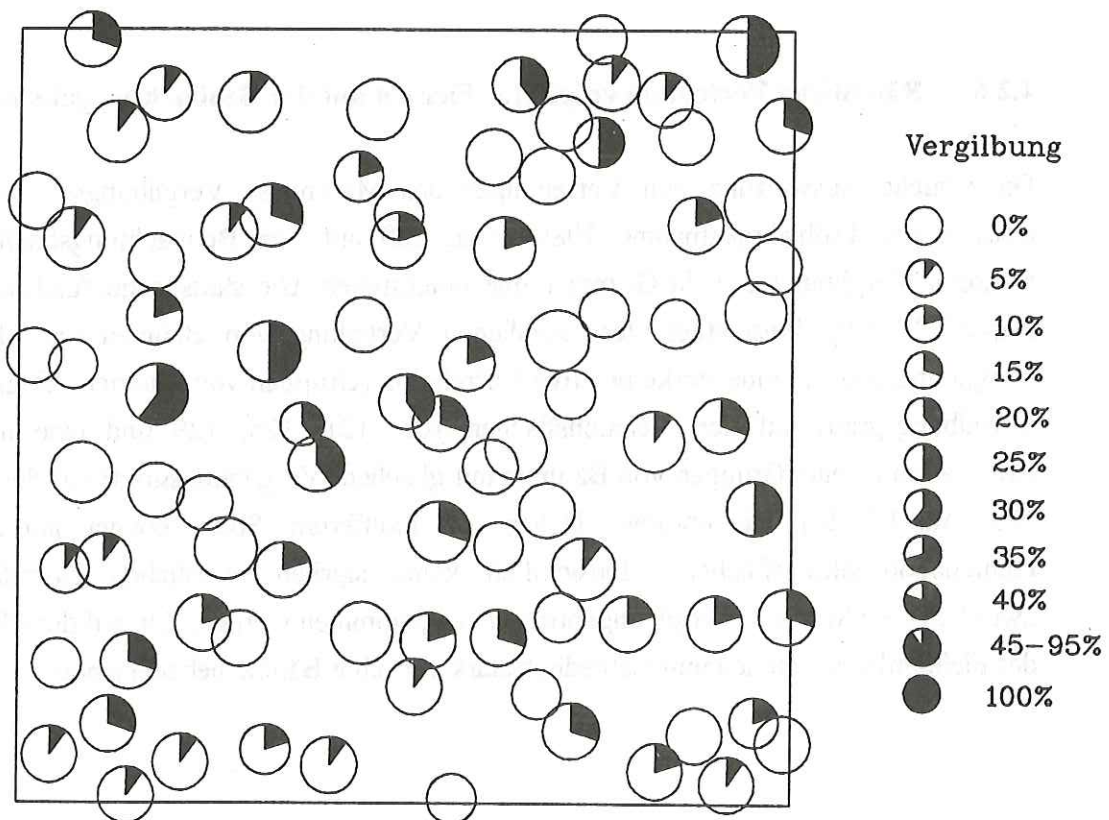


Abb.20: Einzelbaumweise gemischte räumliche Verteilung des Merkmales "Vergilbung" auf der Fichtenbeobachtungsfläche 123, Frühjahrsaufnahme 1989.

4.2.7 Entwicklung der Vergilbung des Gesamtkollektives

Einen Überblick über das Auftreten vergilbter Nadeln auf allen Fichtendauerbeobachtungsflächen gibt Abb.21. Dargestellt ist der prozentuale Anteil der Vergilbungstufen 0 bis 3 am Gesamtkollektiv Fichte der Jahre 1983 bis 1992. Die Mehrzahl der Bäume ist mit Ausnahme des Jahres 1983 nicht bzw. nur gering vergilbt. Die jährlichen Stufenschwankungen sind z.T. erheblich. 1983 auf 1984 ist ein deutlicher Rückgang der Vergilbungstufe 1 um ca. 30%-Punkte festzustellen. Einem kontinuierlichen Anstieg der Vergilbungstufe 1 bis 1987 folgt im darauffolgenden Jahr ein deutlicher Rückgang. Danach, ab 1988, ist wieder ein kontinuierlicher Anstieg der Vergilbung zu beobachten.

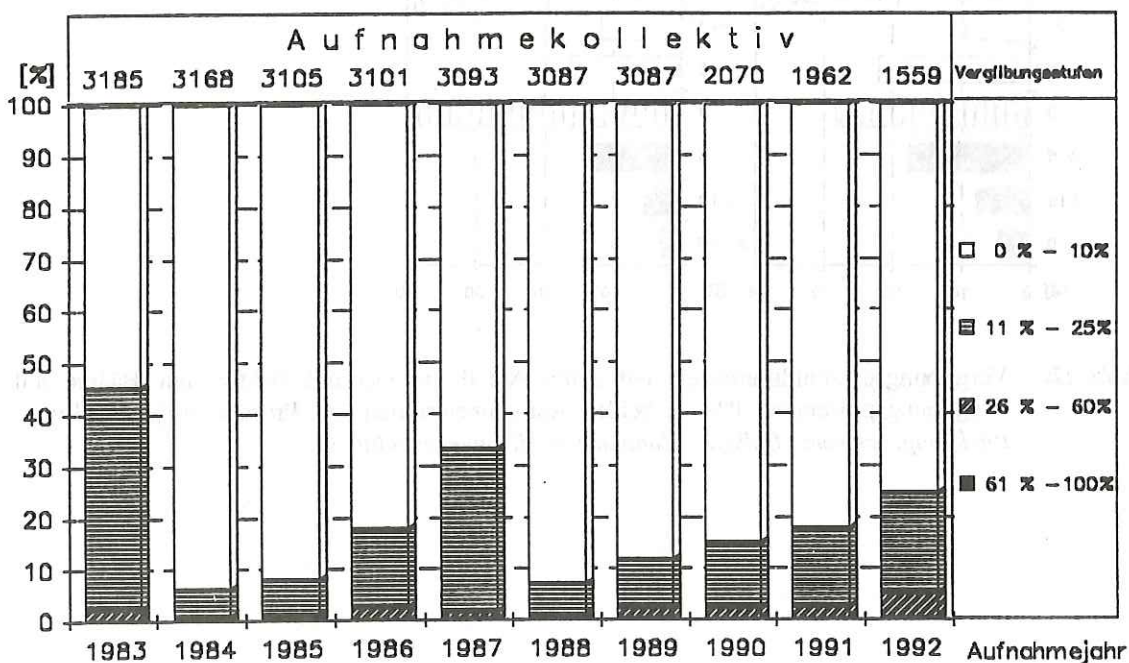


Abb. 21: Entwicklung der Vergilbungstufen von 1983 bis 1992 in Prozent, Frühjahrsaufnahme Fichte.

Die von Jahr zu Jahr auftretenden Differenzen des Vergilbungsprozentes am Einzelbaum (Abb.22) sind deutlich höher als diejenigen des Verlustprozentes. Etwa 70% dieser Bäume liegen bei $\pm 5\%$ Veränderung. Immerhin hat sich ca. 14% der jeweiligen Kollektive um mehr als 10% Vergilbung verändert. Auch die Schwankungen zwischen zwei Aufnahmetermi- nen (Herbst zu Frühjahr) liegen in vergleichbaren Größenordnungen (Abb.23). In diese Auswertungen sind nur Fichten eingegangen, deren Vergilbung in jeweils beiden Berechnungsjahren mindestens 5% betrug.

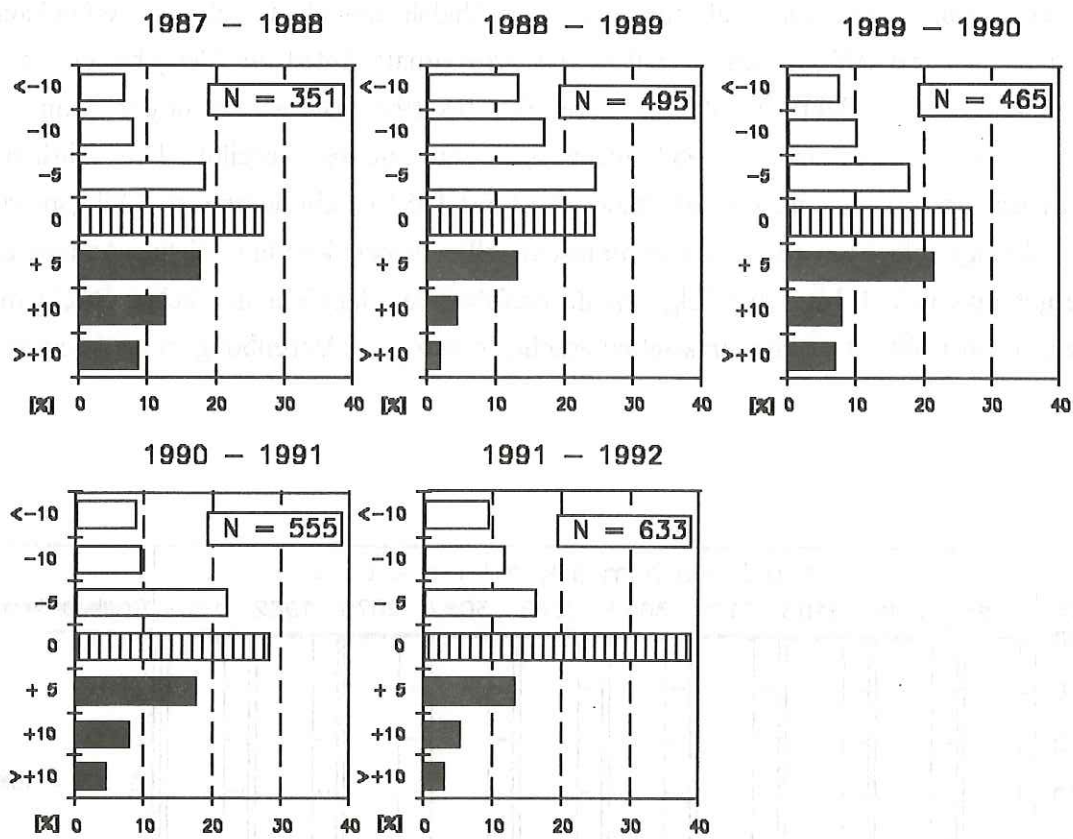


Abb. 22: Vergilbungsprozentdifferenzen und deren Anteil am Gesamtkollektiv (nur Bäume mit Vergilbungsprozenten >0% zu beiden Aufnahmetermen) in Prozent (weiße Balken = Rückgang, schwarze Balken = Zunahme der Kronenverlichtung).

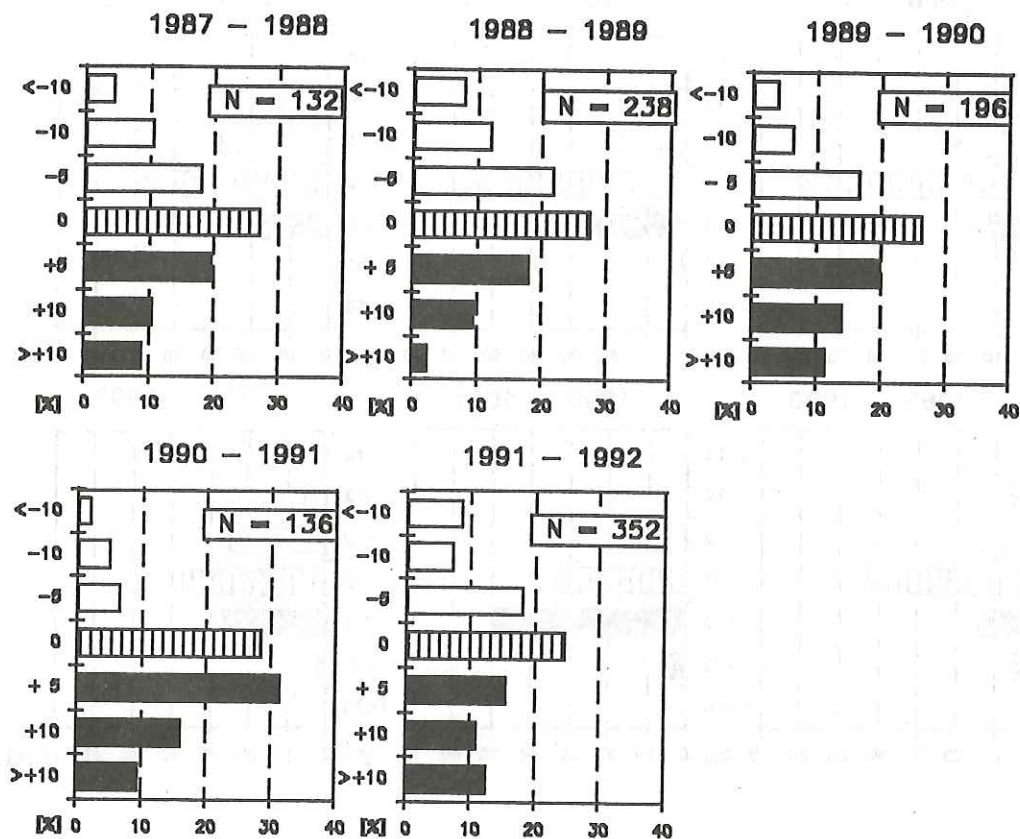


Abb. 23: Vergilbungsprozentdifferenzen von Herbst zu Frühjahr und deren Anteil am Gesamtkollektiv (nur Bäume mit Vergilbungsprozenten >0 zu beiden Terminen) in Prozent (weiße Balken = Rückgang, schwarze Balken = Zunahme der Kronenverlichtung).

Einen Überblick, in welchem Umfang Vergilbung zum Absterben der Nadel führen könnte, vermittelt Abb.24. Dargestellt sind für die Jahre 1986 bis 1992 jahresweise die Verlustprozentdifferenzen derjenigen Bäume, deren Vergilbung im Jahr 1986 mindestens 30% beträgt. Ein deutlich erkennbarer Trend zum Verlust vergilbter Nadeln ist nicht zu beobachten. Lediglich 1987 auf 1988 ist eine tendenzielle Zunahme der Kronenverlichtung zu erkennen. Auch die Überprüfung anderer Zeiträume und stärker vergilbter Einzelbäume ergab keinen eindeutigen Hinweis, daß stärkere Vergilbung zu Nadelverlusten führen muß. Diese Aussage wird allerdings durch die Tatsache eingeschränkt, daß der Anteil der Bäume mit Vergilbungsstufe 3, d.h. mit mehr als 60% deutlich vergilbter Nadeln, im Beobachtungszeitraum mit max. 0,1% unbedeutend war.

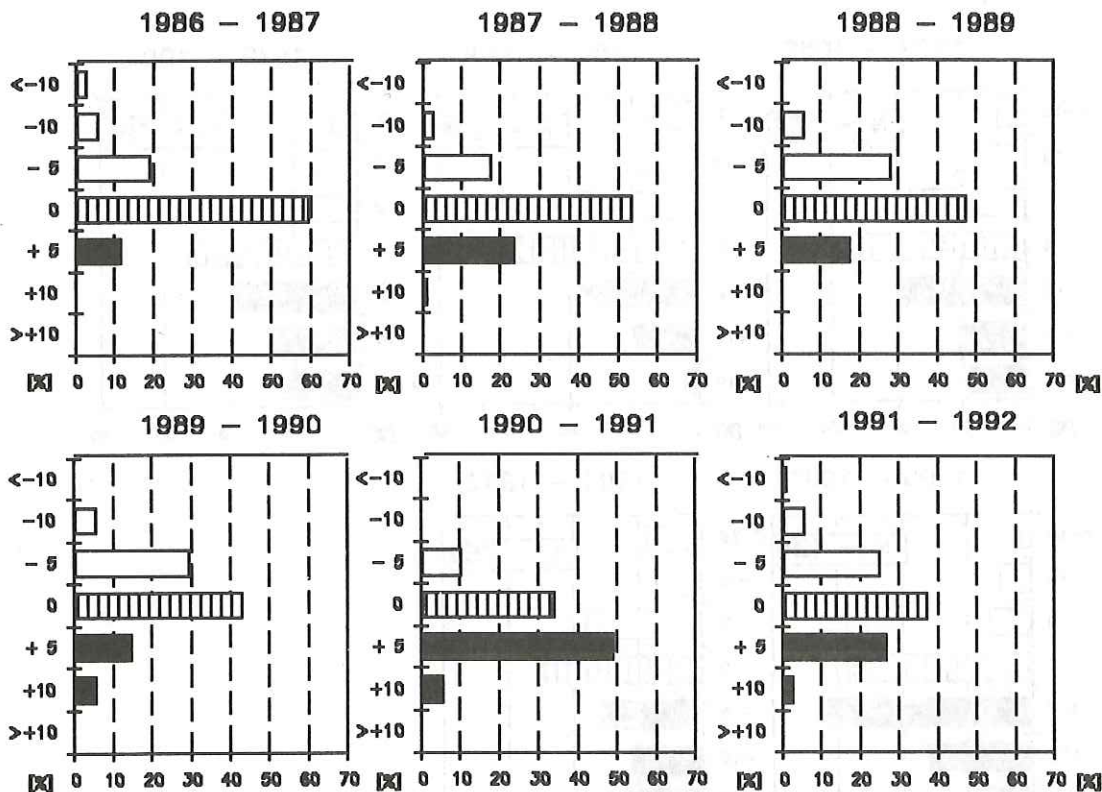


Abb. 24: Jährliche Nadelverlustprozentdifferenzen in 5%-Stufen und deren Anteil am Gesamtkollektiv der Jahre 1986 bis 1992 von im Jahre 1986 deutlich vergilbten Fichten in Prozent (weiße Balken = Rückgang, schwarze Balken = Zunahme der Kronenverlichtung).

4.2.8 Schadstufenentwicklung

Die üblicherweise gebräuchliche Darstellung der Ergebnisse in Schadstufen (=Kombination aus Verlichtungsstufe und Vergilbungsstufe) wird für die Jahre 1983 bis 1992 (Frühjahrsaufnahme) in Abb.25 dargestellt. Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit den Ergebnissen der terrestrischen Waldzustandserhebung, ausgenommen Stufe 4, die hier ausschließlich die aktuelle Absterberate darstellt. Die Resultate vermitteln - insbesondere in den Stufen 0 und 1 - größere jährliche Schwankungen. Diese Schwankungen sind entweder auf Veränderungen im Nadelverlust (vergl. Abb.11) oder Veränderungen in der Vergilbung (vergl. Abb.21) zurückzuführen. Der Anteil der Bäume, bei denen sich die Vergilbung stufenerhöhend auswirkt, liegt zwischen 0,7% im Jahre 1984 und 5,1% im Jahr 1992. Dies bedeutet, daß die Vergilbung sich zu Beginn der Untersuchungen kaum, zum Ende des Beobachtungszeitraumes stärker auf die Schadstufenverteilung auswirkt.

Die größten jährlichen Schwankungen sind in der Schadstufe 1 (schwach geschädigt) festzustellen. Wesentlich ist jedoch, daß sich der Anteil der Schadstufen 2 bis 4 von 1983 auf 1992 verdoppelt hat. Diese Zunahme in den Schadstufen 2-4 ist nicht beeinflusst durch die Reduktion des Ausgangskollektives im Beobachtungszeitraum um nahezu 40% (s. Kap.4.2.9).

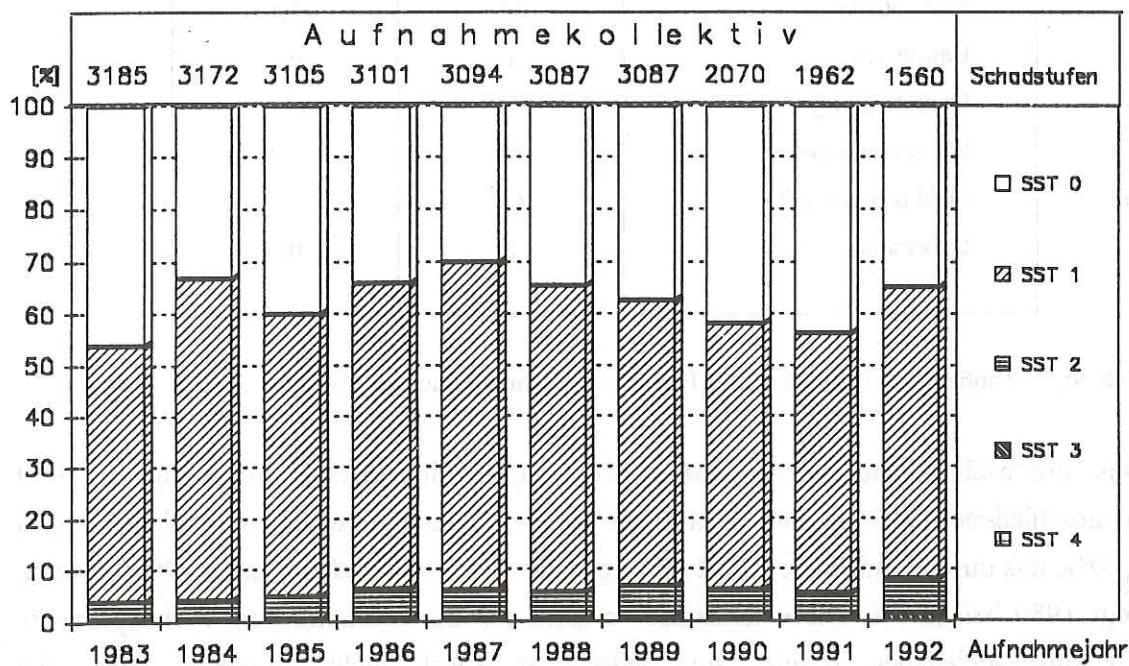


Abb. 25: Schadstufenentwicklung 1983 bis 1992 in Prozent, Frühjahrsaufnahme Fichte.

4.2.9 Untersuchung ausgefallener Bäume

Von 3185 Bäumen zu Beginn der Erhebungen im Jahre 1983 sind im Bezugszeitraum 38.5% ausgeschieden. Der weitaus größte Teil ist aufgrund von Sturmeinflüssen, überwiegend durch die Orkane im Frühjahr 1990, ausgeschieden (Tab.9). Der Anteil aufgrund biotischer und unbekannter Ursache ausgeschiedener Bäume beträgt in den zehn Beobachtungsjahren lediglich 0.5%.

Merkmal	Anzahl (Fichten)	Prozent
<i>Ausgangskollektiv 1983</i>	3185	100
<i>ausgeschiedene Bäume</i>	1227	38.5
<u>davon aufgrund :</u>		
Windwurf	884	72.0
Schaftbruch	101	8.2
Borkenkäfer	13	1.1
Hallimasch	1	0.1
Durchforstung	136	11.1
Flächenaufgabe ⁴	27	2.2
nicht bonitierbar ⁵	63	5.1
Unbekannt	2	0.2

Tab. 9: Umfang und Ursache der bis Frühjahr 1992 ausgeschiedenen Bäume.

Das durchschnittliche Verlustprozent der durch die Orkane im Frühjahr 1990 ausgeschiedenen 916 Bäume beträgt ein Jahr vor dem Ausscheiden (Frühjahr 1989) 14.0%, das durchschnittliche Nadelverlustprozent der 1990 noch stehenden 2070 Bäume liegt 1989 bei 15.7%. Diese tendenziell niedrigeren durchschnittlichen Verlustprozente der ausgeschiedenen Bäume sind jedoch statistisch nicht gesichert. Auch die Aufgliederung der durch die Orkane 1990 geworfenen Fichten auf die verschiedenen Verlichtungsstufen läßt keine Zusammenhänge zwischen zunehmender Kronenverlichtung und ansteigender Sturmwurfgefährdung erkennen [Abb.26]. Der von SCHMID-HAAS (1993) gefundene signifikante Zusammenhang zwischen ansteigender Kronenverlichtung und Anstieg der durch Sturm geworfenen Bäume in der Schweiz kann für die Dauerbeobachtungsflächen nicht bestätigt werden. Von den 1990 ausgeschiedenen 916 Bäumen sind 86% auf Versuchsflächen, die völlig bzw. sehr stark zerstört wurden, ausgefallen. Lediglich 14% der Windwürfe stammen aus Einzel- bzw. Kleingruppenwürfen. Die u.a. auch auf diesen Flächen nach den Orkanen 1990 durchgeführten Wurzeluntersuchungen an geworfenen Bäumen ergeben keinen Hinweis,

⁴ Bäume, die zum Zeitpunkt der Flächenaufgabe (z.B. aufgrund Windwurf) noch lebten, jedoch nicht weiter bonitiert werden.

⁵ Bäume, deren Kronenzustand z.B. aufgrund extrem deformierter Krone nicht nachvollziehbar eingewertet werden kann.

daß sich diese Sturmkatastrophe im wesentlichen durch Schädigungen am Schwach- und Grobwurzelwerk erklären läßt (ZOTH und BLOCK 1992).

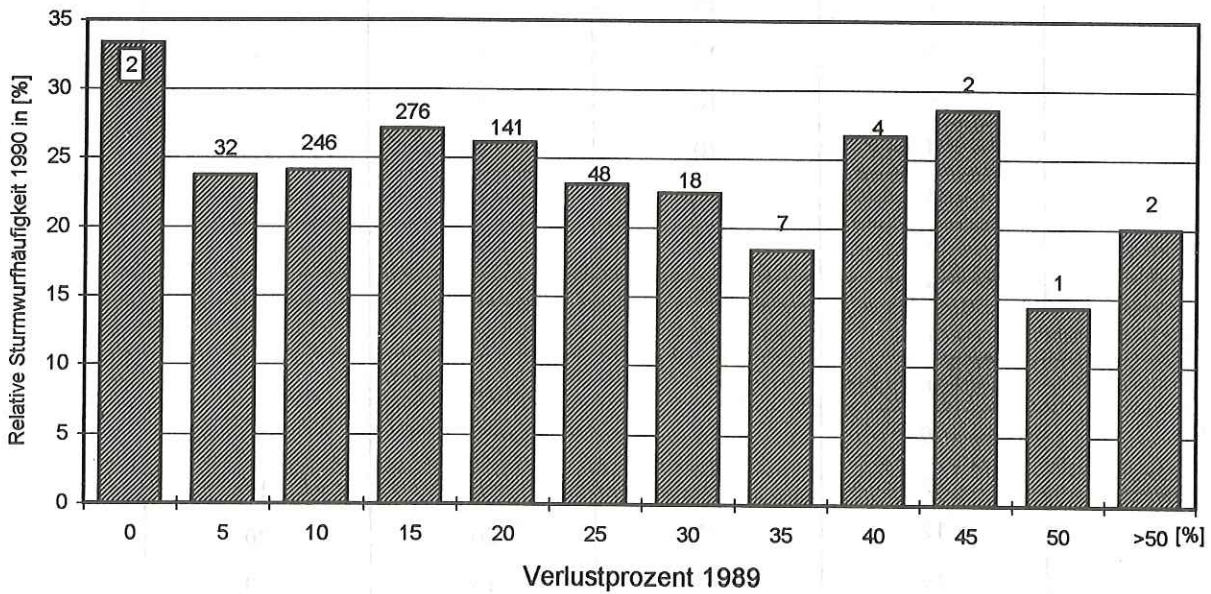


Abb. 26: Relative Häufigkeiten der durch die Orkane 1990 ausgeschiedenen Fichten in Abhängigkeit vom Nadelverlust 1989, bezogen auf die Anzahl der in der jeweiligen Stufe vorhandenen Bäume ($N = \text{Anzahl der geworfenen Bäume}$).

Die Auswertung derjenigen Bäume ($N = 16$), die aufgrund biotischer oder unbekannter Ursache im Berichtszeitraum abgestorben sind, zeigt, daß diese Fichten einen i.d.R. sehr schnellen Absterbeprozess durchlaufen, wie es für von Borkenkäfern befallene Bäume typisch ist (Tab. 10). Mit Ausnahme von Baum Nummer 8 sind alle Bäume, bei denen Borkenkäfer als Hauptabsterbeursache diagnostiziert wurde (Baumnummern 1-13), innerhalb eines Jahres abgestorben. Das Nadelverlustprozent dieser Bäume weist vor dem Absterben mit Ausnahme der Bäume Nr. 8 und 12 sehr geringe Werte auf, ein Borkenkäferbefall aufgrund erheblichen Nadelverlustes kann somit nicht vermutet werden.

Baum	Jahre vor dem Absterben		
	1 Jahr	2 Jahre	3 Jahre
	Verlustprozent	Verlustprozent	Verlustprozent
1	10	*	*
2	15	*	*
3	10	*	*
4	10	*	*
5	10	*	*
6	10	*	*
7	10	*	*
8	90	65	*
9	15	10	*
10	20	25	*
11	10	10	10
12	25	20	20
13	15	15	10
14	15	15	*
15	15	10	10
16	80	90	70

* = Baum war noch nicht in Bewertung

Tab. 10: Verlustprozententwicklung der abgestorbenen Fichten.

4.2.10 Zusammenhang zwischen Nadelverlust und biotischen Faktoren

Fruktifikation

Da bei der Frühlingsaufnahme der Anteil der Fichten mit Zapfenbehang gegenüber dem Herbstaufnahmetermin z.T. um mehr als 20% reduziert war, d.h. die Zapfen teilweise abgefallen waren, wird zur Darstellung von Umfang und Einfluß der Fruktifikation auf den Nadelverlust der Herbstansprachetermin verwendet.

In drei von 10 Jahren hat eine starke Fruktifikation, in zwei weiteren Jahren eine nennenswerte Fruktifikation stattgefunden (Abb.27). Fruktifikation ist im Beobachtungszeitraum, wenn auch im Einzelfall in unterschiedlicher Intensität, zum gleichen Zeitpunkt auf allen Versuchsflächen zu verzeichnen. Dies deutet auf großräumig wirkende Einflüsse (z.B. Witterung) hin. Die Entwicklung des durchschnittlichen

Nadelverlustprozent - dargestellt als Linie in Abb.27 - zeigt keine sprunghaften Veränderungen der Benadelung infolge unterschiedlich starker Fruktifikation.

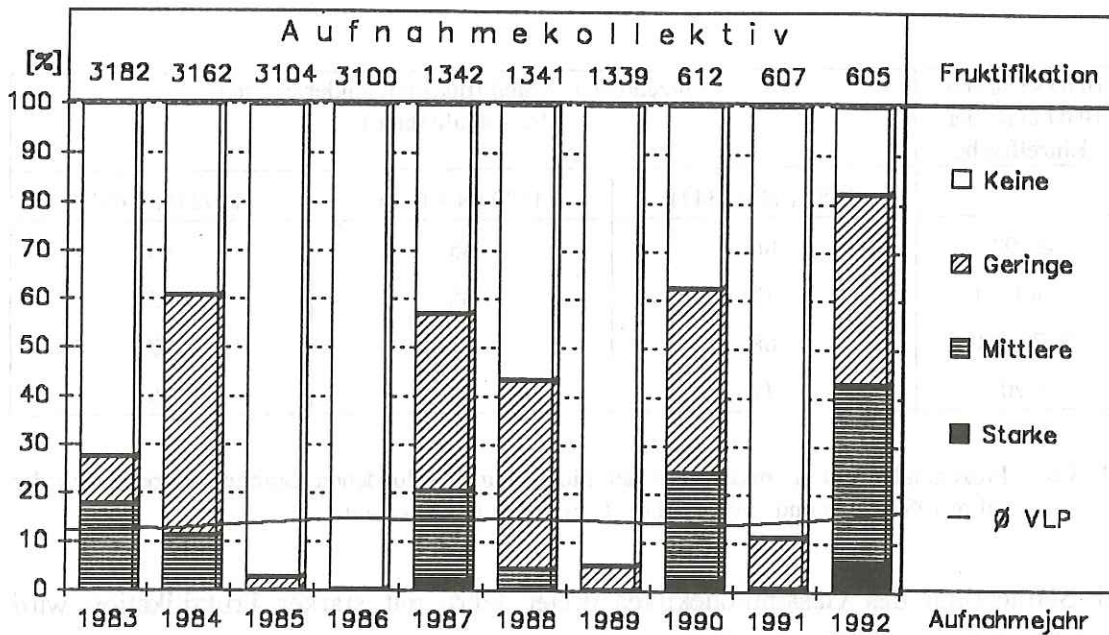


Abb.27: Verteilung des Aufnahmekollektives der Fichtendauerbeobachtungsflächen auf vier Intensitätsstufen der Fruktifikation im Verlauf der Jahre 1983 bis 1992, Herbstbonitierung (Ø VLP = durchschnittliches Nadelverlustprozent).

Die Unterteilung des Kollektives in Baumklassen nach KRAFT (1884) und eine Auflistung der prozentualen Anteile fruktifizierender Bäume in den jeweiligen Baumklassen zeigt, daß die Bäume entsprechend ihrer Wuchskraft fruktifizieren (Tab.11).

Baumklasse nach KRAFT	Prozentualer Anteil fruktifizierender Fichten (Herbstaufnahme)		
	1987 (N = 1296)	1990 (N = 605)	1992 (N = 598)
1	80	91	91
2	62	65	84
3	43	31	68

Tab. 11: Prozentualer Anteil fruktifizierender Fichten, aufgeteilt in Baumklassen nach KRAFT (1884).

Die Aufgliederung nach dem relativen Brusthöhdurchmesser (BHD) als meßbares Kriterium der Wuchskraft der Einzelbäume bestätigt dieses Ergebnis (Tab.12). Hierbei wird als Bezugsdurchmesser der jeweils größte, auf der Einzelfläche gemessene Durchmesser (BHD max.) zugrundegelegt.

BHD in % von BHD max. der Einzelfläche	Prozentualer Anteil fruktifizierender Fichten (Herbstaufnahme)		
	1987 (N = 1342)	1990 (N = 612)	1992 (N = 605)
≥ 90	86	85	93
≥ 80 < 90	79	85	95
≥ 70 < 80	68	71	87
< 70	47	53	76

Tab. 12: Prozentualer Anteil fruktifizierender Fichten in verschiedenen Durchmesserbereichen der Jahre 1987, 1990 und 1992 (BHD = Brusthöhdurchmesser).

Bei Betrachtung des Gesamtkollektives dreier Jahre mit starker Fruktifikation wird deutlich, daß das durchschnittliche Verlustprozent mit Zunahme der Fruktifikation ansteigt (Tab.13). Die statistische Analyse (Gesamtkollektiv) von Gruppen verschieden stark fruktifizierender Fichten ergab für die Jahre 1987, 1990 und 1992 signifikante Unterschiede (95% Niveau) zwischen nahezu allen Gruppen.

Jahr	1987		1990		1992	
	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)
keine	13,2	193	11,6	229	14,0	108
gering	14,9	826	14,2	233	15,7	237
mittel	16,3	277	15,3	136	18,0	223
stark	20,5	46	15,7	14	17,4	37

Tab. 13: Durchschnittliches Verlustprozent (Ø VLP) der Fichten bei unterschiedlicher Fruktifikationsstärke, Herbstansprache.

Bei Betrachtung der Einzelflächen fällt die Analyse nicht so deutlich aus. Die Ergebnisse dieser drei Aufnahmetermine zeigen, daß signifikante Unterschiede im durchschnittlichen Verlustprozent zwischen den Gruppen i.d.R. nur zwischen den Gruppen "nicht" und "gering" fruktifizierenden Fichten zu belegen sind.

Eine weitere Aufgliederung des Kollektives der Herbstaufnahme 1987 nach Baumklassen zeigt, daß das Niveau des Verlustprozentes durch die Aufteilung nach Kraft'schen Baumklassen mitbestimmt wird (Tab.14). Der Anstieg des relativen Nadelverlustes bei Zunahme der Fruktifikation ist innerhalb dieser Klassen deutlich geringer ausgeprägt als bei Betrachtung des Gesamtkollektives. Statistisch gesicherte Unterschiede im Verlustprozent zwischen den einzelnen Gruppen sind nur in Einzelfällen gegeben.

Baumklasse	Fruktifikation	Verlustprozent	Anzahl (Bäume)
1 (vorherrschend)	keine	17,6	39
	gering	18,9	80
	mittel	18,6	58
	stark	22,8	16
2 (herrschend)	keine	13,6	314
	gering	14,6	335
	mittel	15,6	163
	stark	18,2	14
3 (mitherrschend)	keine	12,0	187
	gering	12,5	67
	mittel	14,8	22
	stark	15,0	1
4 (beherrscht)	keine	11,6	38
	gering	11,3	8

Tab. 14: Durchschnittliches Verlustprozent der Fichten bei unterschiedlicher Fruktifikationsstärke in verschiedenen Baumklassen.

"Braune Nadeln"

Einen Überblick über Zeitpunkt und Umfang des bis 1991 in zwei Stufen (vorhanden, nicht vorhanden), ab 1992 in 5%-Stufen erfaßten Merkmals vermittelt Abb.28. Dargestellt ist für das Kollektiv der von Frühjahr 1984 bis Herbst 1992 kontinuierlich aufgenommenen Fichten (N = 605) der Anteil von Bäumen mit einem auffälligen Anteil "brauner Nadeln".

Das Auftreten brauner und demnach abgestorbener Nadeln ist bei der Frühjahrsaufnahme im Vergleich zur Herbstansprache deutlich geringer ausgeprägt. Das Merkmal tritt periodisch verstärkt auf. Diese war vor allem in den Jahren 85, 86, 88, 91 und 92 (Herbstaufnahmetermine) zu beobachten. "Braune Nadeln" waren auf den Versuchsflächen im Beobachtungszeitraum nur an älteren Nadeljahrgängen zu beobachten. Hierbei handelt es sich nach GRUBER (1987 S.165) vermutlich um aktiv abgeworfene, "ineffektive" Nadelmasse.

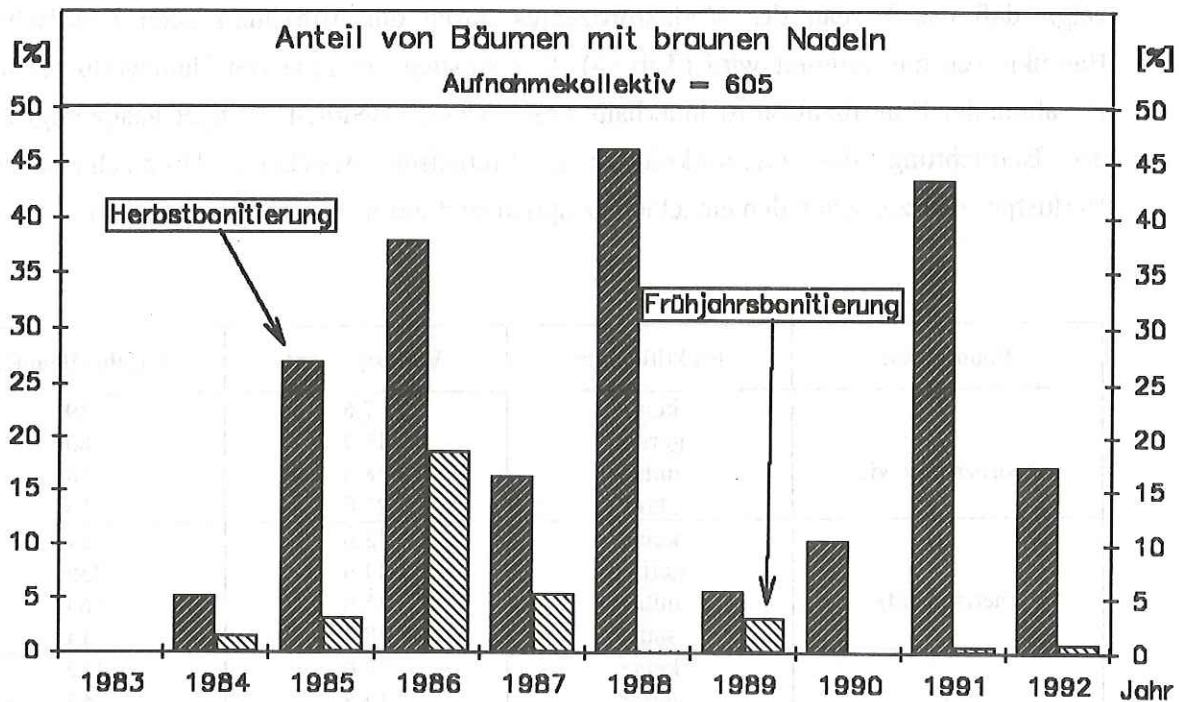


Abb. 28: Prozentualer Anteil von Fichten mit einem deutlichen Anteil "brauner Nadeln" zu den Frühjahrs- und Herbstaufnahmetermi- nen der Jahre 1984 bis 1992 (gleiches Kollektiv).

Zwischen den beiden Gruppen - Bäume mit bzw. ohne braune Nadeln - bestehen in allen vier Herbstaufnahmetermi- nen gehäuftem Auftretens signifikante Unterschiede bezüglich des durchschnittlichen Verlustprozentes sowohl im Gesamtkollektiv, als auch bei 42 von 78 Einzelflächenergebnissen aus diesen Jahren.

	durchschnittliches Verlustprozent				
	1985	1986	1988	1991	1992
"braune Nadeln"					
keine	13,4	13,4	13,6	12,6	15,2
vorhanden	14,7	16,4	16,7	17,3	21,7
Anzahl der Bäume	3104	3100	1341	607	605

Tab. 15: Durchschnittliches Verlustprozent von Fichten mit bzw. ohne das Merkmal "braune Nadeln" (Herbstaufnahmetermi- n, Jahre gehäuftem Auftretens).

Beteiligung von Nadelpilzen am Streufall

Die Nadelstreufallmessungen mit anschließender Untersuchung auf Pilzbefall (ab 1989 nur bei Überschreitung von 150 kg/ha Frischgewicht in 14 Tagen) zeigen, daß der prozentuale Anteil von pilzbefallenen Nadeln im Untersuchungszeitraum zwischen 5 und 80 Prozent schwankt. Ein deutlicher Zusammenhang zwischen Streufallmenge und Pilzinfektionsrate ist nicht erkennbar (Abb.29,30,31). Auffallend sind auch die z.T. sehr großen Schwankungen in der Pilzbefallsrate zwischen zwei Probenahmeterminen.

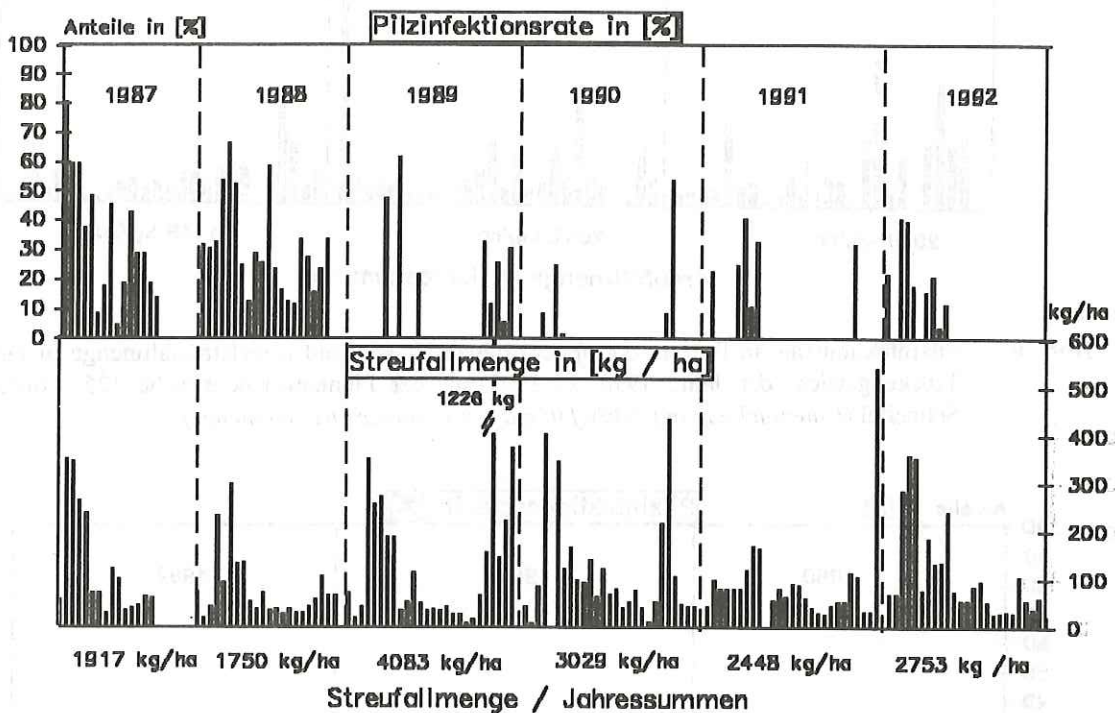


Abb.29: Pilzinfektionsrate in Prozent der abgeworfenen Nadeln und Nadelstreufallmenge in kg/ha Trockengewicht der Jahre 1987 bis 1992 auf der Fichtenversuchsfläche 101, Forstamt Idar-Oberstein (1987 nicht vollständig; Untersuchung auf Pilzbefall ab 1989 nur bei erhöhter Streufallmenge).

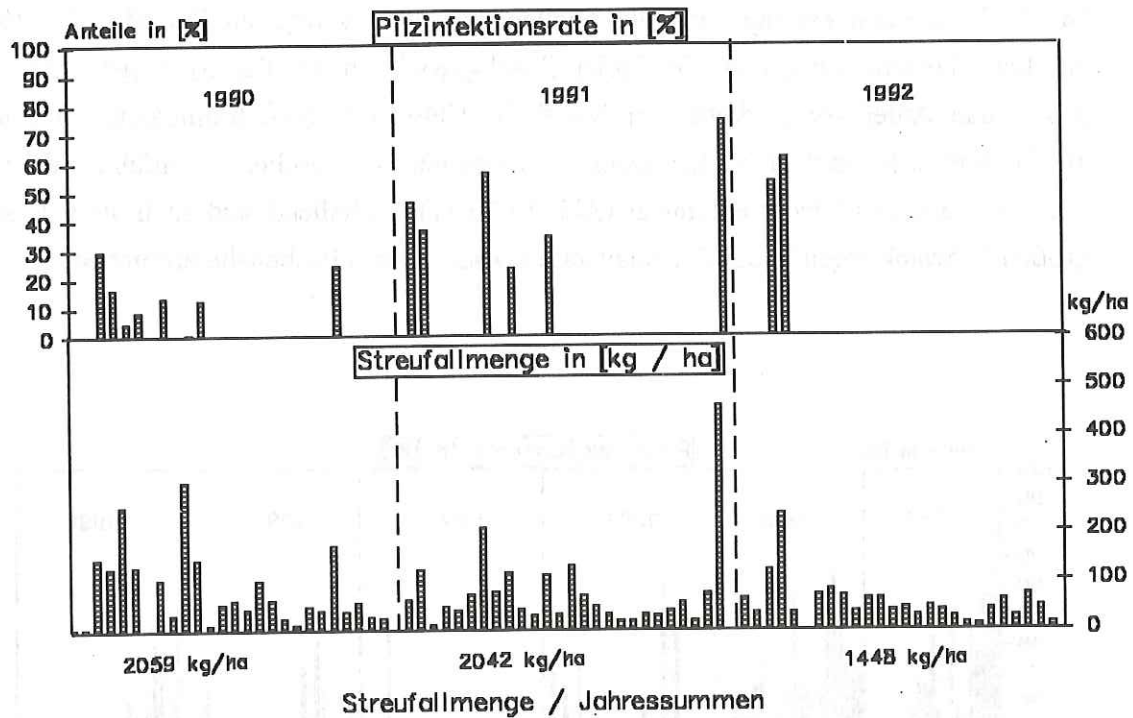


Abb. 30: Pilzinfektionsrate in Prozent der abgeworfenen Nadeln und Nadelstreufallmenge in kg/ha Trockengewicht der Jahre 1990 bis 1992 auf der Fichtenversuchsfläche 125, Forstamt Schneifel (Untersuchung auf Pilzbefall nur bei erhöhter Streufallmenge).

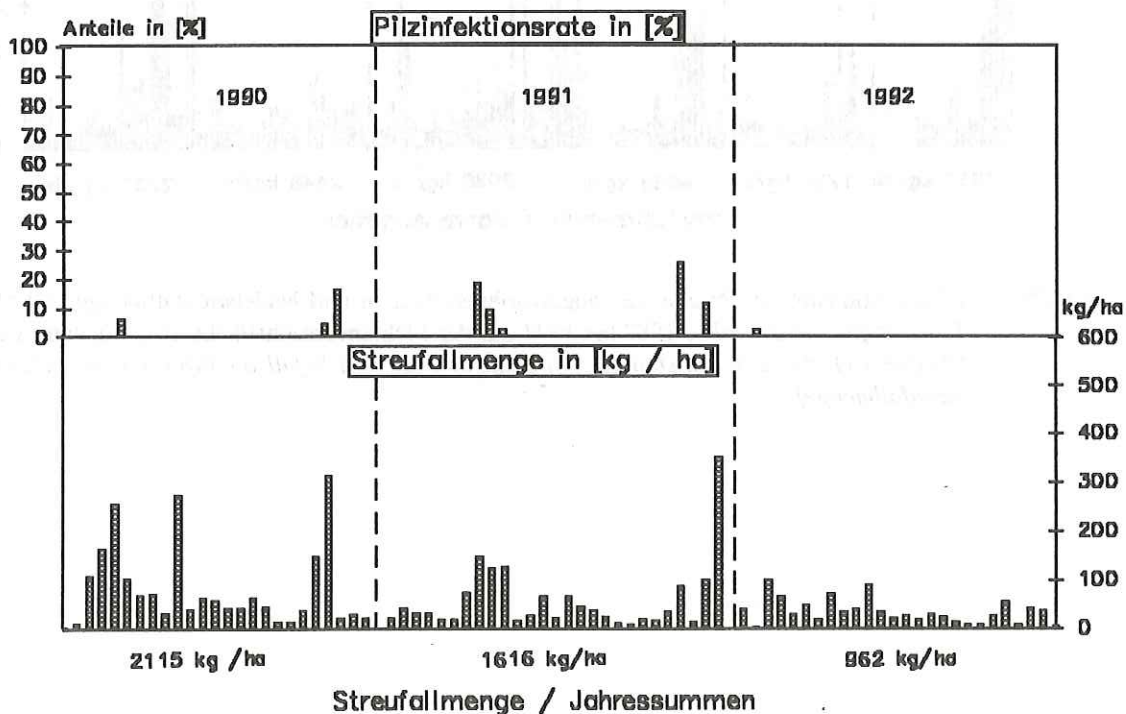


Abb. 31: Pilzinfektionsrate in Prozent der abgeworfenen Nadeln und Nadelstreufallmenge in kg/ha Trockengewicht der Jahre 1990 bis 1992 auf der Fichtenversuchsfläche 106, Forstamt Adenau (Untersuchung auf Pilzbefall nur bei erhöhter Streufallmenge).

Die überwiegend auftretenden Pilzarten sind (Mittelwert aus allen Untersuchungsterminen aller Flächen):

- *Rhizosphaera kalkoffii* 50%
- *Sclerophoma pithyophila* 26%
- *Thysanophora pennicillioides* 9%
- *Lophodermium piceae* 4%
- *Leptostroma spec.* 2%
- Mycelverdichtungen 9%

77% aller Nadeln mit makroskopisch sichtbarem Pilzbefall entfallen auf nur zwei Pilzarten, lediglich 9% der infizierten Nadeln konnten mit dieser Methode nicht bestimmt werden.

Inwieweit das Vorkommen bestimmter Nadelpilzarten im Zusammenhang mit der Streufallmenge steht, wurde 1988 auf der Fläche 101 durch eine Analyse sowohl aller (14-tägig gewonnenen) Proben, als auch durch eine Trennung nach Terminen mit >120kg/ha und <120 kg/ha Trockengewicht geprüft. Wesentliche Unterschiede im Auftreten bei den wichtigsten Pilzarten waren nicht zu erkennen (Tab.16).

Pilzart	alle Termine 1988	Termine mit > 120 kg 1988	Termine mit < 120 kg 1988
<i>Rhizosphaera kalkoffii</i>	61	52	64
<i>Sclerophoma pithyophila</i>	32	43	27
<i>Thysanophora pennicillioides</i>	2	2	3
<i>Lophodermium piceae</i>	0	0	0
<i>Leptostroma spec.</i>	0	1	0
Mycelverdichtungen	5	2	6

Tab. 16: Anteil verschiedener Nadelpilzarten am Gesamtpilzbefall auf der Versuchsfläche 101, getrennt nach allen (14-tägigen) Untersuchungsterminen (1988) bzw. für Streufallmengen >120 oder < 120 kg/ha Trockengewicht in Prozent.

Die Pathogenität dieser Pilzarten ist z.T. umstritten; *Rhizosphaera kalkoffii*, *Sclerophoma pithyophila* und *Lophodermium piceae* werden von SCHÜTT (1985) als Schwächeparasiten angesehen.

Die Analyse der Nadelfarben abgefallener Nadeln zeigt am Beispiel der Fläche 101 für das Jahr 1988, daß der überwiegende Anteil durch ocker und rotbraun gefärbte Nadeln bestimmt wird (Abb.32; vergl. Kap.4.2.10). Der prozentuale Anteil grüner Nadeln kann jedoch ebenfalls beachtliche Anteile erreichen. Grüne Nadeln fallen vermutlich zum großen Teil aufgrund von Windeinwirkung ab.

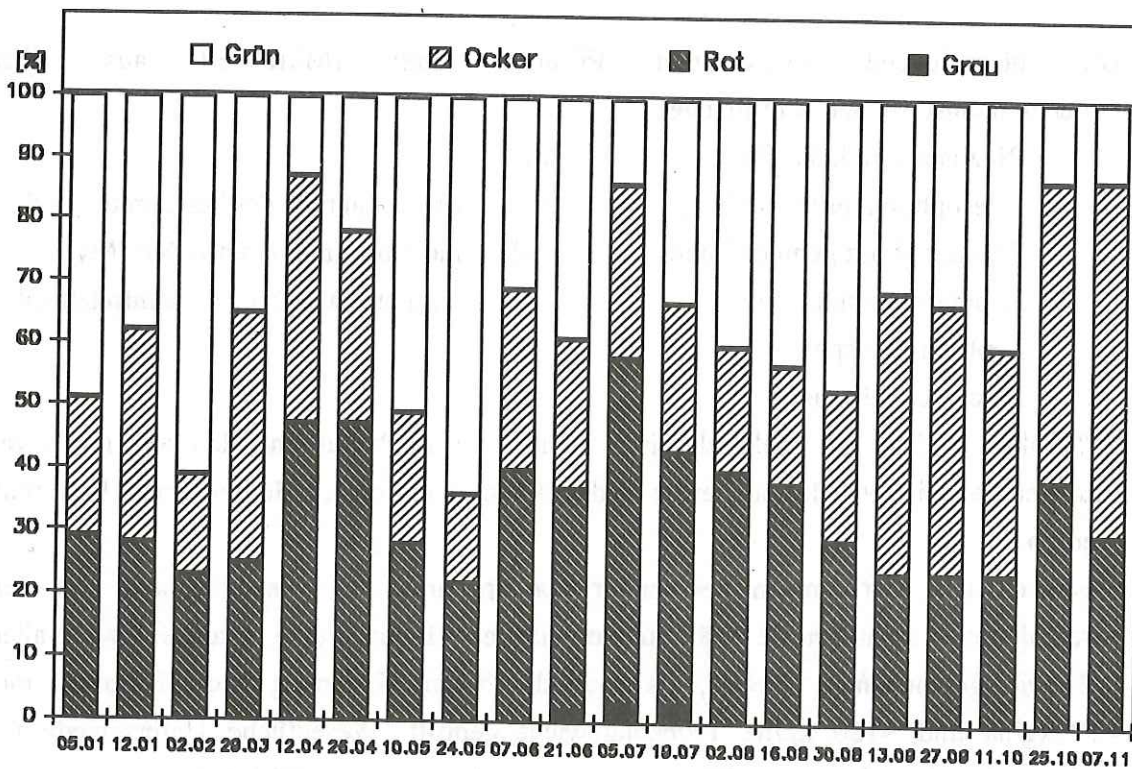


Abb. 32: Anteil verschiedener Nadelfarben am Streufall des Jahres 1988 auf der Fichtenversuchsfläche 101.

Die jährlichen Streufallmengen variieren sowohl innerhalb eines Jahres, als auch zwischen den Jahren. Die maximalen Schwankungen in der Nadelmenge zweier aufeinander folgender Probenahmeterminen betragen bei 14-tägiger Beprobung im Herbst 1989 1000 kg/ha (Trockengewicht) auf der Fläche 101. Die Schwankungen von Jahr zu Jahr lagen im Extrem zwischen 1750 kg/ha (1988) bzw. 4083 kg/ha (1989) bei einer Gesamtnadelmasse von 17600 kg/ha auf der Fläche 101 (BLOCK 1993). Auf den Beobachtungsflächen 106 und 125 waren, allerdings bei z.T. reduziertem Bestockungsgrad nach den Orkanen im Frühjahr 1990, geringere Streufallmengen als auf der Fläche 101 zu verzeichnen.

Die Analyse der Streufallmenge zwischen den Frühjahrsaufnahmeterminen und dem durchschnittlichen Verlustprozent der Fläche 101 zeigt, daß sich auch deutliche Schwankungen in der Nadelstreufallmenge nicht auf die Ansprache des durchschnittlichen Nadelverlustprozentes ausgewirkt haben (Abb.33). Auf den Fichtenversuchsflächen 106 und 125 war trotz Rückgang der Streufallmengen (1990-1992) ein Anstieg des durchschnittlichen Verlustprozentes zu verbuchen.

Interessant ist ebenfalls, daß die Streufallspitzen auf den 3 Versuchsflächen fast immer simultan auftreten. Vermutet werden können entweder ein physiologisches Schütten, oder überregional wirkende Einflüsse (z.B. Witterung).

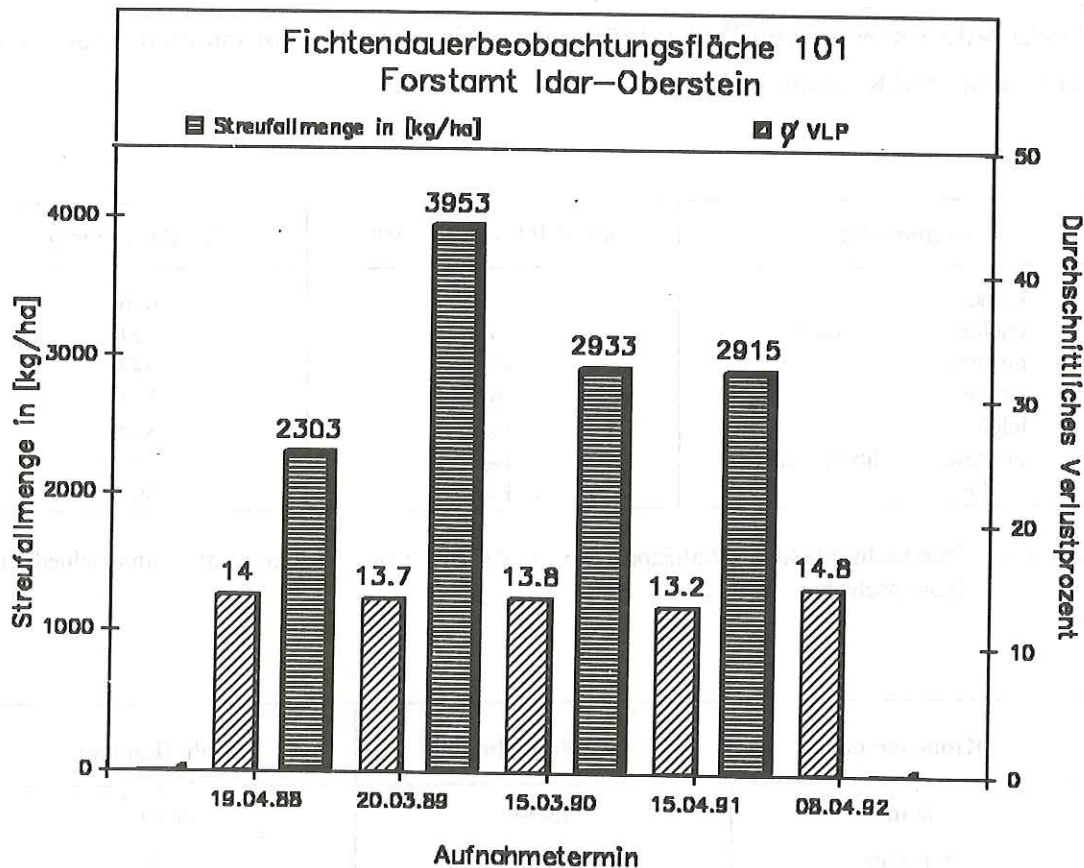


Abb. 33: Durchschnittliches Verlustprozent (ØVLP) und Nadelstreufallmenge in kg/ha Trockengewicht zwischen den jeweiligen Aufnahmeterrinen der Jahre 1987 bis 1992.

4.2.11 Zusammenhang zwischen Nadelverlust und abiotischen Merkmalen

Verletzungen an Stamm und Krone

Zur Überprüfung von Zusammenhängen zwischen Stammschäden und Kronenbrüchen - die auch Eintrittspforten für biotische Schaderreger (z.B. Pilze) darstellen- und dem Nadelverlust, werden die Stammschäden in sieben, die Kronenbrüche in vier Kategorien eingeteilt (Anhang I, Tab.4,5). Die Ergebnisse zeigen sowohl bezüglich der Stammschäden (Tab.17), als auch hinsichtlich der Kronenschäden (Tab.18) keine plausiblen Unterschiede zwischen den Gruppen der Gesamtkollektive auf. Lediglich zwischen den Gruppen "stark, offen" und "mittel, überwältigt" Stammschäden können statistisch gesicherte Unterschiede belegt werden. Auch die Prüfung der Stammschäden in den verschiedenen KRAFT-Klassen ergab keinerlei Hinweise auf steigende Kronenverlichtung bei stärkeren Stammverletzungen. Dagegen beobachteten SCHÖPFER und HRADETZKY (1984) bei der Auswertung der terrestrischen

Waldschadensinventur von Baden-Württemberg einen Anstieg im mittleren Nadelverlust bei Stamm- und Kronenschäden.

Stammschäden		Ø VLP Frühjahr 1989	Anzahl (Bäume)
keine		15,4	646
leichte	offene	15,5	224
mittlere		15,3	547
starke		16,2	544
leichte		15,9	342
mittlere	überwallte	14,6	387
starke		15,6	397

Tab. 17: Durchschnittliches Verlustprozent (ØVLP) von Fichten mit unterschiedlichen Stammschäden

Kronenbruch	Ø VLP Frühjahr 1989	Anzahl (Bäume)
kein	15,44	2610
geringer	15,78	453
mittlerer	15,23	22
starker	Baum scheidet aus der Bewertung aus	

Tab.18: Durchschnittliches Verlustprozent (Ø VLP) von Fichten mit unterschiedlich starkem Kronenbruch.

Die Analyse aller Einzelflächen führt zu dem gleichem Ergebnis; nur auf einer der 27 Fichtenbeobachtungsflächen konnten Unterschiede im Verlustprozent infolge Stammschäden - jeweils Kollektive: "keine"; "mittel, offen"; "leicht, überwallt" zu dem Kollektiv "mittel, überwallt" belegt werden.

4.2.12 Zusammenhänge zwischen ertragskundlichen Kennwerten und dem Nadelverlust

Baumklassen nach Kraft

Die Einteilung eines Baumes in Stammklassen nach KRAFT (1884) stellt ein Schätzverfahren dar (subjektive Einwertung), das die Wuchsintensität ausschließlich nach sozialen Gesichtspunkten gliedert. Von dem Kollektiv der 1983 bis 1992 bonitierten Einzelbäume werden 15% der Klasse 1, 66% der Klasse 2 und 18% der Klasse 3

zugeordnet. Die Entwicklung des durchschnittlichen Verlustprozentes von 1983 bis 1992 zeigt über den gesamten Zeitraum Unterschiede zwischen den Gruppen auf (Abb.34). Wuchskräftigere Bäume zeigen eine deutlich höhere Kronenverlichtung als geringere wüchsige Nachbarbäume.

Für das Gesamtkollektiv können die Unterschiede im durchschnittlichen Verlustprozent zwischen den Gruppen 1: 2, 3, 4 bzw. 2: 3, 4 für alle Jahre statistisch abgesichert werden; das gleiche gilt für weite Bereiche der Einzelkollektive.

Eine Prüfung inwieweit die Gruppierung der Flächen in unterschiedlich starke Kronenverlichtung (vergl. Kap. 4.2.1) durch unterschiedliche Baumklassenverteilung bestimmt ist, zeigte, daß zwar ein geringer Einfluß vorhanden, dieser jedoch für die Gruppierung der Flächen nicht maßgeblich ist.

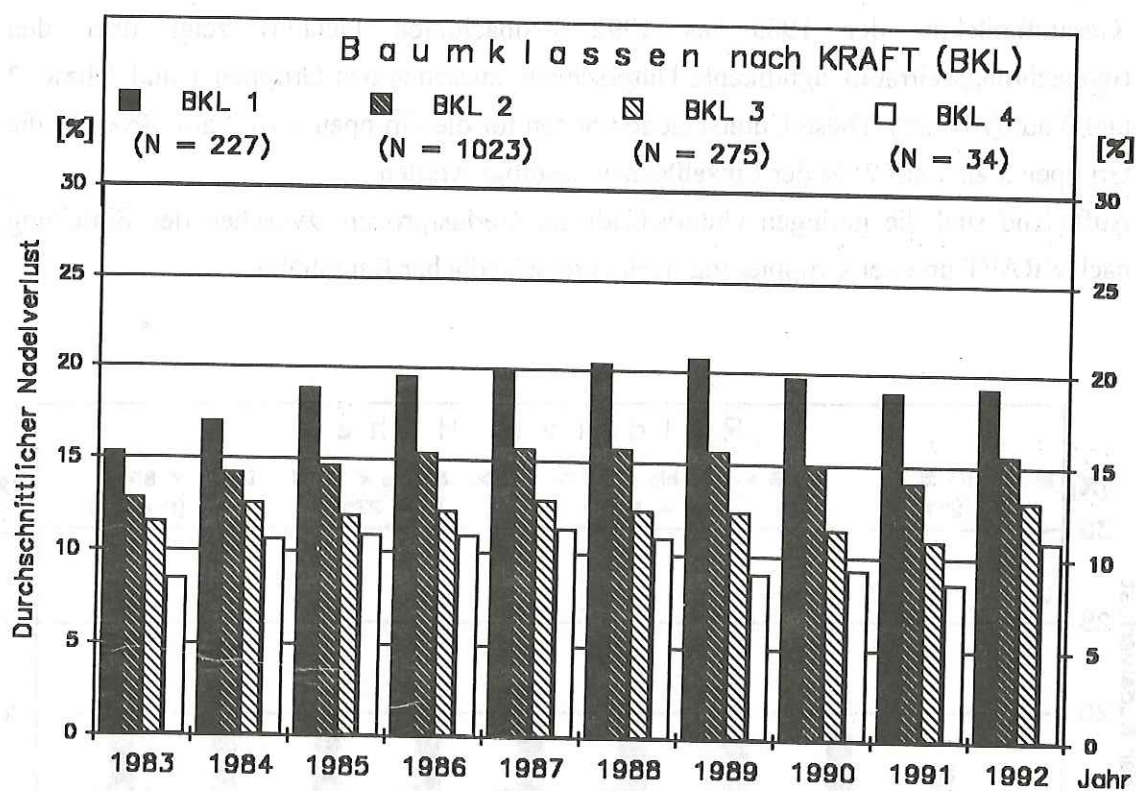


Abb. 34: Entwicklung des durchschnittlichen Nadelverlustes der Baumart Fichte in Prozent, aufgegliedert in Baumklassen (BKL) nach KRAFT (1884).

Baumhöhe

Eng korreliert mit der KRAFT-Klasse ist die Baumhöhe. Eine Gruppierung der Bäume nach ihrer relativen Höhe innerhalb des Bestandes könnte Hinweise auf unterschiedliche Gefährdungssituationen (z.B. exponierte Kronen) geben. Um dies zu überprüfen, werden

die Kollektive der Einzelflächen bezüglich ihrer relativen Höhe im Verhältnis zum höchsten Baum auf der Fläche in vier Gruppen aufgeteilt:

- Gruppe 1 = > 95 %
- Gruppe 2 = > 90 ≤ 95 % der Höhe des höchsten Baumes auf
- Gruppe 3 = > 80 ≤ 90 % der Beobachtungsfläche.
- Gruppe 4 = ≤ 80 %

Von 1541 gemessenen und 1983 bis 1992 bonitierten Bäumen sind 11% der Gruppe 1, 28% der Gruppe 2, 46% der Gruppe 3 und 15% der Gruppe 4 zuzuordnen.

Einen Überblick über die Entwicklung der durchschnittlichen Verlustprozente (Gesamtkollektiv der 1983 bis 1992 beobachteten Fichten) zeigt über den Beobachtungszeitraum signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen 1 und 3 bzw. 2 und 3 auf (Abb.35). Diese Unterschiede können für die Gruppen 1 zu 2 auf 50%, für die Gruppen 2 zu 3 auf 25% der Einzelflächen bestätigt werden.

Auffallend sind die geringen Unterschiede im Verlustprozent zwischen der Einteilung nach KRAFT und der Gruppierung nach unterschiedlicher Baumhöhe.

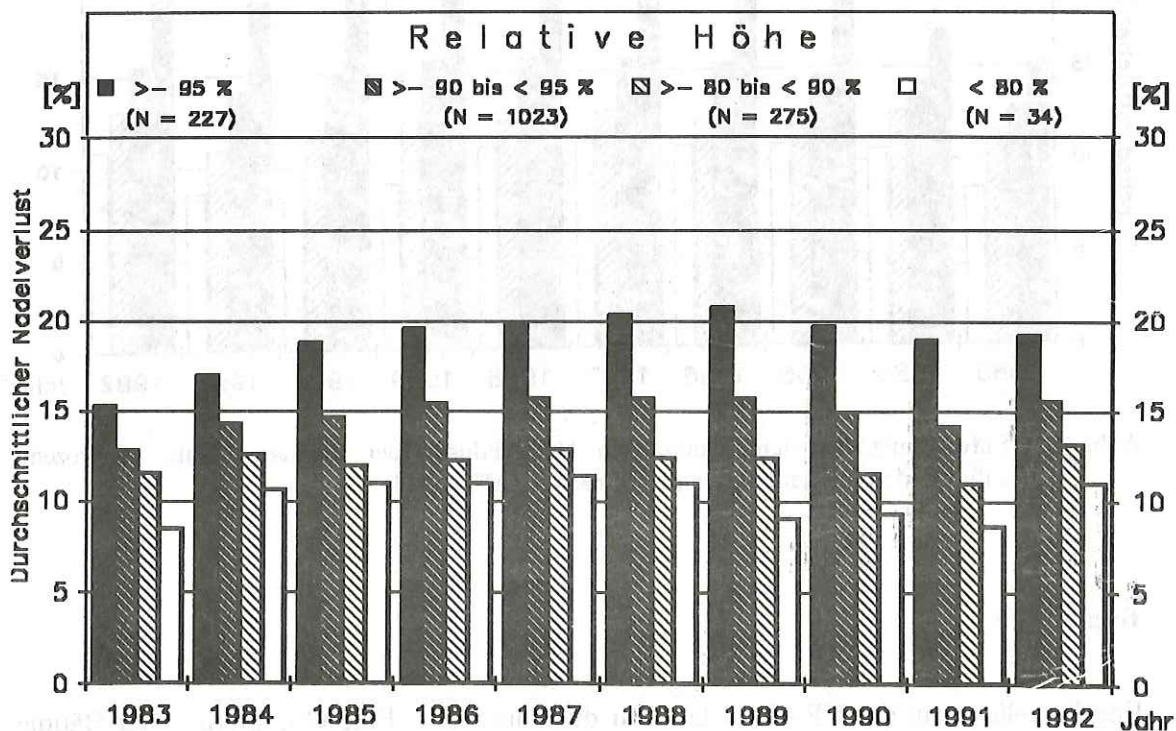


Abb. 35: Entwicklung des durchschnittlichen Nadelverlustes der Baumart Fichte in Prozent, aufgegliedert in Gruppen relativer Höhe zum höchsten Baum der jeweiligen Beobachtungsfläche.

Eine Überprüfung der ebenfalls eng mit der Einteilung nach KRAFT'schen Klassen bzw. der Baumhöhe korrelierten Parameter Brusthöhendurchmesser, Verhältnis von Höhe zu Durchmesser (h/d-Verhältnis), Anteil grüner Krone und Intensität der Kronenausbildung führte erwartungsgemäß zu den gleichen Ergebnissen. Je stärker und höher die Fichten, umso höher ist die eingewertete Kronenverlichtung.

4.2.13 Infrarot-Color-Luftbilder

Die ersten IRC-Luftbilder der Fichtendauerbeobachtungsflächen datieren aus dem Jahre 1984, die aktuellsten Aufnahmen liegen aus dem Jahre 1992 für 6 Beobachtungsflächen vor. Der Vergleich der Ergebnisse der terrestrischen Ansprache mit der Interpretation aus den Luftbildern zeigt, daß sowohl 1984; als auch 1992 die Bonitierung aus den Luftbildern einen höheren Anteil Fichten mit 0-10% Nadelverlust ausweist. Hinsichtlich der Entwicklung der Kronenverlichtung zeigen beide Bonitierungen einen leichten Rückgang in der Kronenverlichtung auf. Somit sind die Ergebnisse der beiden Verfahren sind im vorliegenden Falle ähnlich.

Jahr	1984				1992			
	Nadelverlust in %				Nadelverlust in %			
	0-10	11-25	26-40	≥41	0-10	11-25	26-40	≥41
terrestrisch	28	69	2	-	33	63	4	-
aerial	38	51	10	1	45	50	5	-

Tab. 19: Anteil verschieden stark verlichteter Fichten in Prozent; terrestrische und aerielle Bonitierung der Jahre 1984 und 1992 im Vergleich.

Der einzelbaumweise Vergleich der Bonitierungen zeigt, daß sowohl 1984; als auch 1992 etwa 60% der Fichten bei beiden Verfahren in die gleiche Stufe und 40% der Bäume in die benachbarte Stufe eingestuft wurden, lediglich bei 0,4% der Bäume lag die Bonitierung der Kronenverlichtung - überwiegend in die höhere Verlichtungsstufe bei der aeriellen Bonitierung - um mehr als eine Stufe auseinander.

terr.	1984				terr.	1992			
>41%	1				>41%				
26-40%	5	4	3		26-40%	4	13	3	1
11-25%	114	196	41	6	11-25%	126	171	18	
0-10%	76	61	7		0-10%	95	67	3	
aerial	0-10%	11-25%	26-40%	>41%	aerial	0-10%	11-25%	26-40%	>41%

Tab.20: Anzahl Fichten - Vergleich der terrestrischen Einstufung mit der Einstufung aus dem Luftbild im Jahre 1984 und 1992.

4.2.14 Zusammenhang zwischen Bodenzustand und Kronenverlichtung

Für 22 der 27 beschriebenen Flächen liegen chemische Analysen der Elementgehalte im Humus, der effektiven Kationenaustauschkapazität und der Austauscherbelegung im Mineralboden des Bodens vor. Diese Daten können zu einer ersten Überprüfung des Zusammenhangs zwischen Kronenverlichtung und Bodenzustand verwendet werden.

Zur Charakterisierung und Bewertung der Ergebnisse werden im wesentlichen die im Institut für Bodenkunde und Waldernährung der Universität Göttingen erarbeiteten Kennwerte herangezogen (MEIWES et al. 1984, ULRICH 1988). Die Flächen werden in drei Gruppen unterschiedlich hoher Kronenverlichtung eingeteilt (vergl. Abb.8) und deren Pufferbereich, Basen- und Magnesiumsättigung im Ober- und Unterboden dargestellt (Tab.21).

Alle Untersuchungsstandorte sind im Oberboden bereits stark versauert. Sie befinden sich im Aluminium-/Eisen-, in 4 Fällen bereits im Eisenpufferbereich. Die Basensättigung liegt bei 17 der 22 Flächen unter 10% und muß dort folglich als sehr gering bezeichnet werden. Eine Magnesiumsättigung unter 1% auf 8 der 22 Flächen zeigt eine sehr geringe Elastizität hinsichtlich der Mg-Versorgung an.

Die Ergebnisse des Unterbodens zeigen deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Flächen auf. Der Pufferbereich liegt zwischen dem Aluminium-/Eisen- und dem Austauscherpufferbereich, das Schwergewicht mit 14 Flächen im Aluminiumpufferbereich. Die Basen- und Magnesiumsättigung zeigt in der Mehrzahl der Standorte eine sehr geringe Elastizität; allerdings zeigen einzelne Flächen (110, 111, 142) eine sehr hohe Basen- und Magnesiumsättigung im Unterboden auf.

Gruppierung der Flächen nach unterschiedlicher Kronenverlichtung	Flnr. Probeart	Oberboden			Unterboden		
		Pufferbereich	Basensättigung %	Magnesiumsättigung %	Pufferbereich	Basensättigung %	Magnesiumsättigung %
relativ höher	105*	Fe-Al	5,7	1,1	Al	10,1	0,9
	106**	Fe-Al	4,6	0,7	Al	4,3	0,4
	113***	Fe-Al	5,2	0,6	Al	8,9	0,6
	121*	Fe-Al	3,5	1,0	Aus	7,8	1,2
	122**	Fe-Al	4,0	0,7	Al	6,7	0,6
	123*	Fe-Al	2,7	0,6	Al	8,7	1,4
	127*	Fe-Al	6,3	1,2	Al	6,4	0,6
	144*	Fe-Al	11,0	1,7	Al	7,7	0,9
	146*	Fe-Al	8,3	1,6	Al	7,2	1,1
indifferent	102*	Fe-Al	4,5	1,0	Al	8,6	0,8
	109*	Fe-Al	6,8	1,2	Al	6,2	0,7
	124***	Fe	5,5	0,7	Al	7,6	0,5
	142*	Fe-Al	17,9	2,8	Al	54,0	19,4
relativ niedriger	101**	Fe-Al	3,8	0,7	Aus	4,8	0,4
	103*	Fe-Al	7,8	1,8	Al	7,7	1,0
	107***	Fe	7,3	0,7	Fe-Al	4,9	0,5
	108*	Fe	11,3	1,4	Fe-Al	13,6	2,2
	110*	Fe-Al	10,2	2,2	Aus	74,0	23,1
	111**	Fe-Al	8,2	1,3	Aus	83,3	31,1
	125**	Fe-Al	4,4	0,7	Al	4,7	0,4
	126*	Fe	10,6	1,7	Aus	11,0	1,9
128*	Fe-Al	8,3	1,3	Fe-Al	5,2	0,7	

* 1984 aliquote Mischprobe aus dem Bodenprofil 3 - 8 bzw. 50 - 60 cm Tiefe

** 1988 ff; flächenrepräsentativ; Rasterverfahren auf gezäunten Bodendauerbeobachtungsflächen; Tiefen 5 - 10 bzw. 30 - 60 cm

*** Bodenproben nach BZE-Verfahren (Profil + 8 Bohrungen) Tiefe: 5 - 10 bzw. 30 - 60 cm.

Tab.21: Pufferbereich, Basen- und Magnesiumsättigung im Ober- und Unterboden auf Fichtenflächen unterschiedlicher Kronenverlichtung in den Jahren 1983-1989.

Zwischen den Gruppen unterschiedlicher Kronenverlichtung sind, bis auf Einzelfälle, nur geringe Unterschiede in der Basen- bzw. Magnesiumsättigung zu erkennen. Flächen mit sehr niedriger Basensättigung, können sowohl eine vergleichsweise niedrige (z.B. 101 und 125), als auch eine vergleichsweise hohe Kronenverlichtung (z.B. 106 und 122) aufweisen. Die drei Flächen mit der höchsten Basensättigung im Unterboden (110, 111, 142) weisen jedoch eine vergleichsweise geringe bzw. indifferente (142) Kronenverlichtung auf.

4.2.15 Zusammenhang zwischen Nähr- und Schadstoffgehalten in den Fichtennadeln und der Kronenverlichtung

Die Bewertung der Daten erfolgt anhand der Nadelanalyseergebnisse der landesweiten Bodenzustandserhebung in Rheinland-Pfalz (BZE) unter Einbeziehung verschiedener Literaturangaben (BURGER 1941, REEMTSMA 1979, SMIDT und STEFAN 1980, KRAUS et al. 1986). Nadelspiegelwerte siehe Anhang III.

Die Versorgung mit Stickstoff, Phosphor, Kalium und Calcium liegt nicht im Mangelbereich. Allerdings können etwa 20-30% der Flächen als mit jeweils einem oder mehreren dieser Elemente nur schwach versorgt bezeichnet werden. Dagegen weisen 28% der Fichtenflächen bei einem Vergleich mit den Alterslinien von REEMTSMA (1986) einen starken Magnesiummangel auf, weitere 68% der Flächen sind nur schwach mit Mg versorgt. Manganmangel liegt an keinem der Punkte vor. Weder bei den Schwefel- (892 bis 1392 mg/kg) noch bei den Chlorgehalten (477 - 982 mg/kg) kann in dem Untersuchungszeitraum von einer deutlichen Belastung ausgegangen werden. Die auf 14 Beobachtungsflächen durchgeführte Wiederholungsbeprobung (1984/86, 1984/87 bzw. 1984/88) verdeutlicht, daß die 1984 im ersten Nadeljahrgang z.T. noch deutlich erhöhten Schwefelgehalte bei dem zweiten Probenahmetermin nicht mehr erkennbar waren (s. Anhang III). Gleichzeitig ist ein Rückgang der Differenzen im Schwefelgehalt zwischen dem ersten und dritten Nadeljahrgang des gleichen Probenahmetermins im Untersuchungszeitraum zu beobachten. Die Unterschiede in der Schwefelanreicherung zwischen dem ersten und dritten Nadeljahrgang liegen allerdings häufig im Bereich des Analysefehlers von etwa 10-20%.

Die Ergebnisse der landesweiten Rastererhebung (BZE) wurden entsprechend der Perzentile der Gesamthäufigkeit in fünf Klassen eingeteilt:

NN	=	relativ sehr niedrig	=	< 15 %	
N	=	relativ niedrig	=	15 - <35 %	
M	=	mittel	=	35 - <65 %	der Summenhäufigkeitsverteilung
H	=	relativ hoch	=	65 - <85 %	
HH	=	relativ sehr hoch	=	≤ 85 %	

Die Nadelanalysedaten der Beobachtungsflächen wurden jeweils diesen, aus der BZE abgeleiteten Klassen zugeordnet (Tab.22). Damit wird ein Vergleich dieser gezielt ausgesuchten Standorte mit den Ergebnissen der flächenrepräsentativen Rastererhebung der BZE ermöglicht. Dieser Vergleich zeigt, daß die N, P, (K) - Versorgung auf der Mehrzahl der Flächen noch vergleichsweise gut ist, während Ca und Mn, obwohl noch nicht im Mangelbereich, im landesweiten Vergleich doch eher niedrige Werte aufweisen. Vergleichsweise sehr niedrige Gehalte liegen bei der Mg-Versorgung vor.

Gruppierung nach unterschiedlicher Kronenverlichtung	FLNR	N	P	K	CA	Mg	MN	S	CL	%-Anteil VST>1	Gesamtbenadelungswert
relativ höher	105	H	H	N	N	N/N	N	M	H	0,8	517
	106	M	H	N	N	NN/NN	H	M	H	1,3	537
	121	H	HH	H	NN	N/NN	NN	M	M	1,9	489
	122	N	H	H	M	N/NN	N	M	HH	0,3	538
	123	N	HH	M	M	NN/NN	NN	HH	H	5,6	550
	127	N	HH	N	M	M/N	M	N	H	3,2	534
	143	M	M	M	H	N/M	HH	M	H	0,2	461
	144	HH	H	H	M	N/N	H	HH	HH	0,0	425
	146	N	HH	M	M	N/NN	N	HH	H	1,9	452
indifferent	102	HH	M	H	N	N/NN	N	H	M	5,9	551
	104	H	H	M	N	NN/NN	M	N	M	2,6	539
	109	M	H	N	NN	N/NN	M	M	M	0,2	480
	124	H	H	H	N	NN/NN	NN	N	M	2,6	472
	142	M	HH	H	H	N/M	HH	M	HH	0,0	436
relativ niedriger	101	H	H	M	NN	N/NN	N	HH	M	3,7	521
	103	N	H	N	M	N/NN	M	M	H	0,4	522
	107	H	H	H	NN	NN/NN	NN	M	M	0,1	459
	108	HH	H	HH	NN	NN/NN	NN	HH	H	0,4	466
	110	H	HH	N	M	H/M	M	M	M	0,0	503
	111	HH	HH	H	M	HH/H	NN	HH	H	0,0	445
	125	H	H	N	N	NN/NN	N	M	M	7,1	519
	126	HH	HH	H	NN	NN/NN	N	M	N	9,3	478
	128	H	M	H	N	N/NN	N	M	M	0,7	475
	141	HH	N	H	H	M/M	H	HH	HH	0,0	485
147	HH	HH	M	M	N/NN	HH	HH	HH	0,2	435	

Tab. 22: Nähr- und Schadstoffgehalte in Fichtennadeln auf Flächen unterschiedlicher Kronenverlichtung in den Jahren 1983-1989, ergänzt um den Anteil deutlich vergilbter Fichten (Vergilbung >25%) und den Gesamtbenadelungswert von Seitenästen 1. Ordnung der Probestämme (drei Mischproben à 5 Fichten aus den Jahren 1986-1988; je 1 Ast aus dem 7. Quirl. 1. Nadeljahrgang außer: Ca 3. Nadeljahrgang und Mg 1. und 3. Nadeljahrgang, Klassifizierung siehe Text).

Bei der Baumart Fichte sind keine deutlichen Zusammenhänge zwischen der Versorgung mit den Hauptnährelementen N, P, K, Ca, Mg und Mn bzw. einer Belastung mit den Schadstoffen S und Cl und der Gruppierung der Versuchsflächen nach unterschiedlicher Kronenverlichtung erkennbar. Allenfalls bei der Stickstoffversorgung deutet sich ein Zusammenhang zwischen vergleichsweise geringer N-Versorgung und relativ höherer Kronenverlichtung an. Gleichwohl zeigt sich, daß die Standorte mit einer im Unterboden deutlich besseren Basensättigung z. B. Fläche 110, 111 auch eine vergleichsweise gute Nährelementversorgung - bei einer im Vergleich geringeren Kronenverlichtung - aufweisen.

Standorte mit vergleichsweise relativ sehr niedriger Magnesiumversorgung weisen in der Mehrzahl der Fälle auch einen etwas höheren Anteil stärker vergilbter Bäume auf. Vergleicht man die Nadelspiegelwerte (Anhang,III) mit den "Alterslinien" von REEMTSMA (1986), so zeigt sich, daß 28% der Fichtenflächen einen starken

Magnesiummangel aufweisen. Diese Bestände mit einem Mg-Gehalt von <300 mg/kg Trockengewicht im 3. Nadeljahrgang unterschreiten somit die von REEMTSMA (1986) angegebene Vergibungsschwelle. Zugleich zeigen diese Flächen einen vergleichsweise hohen Anteil stark vergilbter Bäume auf.

4.3 Kiefer

Den folgenden Ausführungen liegt ein Kollektiv von bis zu acht Kiefernbeobachtungsflächen zugrunde. Zu Beginn der Untersuchungen 1984 und 1985 wurden sechs Flächen mit insgesamt 498 Bäumen aufgenommen, ab 1986 acht Flächen mit nunmehr 601 Bäumen. 1990 mußte eine Fläche aufgrund zahlreicher Windwürfe aufgegeben werden.

4.3.1 Entwicklung der Kronenverlichtung auf den einzelnen Flächen im Vergleich

Für jede Einzelfläche wird im Anhang IV die Entwicklung der Schadstufen und des durchschnittlichen Nadelverlust-/Vergilbungsprozentes sowie der Kollektiventwicklung im Beobachtungszeitraum graphisch dargestellt.

Die Entwicklung der Kronenverlichtung auf den Einzelflächen, dargestellt als Entwicklung der durchschnittlichen Verlustprozente aller von 1984 bis 1986, 1986 bis 1989 bzw. 1989 bis 1992 beobachteten Bäume verdeutlicht, daß insbesondere auf den zu Beginn der Untersuchungen relativ stärker verlichteten Flächen (in Abb.36 fett gezeichnet) bis 1989 ein Rückgang der Verlichtung zu verzeichnen ist. Die Analyse der Einzelkollektiventwicklung zeigt zudem, daß sich die in den ersten Jahren vorhandenen Unterschiede im relativen Nadelverlustprozent im Zeitverlauf nivelliert haben. Während 1986 das Niveau des durchschnittlichen Nadelverlustprozentes der Einzelflächen zwischen 10 und 22% liegt, reduzieren sich diese Differenzen auf 9 bis 14% im Jahre 1992. Die Entwicklung verläuft insgesamt relativ homogen, lediglich die Untersuchungsfläche 304 weist bis 1988 eine im Vergleich zum übrigen Kollektiv deutlich erhöhte Kronenverlichtung auf (s.Kap. 4.1.2).

Der Nadelverlust zwischen den Einzelflächen wird mittels DUNN-Test (paarweiser Vergleich der Daten) jahresweise auf Unterschiede getestet.

In einem zweiten Schritt werden die Ergebnisse mit Hilfe eines Clusteranalyseverfahrens nach der Complete-Linkage-Methode bearbeitet und sich ähnlich verhaltende Flächen der Beobachtungsjahre 1986 bis 1992 in drei Gruppen im Vergleich zum Gesamtkollektiv der sieben Jahre höherer (in 5 der sieben Jahre höher), niedrigerer oder ähnlicher Verlustprozente zugeordnet.

Die Ergebnisse zeigen, daß 2 der 7 Flächen über den Beobachtungszeitraum eher höhere, ebenfalls 2 Flächen im Vergleich zum Gesamtkollektiv eher niedrigere Verlustprozente aufweisen. Bei drei Flächen ist keine eindeutige Zuordnung möglich (Abb.37). Flächen mit eher höherer Kronenverlichtung sind im Pfälzerwald und im Raum Schaidt, Flächen mit eher niedriger Kronenverlichtung im nördlichen Pfälzerwald und im Raum Speyer zu finden.

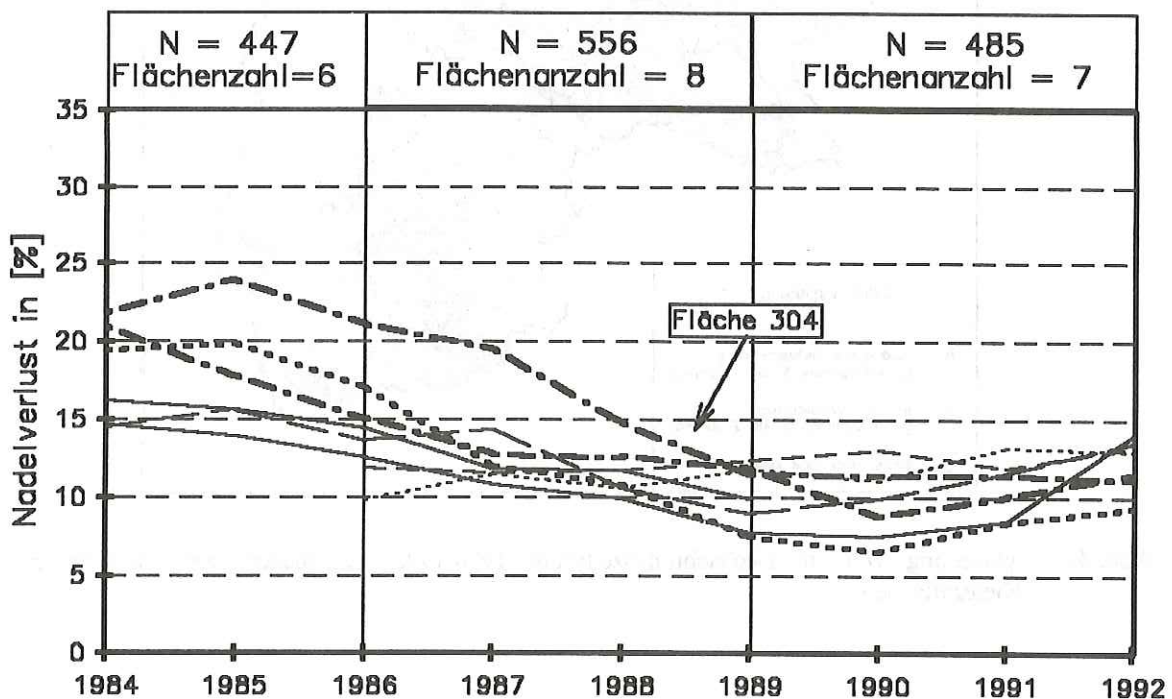


Abb. 36: Entwicklung des durchschnittlichen Nadelverlustes auf den Kiefernbeobachtungsflächen jeweils aller von 1984 bis 1986, 1986 bis 1989 bzw. 1989 bis 1992 bonitierten Bäume in Prozent.

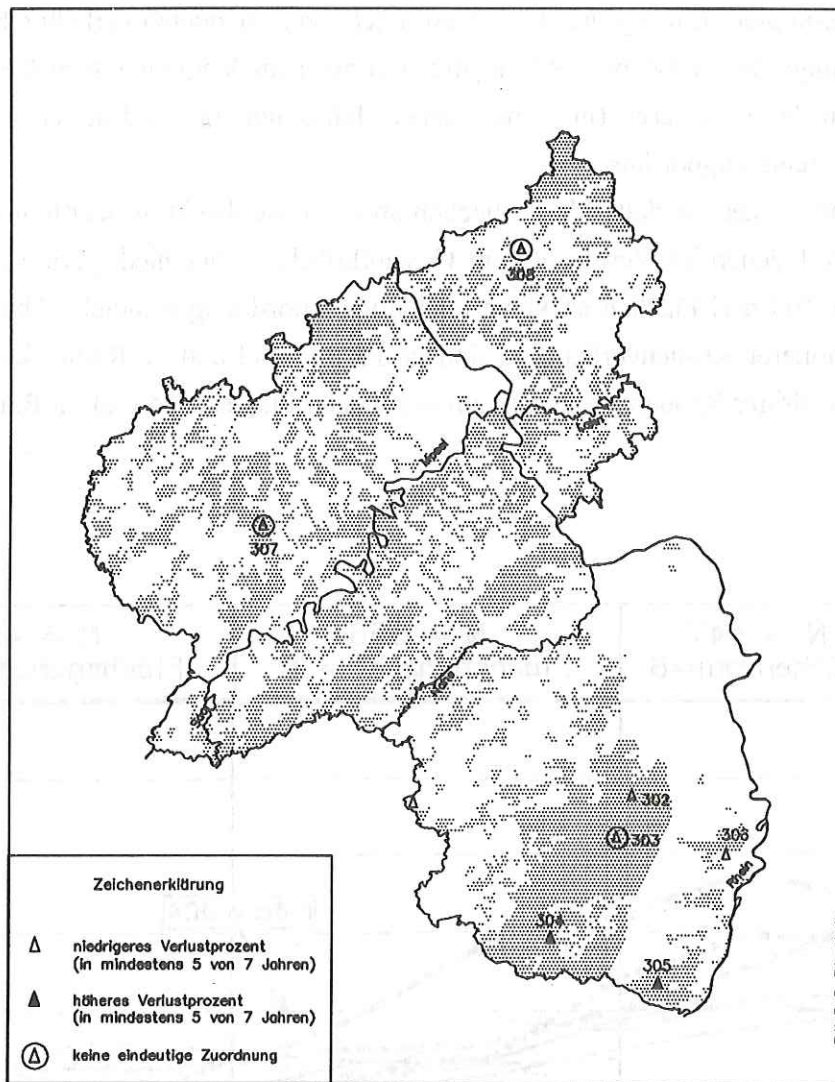


Abb. 37: Verteilung von im Beobachtungszeitraum 1986-1992 verschieden stark verlichteter Kiefernflächen.

4.3.2 Räumliche Verteilung der Kronenverlichtung auf den Einzelflächen

Die visuelle Auswertung der Verteilungen des Merkmales "Verlustprozent" auf den Einzelflächen am Beispiel des Jahres 1989 läßt aufgrund der geringen Differenzierung im relativen Verlustprozent der Einzelbäume keine Rückschlüsse auf Gruppenbildungen, im Sinne eines gehäuften Auftretens von gleichen oder ähnlichen Verlustprozenten, zu (Abb.38).

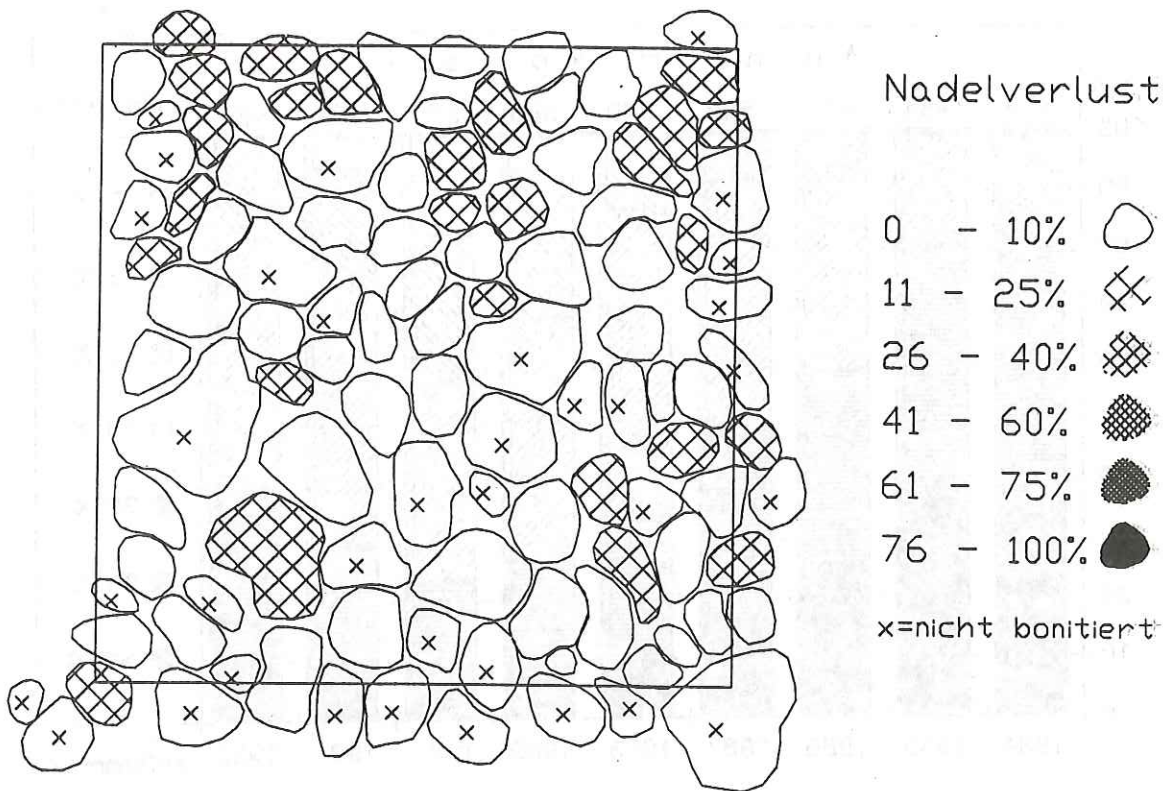


Abb. 38: Räumliche Verteilung der Kronenverlichtung am Beispiel der Kiefernbeobachtungsfläche 304 (Aufnahmejahr 1989).

4.3.3 Entwicklung des relativen Verlustprozentes -Gesamtkollektiv

Einen Überblick über den Kollektivumfang der Kieferndauerbeobachtungsflächen sowie das Ausmaß und die Entwicklung der Nadelverluste vermittelt Abb.39. Dargestellt ist die prozentuale Aufgliederung der in 5%-Werten ermittelten Nadelverluste von 1984 bis 1992 für die im jeweiligen Jahr erfaßten, lebenden bzw. aktuell abgestorbenen Bäume. Der Anteil der Bäume mit 0 - 10% Nadelverlust entwickelt sich von 18% im Jahr 1984 kontinuierlich auf 76% 1990, um dann wieder auf 60% 1992 zurückzufallen. Der Anteil der deutlichen Schäden (>25% Nadelverlust) schwankt zwischen nahezu 10% 1984, 0,3% 1989 und 1,2% 1992. Die größten Veränderungen des Nadelverlustprozentes sind von 1985 bis 1989 (jährlicher Rückgang) und von 1991 auf 1992 (Zunahme) zu beobachten.

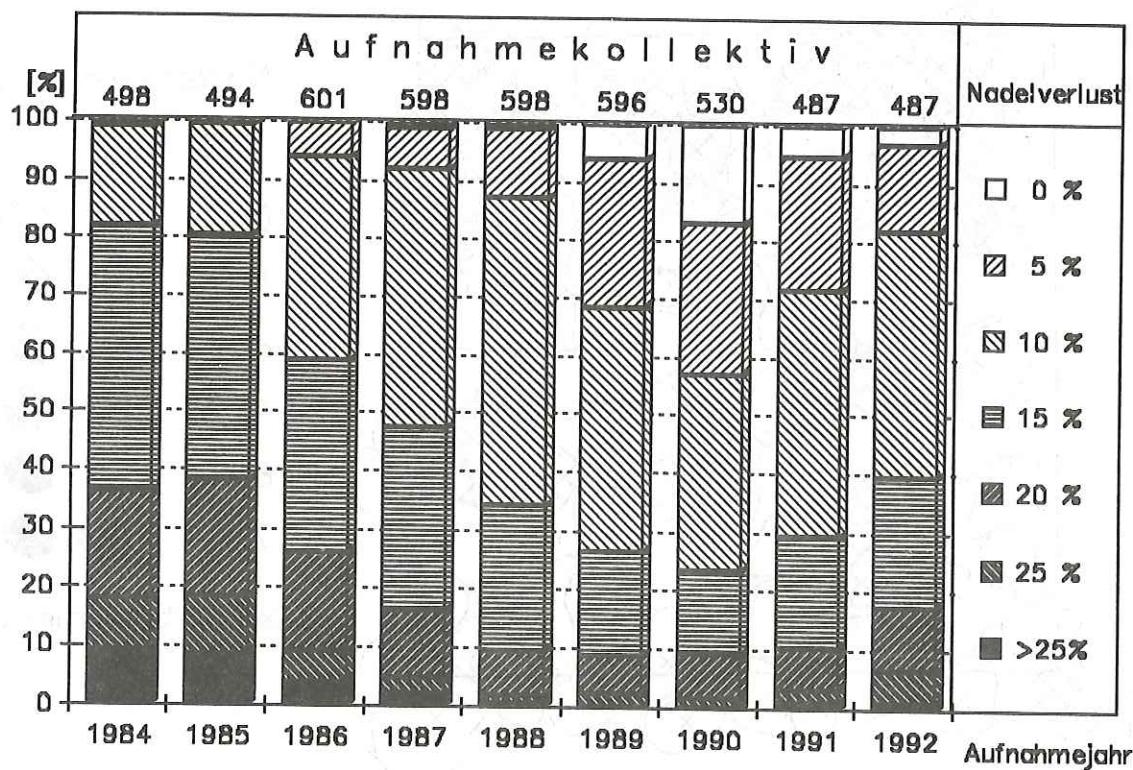


Abb. 39: Verteilung der in Fünf-Prozent-Werten erfaßten Nadelverluste; Gesamtkollektiv Kiefer 1984 bis 1992 (Kollektiv der im jeweiligen Jahr noch lebenden bzw. seit der letzten Erhebung abgestorbenen Bäume).

Das Gleichmaß dieser Entwicklung belegt eine Analyse der jährlich stattfindenden Veränderungen des relativen Verlustprozentes. Hierzu werden jährliche Nadelverlustprozentdifferenzen berechnet und die Anzahl der jeweiligen Bäume in diesen Veränderungsstufen in Prozent des Gesamtkollektives dargestellt (Abb.40). Über den gesamten Beobachtungszeitraum weisen zwischen 35 und 55% des Kollektives das gleiche Verlustprozent wie im Vorjahr auf. Zwischen 4 und 14% der Bäume haben sich um mehr als 5%-Punkte verändert, d.h. etwa 90% des Beobachtungskollektives weisen jährliche Differenzen von $\pm 5\%$ Nadelverlust auf.

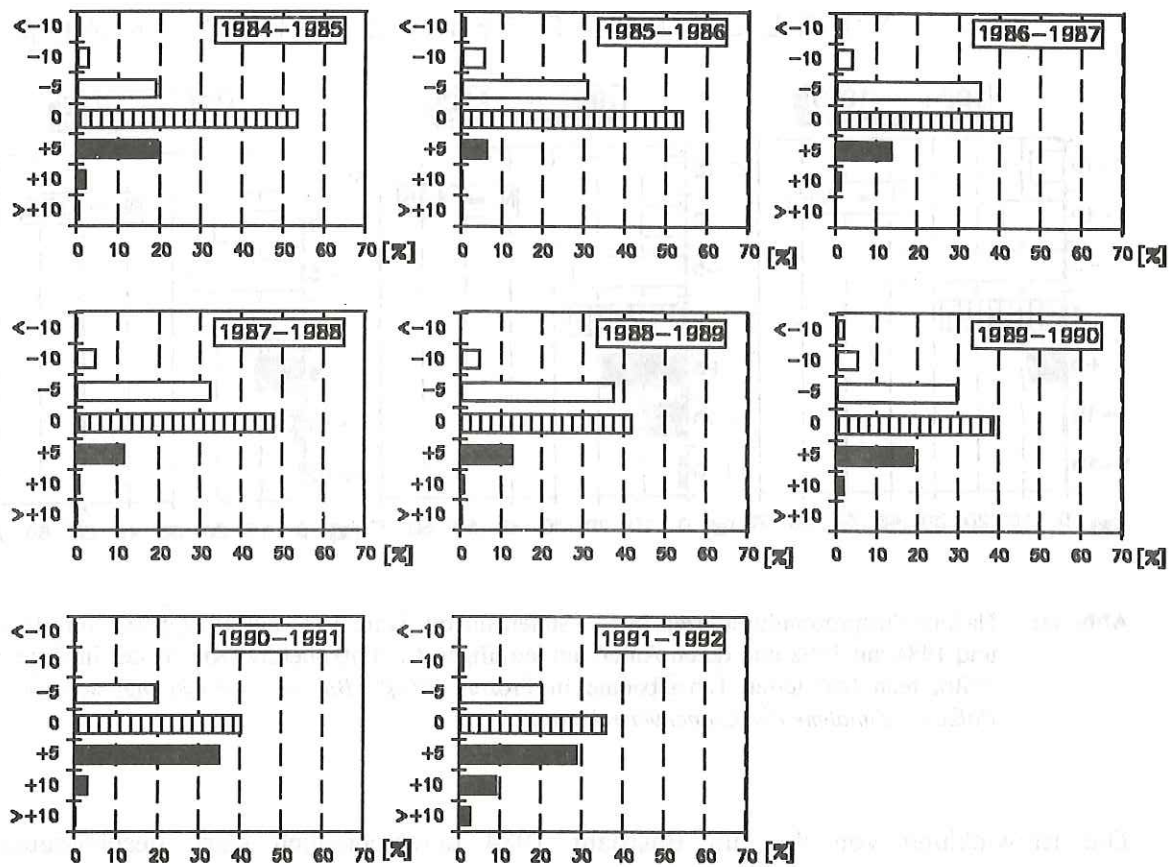


Abb. 40: Jährliche Nadelverlustprozentdifferenzen in 5%-Stufen und deren Anteil am Gesamtkollektiv der Baumart Kiefer im Vergleich der Jahre 1984 bis 1992 (weiße Balken = Rückgang, schwarze Balken = Zunahme der Kronenverlichtung).

Die Verlustprozentdifferenzen gleicher Kollektive über längere Zeiträume (1984 auf 1987, 1987 auf 1992 und 1984 auf 1992) zeigen im Vergleich zur jahresweisen Entwicklung größere Schwankungen auf (Abb.41). Ersichtlich wird, daß die relativen Anteile der Bäume, deren Nadelverlust abgenommen hat, in dem Zeitraum 1984-1987 am größten und zwischen 1987 und 1992 nur noch gering ausgeprägt ist. Bei der Betrachtung des Gesamtzeitraumes von 1984 auf 1992 zeigt sich, daß 55% der 1984 und 1992 bonitierten Bäume eine maximale Differenz von $\pm 5\%$ Nadelverlust aufweisen. 20% der Bäume haben sich um mehr als 10% "verbessert" (Nadelverlustabnahme) und 1,3% der Bäume um mehr als 10% "verschlechtert" (Nadelverlustzunahme).

VERLUSTPROZENTDIFFERENZEN

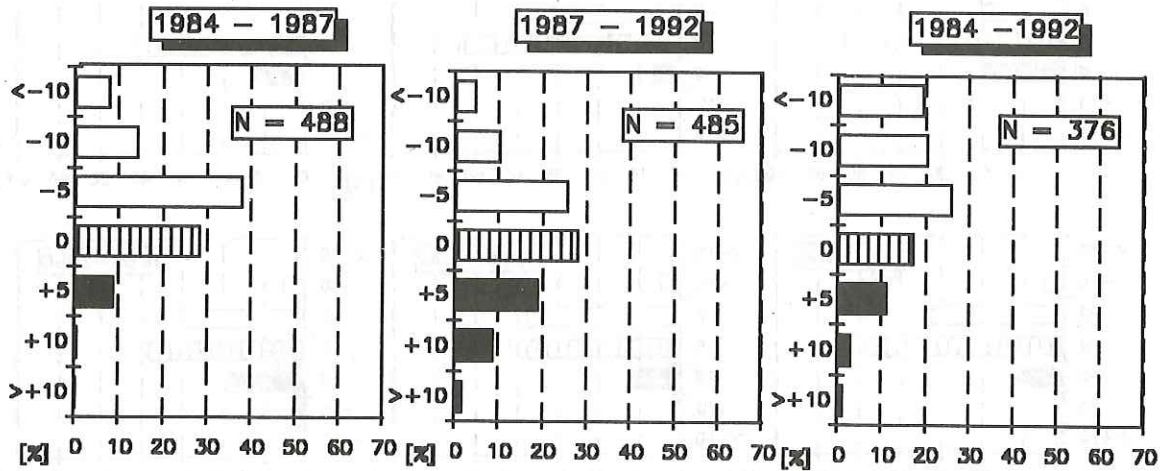


Abb. 41: Nadelverlustprozentdifferenzen in 5%-Stufen für die Jahre 1984 auf 1987, 1987 auf 1992 und 1984 auf 1992 und deren Anteil am jeweiligen Gesamtkollektiv (Kiefer) der in diesen Zeiträumen bonitierten Einzelbäume in Prozent (weiße Balken = Rückgang, schwarze Balken = Zunahme der Kronenverlichtung).

Die Entwicklung von drei im Basisjahr 1984 unterschiedlich stark geschädigten Teilkollektiven (0-10% Nadelverlust, 15-25% Nadelverlust, >25% Nadelverlust) zeigt eine deutlich höhere Dynamik der Veränderungen bei Bäumen mit höherem Nadelverlust. Ersichtlich wird, daß diese Kiefern im Vergleich zu den Bäumen mit geringerem Nadelverlust von 1984 auf 1992 einen deutlichen Rückgang im relativen Nadelverlustprozent aufweisen (Abb.42). Kiefern mit 15-25% Nadelverlust weisen ebenfalls einen Rückgang, Bäume mit <math><15\%</math> Nadelverlust eine geringfügige Zunahme im Nadelverlustprozent auf.

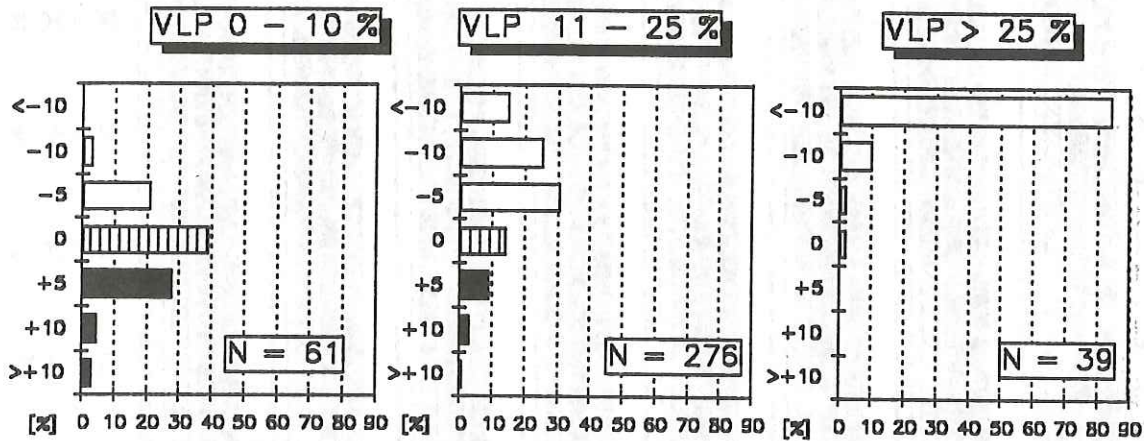


Abb. 42: Nadelverlustprozentdifferenzen in 5%-Stufen von 1984 auf 1992 und deren Anteil am Gesamtkollektiv für drei Gruppen 1984 unterschiedlich stark verlichteter Kiefern (weiße Balken = Rückgang, schwarze Balken = Zunahme der Kronenverlichtung).

4.3.4 Erfassung von Anzahl und Vollständigkeit der Nadeljahrgänge

Bei der Kiefer kann, im Gegensatz zur Fichte, eine Erfassung von Anzahl und Vollständigkeit der Nadeljahrgänge bei einer terrestrischen Taxation stehender Bäume durchgeführt werden. Diese Möglichkeit zur Objektivierung der Ansprache der Kronenverlichtung wird seit 1985 genutzt (FRAUDE 1988). Die Ergebnisse zeigen, daß der erste Nadeljahrgang über den gesamten Beobachtungszeitraum vollständig vorhanden ist (Abb.43). Der Anteil voller Benadelung am zweiten Nadeljahrgang schwankt zwischen 90% (1985) und 99% (1991) der aufgenommenen Bäume. Die größten Veränderungen finden am dritten Nadeljahrgang statt. Der Anteil von Bäumen mit vollbenadelten Trieben schwankt zwischen 1% (1985), 59% (1988) und 35% (1992). Die Benadelung des vierten Nadeljahrgangs ist über den gesamten Zeitraum sehr gering und i.d.R. nur in einer Restbenadelung (< 50%) vorhanden.

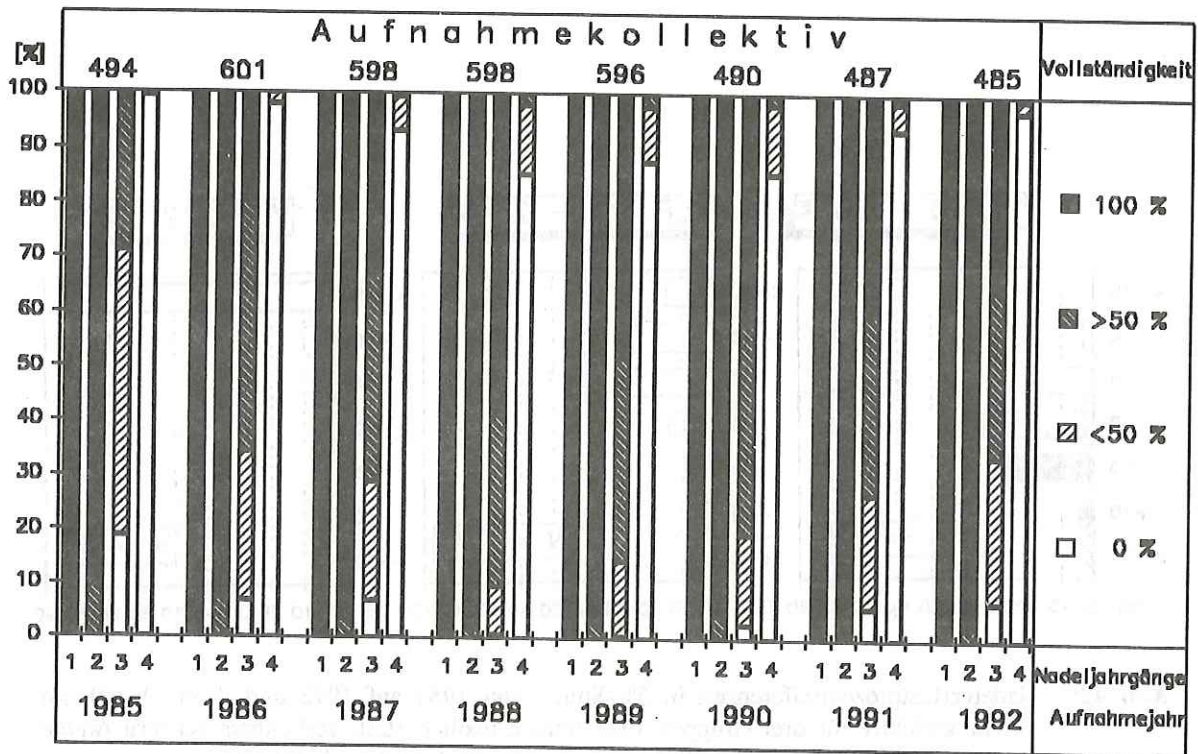


Abb. 43: Vollständigkeit der Benadelung an jeweils vier Nadeljahrgängen in den Jahren 1985 bis 1992 bei der Kiefer in Prozent.

Die Entwicklung des Gesamtbenadelungswertes (= Summe der Stufenmittelwerte der einzelnen Nadeljahrgänge) aller von 1985 bis 1992 durchgängig beobachteten Bäume zeigt einen deutlichen Anstieg von 1985 bis 1988, um 1989 und 1990 nach geringem Rückgang zu stagnieren (Tab.23). Danach fällt der Gesamtbenadelungswert auf den Wert von 1987 zurück.

Bei der Berechnungen des Gesamtbenadelungswertes werden Kiefern mit einem Anteil männlicher Blütenbildung $\geq 90\%$ der Gesamtkrone nicht bewertet, da die für die Herleitung des Gesamtbenadelungswertes benötigte Anzahl bonitierbarer Zweige in der Oberkrone (5-10) bei diesen Bäumen i.d.R. nicht mehr gegeben ist.

Jahr	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Gesamtbenadelungswert	2,32	2,56	2,67	2,91	2,87	2,85	2,75	2,67

Tab. 23: Entwicklung des durchschnittlichen Gesamtbenadelungswertes 1985 bis 1992

Die Entwicklung von drei Gruppen unterschiedlich hoher Ausgangs-Gesamtbenadelungswerte 1985 ($1 = \geq 2,75$; $2 = 2,0 - 2,5$; $3 = 1,0 - 1,75$) zeigt deutliche Unterschiede zwischen diesen Gruppen auf (Abb.44). Die 1985 vorhandenen Unterschiede haben sich bis 1988 merklich verringert. Die Kiefern in Gruppe 1 haben nach einer Zunahme der Benadelung 1992 wieder den ursprünglichen Durchschnittswert von 1985 erreicht. Die zu Beginn der Erhebung stärker entnadelteten Gruppen haben sich bis 1988 deutlich erholt (Gruppe 3 um nahezu einen Nadeljahrgang) und sind 1992 erheblich von dem Tiefstand des Jahres 1985 entfernt.

Diese Entwicklung gleicht nicht völlig der Entwicklung des durchschnittlichen Verlustprozentes, da in diesen Wert auch andere Parameter (s.u.) einfließen.

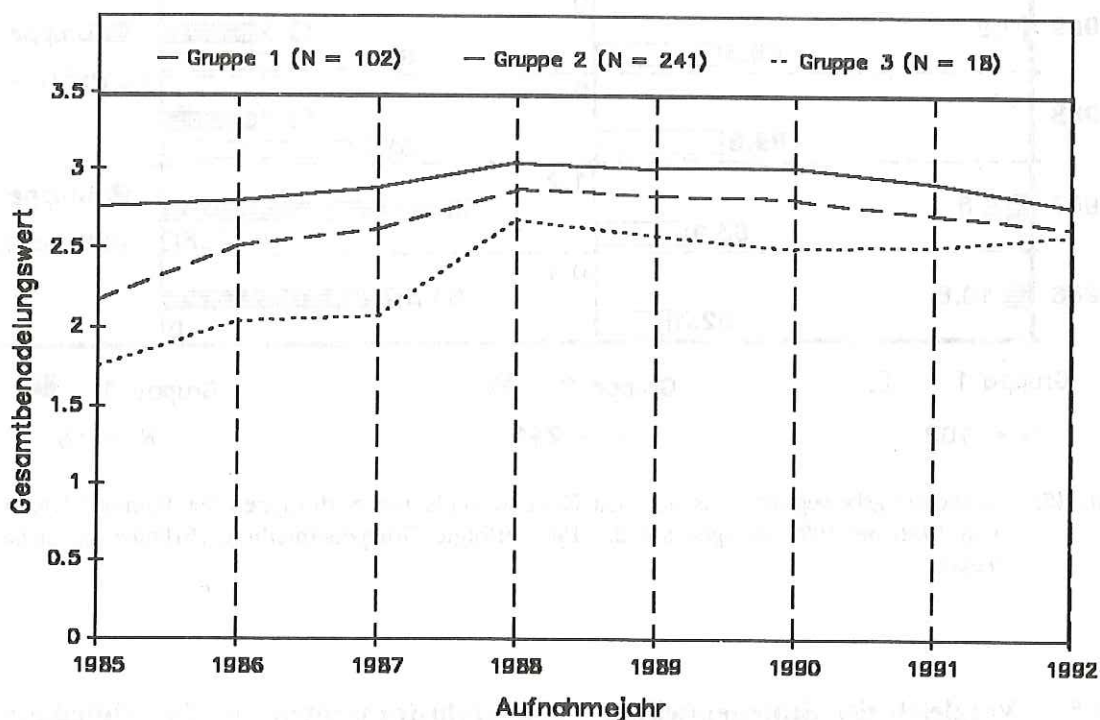


Abb. 44: Entwicklung des durchschnittlichen Gesamtbenadelungswertes 1985 bis 1992 für drei Gruppen von Bäumen mit unterschiedlichem Ausgangs-Gesamtbenadelungswert im Jahr 1985.

Von besonderem Interesse sind Wanderungsbewegungen zwischen Gruppen von Bäumen mit unterschiedlichem Ausgangsbenadelungswert 1985. Hierzu werden die Kiefern in drei Gruppen (s.o.) mit unterschiedlichem Gesamtbenadelungswert 1985 eingeteilt (Abb.45). Ausgeschlossen werden Kiefern mit einem Blühprozent ≥ 90 . Im Zeitraum 1985 auf 1986 sind 10,8% der Bäume aus Gruppe 1 in Gruppe 2 gewandert, während 52,3% der Kiefern von Gruppe 2 in Gruppe 1, und 83,3% aus Gruppe 3 in

Gruppe 2 gewechselt sind. Von 1985 auf 1992 sind dagegen 24,5% der Bäume aus Gruppe 1 in Gruppe 2, 64,3% aus Gruppe 2 in Gruppe 1 gewandert. Von den 18 Kiefern in Gruppe drei sind von 1985 auf 1992 jeweils 9 Bäume in die Gruppen 1 bzw. 2 gewechselt. Dies verdeutlicht, daß die Kiefern ihre Benadelung im Beobachtungszeitraum z.T. deutlich verändert haben.

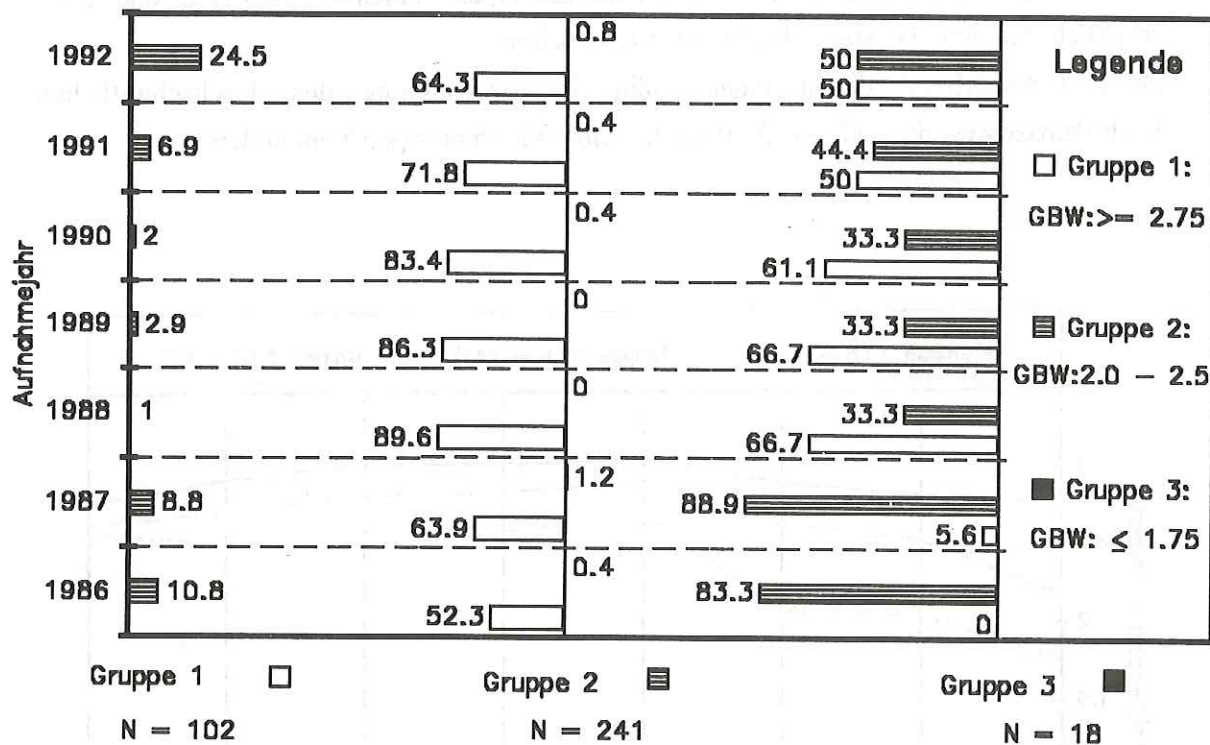


Abb. 45: Wanderungsbewegung zwischen den Gesamtbenadelungswertgruppen der Baumart Kiefer von 1986 bis 1992 bezogen auf die 1985 erfolgte Gruppeneinteilung (Erläuterung siehe Text).

4.3.5 Vergleich der Stufeneinteilung nach Verlustprozenten mit der Einteilung nach den Gesamtbenadelungswerten

Ein Vergleich der Einteilungen nach Verlustprozentstufen mit den durch das Einwertungsverfahren vorgegebenen Grenzen nach dem Gesamtbenadelungswert verdeutlicht, daß über den Beobachtungszeitraum 5 - 30% der Bäume nicht ausschließlich nach dem Gesamtbenadelungswert eingestuft wurden (Abb.46).

Überwiegende Ursache für die vom Gesamtbenadelungswert abweichende Einteilung ist das Auftreten von dürrerem Feinreisig. Der Anteil anderer Ursachen, z.B. "deutlich verkürzte Triebe", "Insektenschäden" usw. liegt in den Jahren 1986 und 1987 bei 0% und im Durchschnitt der Jahre 1988 bis 1992 bei 6% (s.u.).

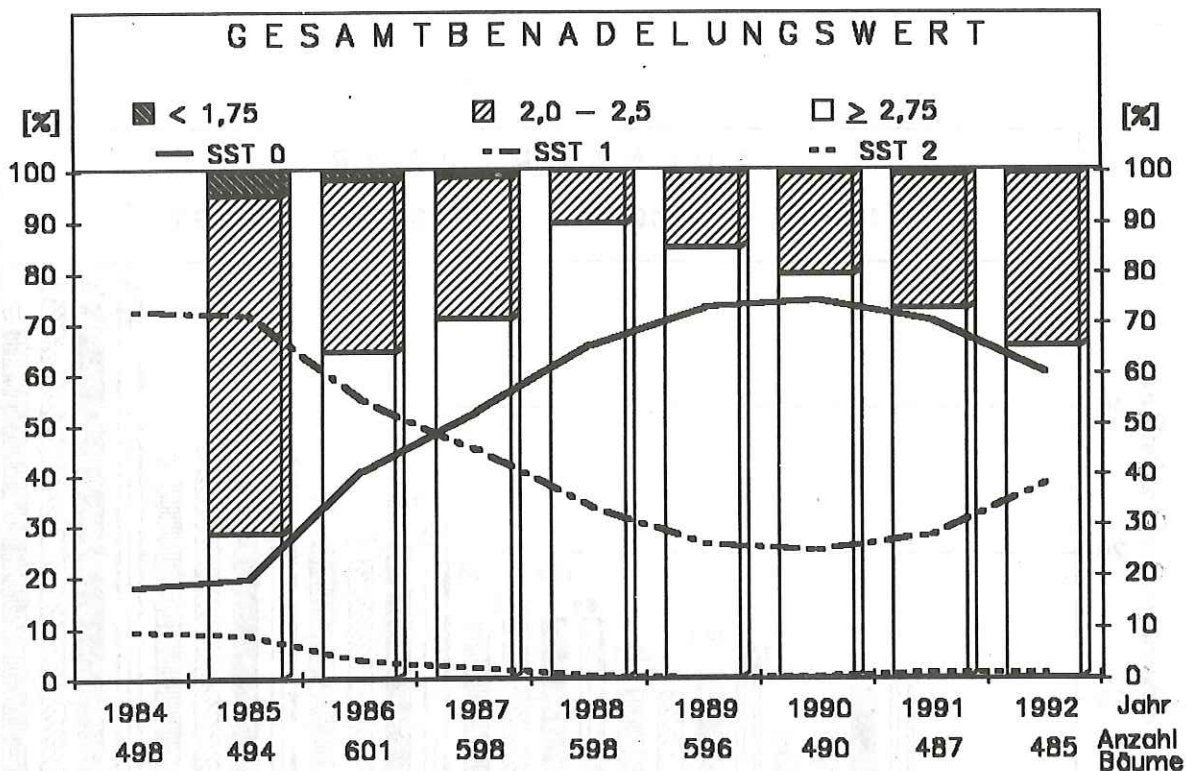


Abb. 46: Prozentualer Anteil von Gesamtbenadelungswertstufen (Balken) und Schadstufen (SST= Linien) 1984 bis 1992 (Kollektiv der im jeweiligen Jahr bonitierten Kiefern).

4.3.6 Anteile Dürnräste/Feinreisig und Nadelverlustprozent

Die Entwicklung der durchschnittlichen Verlustprozente der Jahre 1984 bis 1987, aufgeteilt nach Dürraststufen (5%-Stufen Dürrastanteil), verdeutlicht, daß das Nadelverlustprozent weitgehend mit dem Prozentanteil von Dürnrästen übereinstimmt (Abb.47). Gleichzeitig ist zu beobachten, daß der Anteil von Kiefern mit höheren Dürrastanteilen ab 1986, jedoch insbesondere im Jahre 1987 deutlich zurückgeht. Als problematisch erwies sich die Bewertung der oftmals durch den einwachsenden Buchenunterstand verursachten Dürrastbildung im Schattkronenbereich.

Aufgrund dieser Schwierigkeiten wurde das Verfahren 1988 überprüft und ab 1989 eine Einteilung in "Trockenreisigstufen" im Lichtkronenbereich eingeführt (s. Anlage I). Auffallend ist nun die nur geringe Anzahl von Kiefern mit Trockenreisigstufen >0. Deutlich wird auch hier der Zusammenhang der Verlustprozenteeinwertung mit dem Trockenreisiganteil. Mit höherem Trockenreisiganteil steigt das durchschnittliche Verlustprozent (Abb.48). Der Einfluß des Feinreisiganteiles auf die

Verlustprozententwicklung des Gesamtkollektives ist jedoch aufgrund des geringen Kollektivumfanges in diesem Zeitraum unbedeutend.

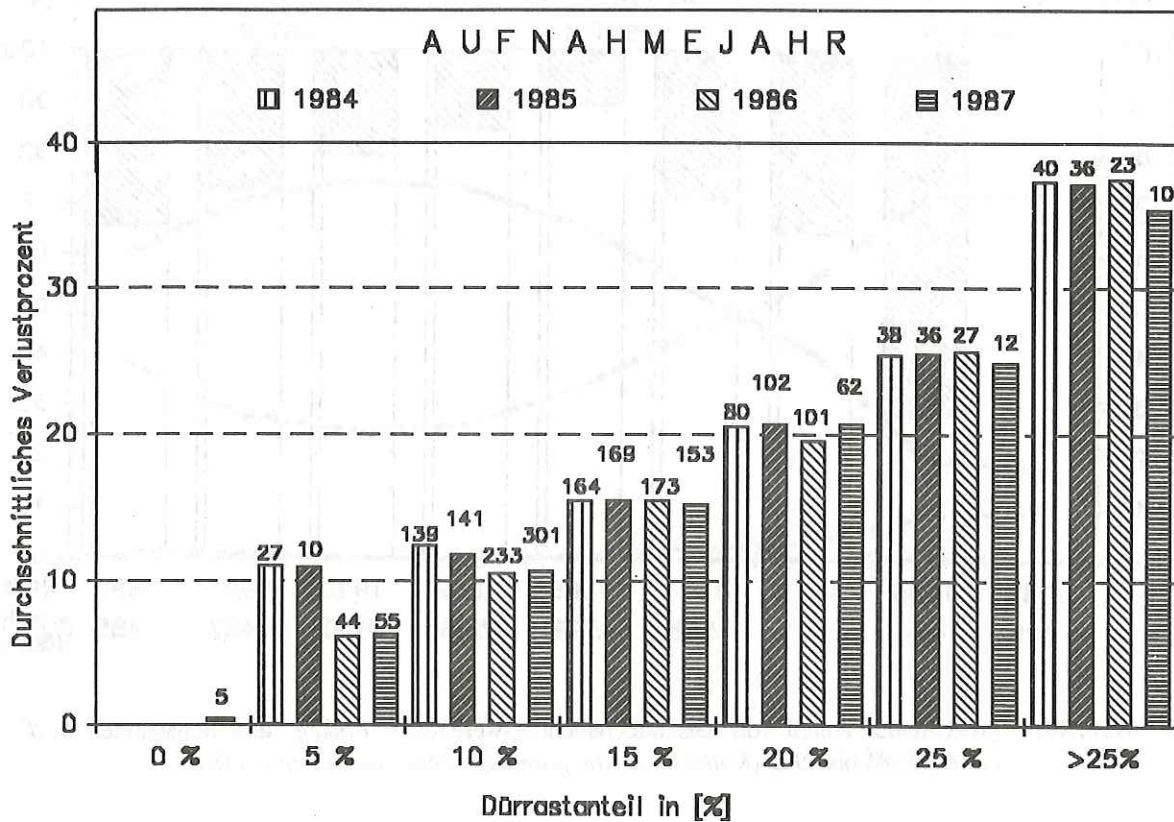


Abb. 47: Zusammenhang zwischen durchschnittlichem Nadelverlustprozent und Dürrastanteil in den Jahren 1984 bis 1987 (die Zahlen über den Säulen = Anzahl der Kiefern in den jeweiligen Dürraststufen.)

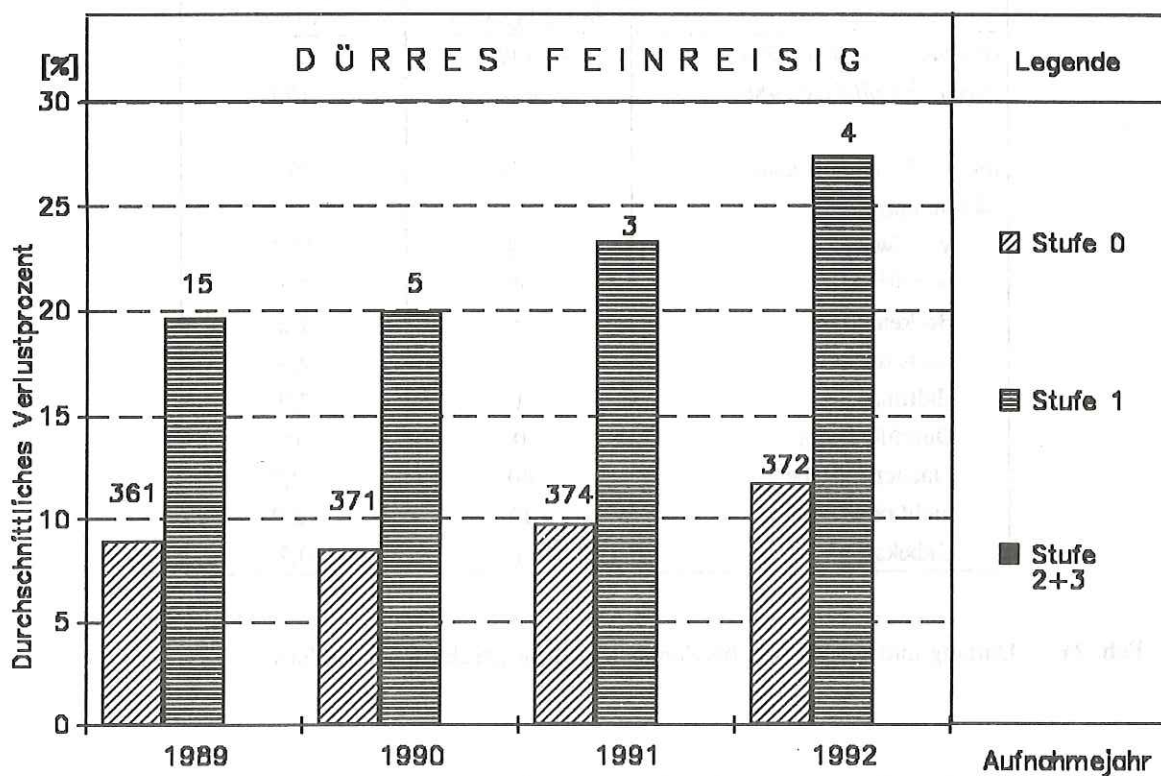


Abb. 48: Durchschnittliches Verlustprozent und Anzahl Kiefern 1988 bis 1992, aufgliedert nach Stufen unterschiedlichen Feinreisiganteils.

4.3.7 Vergilbung und Schadstufenentwicklung

Die Kiefern der Waldschadensdauerbeobachtungsflächen weisen während des gesamten bisherigen Beobachtungszeitraumes keine Anzeichen einer Vergilbung auf. Demzufolge ist auch die Schadstufenentwicklung identisch mit den Gruppen 0 - 10, 15 - 25 und > 25 (Stufe 2-4) Prozent Nadelverlust, dargestellt in Abb.39.

4.3.8 Untersuchung ausgefallener Bäume

Von 498 Kiefern zu Beginn der Untersuchung 1984 bzw. 601 Bäumen nach der Neuanlage zweier Flächen 1986 sind im Bezugszeitraum 123 Bäume ausgeschieden. Die Analyse der ausgefallenen Bäume zeigt, daß der überwiegende Anteil aufgrund abiotischer Ursache, insbesondere durch Windwurf bzw. durch Flächenaufgabe infolge

Windwurfschäden, ausgeschieden sind (Tab. 24). Lediglich 6 Bäume sind aufgrund biotischer und 1 Baum aufgrund unbekannter Ursache ausgefallen.

	Anzahl (Bäume)	Prozent
<i>Ausgangskollektiv 1984</i>	498	-
<i>Ausgangskollektiv 1986</i>	601	100
<i>ausgeschiedene Bäume</i>	123	20,3
<u>davon aufgrund:</u>		
Windwurf	52	42,3
Schaftbruch	9	7,3
Borkenkäfer	2	1,6
Kienzopf	3	2,4
Hallimasch	1	0,8
Durchforstung	0	0
Flächenaufgabe ⁶	40	32,5
nicht bonitierbar ⁷	15	12,2
Unbekannt	1	0,2

Tab. 24: Umfang und Ursache der bis Sommer 1992 ausgeschiedenen Kiefern.

Die durch Windwurf bzw. Schaftbruch ausgeschiedenen Bäume weisen im Jahr vor dem Ausscheiden im Vergleich zum übrigen Kollektiv keine signifikant unterschiedlichen Verlustprozente auf. Die Entwicklung des relativen Nadelverlustes der aufgrund biotischer und unbekannter Ursache abgestorbenen Bäume zeigt sowohl rasch (1 - 2 Jahre), als auch langsam (> 3 Jahre) ablaufende Absterbeprozesse (Tab.25). Relativ rasch ablaufende Absterbeprozesse sind bei Borkenkäferbefall (Baum 1-2), langsamer verlaufende Absterbeprozesse z.T. bei Kienzopf (Baum 3-5) oder bei Hallimaschbefall (Baum 6) zu verzeichnen.

⁶ Bäume die zum Zeitpunkt der Flächenaufgabe (z.B. aufgrund Windwurf) noch lebten, jedoch nicht weiter bonitiert werden.

⁷ Bäume, deren Kronenzustand z.B. aufgrund stark deformierter Krone nicht nachvollziehbar eingewertet werden kann.

Baum	Jahre vor dem Absterben		
	1 Jahr Verlustprozent	2 Jahre Verlustprozent	3 Jahre Verlustprozent
1	50	15	15
2	40	20	15
3	35	45	*
4	85	45	35
5	15	10	10
6	65	30	35
7	60	*	*

* = Baum war noch nicht eingerichtet, dh. der Baum ist nach der ersten bzw. zweiten Aufnahme abgestorben

Tab. 25: Verlustprozententwicklung der abgestorbenen Bäume

4.3.9 Zusammenhang zwischen Nadelverlust und biotischen Faktoren

Fruktifikation

Zapfenbehang ist auf den Kiefern-Dauerbeobachtungsflächen, wenn auch in unterschiedlicher Intensität, über den gesamten Beobachtungszeitraum zu verzeichnen. Im Jahr 1986 war eine im Vergleich zum Gesamtzeitraum auffällig geringe, in den Jahren 1990 und 1991 eine auffällig hohe Fruktifikation zu beobachten (Abb.49). Die Entwicklung des durchschnittlichen Verlustprozent - dargestellt als Linie in Abb.49 - zeigt keine sprunghaften Veränderungen infolge unterschiedlich starker Fruktifikation an. Auch Gruppen unterschiedlich stark fruktifizierender Kiefern zeigen keine signifikanten Unterschiede in ihrer Kronenverlichtung auf. Daß stärker verlichtete Bäume häufiger fruktifizieren als geringer verlichtete Individuen, kann mit dem vorhandenen Kollektiv ebenfalls nicht bestätigt werden.

Jahr Fruktifikations- stärke	1984		1987		1990		1991	
	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)
keine	18,0	58	14,3	86	7,6	120	12,7	62
gering	17,8	388	13,1	403	9,2	158	10,7	240
mittel	18,2	50	12,9	109	9,1	187	9,8	154
stark	32,5	2	---	---	8,0	65	8,9	31

Tab. 26: Durchschnittliches Verlustprozent (ØVLP), aufgegliedert nach unterschiedlicher Fruktifikationsstärke (Gesamtkollektive Kiefer der Jahre 1984, 1987, 1990 und 1991).

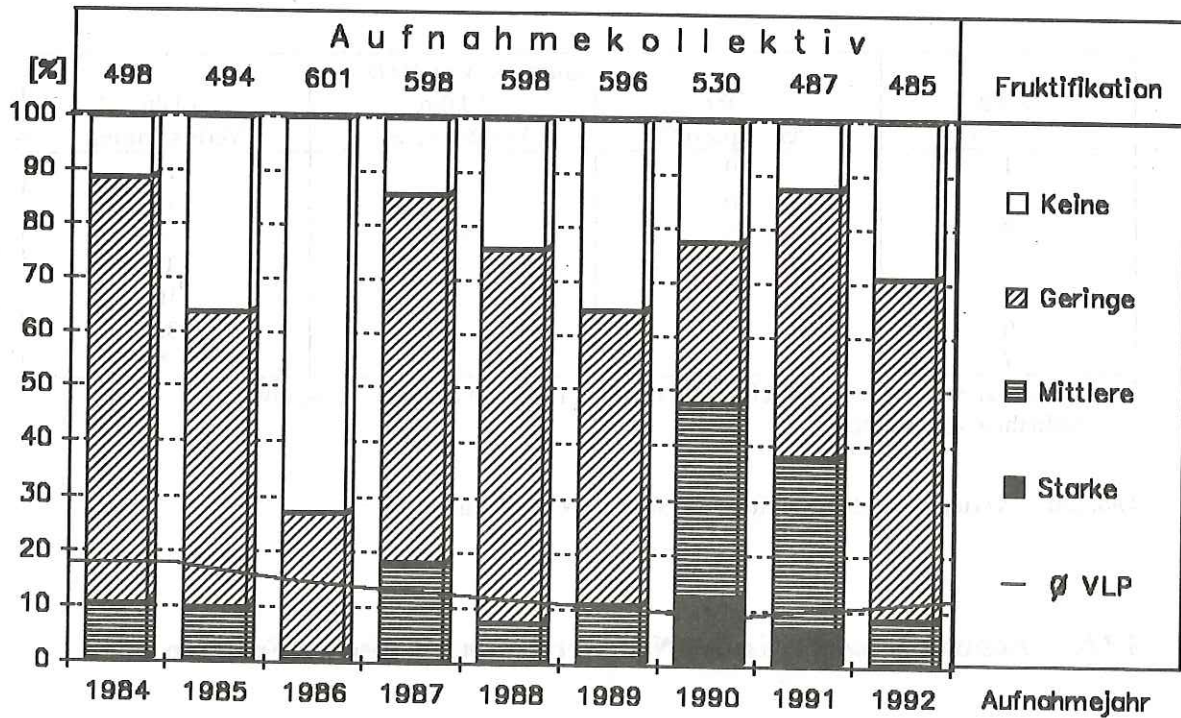


Abb. 49: Verteilung des Aufnahmekollektives der Kieferndauerbeobachtungsflächen auf vier Intensitätsstufen der Fruktifikation im Verlauf der Jahre 1984 bis 1992 (ØVLP = durchschnittliches Verlustprozent).

Männliche Blütenbildung

Maßgeblichen Einfluß auf die Schätzung der Kronenverlichtung hat bei einer reinen Transparenzschätzung der Anteil männlicher Blüten an der Gesamtnadelmasse. Durch die Bildung männlicher Blüten statt Nadeln entstehen vor allem im unteren Kronenbereich, bei überwiegend männlich blühenden Bäumen, bis in die Oberkrone, Benadelungslücken, die die Kiefer oft sehr licht erscheinen lassen (MARCET und SIEBER 1985, HARTMANN et al. 1988). Dieser Vorgang wird nicht als Verlust gewertet.

Zur Überprüfung, ob und inwieweit trotz Nichtberücksichtigung fehlender Nadeln infolge männlicher Blütenbildung Unterschiede im Verlustprozent vorhanden sind, werden Jahre mit intensiver Blütenbildung (1984, 1987 und 1990 bis 1992) ausgewählt, die jeweiligen Jahreskollektive in 5 Gruppen unterschiedlichen Blühanteiles eingeteilt und deren durchschnittliches Verlustprozent berechnet (Tab.27). Da die Einwertung des Anteiles von Nadeljahrgängen mit männlicher Blütenbildung bis 1988 für den gesamten Baum, ab 1989 für den aktuellen Jahrestrieb erfolgt, wird unter der Annahme von drei vorhandenen Nadeljahrgängen zur Berechnung des Verlustprozentes im Jahre 1992 die durchschnittliche Blütenbildung der Jahre 1990 bis 1992 herangezogen.

Die Ergebnisse zeigen, daß Unterschiede im durchschnittlichen Verlustprozent zwischen Gruppen unterschiedlich starker Blütenbildung vorhanden sind. Diese sind bezüglich des Gesamtkollektives und in Einzelfällen auch für Einzelflächenkollektive statistisch gesichert. Allerdings ist eine logische Reihung im Sinne von steigender Kronenverlichtung bei steigendem Blühanteil nicht deutlich erkennbar (Tab. 27).

Ca. 3% des Kollektives weisen über mindestens 4 Jahre $\geq 80\%$ Blütenbildung auf. Absterbeprozesse oder ein deutlicher Vitalitätsrückgang werden bei diesen Bäumen bisher nicht beobachtet.

Jahr	1984		1987		1992 ¹⁾	
	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)
0 - 10	17,8	297	12,7	320	11,0	218
15 - 30	18,3	165	14,0	175	12,4	124
35 - 60	17,7	30	13,3	83	14,5	60
65 - 85	19,8	6	15,7	14	14,7	19
≥ 90	---	---	12,5	6	13,5	10

1) Ø Verlustprozent 1992, Blütenbildung der Jahre 1990 - 1992

Tab. 27: Durchschnittliches Verlustprozent (ØVLP) von Kiefern in den Jahren 1984, 1987 und 1992, aufgegliedert nach Gruppen unterschiedlicher Blühintensität.

Beteiligung von Insektenfraßschäden

Dieses Merkmal liefert Informationen über Umfang und Intensität von verschiedenen, die Kieferkrone beeinträchtigenden Insektenfraßschäden. Bei den Kiefern handelt es sich vor allem um den Ernährungsfraß des Waldgärtners, Larvenfraß von Blattwespen und Gallmücken. Ein erheblicher Befall durch diese Insekten ist bisher nur in den Jahren 1991 und 1992 zu beobachten (Tab.28).

Jahr	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
%-Anteil Bäume mit Insektenfraß	0	0	0	1,7	0	0,2	0,4	34,1	45,2

Tab. 28: Prozentualer Anteil von Kiefern mit Insektenfraßschäden am Gesamtkollektiv (jeweils lebende Bäume) der Jahre 1984 bis 1992.

Der Einfluß der Insektenfraßschäden auf das durchschnittliche Verlustprozent in diesen beiden Jahren ist deutlich und bezüglich der einzelnen Gruppen des Gesamtkollektives der Jahre 1991 und 1992 weitgehend (Tab.29), bei den Einzelflächen (1992) jedoch nur zum Teil signifikant.

Jahr	1991		1992	
	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)
Insektenfraßschäden				
keine	10,0	321	10,9	266
gering	10,9	143	13,2	182
mittel	16,3	23	16,8	34
hoch	---	---	21,7	3

Tab. 29: Durchschnittliches Verlustprozent (ØVLP) der Kiefern in den Jahren 1991 und 1992, aufgegliedert in Gruppen unterschiedlich hoher Insektenfraßschäden.

"Braune Nadeln"

Die Erfassung dieses Merkmals in den zwei Gruppen: "vorhanden" und "nicht vorhanden" (ab 1992 in 5%-Stufen) zeigt, daß nur in den Jahren 1988 bis 1990 ein höherer prozentualer Anteil von Bäumen mit braunen, d.h. toten Nadeln an den Kiefern diagnostiziert worden ist. Der hohe Anteil "brauner Nadeln" ist 1988 auf die relativ späte Aufnahme einiger Versuchsflächen zurückzuführen. Um diese organisatorisch bedingten Ergebnisse mit den übrigen Daten vergleichbar zu halten, wurde das Merkmal "braune Nadeln" in diesem Fall ausnahmsweise nicht als Nadelverlust gewertet (Tab.30). Die statistische Überprüfung zeigt, daß in keinem der Aufnahmejahre ein signifikanter Unterschied im Nadelverlustprozent zwischen dem Kollektiv der Kiefern mit bzw. ohne "braune Nadeln" vorhanden ist.

Jahr	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
%-Anteil von Bäumen mit braunen Nadeln	0	0,2	1,2	1,7	52,3	19,8	9,4	0,2	0

Tab. 30: Prozentualer Anteil von Bäumen mit dem Merkmal "braune Nadeln" am Gesamtkollektiv Kiefer der Jahre 1984 - 1992 (jeweils lebende, aufgenommene Bäume).

Beteiligung von Nadelpilzen am Streufall

Die 1986 auf der Versuchsfläche 303 begonnenen Nadelstreufallmessungen mit anschließender Untersuchung auf Pilzbefall (ab 1988 nur bei Überschreitung von 100 kg Frischgewicht/ha/Probenahmetermin) zeigen, daß der prozentuale Anteil pilzbefallener Nadeln im Untersuchungszeitraum zwischen 0 und nahezu 100 Prozent liegt. Ein deutlicher Zusammenhang zwischen Nadelstreufallmenge und Pilzbefallsrate ist bei Betrachtung des Gesamtzeitraumes nicht zu erkennen (Abb.50, 51).

Der zu Beginn der Untersuchungen erkennbare Trend zu hoher Pilzinfektionsrate bei niedriger Streufallmenge und relativ niedrigerer Pilzinfektionsrate bei hoher Streufallmenge kann bereits ab Herbst 1987 nicht mehr bestätigt werden. Erkennbar sind nicht nur jahresweise sehr unterschiedliche Pilzinfektionsraten, sondern auch sehr große Schwankungen zwischen zwei (14-tägigen) Probenahmeterminen.

Die Prozentanteile der bestimmten und der nicht bestimmbar Arten (Mycelverdichtungen) am Gesamtpilzbefall (Mittelwert aus allen Untersuchungsterminen der zwei Flächen) verteilen sich auf:

- | | |
|---------------------------|-----|
| - Sclerophoma pithyophila | 60% |
| - Cyclaneusma minus | 4% |
| - Septomena spec. | 5% |
| - Mycelverdichtungen | 31% |

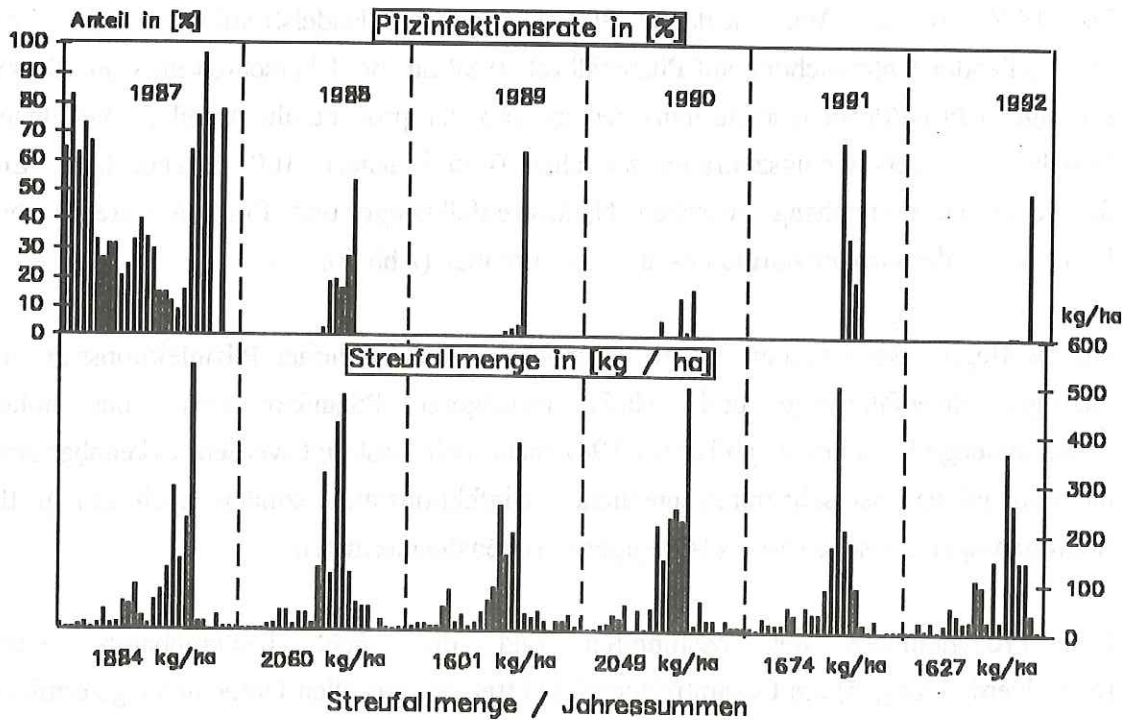


Abb. 50: Pilzinfektionsrate in Prozent der abgeworfenen Nadeln und Nadelstreufallmenge in kg/ha Trockengewicht der Jahre 1986 bis 1992 auf der Kiefernversuchsfläche 303, Forstamt Johanniskreuz (ab 1988 Untersuchung auf Pilzbefall nur bei erhöhter Streufallmenge).

Mehr als die Hälfte des Pilzbefalls entfällt somit auf *Sclerophoma pithyophila*. Der Anteil nicht bestimmbarer Nadelpilzarten (vermutlich *Sclerophoma*) ist im Vergleich zu den Untersuchungen bei der Fichte sehr hoch. Hierbei bestehen deutliche Unterschiede zwischen Terminen mit höherer bzw. niedriger Streufallmenge (Tab.31). Bei höheren Streufallmengen steigt der Anteil von *Sclerophoma pythiophila*, gleichzeitig findet eine deutliche Reduktion nicht bestimmbarer Pilzarten statt. Bei niedriger Streufallmenge geht der Anteil von *Sclerophoma* zurück, während sich der Anteil nicht bestimmbarer Pilzarten erhöht.

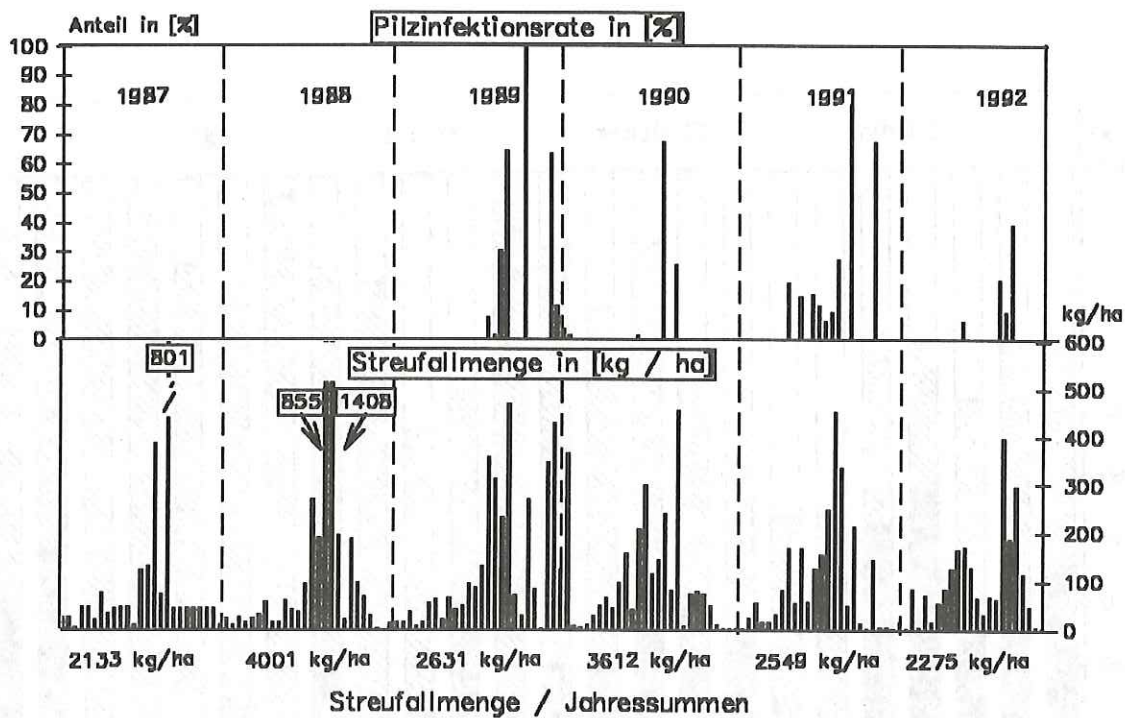


Abb. 51: Pilzinfektionsrate (ab 1989) in Prozent der abgeworfenen Nadeln und Nadelstreufallmenge (ab 1987) in kg/ha Trockengewicht auf der Kiefernversuchsfläche 306, Forstamt Speyer (die Untersuchung auf Pilzbefall erfolgt nur bei erhöhter Streufallmenge).

Pilzarten	alle Termine (1987)	Termine mit > 80 kg / ha	Termine mit < 80 kg/ha
Sclerophoma pythiophila	69	43	88
Cyclaneusma minus	1	0	1
Mycelverdichtungen	30	57	11

Tab. 31: Prozentanteil verschiedener Nadelpilzarten am Gesamtpilzbefall auf der Versuchsfläche 303 (1987), getrennt nach allen (14-tägigen) Untersuchungsterminen bzw. für Streufallmengen >80 oder <80 kg/ha Trockengewicht

Die Bedeutung der gefundenen Pilze als mögliche biotische Ursache des Nadelstreufalls wird in der Literatur unterschiedlich beurteilt. Während *Cyclaneusma minus* ein bekannter Pathogen ist, ist die Pathogenität von *Sclerophoma* - die am häufigsten anzutreffende Pilzart - umstritten (SCHÜTT 1985).

Die Analyse der Nadelfarben zeigt am Beispiel des Jahres 1987 (Fläche 303), daß der überwiegende Anteil der Nadeln grün bis ocker, ein geringerer Anteil rot bis grau verfärbt ist (Abb.52). Der Anteil grüner Nadeln ist insbesondere außerhalb der Hauptstreuzeit hoch.

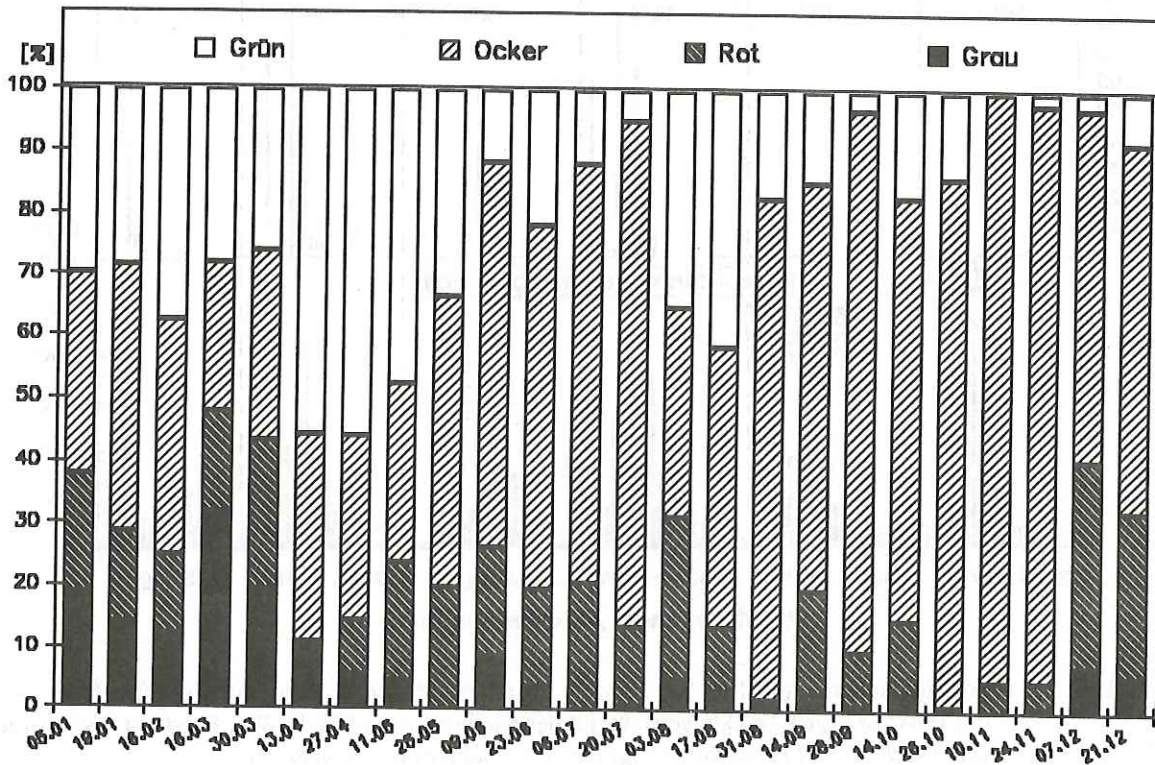


Abb. 52: Anteil verschiedener Nadelfarben am Streufall des Jahres 1987 auf der Kiefernversuchsfläche 303.

Die Streufallmessungen bestätigen den physiologisch bedingten herbstlichen Schüttevorgang, d.h. die Masse der Nadelstreu fällt in einer relativ eng begrenzten herbstlichen Periode. Die jährliche Gesamtmasse schwankt in einem engen Rahmen von 1673 - 2053 kg/ha auf der Fläche 303 - in einem sehr viel weiteren Rahmen von 2133 - 4000 kg/ha auf der Fläche 306 (Abb.50, 51).

Auf beiden Untersuchungsflächen (Pfälzerwald und Rheinebene) sind die Jahre mit den relativ höchsten Streufallmengen (1988 und 1990) identisch.

Im Vergleich zum Gesamtzeitraum deutlich erhöhte Nadelstreufallmengen zwischen zwei Kronenzustandsansprachen führten jedoch nicht zu einer Erhöhung des Nadelverlustprozentes (Abb.53, 54).

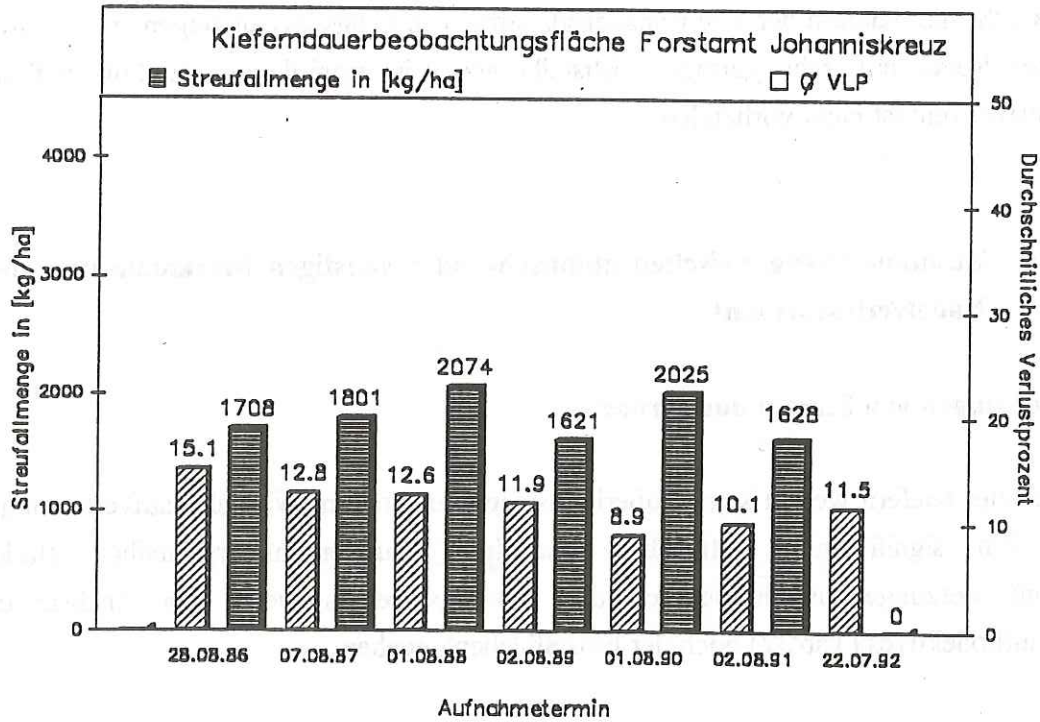


Abb. 53: Durchschnittliches Verlustprozent (ØVLP) und Nadelstreufallmenge in kg/ha Trockengewicht zwischen den jeweiligen Aufnahmeterrinen der Jahre 1986 bis 1992 auf der Kiefernfläche 303.

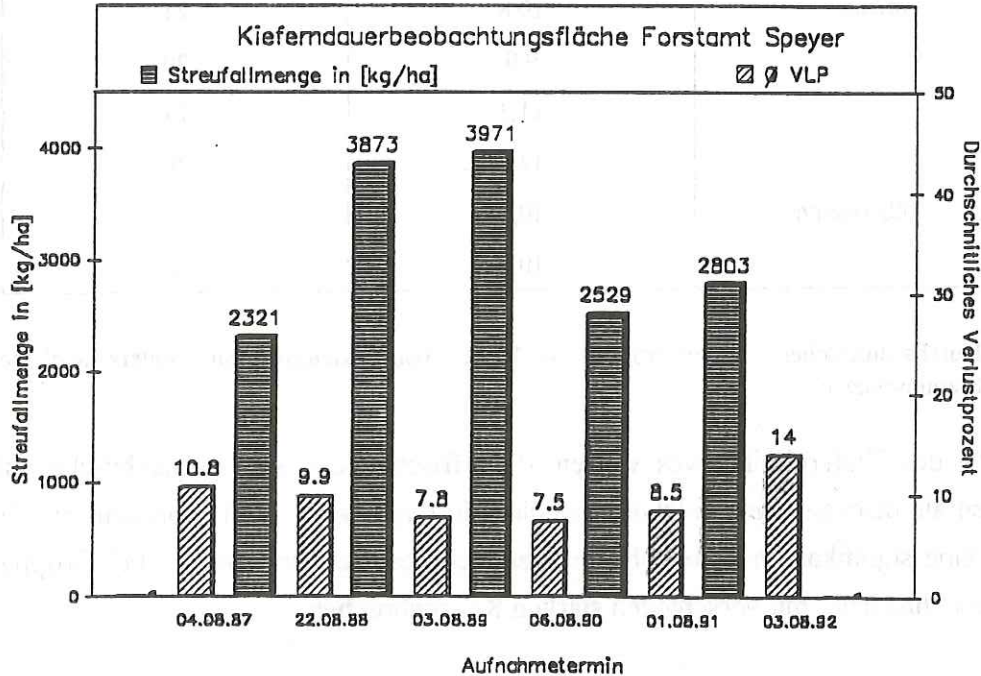


Abb. 54: Durchschnittliches Verlustprozent (ØVLP) und Nadelstreufallmenge in kg/ha Trockengewicht zwischen den jeweiligen Aufnahmeterrinen der Jahre 1987 bis 1992 auf der Kiefernfläche 306.

Mistelbefall

Etwa 1 % aller Kiefern der Waldschadensdauerbeobachtungsflächen zeigen erkennbaren, in der Regel nur sehr geringen, Mistelbesatz. Ein signifikanter Einfluß auf das Verlustprozent ist nicht vorhanden.

4.3.10 Zusammenhang zwischen abiotische oder sonstigen Merkmale und dem Nadelverlustprozent

Verletzungen von Stamm und Krone

86 % aller Kiefern weisen keine äußerlich sichtbaren Stamm-/Wurzelanlaufverletzungen auf. Ein signifikanter Unterschied zwischen Gruppen unterschiedlich starker Stammverletzungen ist hinsichtlich des Verlustprozentes weder bei Analyse des Gesamtkollektives (Tab.32) noch der Einzelflächen gegeben.

Stammschäden		Ø VLP 1989	Anzahl der Bäume
keine		10,1	510
leichte	offene	10,8	24
mittlere		9,0	20
starke		11,3	27
leichte		12,2	9
mittlere	überwallte	10,0	4
starke		10,0	2

Tab. 32: Durchschnittliches Verlustprozent (ØVLP) von Kiefern mit unterschiedlichen Stammschäden.

Etwa 21 % des Kiefernkollektives weisen 1989 frische oder alte Kronenbrüche auf. Diese gehen als mechanische Nadelverluste nicht in das relative Verlustprozent ein. Es bestehen keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Verlustprozentes bei Gruppen von Bäumen ohne bzw. mit verschiedenen starken Kronenbrüchen.

Kronenbruch	Ø VLP 1989	Anzahl der Bäume
kein	10,0	471
geringer	10,4	80
mittlerer	11,1	45
starker	Baum scheidet aus der Bewertung aus	

Tab. 33: Durchschnittliches Verlustprozent (ØVLP) von Kiefern mit unterschiedlich starkem Kronenbruch.

Nadel- und Trieblänge

Nadellänge

Eine Berechnung des durchschnittlichen Verlustprozentes für 3 Gruppen von Kiefern mit unterschiedlich langen Nadeln für die Jahre 1984 (Bewertung aller Nadeljahrgänge) und 1990 bis 1992 (nur Bewertung des aktuellen Nadeljahrgangs) zeigt höhere Verlustprozente bei kürzeren und niedrigere Verlustprozente bei längeren Nadeln (Tab.34). Die Ergebnisse der übrigen Beobachtungsjahre werden nicht angeführt, da die als Bewertung aller Nadeljahrgänge bonitierte Nadellänge bei jeweils mehr als 95% des Kollektives als "normal entwickelt" eingewertet ist. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind in den Jahren stärkeren Auftretens (1984 und 1992) bei Betrachtung des Gesamtkollektives 1984 nur zwischen "normal" und "überdurchschnittlich lang" entwickelten Nadeln und 1992 zwischen "normal" und "unterdurchschnittlich kurzen" Nadeln signifikant; die Einzelflächenergebnisse zeigen nur bei einem Drittel der Fälle signifikante Unterschiede auf. Da die Nadellänge ein Grund für unterschiedliche Streufallmengen bei gleicher Kronenverlichtung sein kann (vergl. Abb.53 und 54), werden künftig Nadellänge und 1000-Nadel-Gewicht bestimmt.

Jahr	1984 ¹⁾		1990 ²⁾		1991 ²⁾		1992 ²⁾	
	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)
normal	18,9	392	8,7	510	10,5	483	11,9	420
kurz	24,3	14	13,2	11	12,5	4	14,8	62
lang	13,8	92	6,1	9	0	0	5,0	3

1) alle Triebe

2) aktueller Trieb

Tab. 34: Durchschnittliches Verlustprozent (ØVLP) 1984 und 1990 bis 1992 der Baumart Kiefer, aufgegliedert in Gruppen von Bäumen mit unterschiedlich langen Nadeln.

Trieblänge

Bei Einteilung der Trieblängen in 3 Gruppen zeigt sich unter Einbeziehung aller erkennbarer Jahrgänge (1984) eine signifikante Verringerung des Verlustprozentes zwischen Gruppen von Kiefern mit "normalen" und "überdurchschnittlich langen" Trieben sowohl im Gesamtkollektiv, als auch bei 67% der Einzelflächenergebnisse (Tab.35). In den Jahren 1990 bis 1992 zeigen sich, bei ausschließlicher Bewertung des aktuellen Jahrestriebes, signifikante Unterschiede im Nadelverlustprozent der jeweiligen Gruppen des Gesamtkollektives und bei etwa 20% der Fälle auf den Einzelflächen. Erkennbar ist der Rückgang der Anteile "überdurchschnittlich langer" Triebe von 13% 1990 auf 2% 1992 bei gleichzeitiger Zunahme der Anteile "unterdurchschnittlich kurzer" Triebe von 4% 1990 auf 59% 1992.

Betrachtet werden nur Jahre, bei denen der Anteil "normal" langer Triebe bei <95 Prozent liegt.

Jahr	1984 ¹⁾		1990 ²⁾		1991 ²⁾		1992 ²⁾	
	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)
normal	20,2	257	9,6	379	10,2	308	10,7	185
kurz	27,5	4	11,8	53	11,6	166	13,3	288
lang	15,2	237	6,5	58	6,1	13	11,3	12

1) alle Triebe

2) aktueller Trieb

Tab. 35: Durchschnittliches Verlustprozent ØVLP 1984 und 1990 bis 1992 der Baumart Kiefer, aufgliedert in Gruppen unterschiedlicher Trieblängen.

4.3.11 Zusammenhänge zwischen ertragskundlichen Kennwerten und dem Nadelverlust

Bei der Einwertung der Bäume in Baumklassen nach KRAFT fallen 63% der Bäume in Klasse 2, 30% in Klasse 3 und lediglich 7% in Klasse 1.

Die durchschnittlichen Verlustprozente von 1986 bis 1992 gehen in allen drei Baumklassen bis 1990 zurück und nehmen in den Jahren 1991 und 1992 zu (Abb.55).

Zwischen den Baumklassen bestehen, im Gegensatz zur Fichte, im gesamten Beobachtungszeitraum sowohl bezüglich des Gesamtkollektives, als auch hinsichtlich der Einzelflächenkollektive keine signifikanten Unterschiede im Verlustprozent. Die Bäume

in Baumklasse 1 zeigen, außer im Jahre 1986, in der Tendenz etwas geringere durchschnittliche Nadelverluste als diejenigen in Baumklasse 2 oder 3 auf.

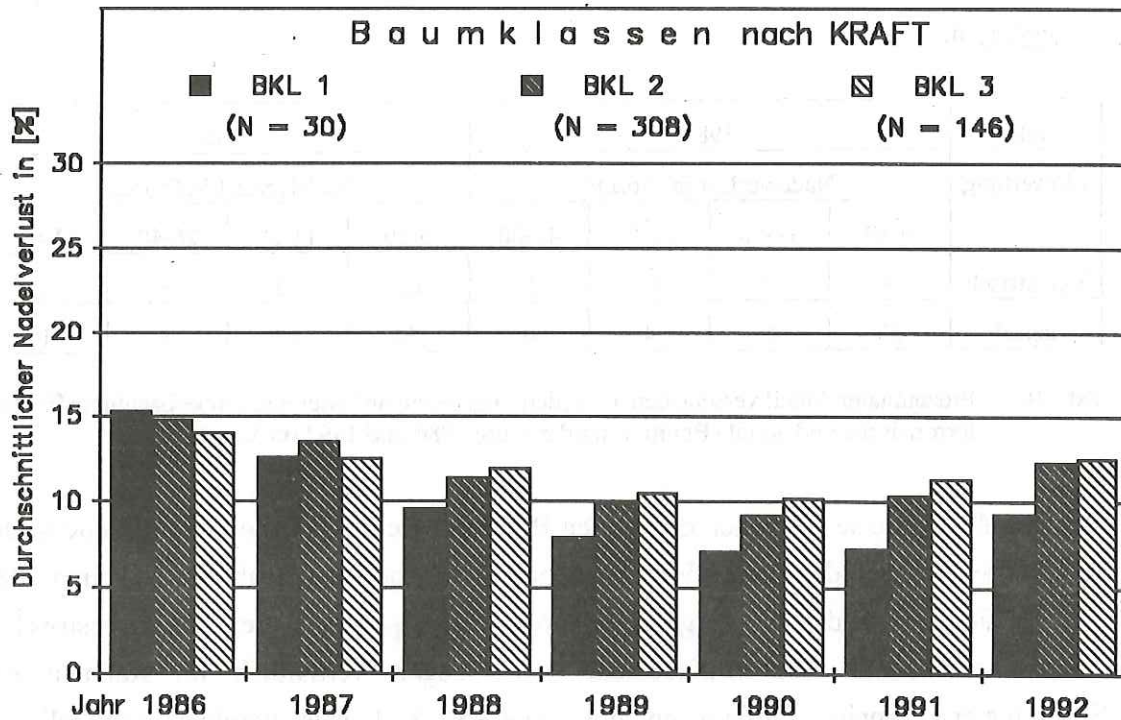


Abb. 55: Entwicklung des durchschnittlichen Nadelverlustes der Baumart Kiefer, aufgliedert in Baumklassen nach Kraft (BKL); (N=Anzahl der Bäume in der jeweiligen Klasse).

Eine Überprüfung der ebenfalls eng mit der Einteilung nach KRAFT'schen Klassen korrelierenden Parameter Baumhöhe, Brusthöhendurchmesser, Verhältnis von Höhe zu Durchmesser (h/d-Verhältnis), Anteil grüner Krone und Intensität der Kronenausbildung führte zu den gleichen Ergebnissen. Signifikante Unterschiede in der Kronenverlichtung sind zwischen Gruppen unterschiedlich starker Bäume nicht vorhanden.

4.3.12 Infrarot-Color-(IRC) Luftbilder

Die ältesten IRC-Luftbilder von Kieferndauerbeobachtungsflächen datieren aus dem Jahre 1984. Für zwei dieser damals beflogenen Flächen liegen Vergleichsdaten aus dem Jahre 1992 vor. Der Vergleich der Ergebnisse der terrestrischen Ansprache mit den Ergebnissen der Bonitierung anhand der Luftbilder zeigt erhebliche Unterschiede im Jahre 1984 und vergleichbare Ergebnisse im Jahre 1992. Der Anteil der 1984 bei der terrestrischen Ansprache mit 0-10% Kronenverlichtung bonitierten Kiefern lag bei 6%, bei der Bonitierung aus dem Luftbild dagegen bei 53%. Auch der Anteil deutlich

verlichteter Kiefern (>25% Nadelverlust) liegt bei der Bonitierung aus dem Luftbild um 14% niedriger als die Vergleichsdaten der terrestrischen Ansprache. 1992 sind demgegenüber bei einem Vergleich der Ergebnisse der beiden Verfahren nur geringe Unterschiede zu erkennen. Auf die hieraus zu ziehenden Konsequenzen wird später eingegangen.

Jahr	1984				1992			
	Nadelverlust in Prozent				Nadelverlust in Prozent			
	0-10	11-25	26-40	41-60	0-10	11-25	26-40	41-60
terrestrisch	5	75	15	5	67	32	1	0
aerial	53	43	4	0	56	40	3	1

Tab. 36: Prozentualer Anteil verschiedener Verlichtungsstufen auf zwei Kiefernbeobachtungsflächen; terrestrische und aerielle Bonitierung der Jahre 1984 und 1992 im Vergleich.

Der einzelbaumweise Vergleich der beiden Bonituren zeigt, daß die Unterschiede in der Ansprache zwischen den beiden Verfahren im wesentlichen eine Stufe betragen und 1984 ein deutlicher Trend zur Vergabe höherer Verlustprozente bei der terrestrischen Ansprache bestand. Die Unterschiede 1992 liegen vermutlich im Rahmen des Schätzfehlers; wenige Differenzen über eine Stufe hinaus beruhen eventuell auf Baumverwechslungen.

terr.	1984				terr.	1992			
41-60%		6			41-60%				
26-40%	8	12	1		26-40%	2			
11-25%	60	38	4		11-25%	22	17	2	
0-10%	4	3			0-10%	48	35	2	1
aerial	0-10%	11-25%	26-40%	41-60%	aerial	0-10%	11-25%	26-40%	41-60%

Tab. 37: Anzahl der Kiefern in verschiedenen Kronenverlichtungsstufen - Vergleich der terrestrischen Einstufung mit der Einstufung aus dem Luftbild der Jahre 1984 und 1992.

4.3.13 Zusammenhang zwischen Bodenzustand und Kronenverlichtung

Für sechs der 1992 langjährig vorhandenen Versuchsflächen liegen chemische Analysen der Elementgehalte im Humus, der effektiven Kationenaustauschkapazität und der Austauscherbelegung im Mineralboden des Bodens des Bodens vor. Die

Ergebnisaufbereitung erfolgt analog der Darstellung bei der Baumart Fichte (Kap.4.2.15).

Alle Untersuchungsstandorte sind im Oberboden stark versauert (Tab.38). Fünf der sechs Standorte liegen im Aluminium-/Eisenpufferbereich, ein Standort im Aluminiumpufferbereich. Mit Ausnahme der Fläche 306 weisen alle Standorte eine sehr geringe Basensättigung von unter 10% auf. Die Magnesiumsättigung liegt bei 2 der 6 Flächen unter 1% und deutet somit auf eine sehr geringe Elastizität hinsichtlich der Magnesiumversorgung hin.

Die Ergebnisse im Unterboden zeigen, daß zwei Standorte im Austausch-, die übrigen im Aluminiumpufferbereich liegen. Die Basen- und Magnesiumsättigung zeigen bei drei der sechs Standorte eine sehr geringe Elastizität auf.

Gruppierung der Flächen nach unterschiedlicher Kronenverlichtung	Flnr. Probe- nahme- art	Oberboden			Unterboden		
		Puffer- bereich	Basen- sättigung %	Magnesium- sättigung %	Puffer- bereich	Basen- sättigung %	Magnesium- sättigung %
relativ höher	304*	Fe-Al	9,9	1,4	Aus	16,5	1,0
	305**	Fe-Al	4,6	0,7	Al	7,3	0,6
indifferent	303**	Fe-Al	6,5	0,8	Al	7,1	0,4
	307***	Fe-Al	8,9	1,1	Al	11,7	0,8
	308***	Al	7,8	1,2	Al	8,6	1,7
relativ niedriger	306*	Fe-Al	23,5	2,6	Aus	24,5	>0,1

* 1984 aliquote Mischprobe aus dem Bodenprofil 3 - 8 bzw. 50 - 60 cm Tiefe

** 1988 ff; flächenrepräsentativ; Rasterverfahren auf gezäunten Bodendauerbeobachtungsflächen; Tiefen 5 - 10 bzw. 30 - 60 cm

*** Bodenproben nach BZE-Verfahren (Profil + 8 Bohrungen) Tiefe: 5 - 10 bzw. 30 - 60 cm

Tab. 38: Pufferbereich, Basen- und Magnesiumsättigung im Ober- und Unterboden auf Kiefernflächen unterschiedlicher Kronenverlichtung in den Jahren 1986-1992.

Die Untergliederung der Flächen nach unterschiedlicher Kronenverlichtung zeigt, daß die Fläche 306 bei relativ hoher Basensättigung im Ober- und Unterboden (evt. Grundwassereinfluß) in den Jahren 1986 bis 1992 auch die relativ niedrigsten Kronenverlichtungen aufwies. Allerdings weist die Fläche 304 mit der von allen Standorten zweitbesten Basensättigung im Ober- und Unterboden die relativ höchste Kronenverlichtung auf. Zu beachten ist jedoch, daß auch diese Fläche ökologisch gesehen eine geringe Basensättigung besitzt.

4.3.14 Zusammenhang zwischen Nähr- und Schadstoffgehalten in den Kiefernadeln und der Kronenverlichtung

Die Aufbereitung der Daten erfolgt analog der Darstellung der Baumart Fichte (Kap. 4.2.15). Die Stickstoff-, Kalium- und Magnesiumversorgung des 1. Nadeljahrganges der Kiefer liegt auf keiner Versuchsfläche im Mangelbereich (KRAUS et al. 1986). Die Versorgung mit Phosphor muß dagegen mit Ausnahme der Fläche 306 als mangelhaft, die Versorgung mit Calcium auf den Flächen 305 und 307 als sehr niedrig bezeichnet werden (s. Anhang III). Die Gehalte an Mangan, Schwefel und Chlor sind, obgleich beim Vergleich mit den BZE- Ergebnissen relativ niedrig, nicht im Mangel- bzw. Schadbereich.

Gruppierung der Flächen nach unterschiedlicher Kronenverlichtung	FLNR	N	P	K	CA	MG	MN	S	CL
relativ höher	304	N	N	H	H	H	NN	NN	NN
	305	HH	N	HH	N	N	NN	M	NN
indifferent	303	M	NN	N	H	H	NN	NN	NN
	307	N	NN	NN	NN	NN	M	NN	NN
	308	H	NN	N	M	N	HH	NN	NN
relativ niedriger	302	N	NN	M	H	H	N	N	NN
	306	M	H	H	HH	H	N	M	NN

Tab. 39: Nähr- und Schadstoffgehalte in Kiefernadeln auf Flächen unterschiedlicher Kronenverlichtung der Jahre 1986-1992 (drei Mischproben aus 5 Kiefern, je 1 Ast aus der Oberkrone. Jeweils 1. Nadeljahrgang. Einzelbefunde (siehe Anhang III) den aus einer landesweiten Rastererhebung abgeleiteten Perzentilklassen zugeordnet).

Deutliche Zusammenhänge zwischen der Versorgung mit den Hauptnährelementen N, P, K, Ca, Mg und Mn bzw. einer Belastung mit Schadstoffen und der Gruppierung der einzelnen Versuchsflächen nach unterschiedlicher Kronenverlichtung sind nicht erkennbar. Vergilbungserscheinungen sind bisher nicht aufgetreten.

4.4 Buche

Den Ausführungen über die Baumart Buche liegen acht Dauerbeobachtungsflächen mit 254 Bäumen im Jahr 1984 zugrunde. Davon wurden zwei Flächen 1988 aufgrund ungenehmigter Durchforstung nach einem Jahr paralleler Aufnahme ausgetauscht (1987/10 Dauerbeobachtungsflächen, 337 Bäume). Seit 1988 stehen somit wieder acht Flächen mit nunmehr 283 Bäumen zur Verfügung.

4.4.1 Entwicklung der Kronenverlichtung der einzelnen Flächen im Vergleich

Für jede Einzelfläche wird im Anhang IV die Entwicklung der Schadstufen und des durchschnittlichen Nadelverlust-/Vergilbungsprozentes sowie der Kollektiventwicklung im Beobachtungszeitraum graphisch dargestellt.

Die Entwicklung des durchschnittlichen Verlustprozentes auf den Einzelflächen aller 1984 bis 1987 bzw. 1987 bis 1992 beobachteten Bäume zeigt viele Gemeinsamkeiten zwischen den Flächen auf. Gemeinsam ist fast allen Flächen die deutliche Zunahme der Kronenverlichtung 1989 auf 1990 und 1991 auf 1992 (Abb.56). In den Jahren zuvor zeigen einige Flächen jährliche wechselnde, andere ansteigende durchschnittliche Verlustprozente.

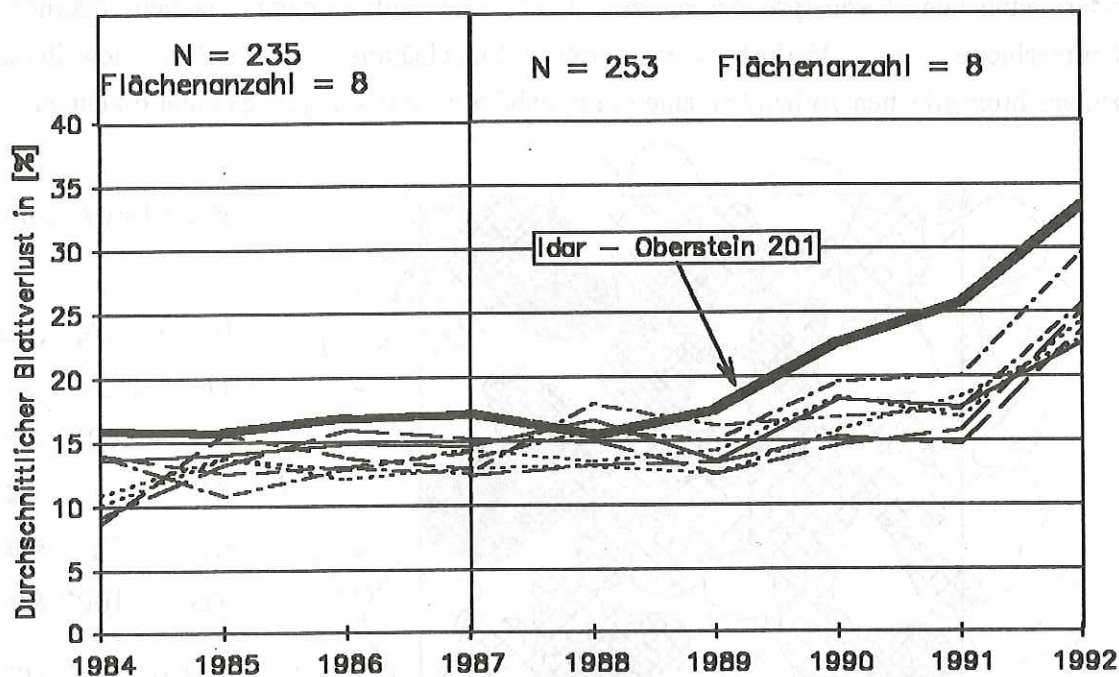


Abb. 56: Entwicklung des durchschnittlichen Blattverlustes der Buchenbeobachtungsflächen jeweils aller von 1984 bis 1987 bzw. 1987 bis 1992 bonitierten Bäume in Prozent (N = Anzahl der Bäume im jeweiligen Untersuchungszeitraum).

Zur Überprüfung, ob zwischen den Einzelflächen im Zeitverlauf signifikante Unterschiede hinsichtlich ihres Blattverlustprozents bestehen, wurde mittels DUNN-Test jahresweise von 1987 bis 1992 auf Unterschiede hinsichtlich des Verlustprozentes getestet. In einem zweiten Schritt wurden diese Ergebnisse mit Hilfe eines Clusteranalyseverfahrens nach der Complete-Linkage-Methode bearbeitet und sich ähnlich verhaltende Flächen der Beobachtungsjahre 1987 bis 1992 in drei Gruppen, im Vergleich zum Gesamtkollektiv der sechs Jahre höherer, niedrigerer oder ähnlicher Verlustprozente zusammengefaßt.

Bis 1990 gibt es keine signifikanten Unterschiede im Verlustprozent zwischen den Versuchsflächen. In den Jahren 1991 und 1992 zeigt lediglich die Fläche 201, FA. Idar-Oberstein, im Vergleich zu den übrigen Flächen, signifikant erhöhte Blattverluste auf.

4.4.2 Räumliche Verteilung der Kronenverlichtung auf den Einzelflächen

Die visuelle Überprüfung der Verteilung des Merkmales "Verlustprozent" auf den Einzelflächen erfolgt für die Jahre 1989 und 1992, d.h. vor bzw. nach dem deutlichen Anstieg der Kronenverlichtung im Beobachtungszeitraum. Die Ergebnisse für das Jahr 1989 lassen aufgrund der geringen Differenzierung im Verlustprozent keine Rückschlüsse auf Gruppenbildungen, im Sinne eines gehäuften Auftretens von gleichen oder ähnlichen Verlustprozents, zu. 1992 sind auf einigen Flächen deutliche Unterschiede im Verlustprozent der Einzelbäume auf den jeweiligen Beobachtungsflächen vorhanden, eine Gruppenbildung läßt sich jedoch nicht erkennen.

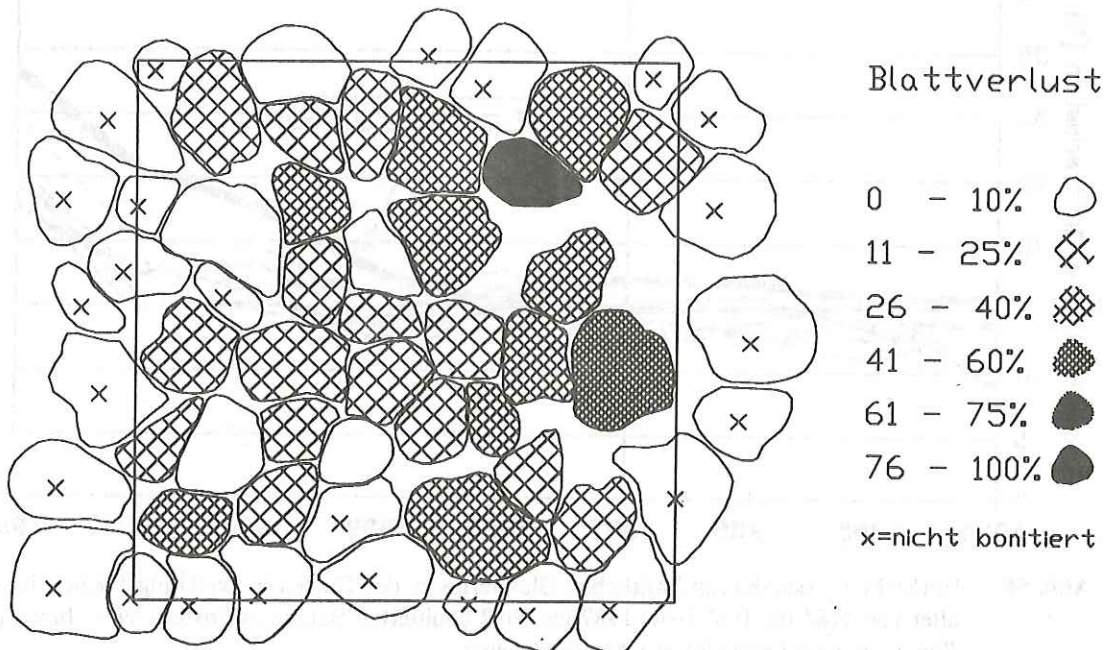


Abb. 57: Räumliche Verteilung der Kronenverlichtung am Beispiel der Fläche 201 im Jahre 1992 (Gruppierung im Anhalt an CIR-Luftbildklassifizierung).

4.4.3 Entwicklung des relativen Blattverlustprozent - Gesamtkollektiv

Die Aufgliederung der in 5%-Werten erfaßten Blattverluste von 1984 bis 1992 für das Gesamtkollektiv der im jeweiligen Jahr bonitierten, lebenden bzw. aktuell abgestorbenen Bäume, läßt im Zeitverlauf deutliche Veränderungen erkennen (Abb.58). Der Anteil der Bäume mit 0 - 10% Blattverlust (Stufe 0) schwankt zwischen 62% 1984 und 4,4% 1992. Zur gleichen Zeit steigt der Anteil der Bäume mit 15 bis 25% Blattverlust (Stufe 1) von 35 auf 55% an. Der Anteil deutlich geschädigter Buchen steigt von 3,1% zu Beginn der Erhebung auf zuletzt 40 Prozent an. Deutliche Veränderungen treten mit dem Jahre 1990 auf. Die im Untersuchungszeitraum größten Veränderungen sind jedoch von 1991 auf 1992 zu beobachten.

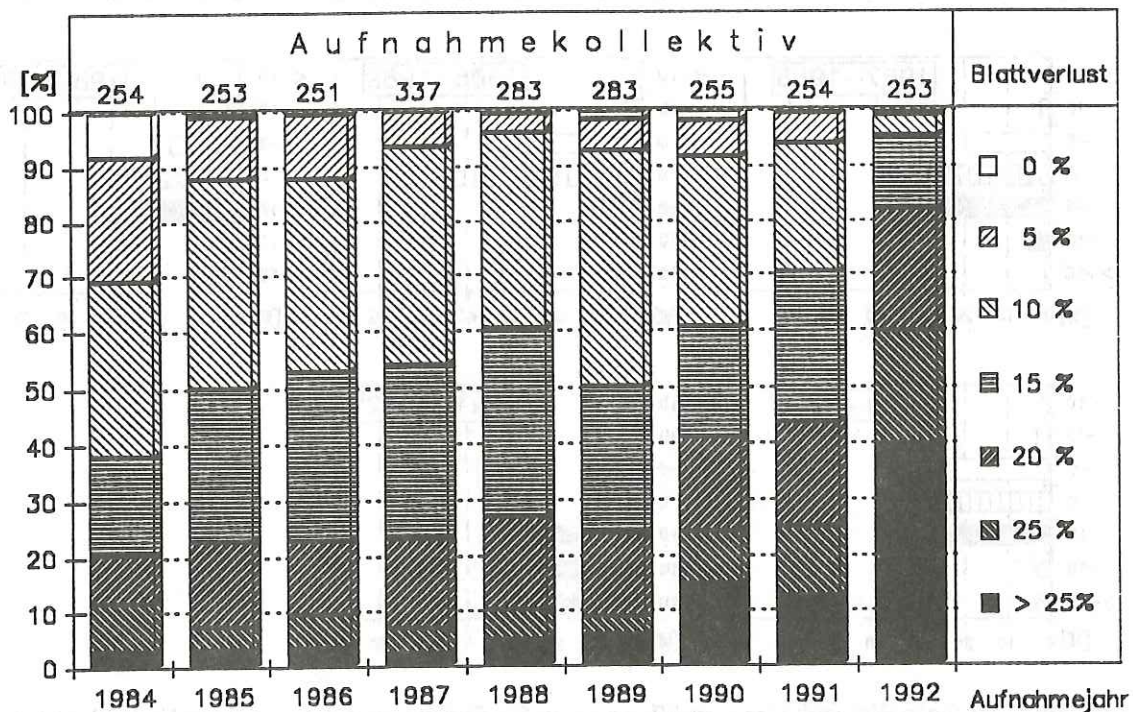


Abb. 58: Verteilung der in Fünf-Prozent-Werten erfaßten Blattverluste; Gesamtkollektiv Buche 1984 bis 1992 (Kollektiv der im jeweiligen Jahr lebenden bzw. seit der letzten Erhebung abgestorbenen Bäume).

Die von Jahr zu Jahr festzustellenden Veränderungen in der Kronenverlichtung - ausgedrückt in Blattverlustdifferenzen der Einzelbäume - sind bis 1989 nur gering (Berechnungs- und Darstellungsmodus vergleiche Kap.4.2.3). 30 bis ca. 50 Prozent der Buchen weisen keine Veränderungen auf. 40 bis ca. 50% aller Bäume verändern sich um $\pm 5\%$, und 10 bis 20 Prozent der Bäume verändern sich um mehr als $\pm 5\%$ von einem zum anderen Jahr (Abb.59). Deutliche Veränderungen sind erstmals von 1989 auf 1990

und dann vor allem 1991 auf 1992 zu verzeichnen. So beträgt der Anteil des Kollektives, dessen Blattverlust sich nicht veränderte, 1991 auf 1992 nur 12%. 31% aller Buchen weisen in diesem Zeitraum Blattverlustdifferenzen $\geq 10\%$ auf. Die Ursachen dieser deutlichen Veränderungen dürften in erster Linie auf die starke Fruktifikation, in Verbindung mit geringen Niederschlägen bei gleichzeitig hoher Ozonbelastung, zurückzuführen sein (siehe Diskussion).

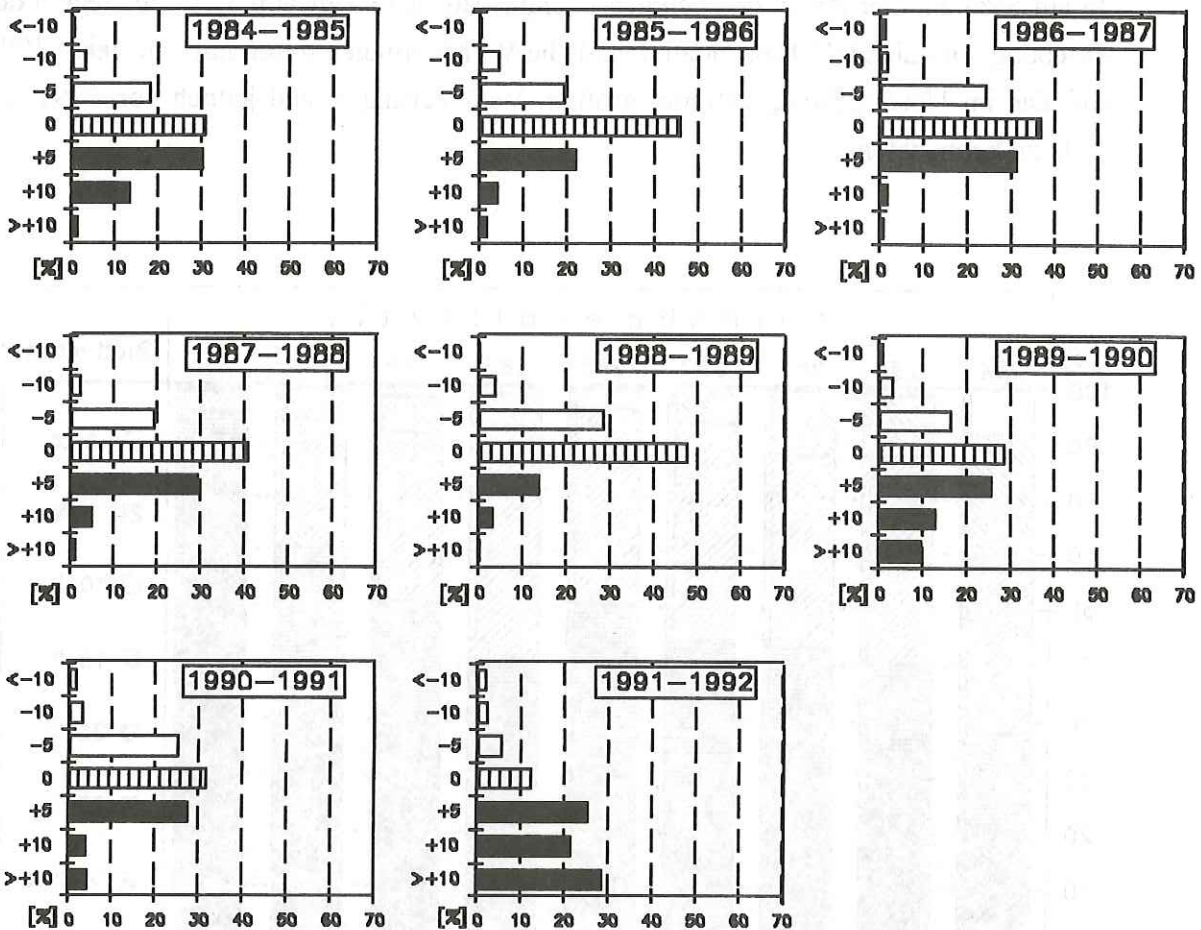


Abb. 59: Jährliche Blattverlustprozentdifferenzen in 5%-Stufen und deren Anteil am Gesamtkollektiv der Baumart Buche im Vergleich der Jahre 1984 bis 1992 in Prozent (weiße Balken = Rückgang, schwarze Balken = Zunahme der Kronenverlichtung).

Die Verlustprozentdifferenzen gleicher Kollektive über längere Zeiträume verdeutlichen nochmals, daß das Maximum dieser Differenzen gegen Ende des Beobachtungszeitraumes liegt (Abb.60). Von 181 über den gesamten Zeitraum bonitierten Bäume haben sich lediglich 10% im Belaubungszustand nicht verschlechtert, 57% der Buchen weisen Zunahmen im relativen Blattverlustprozent von $>10\%$ auf.

VERLUSTPROZENTDIFFERENZEN

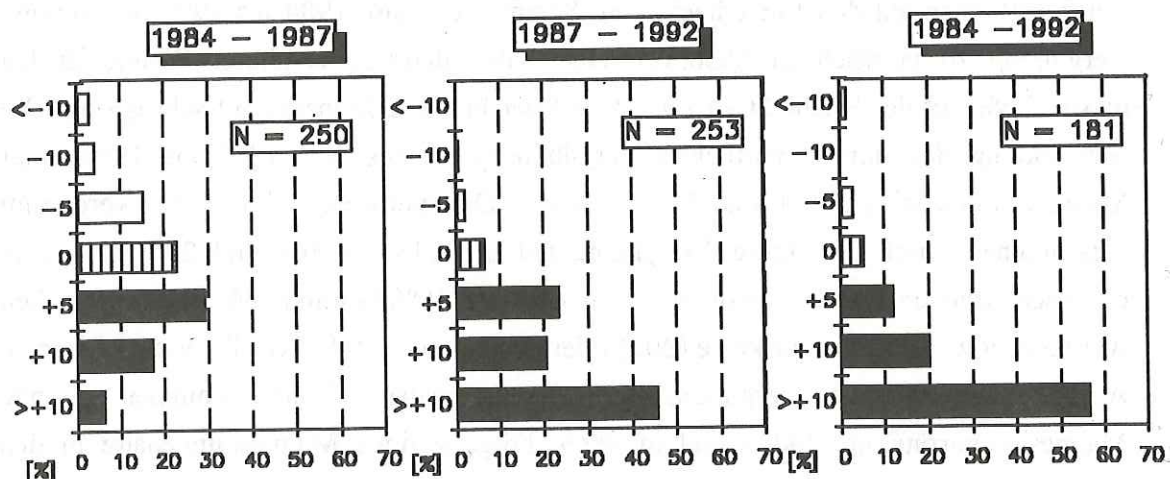


Abb. 60: Blattverlustprozentdifferenzen in 5%-Stufen für die Jahre 1984 auf 1987, 1987 auf 1992 und 1984 auf 1992 und deren Anteil am jeweiligen Gesamtkollektiv (Buche) der in diesen Zeiträumen bonitierten Einzelbäume in Prozent (weiße Balken = Rückgang, schwarze Balken = Zunahme der Kronenverlichtung).

Die Entwicklung von Teilkollektiven, die zu Beginn der Aufnahmen im Jahre 1984 unterschiedlich waren, zeigen auch Unterschiede in der Entwicklung der Kronenverlichtung auf (Abb.61). Bei Bäumen mit Blattverlusten bis zu 10% zu Beginn der Untersuchungen hat die Kronenverlichtung ausnahmslos zugenommen. Auch bei Buchen mit einem Verlustprozent von 15 bis 25% ist nur bei etwa 20% des Kollektives keine Zunahme zu verzeichnen. Die Entwicklung der Buchen mit Blattverlusten über 25% im Jahr 1984 kann aufgrund des geringen Kollektivumfanges nicht bewertet werden.

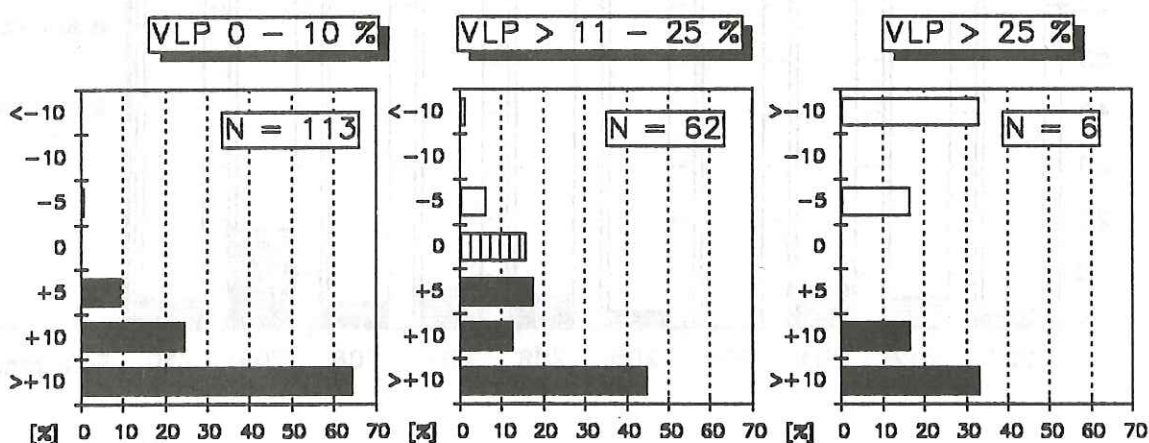


Abb. 61: Blattverlustprozentdifferenzen in 5%-Stufen von 1984 auf 1992 und deren Anteil am Gesamtkollektiv für drei Gruppen 1984 unterschiedlich stark verlichteter Buchen in Prozent (weiße Balken = Rückgang, schwarze Balken = Zunahme der Kronenverlichtung).

4.4.4 Entwicklung der Vergilbung (Einzelflächen und Gesamtkollektiv)

Bei den Buchen auf den Einzelflächen im Schnitt der Jahre 1984 bis 1992 nur geringe Vergilbung zu verzeichnen (Abb.62). Der Anteil deutlich vergilbter Bäume ist bei maximal 6% auf der Fläche 209 bzw. 3% auf der Fläche 203 insgesamt sehr gering. Die Entwicklung des durchschnittlichen Vergilbungsprozentes von 1984 bis 1992 zeigt Maxima in den Jahren 1990 und 1992 (Tab.40). Die Werte des Jahres 1992 werden im wesentlichen durch die starke Vergilbung auf den Flächen 203 und 209 mit einem durchschnittlichen Vergilbungsprozent von 11% und 19% bestimmt. Auf beiden Flächen war im Jahr zuvor entweder keine (203) oder nur geringe (209) Vergilbung zu erkennen. Als Ursache für die Vergilbung auf diesen beiden Flächen kommen geringe Magnesiumvorräte im Boden und in deren Folge geringe Magnesiumgehalte in den Blättern - als Auslöser vermutlich klimatische Faktoren - in Betracht (siehe Diskussion).

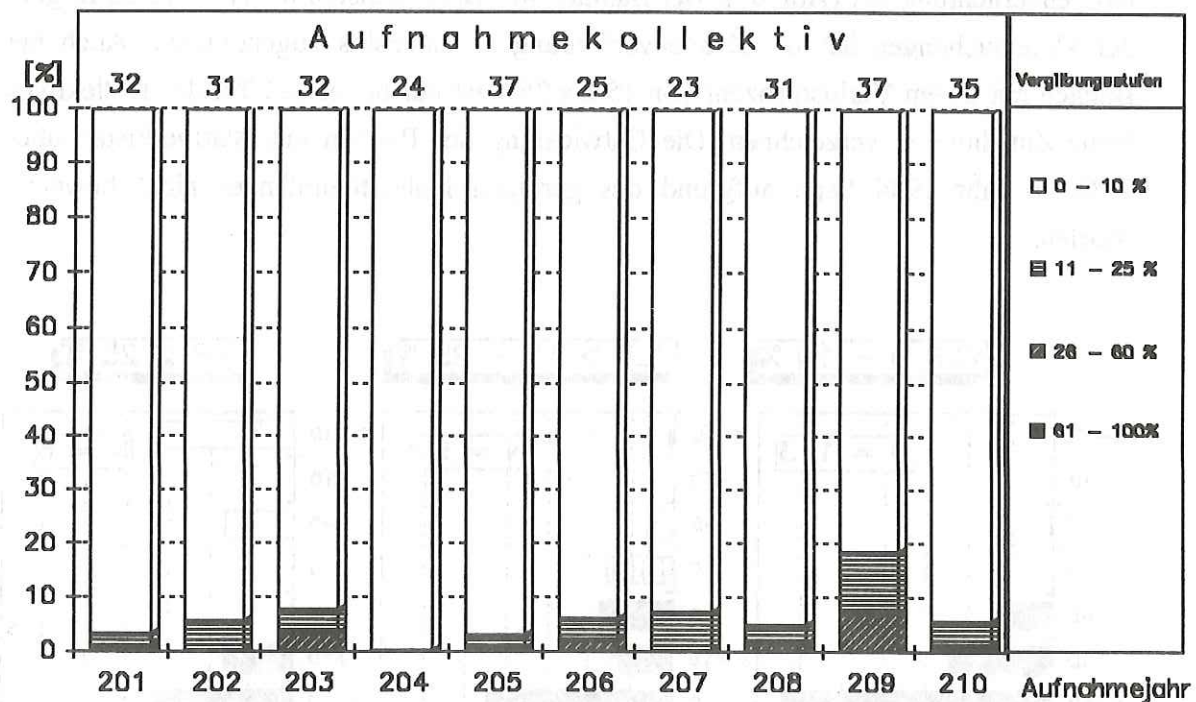


Abb. 62: Durchschnittlicher Anteil der Vergilbungsstufen auf den einzelnen Buchenflächen aller Beobachtungsjahre.

Jahr	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Ø VGP	2,2	1,8	0,6	0,2	0,5	0,7	3,8	0,9	5,4
Anzahl (Bäume)	254	253	251	337	283	283	255	254	253

Tab. 40: Durchschnittliches Vergilbungsprozent (Ø VGP) und Anzahl der beobachteten Buchen der Jahre 1984 - 1992.

4.4.5 Schadstufenentwicklung

Aufgrund der relativ geringen Vergilbung werden die Ergebnisse der Schadstufenentwicklung weitestgehend durch das Verlustprozent (vgl. Abb.58) bestimmt. Der Prozentsatz der Bäume, bei denen sich die Vergilbung schadstufenerhöhend auswirkt, liegt lediglich in den Jahren 1985 (1,6%), 1990 (2,7%) und 1992 (8%) über einem Anteil von einem Prozent.

4.4.6 Untersuchung ausgefallener Bäume

Von den im Jahre 1987 aufgenommenen 337 Buchen (parallele Aufnahme zweier Flächen s.o.) sind im Bezugszeitraum 88 Bäume ausgeschieden. Hierbei sind 66% der Buchen wegen Flächenaufgabe infolge nicht abgesprochener Durchforstung und 22% infolge von Windwurfeinflüssen ausgeschieden. Verluste durch biotische oder unbekannte Ursachen sind nicht zu verzeichnen.

Das Verlustprozent der durch Windwurf ausgeschiedenen Bäume beträgt im Jahr vor deren Ausscheiden 15% bis maximal 25% Blattverlust am Einzelbaum. Daß diese, vergleichsweise geringe Verlichtung der Bäume im Zusammenhang mit deren Ausscheiden steht, ist wenig wahrscheinlich.

Merkmal	Anzahl (Bäume)	Prozent
<i>Ausgangskollektiv 1984</i>	254	-
<i>Ausgangskollektiv 1987</i>	337	100
<i>ausgeschiedene Bäume</i>	88	26,1
<u>davon aufgrund:</u>		
Windwurf	19	21,6
Schaftbruch	1	1,1
Flächenaufgabe	58	65,9
nicht bonitierbar ¹⁾	10	11,4

1) Bäume, deren Kronenzustand z.B. aufgrund stark deformierter Krone nicht nachvollziehbar eingewertet werden kann

Tab. 41: Umfang und Ursache der bis 1992 ausgeschiedenen Buchen.

4.4.7 Zusammenhang zwischen Blattverlust und biotischen Faktoren

Fruktifikation

In zwei von neun Jahren haben die Buchen auf den Beobachtungsflächen stark, in weiteren vier Jahren zumindest in Form einer Sprengmast fruktifiziert (Abb.63). Nur in diesen Jahren sind auf allen Buchenflächen, wenn auch in unterschiedlicher Intensität, fruktifizierende Bäume zu beobachten. Das durchschnittliche Verlustprozent steigt in den Jahren 1990 und 1992 mit starkem Fruchtbehang jeweils deutlich an.

Eine Aufteilung der Kollektive der Jahre 1984 bis 1992 in jeweils 4 Fruktifikationsstufen und die Berechnung des durchschnittlichen Verlustprozentes verdeutlichte den Einfluß der Fruktifikation auf die Kronenverlichtung. Die Verlustprozente verschieden stark fruktifizierender Buchen waren in Jahren stärkerer Fruktifikation unterschiedlich und bei Analyse des Gesamtkollektives signifikant. Auf den Einzelflächen waren jedoch nur in wenigen Fällen signifikante Unterschiede vorhanden.

Wesentlich wichtiger sind die Veränderungen im durchschnittlichen Verlustprozent infolge Fruktifikation und vor allem die Auswirkungen auf die folgenden Jahre. Hierzu werden die Buchenkollektive der Jahre 1986 und 1990 nach Gruppen unterschiedlicher Fruktifikationsstärke unterteilt und die Entwicklung der durchschnittlichen Verlustprozente dieser Gruppen für die Jahre 1985 bis 1988 und 1989 bis 1992 berechnet (Tab.42).

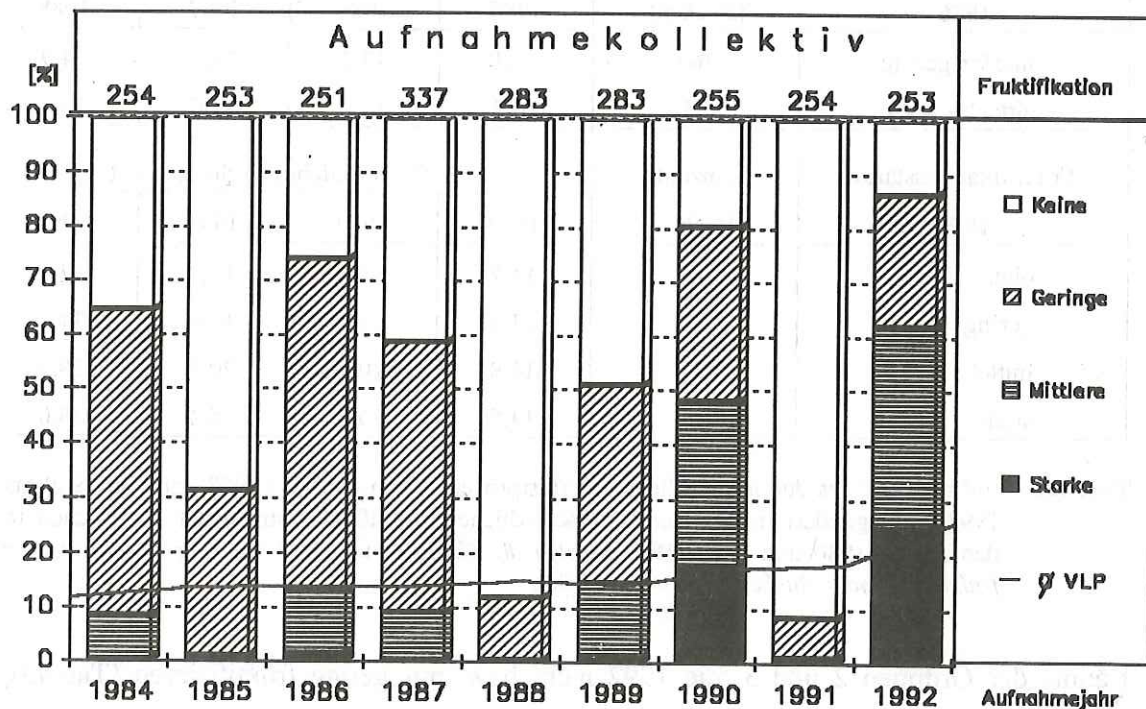


Abb. 63: Verteilung des Aufnahmekollektives der Buchendauerbeobachtungsflächen auf vier Intensitätsstufen der Fruktifikation im Verlauf der Jahre 1984 bis 1992 ($\bar{\phi}$ VLP = durchschnittliches Blattverlustprozent).

Zu erkennen ist (Tab.42) der Anstieg im durchschnittlichen Verlustprozent derjenigen Gruppen, die 1986 oder 1990 Fruktifikation aufweisen. Während 1987 die Auswirkungen der Fruktifikation des Vorjahres nicht mehr deutlich ausgeprägt sind, war 1991, gegenüber 1990, praktisch kein Rückgang in der Kronenverlichtung zu beobachten. Dagegen sind insbesondere 1992, bei sehr starker Fruktifikation auf allen Flächen und nach dem Trockenjahr 1991, deutliche Anstiege im Blattverlustprozent zu verzeichnen.

In einem zweiten Schritt wird überprüft, ob und wenn ja mit welcher Intensität, diese nach der Fruktifikationsstärke 1990 unterteilten Gruppen (die Gruppen 0 und 1 wurden zusammengefaßt), 1992 fruktifizieren und welche Veränderungen im Blattverlust zu beobachten sind (Tab.43). Die Ergebnisse bestätigen in der Gruppe 0/1 die Entwicklung von 1989 auf 1990, d.h. das Verlustprozent ändert sich je nach Fruktifikationsstärke. Der Anstieg im durchschnittlichen Verlustprozent bei zunehmender Fruktifikationsstärke ist jedoch, - evt. infolge des "Trockenjahres" 1991 - durch die gegenseitige Verstärkung zweier Streßeinflüsse deutlich höher als von 1989 auf 1990.

Fruchtifikationsstärke 1986	Anzahl (Buchen)	durchschnittliches Verlustprozent			
		1985	1986	1987	1988
ohne bis gering	163	13,1	13,2	14,1	14,9
mittel bis stark	33	16,2	19,2	17,0	16,4
Fruchtifikationsstärke 1990	Anzahl Buchen	durchschnittliches Verlustprozent			
		1989	1990	1991	1992
ohne (0)	48	14,7	12,9	14,8	22,3
gering (1)	82	13,4	13,7	14,6	24,2
mittel (2)	77	14,8	20,3	20,3	29,2
stark (3)	46	14,5	25,2	25,4	28,0

Tab. 42: Entwicklung des durchschnittlichen Verlustprozentes von 1985 bis 1988 und von 1989 bis 1992, aufgegliedert in Gruppen unterschiedlicher Fruchtifikationsintensität der Buchen in den Jahren 1986 und 1990 (1986 wurden die Gruppen wegen der geringen Zahl starker fruktifizierender Buchen zusammengefaßt).

Bäume der Gruppen 2 und 3, die 1992 nicht bzw. nur gering fruktifizieren (Tab.43), haben sich im durchschnittlichen Verlustprozent von 1990 auf 1992 kaum verändert. Diese Buchen zeigen noch zwei Jahre nach mittlerer bzw. starker Fruchtbildung die gleiche, deutlich reduzierte Belaubung wie im Jahr ihrer Fruchtbildung auf. Bei den Buchen, die sowohl 1990; als auch 1992 mittlere bis starke Fruchtifikation aufweisen, d.h. innerhalb von zwei Jahren zum zweiten Mal stärker fruktifizieren, nimmt die Kronenverlichtung nochmals zu. Als mögliche Ursachen sind das Zusammentreffen von Fruchtbildung 1990 (Reservestoffverbrauch), Trockenheit 1991 (reduzierte Erholungsmöglichkeit) und erneute Fruchtbildung 1992 (Reservestoffverbrauch) denkbar (siehe Diskussion).

Fruchtifikationsintensität 1992	Gruppe 0 / 1 (1990)		Gruppe 2 (1990)		Gruppe 3 (1990)	
	Ø VLP 1992	Anzahl (Bäume)	Ø VLP 1992	Anzahl (Bäume)	Ø VLP 1992	Anzahl (Bäume)
ohne (0)	16,2	17	21,0	10	25,7	7
gering (1)	19,7	39	20,8	12	26,4	11
mittel (2)	26,1	54	27,1	28	27,5	12
stark (3)	30,0	20	38,2	27	30,6	16

Tab. 43: Durchschnittliches Verlustprozent (Ø VLP) von Buchen unterschiedlicher Fruchtifikationsintensität 1992, aufgegliedert in drei Gruppen unterschiedlicher Fruchtifikation im Jahre 1990.

Interessant ist, daß von den 255 hier betrachteten Buchen, 23% weder 1990 noch 1992, jedoch 33% sowohl 1990, als auch 1992 mittlere bzw. starke Fruchtifikation aufweisen.

Beteiligung von Insektenfraßschäden am Verlustprozent

Umfang und Intensität des Auftretens von Insektenfraßschäden sind im Beobachtungszeitraum sehr unterschiedlich. Das am häufigsten aufgetretene Schadinsekt ist der Buchenspringrüßler. Der Anteil von Buchen mit "mittleren" und "starken" Insektenfraßschäden ist meist gering und erreicht 1987 mit 7,4% des Aufnahmekollektives einen maximalen Wert. Der Anteil der Bäume mit geringen Insektenfraßschäden schwankt in den Jahren 1984 - 1989 zwischen 30% und 63% und beträgt in den Folgejahren weniger als 8% (Abb.64).

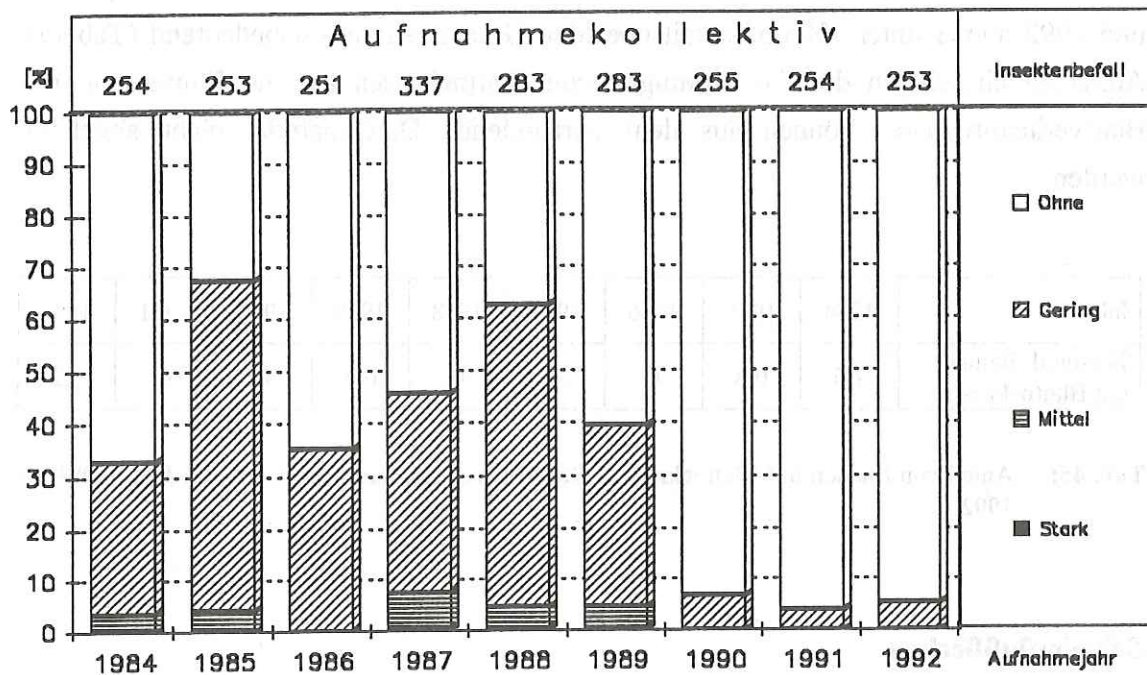


Abb. 64: Prozentualer Anteil von Buchen mit Insektenbefall am Gesamtkollektiv der Jahre 1984 bis 1992.

Die sich in Tab. 44 andeutende Tendenz eines steigenden Verlustprozentes bei stärkeren Insektenfraßschäden in Jahren verstärkten Auftretens ist weder für die einzelnen Flächen, noch für das Gesamtkollektiv aller Buchen signifikant (Tab.44).

Jahr	1985		1987		1988		1989	
	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)
ohne	12,6	82	13,2	183	14,0	106	13,3	171
geringer	14,1	160	14,8	129	15,6	164	15,3	99
mittlerer	15,4	11	15,9	23	16,9	13	19,6	12
starker		0	17,5	2	15,0	1	30,0	1

Tab.44: Durchschnittliches Verlustprozent (Ø VLP) der Jahre 1985, 1987, 1988 und 1989 der Baumart Buche, aufgliedert in Gruppen unterschiedlich starker Insektenschäden.

Blattnekrosen

Der prozentuale Anteil von Bäumen mit Blattnekrosen ist mit Ausnahme der Jahre 1984 und 1992 immer unter 1% und somit über den Gesamtzeitraum unbedeutend (Tab.45). Aussagen hinsichtlich der Auswirkungen von Blattnekrosen auf die Einwertung des Blattverlustprozentes können aus dem vorhandenen Datenmaterial nicht abgeleitet werden.

Jahr	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
%-Anteil Bäume mit Blattnekrosen	7,5	0,8	0	0	0	0,4	0	0	3,2

Tab. 45: Anteil von Buchen mit Blattnekrosen (Stufe1 bis 3) am Gesamtkollektiv der Jahre 1984 bis 1992.

Schleimflußflecken

Schleimflußflecken auf der Buchenrinde werden auf den Beobachtungsflächen nur in geringem Umfang festgestellt. Das Maximum der Schleimflußflecken am Gesamtkollektiv beträgt 5,2% im Jahre 1984 (Tab.46). Abgänge durch Buchenschleimfluß waren auf den Dauerbeobachtungsflächen nicht zu verzeichnen. Auf den Untersuchungsflächen ist somit im Beobachtungszeitraum der Einfluß der Buchenschleimflußkrankheit auf den Kronenzustand der Buchen vermutlich nur gering.

Jahr	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
%-Anteil Bäume mit Schleimflußflecken	5,1	3,6	1,2	0	1,8	0	0	1,2	1,2

Tab. 46: Prozentualer Anteil von Buchen mit Schleimflußflecken am Gesamtkollektiv der Jahre 1984 bis 1992.

4.4.8 Zusammenhang zwischen abiotischen oder nicht eindeutig zuzuordnenden Merkmalen und dem Kronenzustand

Verletzungen an Stamm und Krone

60% aller Buchen der Beobachtungsflächen weisen äußerlich sichtbare Stamm- oder Wurzelanlaufverletzungen auf. Ein signifikanter Unterschied zwischen Gruppen unterschiedlich starker Stammverletzungen ist hinsichtlich des Verlustprozentes weder bei der Analyse der Gesamt- noch der Einzelflächenkollektive vorhanden (Tab.47).

Stammschäden		durchschnittliches Verlustprozent	Anzahl (Bäume)
keine		13,5	112
leichte	offene	15,2	27
mittlere		13,5	36
starke		17,2	43
leichte		12,1	19
mittlere	überwallte	14,6	26
starke		14,7	20

Tab. 47: Durchschnittliches Verlustprozent des Jahres 1988 von Buchen mit unterschiedlichen Stammschäden.

Lediglich bei 2 Bäumen sind Kronenbrüche vorhanden. Dieses Merkmal ist demnach auf den Buchenbeobachtungsflächen ohne Relevanz.

Rauhborke Rinde

Das Auftreten von rauhborke Rinden ist an älteren Buchen kein seltenes Phänomen (Tab.48). Signifikante Unterschiede im Blattverlust von Buchen ohne bzw. mit unterschiedlich starker Rauhborke sind nur in Ausnahmefällen vorhanden.

rauhborkige Rinde	durchschnittliches Verlustprozent	Anzahl (Bäume)
keine	26,0	100
geringe	26,8	89
mittlere	25,5	56
starke	21,9	8

Tab. 48: Durchschnittliches Verlustprozent von Buchen mit unterschiedlich stark rauhborkiger Rinde im Jahre 1992.

Dürre Äste bzw. Zweige und Kronenverlichtung

Dürräste/Zweige im Kroneninnern

Die prozentualen Anteile von dünnen Ästen (inkl. dünnen Zweigen) bis 1987 bzw. ausschließlich dünnen Zweigen ab 1989 unterliegen in den einzelnen Jahren größeren Schwankungen (Abb.65). Die bis 1987 durchgeführte Bewertung von Dürrästen zeigt deutlich höhere Anteile von Bäumen mit diesem Merkmal als die ausschließliche Bewertung von dünnen Zweigen ab 1989. Von 1984 auf 1987 ist eine leichte Zunahme von Buchen ohne das Merkmal "Dürräste" zu beobachten. Demgegenüber steigt der Anteil von Buchen mit mittlerer und starker Dürrastbildung im Zeitraum 1989 bis 1992 an.

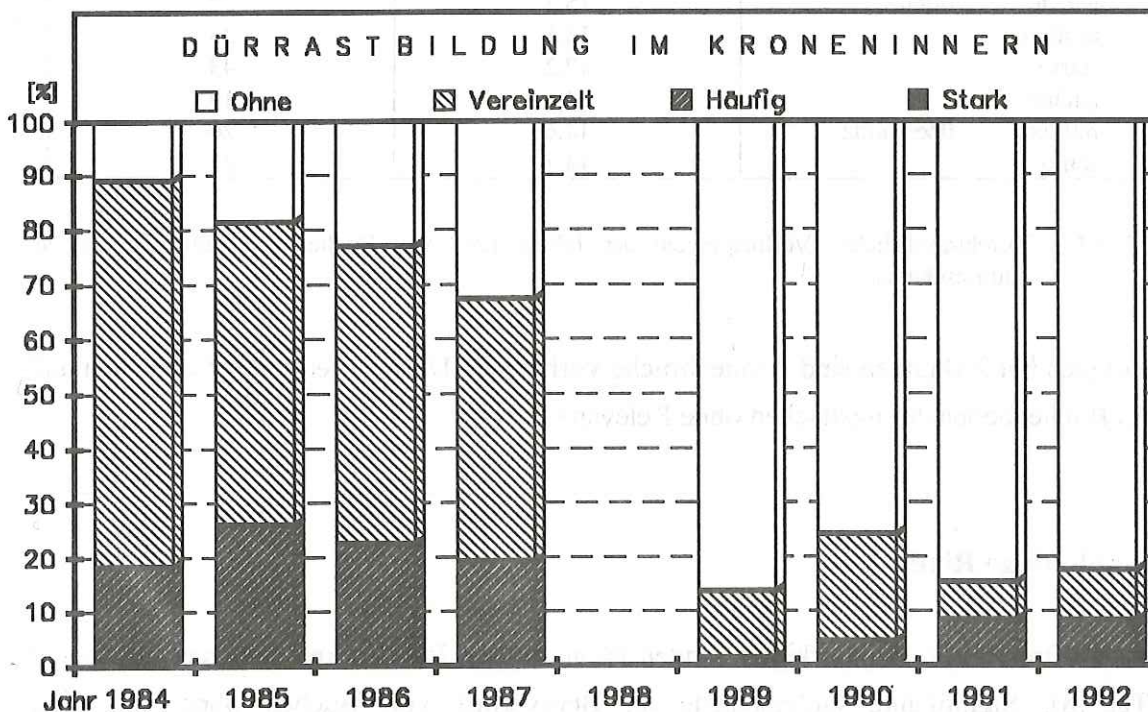


Abb. 65: Anteile von Buchen mit Dürrästen incl. dünnen Zweigen (1984 bis 1987) bzw. dünnen Zweigen (1989 bis 1992) im Kroneninnern der Bäume in Prozent.

Die durchschnittlichen Blattverlustprozent von Gruppen ohne bzw. mit unterschiedlich häufigen Dürträsten steigen - sowohl 1984 bis 1987, als auch 1989 bis 1992 - mit zunehmendem Dürtrasteil kontinuierlich an (Tab.49). Diese Unterschiede sind bei Analyse des Gesamtkollektives weitgehend, bei Betrachtung der Einzelflächen jedoch nur in wenigen Fällen signifikant.

Dürrast-/ Zweigstufe	1984 Ø VLP (Anzahl)	1985 Ø VLP (Anzahl)	1986 Ø VLP (Anzahl)	1987 Ø VLP (Anzahl)	1989 Ø VLP (Anzahl)	1990 Ø VLP (Anzahl)	1991 Ø VLP (Anzahl)	1992 Ø VLP (Anzahl)
0	5,2 (28)	9,5 (47)	9,1 (58)	10,3 (110)	13,2 (244)	14,6 (193)	16,0 (215)	24,2 (208)
1	10,7 (179)	12,7 (140)	13,3 (136)	14,2 (162)	19,0 (35)	25,9 (51)	22,8 (18)	33,5 (24)
2	20,5 (44)	18,7 (65)	20,7 (57)	19,7 (64)	42,5 (4)	32,0 (10)	33,2 (17)	32,7 (15)
3	25,0 (3)	20,0 (1)	--- (---)	30,0 (1)	--- (---)	25,0 (1)	58,8 (4)	45,8 (6)

Tab. 49: Durchschnittliches Verlustprozent (Ø VLP) 1984 bis 1987 bzw. 1989 bis 1992 der Baumart Buche, aufgeteilt in Gruppen unterschiedlicher Dürrast/Zweiganteile im Kroneninnern.

Dürträste/Zweige in der Kronenperipherie

Der Anteil von Bäumen mit Dürträsten (inkl. dünnen Zweigen) bis 1987 bzw. dünnen Zweigen ab 1989 in der Kronenperipherie nimmt von 1989 bis 1992 kontinuierlich zu (Abb.66). Seit 1990 ist insbesondere ein starker Anstieg dürrer Zweige in den Stufen 2 und 3 erkennbar.

Das Blattverlustprozent zwischen Gruppen von Buchen mit verschiedenem Anteil von Dürträsten/Zweigen zeigt bei Betrachtung des Gesamtkollektives über den gesamten Beobachtungszeitraum deutliche und meist signifikante Unterschiede auf. Mit steigendem Dürtrasteil steigt die Kronenverlichtung an (Tab.50). Diese Unterschiede können auf den Einzelflächen jedoch nur in Einzelfällen statistisch gesichert werden.

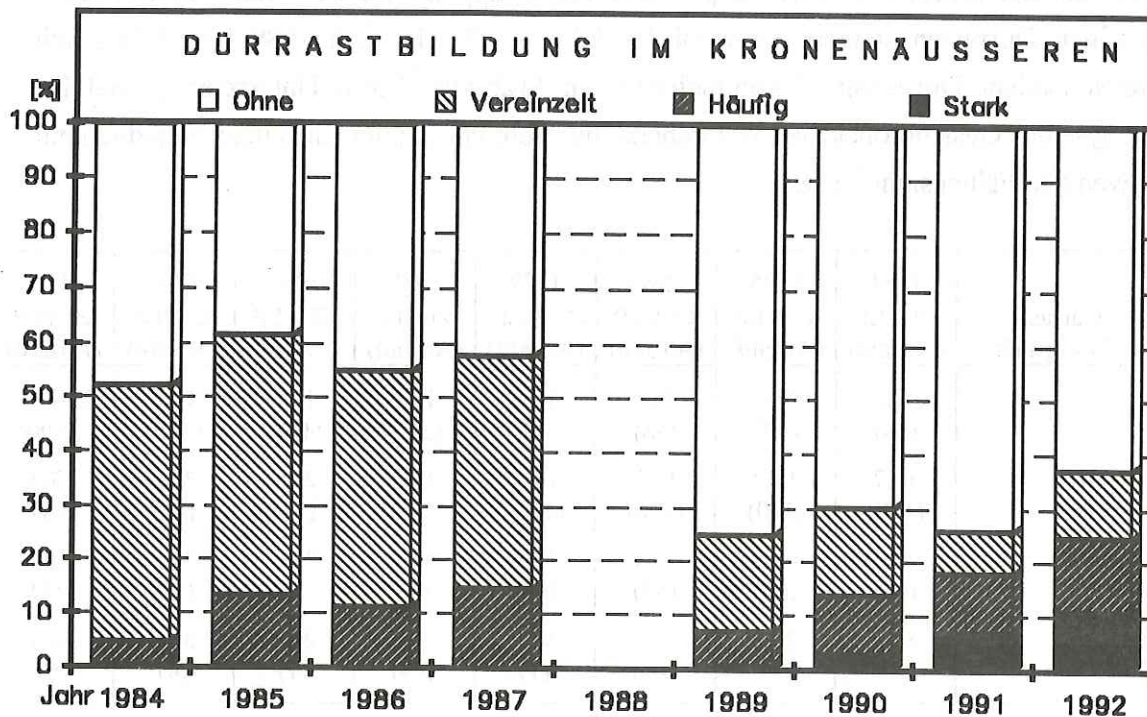


Abb. 66: Anteile von Buchen mit Dürrrasten (1984 bis 1987) bzw. dürren Zweigen (1989 bis 1992) in der Kronenperipherie in Prozent.

Dürrast/ Zweigstufe	1984 Ø VLP (Anzahl)	1985 Ø VLP (Anzahl)	1986 Ø VLP (Anzahl)	1987 Ø VLP (Anzahl)	1989 Ø VLP (Anzahl)	1990 Ø VLP (Anzahl)	1991 Ø VLP (Anzahl)	1992 Ø VLP (Anzahl)
0	8,1 (121)	10,7 (97)	10,4 (113)	11,5 (142)	12,0 (212)	13,0 (178)	15,1 (188)	22,4 (159)
1	14,9 (121)	14,3 (122)	16,1 (110)	15,0 (145)	17,6 (51)	23,0 (42)	20,5 (20)	25,8 (31)
2	19,6 (11)	19,9 (33)	20,7 (28)	18,4 (50)	28,3 (18)	34,4 (27)	25,2 (28)	31,9 (35)
3	50,0 (1)	20,0 (1)	--- (---)	--- (---)	52,5 (2)	35,0 (8)	39,2 (18)	40,0 (28)

Tab. 50: Durchschnittliches Verlustprozent (Ø VLP) 1984 bis 1987 bzw. 1989 bis 1992 der Baumart Buche, aufgliedert in Gruppen unterschiedlicher Dürrast/Zweiganteile in der Kronenperipherie.

Das verstärkte Auftreten von dürren Ästen/Zweigen in der Kronenperipherie (Dürraststufen 2 und 3) in den Jahren 1990 bis 1992 ist relativ eng mit dem Auftreten mittlerer bis starker Fruktifikation verbunden. Dies belegt eine Aufteilung des Kollektives in Fruktifikationstufen und die Berechnung der Anteile der Dürraststufen 2 und 3 (Tab.51).

Während bei geringer Fruktifikation auch nur ein relativ geringer Anteil von Bäumen mit höherer Dürraststufe vorhanden ist, ist bei stärkerer Fruktifikation ein deutlicher Anstieg höherer Dürraststufen erkennbar. Ein Einfluß des Trockenjahres 1991 ist aufgrund der deutlichen Erhöhung der Dürrastanteile ebenfalls wahrscheinlich.

Jahr	1990		1992	
	Anzahl (Bäume)	% Anteil Dürraststufen 2 und 3	Anzahl (Bäume)	% Anteil Dürraststufen 2 und 3
keine	50	4,0	34	14,7
gering	82	4,9	62	6,5
mittel	77	16,9	94	29,8
starke	46	34,8	63	41,3

Tab. 51: Anteil der Dürraststufen 2 und 3 in der Kronenperipherie der Buchen in den Jahren 1990 und 1992, aufgegliedert in Gruppen unterschiedlicher Fruktifikationsstärke.

Belaubungstyp

Der Anteil "normal" belaubter Buchenkronen liegt 1984 bis 1987 bei ca. 50 %, ab 1989 bei ca. 75 % (Abb. 67). Bis 1987 ist der Anteil der "von innen" verlichteter Bäume höher als der Anteil von "in der Peripherie" verlichteter Bäume. Seit 1989 hat sich dieses Verhältnis sehr verändert. Der Anteil "von innen" verlichteter Bäume ist mittlerweile unbedeutend. Zum gleichen Zeitpunkt steigt aber der Anteil der Buchen mit insgesamt schütterer Krone an.

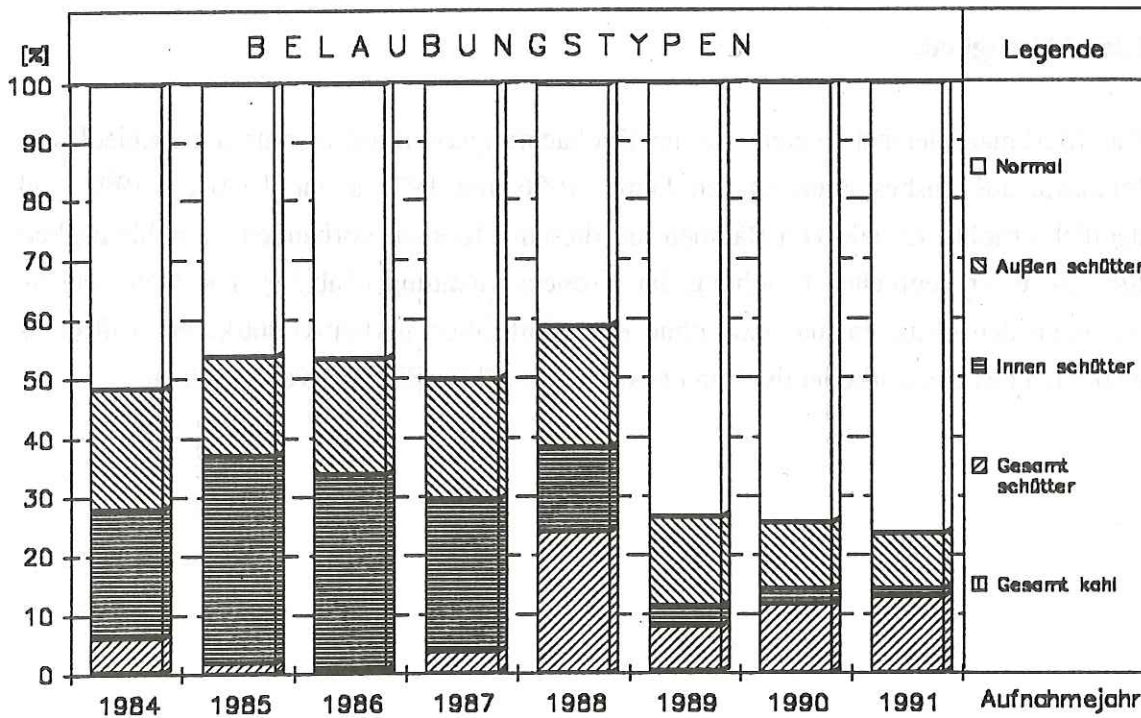


Abb. 67: Anteile von Buchen verschiedenen Belaubungstyps am Gesamtkollektiv der Jahre 1984 bis 1991.

Der Ort der Verlichtung wirkt sich auf das durchschnittliche Verlustprozent sehr unterschiedlich aus. Während von 1984 bis 1987 der Blattverlust bei "von innen" und "von außen" verlichteter Bäume um 6 bis 10%- Punkte über dem Vergleichskollektiv liegt, sind von 1989 bis 1991 bei diesen Bäumen im Vergleich zu den normal belaubten Kronen Erhöhungen bis zu 17% zu verzeichnen (Tab.52). Die Unterschiede zwischen den Gruppen verschiedener Belaubungstypen sind bezüglich des Gesamtkollektives überwiegend, hinsichtlich der Einzelflächen nur in wenigen Fällen signifikant.

Belaubungstyp	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
	Ø VLP (Anzahl)	Ø VLP (Anzahl)	Ø VLP (Anzahl)	Ø VLP (Anzahl)	Ø VLP (Anzahl)	Ø VLP (Anzahl)	Ø VLP (Anzahl)	Ø VLP (Anzahl)
normal	6,5 (131)	8,8 (117)	9,2 (117)	10,5 (169)	10,2 (117)	11,7 (208)	13,7 (190)	14,8 (194)
außen schütter	16,4 (52)	17,3 (42)	16,9 (49)	16,5 (68)	19,6 (57)	22,3 (43)	31,0 (29)	25,8 (24)
innen schütter	16,0 (55)	17,7 (89)	18,6 (83)	17,2 (87)	17,6 (41)	15,6 (9)	19,2 (6)	23,3 (3)
gesamt schütter	27,3 (15)	26,0 (5)	35,0 (2)	25,4 (13)	18,2 (68)	20,7 (22)	28,7 (30)	33,2 (33)
Krone kahl	50,0 (1)					70,0 (1)		

Tab. 52: Anteil der Dürraststufen 2 und 3 in der Kronenperipherie der Buchen in den Jahren 1990 und 1992, aufgedgliedert in Gruppen unterschiedlicher Fruktifikationsstärke.

Kleinblättrigkeit

Das Merkmal Kleinblättrigkeit tritt im Beobachtungszeitraum in sehr unterschiedlicher Intensität auf. Insbesondere in den Jahren 1986 und 1987 sowie 1990 bis 1992 sind deutlich erhöhte Anteile von Bäumen mit diesem Merkmal vorhanden. Kleinblättrigkeit führt zu einer deutlichen Erhöhung der Kronenverlichtung (Tab.53). Die Unterschiede zwischen den Gruppen mit bzw. ohne Kleinblättrigkeit in Jahren stärkeren Auftretens bezüglich des Gesamtkollektives und etwa 50% der Einzelkollektive signifikant.

Jahr	1986		1987		1990		1991		1992	
	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)
Kleinblättrigkeit										
nicht vorhanden	13,4	209	13,2	291	15,7	193	16,4	222	22,8	149
vorhanden	17,4	42	19,0	46	23,6	62	31,7	32	30,8	104

Tab. 53: Durchschnittliches Verlustprozent (Ø VLP) Gesamtkollektiv Buche, aufgegliedert in Gruppen von Bäumen mit bzw. ohne das Merkmal "Kleinblättrigkeit".

Das Auftreten von Kleinblättrigkeit geht i.d.R. mit verstärkter Fruktifikation einher. 1990 weisen 84%, 1992 82% aller Buchen mit dem Merkmal "Kleinblättrigkeit" mittlere bis starke Fruktifikation auf; nur bei maximal 4% dieses Kollektives wird "keine" Fruktifikation notiert. Zusammenhänge mit dem Vorjahr sind gleichfalls deutlich erkennbar: 66% aller 1991 nicht fruktifizierenden Bäume mit dem Merkmal "Kleinblättrigkeit" wiesen 1990 "mittlere" bis "starke" und weitere 19% "geringe" Fruktifikation auf.

Gerollte Blätter

Der prozentuale Anteil von Bäumen mit dem Merkmal "gerollte Blätter" schwankt im Beobachtungszeitraum zwischen 12 und 30% des jeweiligen Jahreskollektives. Da nur das Auftreten, nicht jedoch die Intensität dieses Merkmales erfaßt wurde, ist der Einfluß auf die Einwertung des durchschnittlichen Verlustprozentes sehr unterschiedlich (Tab.54).

Gruppenunterschiede im Verlustprozent sind bei Analyse des Gesamtkollektives in den Jahren 1989 und 1990, bei Betrachtung der Einzelflächen nur in Einzelfällen signifikant.

Jahr	1984		1987		1989		1990		1991	
	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)
Gerollte Blätter										
nicht vorhanden	11,0	180	13,8	242	13,8	198	17,1	188	15,9	364
vorhanden	14,3	74	14,5	95	15,5	85	19,0	67	14,4	110

Tab. 54: Durchschnittliches Verlustprozent (Ø VLP) von Buchen mit bzw. ohne Vorkommen des Merkmales "gerollte Blätter".

4.4.9 Veränderungen von Kronenstrukturmerkmalen

Morphologie und Verzweigung der Buchenkronen werden seit 1984 von ROLOFF (1984, 1986) untersucht. Auf den Buchenbeobachtungsflächen sind 1984 und 1985 im Zuge der Sommeraufnahme das Merkmal "Spießbildung" und im Winter 1991/92 (im laubfreien Zustand) Kronenstrukturmerkmale im Anhalt an das Bonitierschema von ROLOFF (1986) erfaßt worden.

Spießbildung (1984/1985)

Der Anteil der Buchen, deren Langtriebe in der Oberkrone zu $\leq 10\%$ als Spieße ausgebildet sind, betragen 1984 63%, 1985 85%. Die Aufgliederung des Kollektives nach Gruppen unterschiedlich starker Spießbildung verdeutlicht, daß von 1984 auf 1985 erhebliche Verschiebungen in den Stufen stattgefunden haben (Tab.55). Um vorhandene Unsicherheiten bei der Bewertung auszuschließen, wurden zusätzlich die Bäume betrachtet, die in beiden Jahren Spießbildung aufwiesen. Die Ergebnisse sind tendenziell ähnlich. Der Anteil von Buchen, die verfahrensbedingt (innerhalb eines Jahres ist eine Änderung in der Kronenstruktur nicht zu erwarten) in beiden Jahren in die gleiche Stufe eingewertet wurden, geht jedoch deutlich zurück.

Die durchschnittlichen Blattverlustprozent der jeweiligen Gruppen zeigen bei allen Varianten eine deutliche Abstufung auf. Je höher der Anteil der Spieße, um so höher das Verlustprozent. Während die Gruppenunterschiede hinsichtlich des Verlustprozentes bezüglich der Gesamtkollektive signifikant sind, können für die Einzelflächen nur in Einzelfällen Differenzen statistisch gesichert werden.

Spießbildung	Ø Blattverlust				Ø Verlustprozent 1985	
	1984		1985		Spießbildung 1984 und 1985	
	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)
0 - 10 % = 0	9,1	161	12,5	215	11,5	148
11 - 25 % = 1	15,3	72	18,6	33	19,6	13
26 - 60 % = 2	21,4	18	33,0	5	35,0	3
> 60 % = 3	26,7	3	----		----	

Tab. 55: Durchschnittliches Blattverlustprozent (Ø VLP) von Gruppen unterschiedlicher Intensität der Spießbildung bei der Buche 1984, 1985 sowie 1984 und 1985

Kronenstruktur nach ROLOFF

Die im Winter 1991/92 durchgeführte Bonitierung der Kronenstruktur nach ROLOFF (1986) zeigt, daß 70% der Buchen der Explorationsphase, und 30% der Degenerationsphase zuzuordnen sind (N = 253). Stagnationsphase war an einem Baum, Resignationsphase an keiner Buche auf den Untersuchungsflächen zu beobachten.

Die Entwicklung der durchschnittlichen Verlustprozente dieser zwei Gruppen von 1988 bis 1992 zeigt deutliche, in der Relation gleichbleibende Unterschiede in Richtung höherer Verlustprozente in der Degenerationsphase über diesen Zeitraum auf. Das Niveau der durchschnittlichen Verlustprozente ist seit 1990 merklich angestiegen (Tab.56). Die Unterteilung der Kronenstrukturstufen nach ROLOFF (1986) zeigen ebenfalls eine kontinuierliche Zunahme im durchschnittlichen Blattverlustprozent mit steigender Stufe an (Tab.57).

Kronenstruktur	Anzahl (Bäume)	durchschnittliches Verlustprozent				
		1988	1989	1990	1991	1992
Explorationsphase	176	13,8	13,0	16,0	17,2	24,9
Degenerationsphase	76	17,4	17,1	21,4	21,0	29,0

Tab. 56: Durchschnittliches Verlustprozent der Jahre 1988 bis 1992 der Baumart Buche, aufgliedert nach Kronenstrukturmerkmalen von ROLOFF (1986).

Kronenstruktur/ Stufe	durchschnittliches Verlustprozent					Anzahl (Bäume)	
	1988	1989	1990	1991	1992		
Explorationsphase	0	13,0	12,2	15,0	16,7	23,6	127
	1	16,1	15,1	18,6	18,5	28,1	49
Degenerationsphase	2	16,7	16,3	20,8	19,8	27,8	32
	3	17,7	17,9	21,9	22,1	30,0	34
	4	19,0	17,0	22,0	21,0	29,5	10
Stagnationsphase	5	15,0	15,0	15,0	10,0	15,0	1

Tab. 57: Durchschnittliches Verlustprozent der Jahre 1988 bis 1992 der Baumart Buche. Die Kronenstrukturphasen nach ROLOFF (1986) wurden aufgeteilt in zwei bzw. drei Unterstufen.

Ein Vergleich der Stufeneinteilung nach Kronenstrukturmerkmalen mit der Einwertung nach Blattverluststufen zeigt deutliche und im Zeitverlauf sich ändernde Differenzen auf

(Tab.58). Der Anteil der Buchen, die im jeweiligen Jahr in die gleiche Stufe eingewertet wurden, liegt 1989 bei 55 und 1992 bei 18 Prozent. Deutlich wird, daß die Einwertung nach Blattverlustprozenten innerhalb kurzer Zeit größeren Schwankungen unterliegt, während Änderungen der Kronenstruktur nur in vergleichsweise längeren Zeiträumen beobachtet werden können. Ein Vergleich der Ergebnisse aus den beiden Erhebungsverfahren kann somit, je nach Aufnahmejahr, zu sehr unterschiedlichen Resultaten führen.

Jahr	1989			1992			
	0-10	11-25	26-60	0-10	11-25	26-60	61-99
Verlustprozentstufe							
Kronenstrukturphase							
Explorationsphase	99	71	6	9	104	63	--
Degenerationsphase	28	40	7	2	36	37	1
Stagnationsphase	--	1	--	--	1	--	--

Tab. 58: Anzahl von Buchen in Kronenstrukturphasen nach ROLOFF (1991) und deren Verteilung auf Blattverluststufen der terrestrischen Waldschadenserhebung (1989 und 1992).

Vergleich der Kronenstrukturmerkmale 1984/85 mit der Erhebung 1992

Das Auftreten des Merkmals "Spießbildung" mit einer Intensität $\geq 10\%$ der Langtriebe in der Oberkrone kann der Stufe 1 nach ROLOFF (1986) zugeordnet werden. Der Vergleich der Ergebnisse beider Aufnahmetermine zeigt, daß von denjenigen Bäumen, die 1984 und 1985 Spießbildung $\leq 10\%$ aufweisen, 1992 87% in die Explorationsphase und 13% in die Degenerationsphase eingewertet sind. Diejenigen Bäume die $\geq 10\%$ Spießbildung aufweisen sind 1992 zu 40% der Explorationsphase und zu 60% der Degenerationsphase zugeordnet. Dies bedeutet, daß sich die Kronenstruktur sowohl verbessert, als auch verschlechtert hat. Das durchschnittliche Verlustprozent der Jahre 1989 (vor dem deutlichen Anstieg in der Kronenverlichtung) und 1992 (stärkste Kronenverlichtung im Beobachtungszeitraum) zeigt einen deutlichen Anstieg mit zunehmender Spießbildung in den Jahren 1984 und 1985, jedoch geringere Unterschiede zwischen den beiden Gruppierungen nach ROLOFF (1986), die im Winter 1992 durchgeführt wurden. Aufgrund des geringen Kollektivumfanges sind generelle Aussagen jedoch nicht möglich (Tab.59).

Spießbildung 1984 und 1985	Explorationsphase (1992)			Degenerationsphase (1992)		
	Anzahl (Bäume)	Ø VLP 1989	Ø VLP 1992	Anzahl (Bäume)	Ø VLP 1989	Ø VLP 1992
≤ 10 %	97	11,1	23,1	15	11,7	24,7
> 10 %	8	19,4	30,6	12	22,9	36,2

Tab. 59: Durchschnittliches Verlustprozent (Ø VLP) der Baumart Buche der Jahre 1989 und 1992, aufgegliedert nach unterschiedlicher Spießbildung 1984/85 und Kronenstrukturphasen nach ROLOFF (1986) im Jahre 1992.

4.4.10 Zusammenhänge zwischen ertragskundlichen Kennwerten und dem Blattverlust

Die Einwertung der Buchen in Baumklassen nach KRAFT (1884) ergibt, daß 76% der KRAFT'schen Klasse 2, 21% der Klasse 3 und 3% der Klasse 1 zuzuordnen sind. Die Aufgliederung des Gesamtkollektives in die KRAFT'schen Klassen 1 - 3 und die Darstellung der Entwicklung des durchschnittlichen Blattverlustprozentos für diese Gruppen lassen eine tendenzielle Zunahme der Kronenverlichtung von Baumklasse 1 zu Baumklasse 2 vermuten (Abb.68). Signifikante Unterschiede sind für das Gesamtkollektiv aber nur in Einzelfällen, bezüglich der Einzelflächen in keinem Fall gegeben.

Die Überprüfung der ebenfalls eng mit der Einteilung nach KRAFT'schen Klassen korrelierten Parameter Baumhöhe, Brusthöhendurchmesser, Verhältnis von Höhe zu Durchmesser (h/d-Verhältnis), Anteil grüner Krone und Intensität der Kronenausbildung führte zu den gleichen Ergebnissen. Signifikante Unterschiede in der Kronenverlichtung sind zwischen Gruppen unterschiedlich starker Bäume nicht vorhanden.

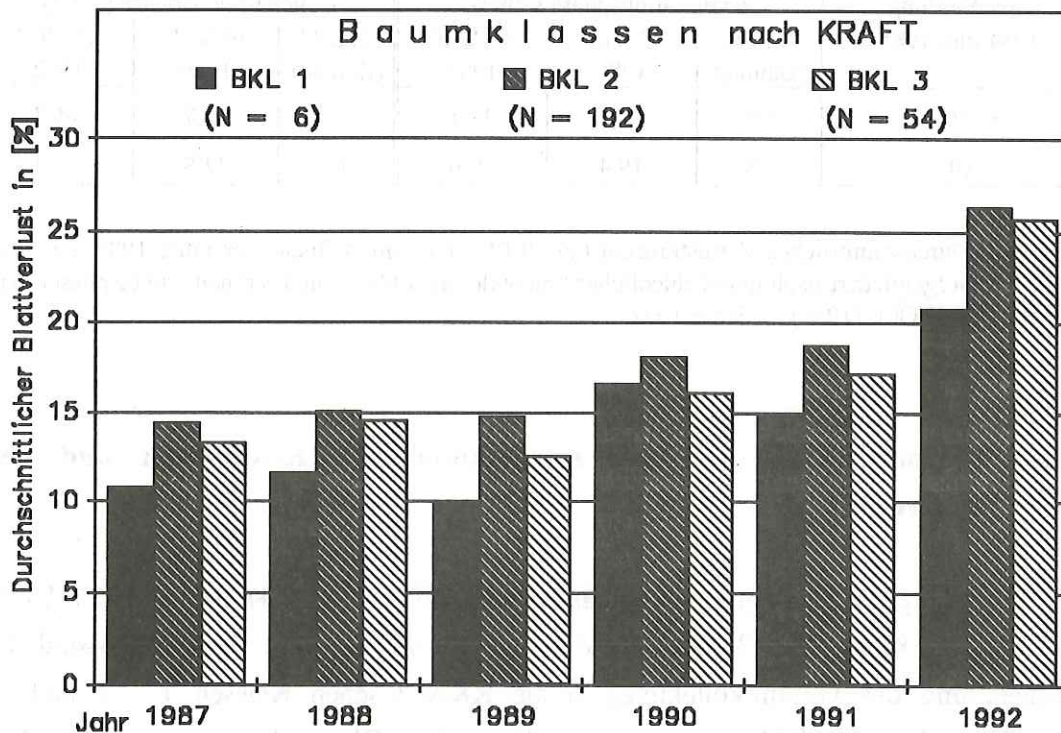


Abb. 68: Entwicklung des durchschnittlichen Blattverlustes der Baumart Buche in Prozent, aufgliedert in Baumklassen (BKL) nach KRAFT.

4.4.11 Infrarot-Color-Luftbilder

Für drei Buchenbeobachtungsflächen liegen IRC-Luftbilder aus den Jahren 1984 und 1992 vor. Die terrestrische Ansprache weicht von den Ergebnissen der Bonitierung mittels IRC-Luftbilder sowohl 1984, als auch 1992 ab. 1984 zeigen die Ergebnisse der terrestrischen Einwertung im Vergleich mit dem Ergebnis aus dem Luftbild einen deutlichen Trend zu geringerer Kronenverlichtung auf. 1992 zeigen dagegen, bei vergleichsweise geringen Unterschieden, die Ergebnisse der Luftbildinterpretation eine im Vergleich zur terrestrischen Einwertung geringere Kronenverlichtung. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, daß die terrestrische Einwertung 1984 bei insgesamt geringer Kronenverlichtung aufgrund der z.T. nicht einsehbaren Oberkronen infolge sehr dichter Unterkronen in der Tendenz zu niedrige Werte ergab. Die bei der Buche i.d.R. in der Oberkrone beginnende Verlichtung ist nicht immer sichtbar. 1992 sind die Oberkronen der Buchen aufgrund der erheblichen Zunahme der Kronenverlichtung besser einsehbar, so daß eine Unterschätzung der Kronenverlichtung eher unwahrscheinlich erscheint. Daß die Ergebnisse im Luftbild 1992 in der Tendenz niedrigere Kronenverlichtungen anzeigen, beruht zum großen Teil darauf, daß bei der

terrestrischen Bonitierung, im Gegensatz zur Ansprache im Luftbild, die 1992 in erheblichem Umfang beobachtete "Kleinblättrigkeit" als Blattflächenverlust in das Verlustprozent einfließt. Bei der Ansprache mittels IRC-Luftbildern liegt ein wesentlicher Bewertungsschwerpunkt auf der Kronenstruktur, so daß gut verzweigte, jedoch kleinblättrige Buchen als "ungeschädigt" eingewertet werden können.

Jahr	1984				1992			
	Nadelverlust				Nadelverlust			
	0-10%	11-25%	26-40%	41-60%	0-10%	11-25%	26-40%	41-60%
terrestrisch	62	34	3	0	4	50	36	10
aerial	37	54	8	0	14	51	31	4

Tab. 60: Prozentualer Anteil verschiedener Verlichtungsstufen auf drei Buchenbeobachtungsflächen; terrestrische und aerielle Bonitierung der Jahre 1984 und 1992 im Vergleich.

Der einzelbaumweise Vergleich der beiden Ergebnisse zeigt, daß die Unterschiede im wesentlichen eine Stufe betragen, folglich bei einem nicht vorhandenen Trend aufgrund des hohen Anteils von Bäumen im grenznahen Stufenbereich innerhalb des Schätzfehlers liegen würden (Tab.61). Die Ergebnisse deuten jedoch darauf hin, daß 1984 eventuell zu vorsichtig eingewertet wurde.

terr.	1984				terr.	1992			
>61%	1				>61%				1
41-60%	0				41-60%		3	5	1
26-40%	1	1	1		26-40%	1	18	16	1
11-25%	9	21	21		11-25%	10	29	10	1
0-10%	27	32	3		0-10%	3	1	0	0
aerial	0-10%	11-25%	26-40%	41-60%	aerial	0-10%	11-25%	26-40%	41-60%

Tab. 61: Anzahl Buchen in verschiedenen Kronenverlichtungsstufen - Vergleich der terrestrischen Einstufung mit der Einstufung aus dem Luftbild im Jahre 1984 und 1992.

4.4.12 Zusammenhang zwischen Bodenzustand und Kronenverlichtung

Für sieben der acht beschriebenen und längerfristig beobachteten Buchenflächen liegen chemische Analysen der Elementgehalte im Humus, der effektiven Kationenaustauschkapazität und der Austauscherbelegung im Mineralboden des Bodens

vor. Die Charakterisierung des chemischen Bodenzustandes erfolgt analog der Baumart Fichte (Kap.4.2.14).

Alle Untersuchungsstandorte sind, mit Ausnahme der Fläche 204, im Oberboden stark versauert. Fünf der sieben Flächen liegen im Aluminium-/Eisenpufferbereich, die Fläche 203 im Aluminium- und lediglich die Fläche 204 im Austauscherpufferbereich. Die Basensättigung liegt mit Ausnahme der Flächen 204 und 210 bei unter 10%, die Magnesiumsättigung mit Ausnahme der Flächen 201, 204 und 205 unter 1%. Dies sind Werte, die auf eine sehr geringe Elastizität der Standorte hinweisen.

Die Pufferbereiche im Unterboden liegen zwischen dem Aluminium-/Eisen- und dem Silikatpufferbereich in einem sehr weiten Spektrum. Die Basen- und Magnesiumsättigung unterscheiden sich jedoch mit Ausnahme der deutlich besser versorgten Fläche 204 nicht wesentlich von den Ergebnissen im Oberboden.

Gruppierung der Flächen nach unterschiedlicher Kronenverlichtung	Fläche	Oberboden			Unterboden		
		Pufferbereich	Basensättigung %	Magnesiumsättigung %	Pufferbereich	Basensättigung %	Magnesiumsättigung %
indifferent	201	Fe-Al	8,6	1,3	Al	9,7	0,9
	203	Al	7,6	0,7	Al	9,5	0,7
	204	Aus	13,6	1,9	Si	82,4	9,1
	205	Fe-Al	6,6	1,2	Fe-Al	6,1	1,1
	206	Fe-Al	9,0	0,7	Fe-Al	7,9	0,8
	209	Fe-Al	7,2	0,7	Al	7,0	0,3
	210	Fe-Al	11,5	0,9	Fe-Al	12,1	1,7

Tab. 62: Pufferbereich, Basen- und Magnesiumsättigung im Ober- und Unterboden auf Buchenflächen und Prüfung auf unterschiedliche Kronenverlichtung in den Jahren 1987 bis 1992 (Bodenproben nach BZE-Verfahren (Profil + 8 Bohrungen) Tiefe: 5 - 10 bzw. 30 - 60cm).

Deutliche Unterschiede in der Kronenverlichtung der Jahre 1987 bis 1992 sind auch bei der im Vergleich wesentlich besseren Basensättigung der Fläche 204 nicht zu erkennen.

4.4.13 Zusammenhang zwischen Nähr- und Schadstoffgehalten in den Buchenblättern und der Kronenverlichtung

Blattanalysen wurden im Rahmen der BZE in Rheinland-Pfalz nicht durchgeführt. Eine Bewertung erfolgt daher anhand der unterschiedlichen Niveaus zwischen den Einzelflächen unter Zuhilfenahme von Literaturangaben (FIEDLER 1973, La sante de forets 1993), und da ökologische Grenzwerte nicht vorhanden sind anhand der Waldbodeninventur in Bayern (GULDER und KÖLBEL 1993). Alle Bestände können

als gut stickstoffversorgt bezeichnet werden (Tab.63). Die Phosphorversorgung ist auf allen Flächen gering. Fläche 203 und 208 liegen mit $< 1\text{mg/g}$ TS vermutlich im Mangelbereich. Kalium und Calcium kann auf allen Standorten als ausreichend bis hoch bezeichnet werden. Bezüglich des Nährelementes Magnesium kann nur die Fläche 210 als hinreichend versorgt bezeichnet werden. Die Flächen 201, 203, 205 und vor allem 209 liegen im Mangelbereich (POWERS 1976). Mangan und Schwefel zeigen, wenn auch bei z.T. unterschiedlichen Niveaus, keine auffälligen Werte. Im Vergleich zu den Ergebnissen der Waldbodeninventur in Bayern liegen die aufgeführten Werte, bis auf die P- und Mg-Gehalte, im Rahmen der dortigen Ergebnisse. Die Phosphor- und die Magnesium-Gehalte liegen jedoch deutlich unter den Mittelwerten der bayerischen Inventur.

Gruppierung der Flächen nach unterschiedlicher Kronenverlichtung	Fläche	N %	P %	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	Mn mg/kg	S mg/kg	Cl mg/kg	%-Anteil VST>1
indifferent	201	2,31 0,12	0,120 0,026	7500 248	5257 941	593 48	2797 202	1351 64	188 8	1
	203	2,35 0,08	0,098 0,002	7993 1456	4993 336	431 55	2097 1157	1448 42	268 19	3
	204	2,30 0,02	0,106 0,005	10173 996	8387 1311	839 255	1557 210	1370 60	211 42	0
	205	2,56 0,13	0,134 0,007	6300 860	5960 1276	708 267	3097 366	1487 124	307 44	0
	206	2,38 0,06	0,117 0,008	5840 53	6840 1083	980 157	3393 1219	1476 129	263 11	2
	208	2,39 0,07	0,094 0,002	6533 1216	4933 389	893 102	2043 474	1535 43	255 10	1
	209	2,45 0,18	0,107 0,008	7630 778	4400 471	353 37	2843 391	1592 53	277 15	6
	210	2,26 0,07	0,117 0,008	8343 266	7177 60	1277 225	3040 688	1459 68	319 62	1

Tab. 63: Nähr- und Schadstoffgehalte (Mittelwerte und Standardabweichung) in Buchenblättern (1992) auf Flächen unterschiedlicher Kronenverlichtung in den Jahren 1987 bis 1992, ergänzt um den Anteil deutlich vergilbter Buchen ($VST > 1$).

Hinsichtlich der Kronenverlichtung sind zwischen den Buchenflächen bezogen auf die Jahre 1987 bis 1992 keine signifikanten Unterschiede sichtbar. Ein nennenswerter Anteil deutlich vergilbter Bäume auf der Fläche 209 korreliert mit einer sehr geringen Magnesiumversorgung.

4.5 Eiche

Die folgenden Auswertungen beziehen sich auf sieben Dauerbeobachtungsflächen. Davon werden 4 Flächen mit 198 Bäumen seit 1984, 5 Flächen mit 249 Bäumen ab 1986 und 7 Flächen mit 356 Bäumen seit 1987 erfaßt. Um eine adäquate Bewertung der Entwicklung der Kronenverlichtung bei der Eiche zu gewährleisten, war es notwendig, die Ergebnisse aus 1993 einzuarbeiten.

4.5.1 Entwicklung der Kronenverlichtung der einzelnen Flächen im Vergleich

Die Entwicklung des durchschnittlichen Verlustprozentes auf den Einzelflächen der 1984 bis 1986 bzw. 1987 bis 1993 bonitierten Eichen verläuft z.T. sehr unterschiedlich. Während die Mehrzahl der Flächen bis 1992 eine deutliche Zunahme des Blattverlustes zeigen, ist auf zweien der 1987 dazugekommenen Flächen (406 und 407) eine geringfügige Abnahme des Blattverlustes zu erkennen (Abb.69). Von 1992 auf 1993 ist auf allen Flächen eine drastische Zunahme der Kronenverlichtung zu beobachten. Auffallend ist, daß - wenn auch auf unterschiedlichem Niveau - die Blattverlustprozententwicklung auf den Einzelflächen in einigen Jahren gleichgerichtet verläuft (z.B. 1984 bis 1986, 1989 bis 1991 und 1992 auf 1993), in einzelnen Jahren (z.B. 1988,1991) jedoch stark differiert.

Eine graphische Darstellung der Entwicklung von Schadstufen und des durchschnittlichen Nadelverlust-/Vergilbungsprozentes sowie der Kollektiventwicklung im Beobachtungszeitraum ist für jede Einzelfläche dem Anhang IV zu entnehmen.

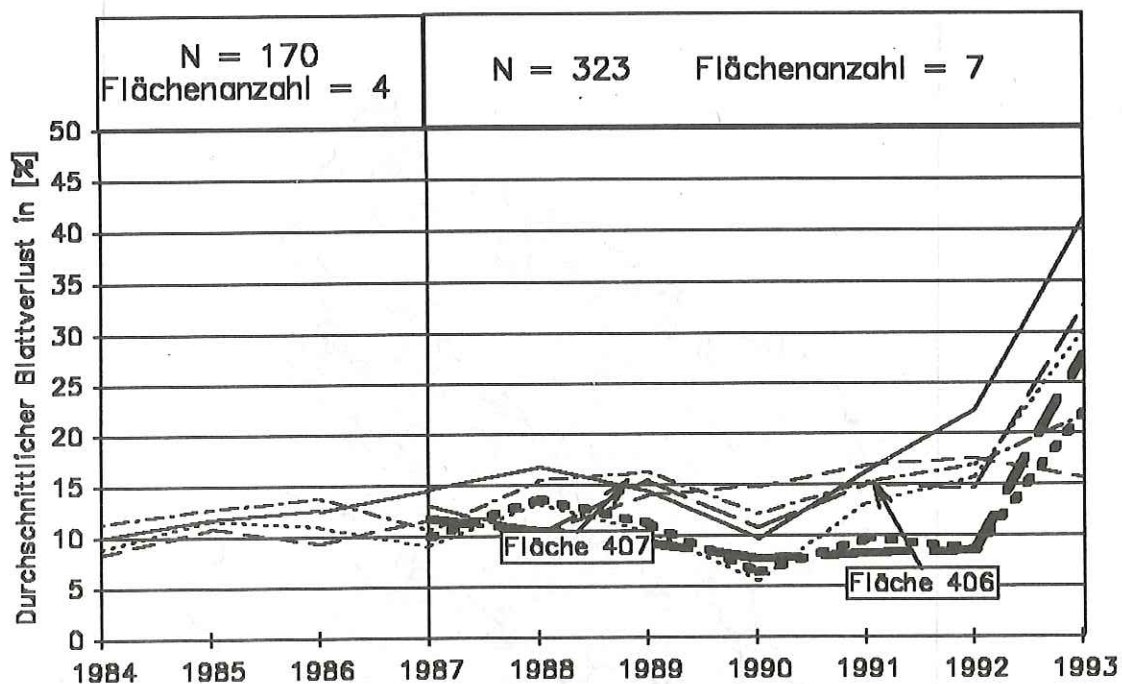


Abb. 69: Entwicklung des durchschnittlichen Blattverlustes der Eichenbeobachtungsflächen jeweils aller von 1984 bis 1986 bzw. 1987 bis 1993 bonitierten Bäume in Prozent (N = Anzahl der im jeweiligen Zeitraum beobachteten Bäume).

Zur Prüfung auf im Zeitverlauf signifikante Unterschiede hinsichtlich des Blattverlustprozents der Einzelflächen, wurde mittels Dunn-Test jahresweise von 1987 bis 1992 auf Unterschiede im Verlustprozent getestet. Die Bearbeitung dieser Tests mit Hilfe eines Clusteranalyseverfahrens nach der Complete-Linkage-Methode und die Zusammenfassung sich ähnlich verhaltender Flächen in drei Gruppen höherer, niedrigerer oder ähnlicher Verlustprozente über den Beobachtungszeitraum im Vergleich zum Gesamtkollektiv, zeigt, daß drei Flächen eher höhere, zwei Flächen eher niedrigere Blattverluste aufweisen (Abb. 70).

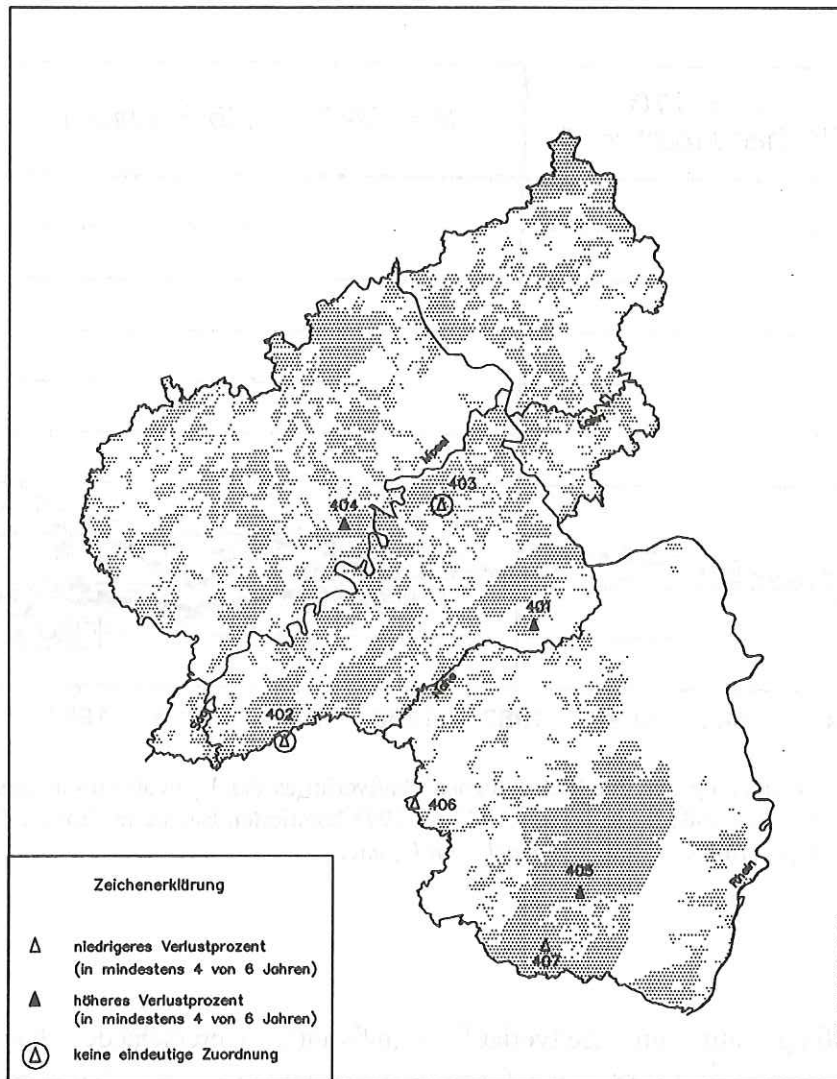


Abb. 70: Verteilung von, über den Beobachtungszeitraum 1987 bis 1992, in Relation zueinander verschieden stark verlichteter Eichenflächen.

4.5.2. Räumliche Verteilung der Kronenverlichtung auf den Einzelflächen

Die visuelle Überprüfung der Verteilungen des Merkmales "Verlustprozent" auf den Einzelflächen zeigt, daß in Jahren mit geringerer Kronenverlichtung und entsprechend geringer Differenzierung keine Rückschlüsse auf Gruppenbildungen im Sinne eines gehäuft Auftretens von gleichen oder ähnlichen Verlustprozenten möglich sind. In Jahren stärkerer Kronenverlichtung sind z.T. deutliche Unterschiede im Verlustprozent der Einzelbäume auf den jeweiligen Beobachtungsflächen vorhanden, eine Gruppenbildung läßt sich jedoch nicht erkennen. Unterschiedlich stark verlichtete Bäume scheinen im Bestand direkt nebeneinander zu stehen.

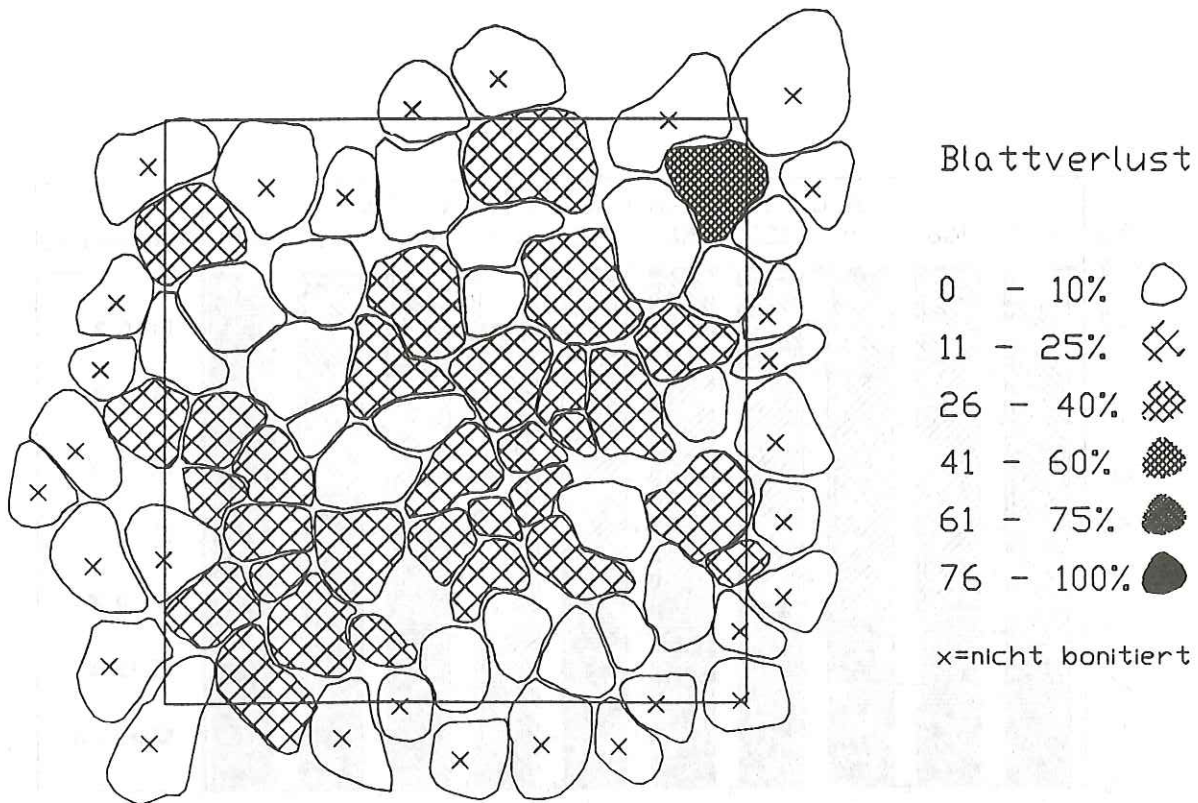


Abb. 71: Räumliche Verteilung der Kronenverlichtung am Beispiel der Eichenbeobachtungsfläche 405 im Jahre 1992 (Gruppierung im Anhalt an CIR-Luftbild-Klassifizierung).

4.5.3. Entwicklung des relativen Blattverlustprozentes - Gesamtkollektiv

Die Aufteilung der in 5%-Werten erhobenen Blattverluste von 1984 bis 1993 für die im jeweiligen Jahr erfaßten, lebenden bzw. aktuell abgestorbenen Bäume zeigt bis 1992 eine langsame, von 1992 auf 1993 eine deutliche Zunahme im Blattverlustprozent (Abb.72). Während der Anteil der Eichen mit 0% Blattverlust sich bis 1992 nicht wesentlich verändert, geht der Anteil der Bäume, die 5 bis 10% Blattverlust aufweisen, von 76% 1984 auf 43% 1992 zurück. Der Anteil der Eichen mit 15 bis 25% Blattverlust steigt im gleichen Zeitraum von 23% auf 52 %, der Anteil der Bäume mit >25% Blattverlust, d.h. der deutlich verlichteten Bäume, von 0,5 auf 5,3% an. 1992 auf 1993 erhöht sich der Anteil deutlich verlichteter Eichen weiter von 5 auf 41%. Lediglich 12% der Eichen weisen 1993 noch einen Blattverlust von 0-10% (Stufe 0) auf.

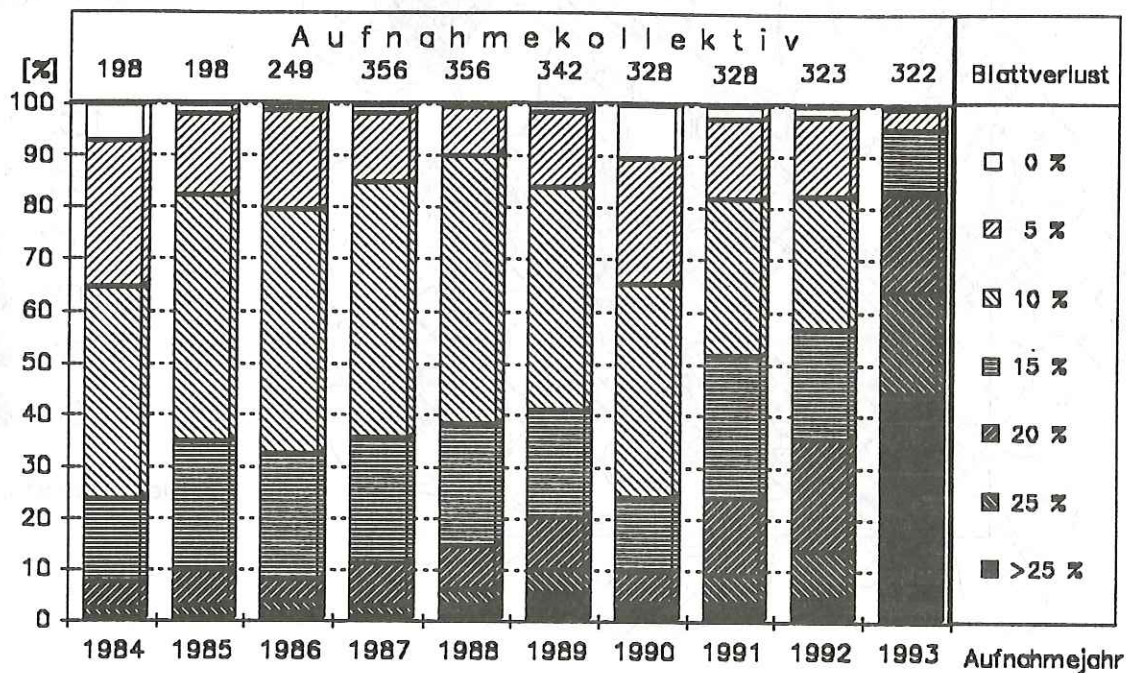


Abb. 72: Verteilung der in Fünf-Prozent-Werten erfaßten Blattverluste; Gesamtkollektiv Eiche 1984 bis 1993 (Kollektiv der im jeweiligen Jahr lebenden bzw. seit der letzten Erhebung abgestorbenen Bäume).

Die jährlichen Schwankungen des relativen Blattverlustprozentes der Einzelbäume - dargestellt als Verlustprozentdifferenzen von einem zum anderen Jahr - sind zum Teil erheblich (Abb.73). Einem deutlichen Rückgang der Blattverlustprozente (z.B. 1989 auf 1990) folgt ein ebenso deutlicher Anstieg im relativen Blattverlust der Einzelbäume (z.B. 1990 auf 1991). Das heißt, daß der bis 1992 erkennbare Trend zur Erhöhung des Blattverlustes bei einer differenzierten jährlichen Betrachtung größere Veränderungen aufzeigt. Besonders deutlich wird dies 1993.

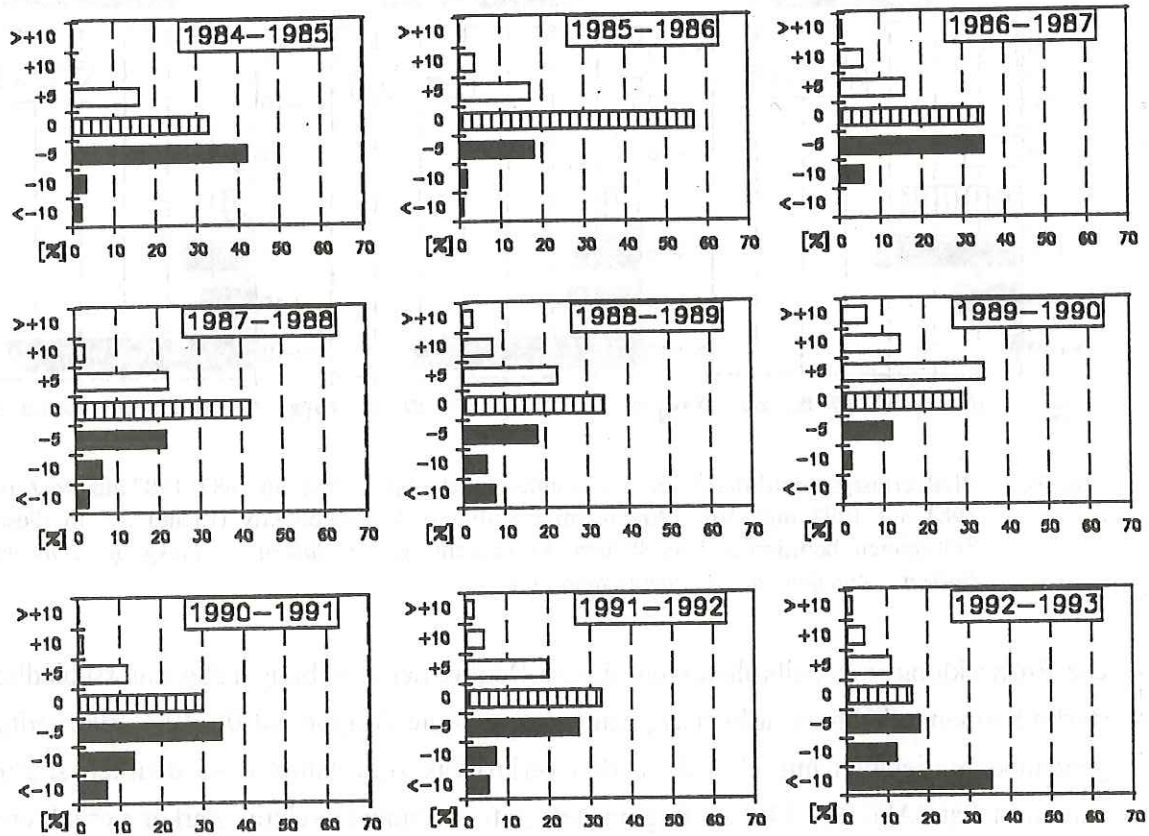


Abb. 73: Jährliche Blattverlustprozentdifferenzen in 5%-Stufen und deren Anteil am Gesamtkollektiv der Eichen im Vergleich der Jahre 1984 bis 1993 in Prozent (weiße Balken = Rückgang, schwarze Balken = Zunahme der Kronenverlichtung).

Über längere Zeiträume zeigt das Kollektiv der von 1984 auf 1987 bonitierten Eichen eine etwas geringere, das Kollektiv der von 1987 bis 1992 bonitierten Bäume eine etwas stärkere Zunahme der Blattverluste der Einzelbäume (Abb.74). Für das Kollektiv der 1984 bis 1992 beobachteten Bäume ist über den Gesamtzeitraum ein deutlicher Trend zu erhöhtem Blattverlust zu erkennen. Bei 58% der Eichen erhöht sich das Blattverlustprozent um mindestens 10%-Punkte. Erheblich deutlichere Veränderungen sind von 1992 auf 1993 zu erkennen (Abb.73). 36% der betrachteten Eichen weisen hier eine Erhöhung ihres Blattverlustprozentes um mehr als 10%-Punkte auf. Lediglich bei 2% der Bäume reduzierte sich der Blattverlust um mehr als 10%-Punkte.

VERLUSTPROZENTDIFFERENZEN

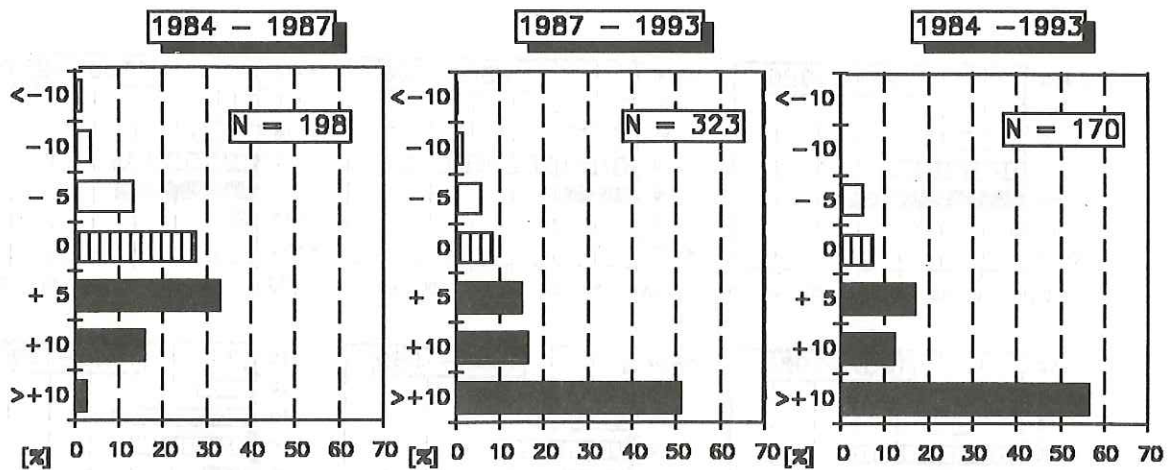


Abb. 74: Blattverlustprozentdifferenzen in 5%-Stufen für die Jahre 1984 auf 1987, 1987 auf 1992 und 1984 auf 1992 und deren Anteil am jeweiligen Gesamtkollektiv (Eiche) der in diesen Zeiträumen bonitierten Einzelbäume in Prozent (weiße Balken = Rückgang, schwarze Balken = Zunahme der Kronenverlichtung).

Die Entwicklung von Teilkollektiven, die zu Beginn der Erhebung 1984 unterschiedlich starke Kronenverlichtung aufweisen, zeigt, daß sich die Gruppe mit 0 - 10% Blattverlust gegenüber derjenigen mit 15 - 25% Blattverlust bis zum Jahre 1992 deutlich stärker verändert hat (Abb.75). Die zu Beginn der Untersuchungen relativ stärker verlichteten Bäume weisen eine deutlich geringere Blattverlustzunahme auf. Der gleiche Trend ist, allerdings bei deutlichen Unterschieden in den Veränderungen auch unter Einbeziehung der Ergebnisse von 1993 zu beobachten.

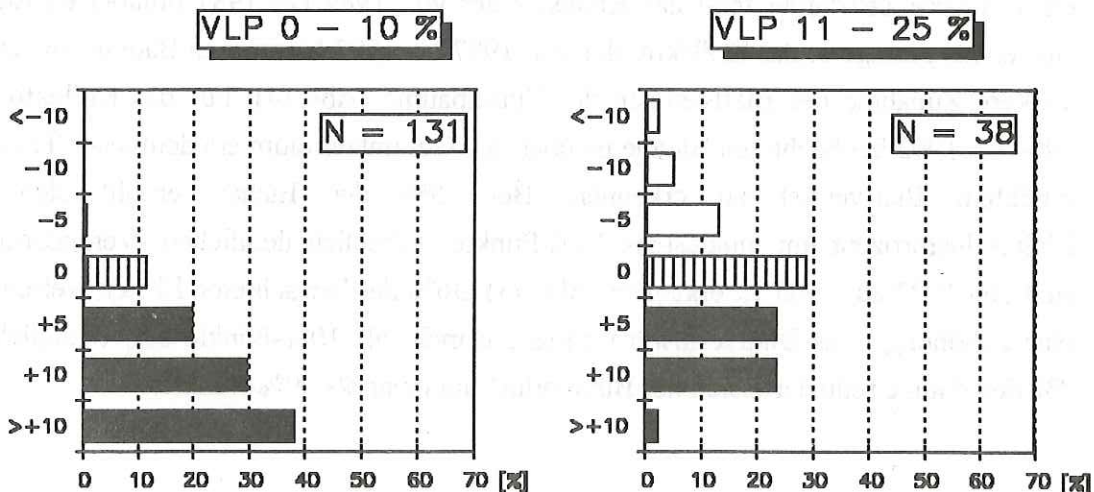


Abb. 75: Blattverlustprozentdifferenzen in 5%-Stufen von 1984 auf 1992 und deren Anteil am Gesamtkollektiv für zwei Gruppen 1984 unterschiedlich stark verlichteter Eichen.

4.5.4 Vergilbung und Schadstufenentwicklung

Maximal vier Bäume weisen in einem der neun Aufnahmejahre Vergilbung auf. Von diesen vier Bäumen wird nur eine Eiche mit mehr als 25% Vergilbung eingewertet. Eine Auswirkung auf das Verlustprozent ist nicht zu erkennen.

Die Schadstufenentwicklung der Baumart Eiche wird aufgrund der geringen Vergilbung ausschließlich durch den Blattverlust bestimmt (vergl. Abb.72).

4.5.5 Untersuchung ausgefallener Bäume

Im gesamten Beobachtungszeitraum sind 33 Bäume (9,3%), in der Mehrzahl aufgrund von Durchforstung und Windwurf ausgeschieden (Tab.64). Von den 33 Bäumen ist nur ein Baum aufgrund "unbekannter Ursache" abgestorben (Tab.65). Vermutliche Ursache ist der überaus starke Insektenfraß 1988 und 1989. Daß stärkerer und mehrfacher Insektenfraß Eichen zum Absterben bringen kann, geht z.B. aus den Untersuchungen von FRANTZIAN (1973) hervor.

Merkmal	Anzahl (Bäume)	Prozent
<i>Ausgangskollektiv 1984</i>	198	--
<i>Ausgangskollektiv 1987</i>	356	100
<i>ausgeschiedene Bäume</i>	33	9,3
<u>davon aufgrund:</u>		
Windwurf	8	24,2
Durchforstung	18	54,5
nicht bonitierbar	6	18,2
unbekannte Ursache	1	3,0

Tab. 64: Umfang und Ursache der bis 1992 ausgeschiedenen Bäume.

Jahr	Verlustprozent	Insektenfraß	Vergilbung
1986	10	0	keine
1987	15	0	keine
1988	30	75	keine
1989	75	75	keine
1990	100	--	keine

Tab. 65: Verlustprozent und Insektenfraß des abgestorbenen Baumes 1986 bis 1990.

4.5.6 Zusammenhang zwischen Blattverlust und biotischen Faktoren

Fruktifikation

Im Beobachtungszeitraum ist in den Jahren 1989 und 1992 eine stärkere Fruktifikation aufgetreten (Abb.76). Nur in diesen beiden Jahren sind auf allen Eichenversuchsflächen, wenn auch in unterschiedlicher Intensität, fruktifizierende Bäume zu beobachten. Die Früchte der Eichen sind zum Aufnahmezeitpunkt noch relativ klein, so daß deren Auftreten erfahrungsgemäß unterschätzt wird.

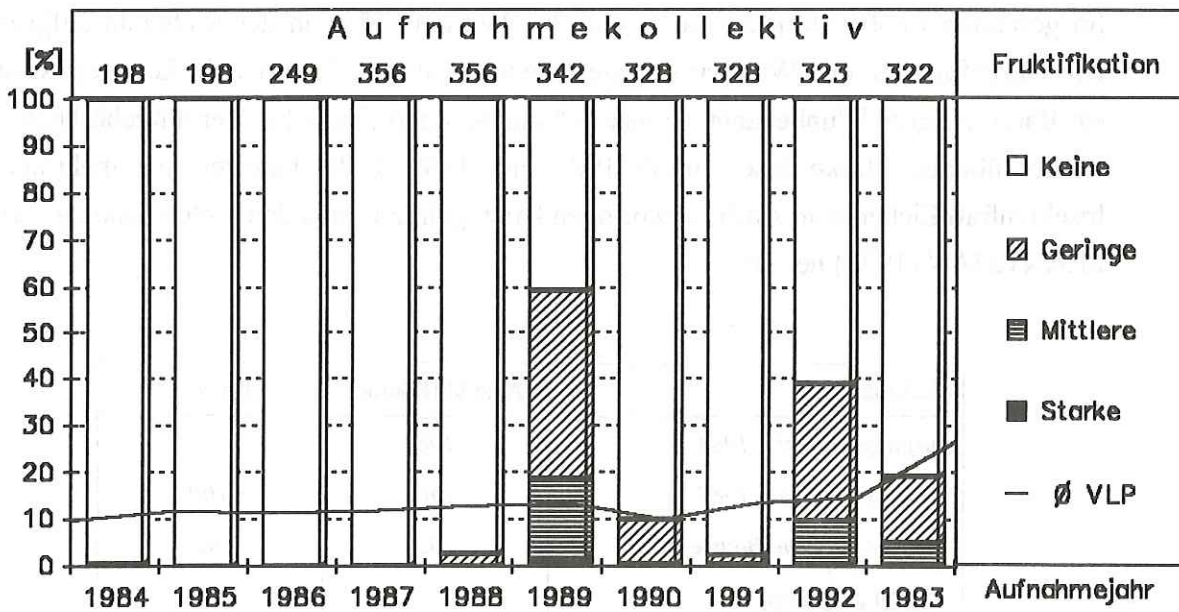


Abb. 76: Verteilung des Aufnahmekollektives der Eichendauerbeobachtungsflächen auf vier Intensitätsstufen der Fruktifikation der Jahre 1984 bis 1993.

Die Aufgliederung des Gesamtkollektives der Jahre 1989 und 1992 nach unterschiedlicher Fruktifikationsstärke zeigt in der Tendenz eine Zunahme der Blattverluste bei steigender Fruktifikation an (Tab.66). Die Unterschiede im Verlustprozent verschieden stark fruktifizierender Eichen sind bei der Auswertung des Gesamtkollektives nicht, bei der Analyse der Einzelflächen in Einzelfällen signifikant.

Jahr Fruchtifikationsstärke	1989		1992	
	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)
keine	12,6	139	13,0	197
gering	13,5	139	16,2	95
mittel	14,4	59	20,3	30
hoch	23,0	5	25,0	1

Tab. 66: Durchschnittliches Verlustprozent sowie Anzahl der Bäume 1989 und 1992, aufgegliedert in Gruppen unterschiedlicher Fruchtifikationsstärke der Baumart Eiche.

Insektenfraßschäden

Bei der Baumart Eiche erfolgt zur Quantifizierung und Bewertung der Blattverluste infolge Insektenfraßschäden eine voneinander unabhängige Erfassung derselben an zwei Terminen. Am ersten Termin, unmittelbar vor Beginn der Johannistriebbildung, werden die Blattverluste durch Insektenfraßschäden in 5%-Stufen der vorhandenen bzw. nach aktueller Kronenstruktur zu erwartenden Blattmenge erfaßt. Zum zweiten Termin werden im Zuge der Sommeransprache die zu diesem Zeitpunkt noch erkennbaren Insektenschäden in vier Stufen, analog zu der Erfassung bei der Waldzustandserhebung, aufgenommen.

Blattverluste infolge Insektenfraß vor Johannistriebbildung

Die seit 1988 erhobenen Daten verdeutlichen ein jahres- und gebietsweise unterschiedliches Auftreten von Insektenfraßschäden auf den Einzelflächen (Abb.77). Das durchschnittliche Blattverlustprozent infolge Insektenfraß unterliegt meist großen Schwankungen, im Extrem von 64% 1988 auf 1% im Jahre 1989 (Fläche 403). Eine Fläche (402) wird jedoch über den gesamten Zeitraum nur gering durch Insektenfraßschäden beeinträchtigt.

Wesentliches Kriterium für Auftreten und Intensität von Eichenwickler-/Frostspannerschäden ist das zeitliche Zusammentreffen (Koinzidenz) zwischen dem Schlüpfen der Raupen und dem Austrieb der Knospen (SCHWENKE 1987). Die Entwicklung der Insektenpopulation wird zudem von der Witterung, dem Auftreten von Infektionskrankheiten und dem Parasitierungsgrad der Raupen beeinflusst. Auf den Untersuchungsflächen sind im Bezugszeitraum keine Schwammspinner aufgetreten.

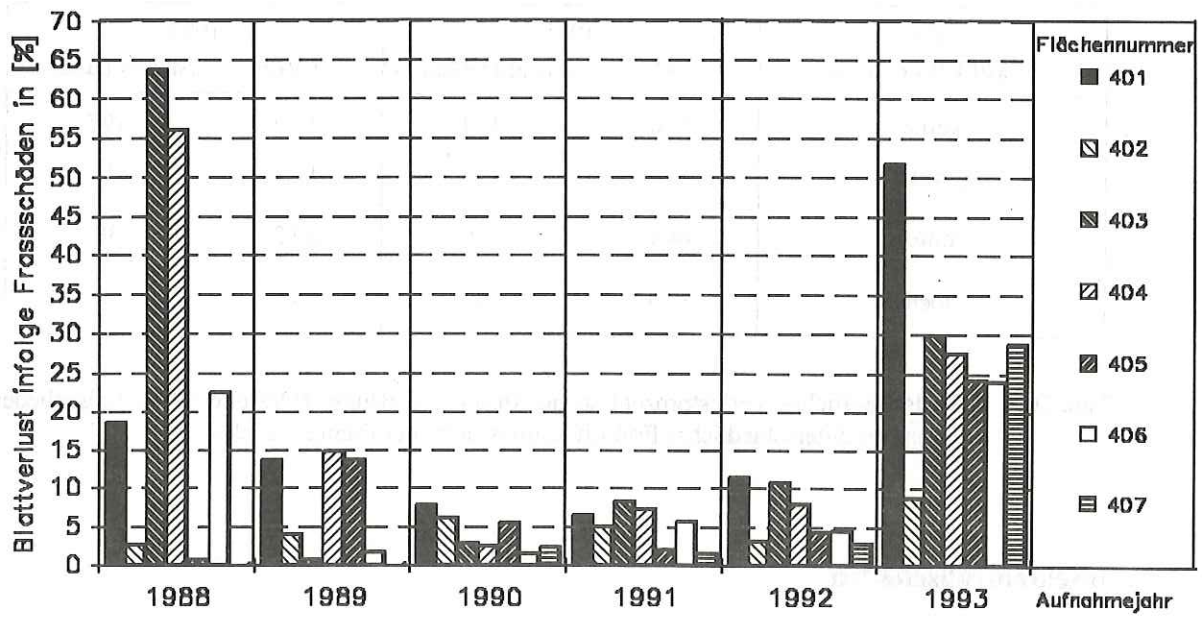


Abb. 77: Durchschnittliches Blattverlustprozent infolge Insektenfraßschäden (Juni) auf den Eichenbeobachtungsflächen in den Jahren 1988 bis 1993.

Die Verteilung der Fraßschäden auf den Versuchsflächen ist oft ungleichmäßig (Abb.78). Als Ursache wird das Nebeneinander von früh-, mittel- und spätaustreibenden Eichen vermutet (FRANZIAN 1973).

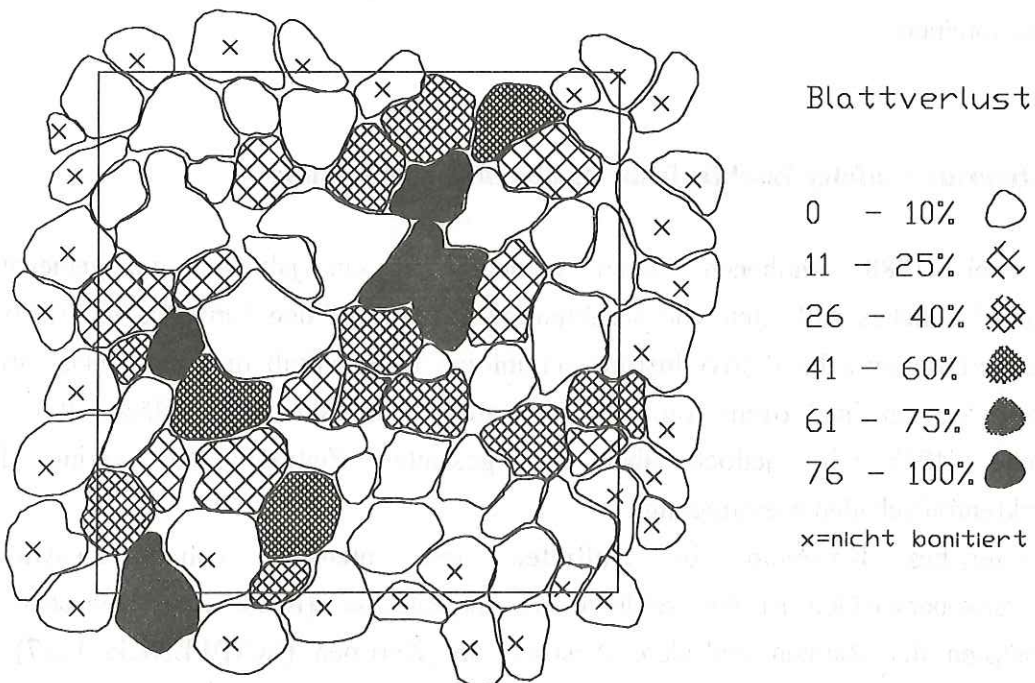


Abb. 78: Intensität und Verteilung von Fraßschäden auf der Beobachtungsfläche 406 im Jahre 1988.

Entscheidend für die zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung (WSE) sichtbaren und in das Blattverlustprozent einfließenden Fraßschäden, ist nicht nur das Ausmaß der Fraßschäden, sondern auch die Regenerationsfähigkeit der Eiche durch Johannistriebbildung. Zur Veranschaulichung des Regenerationsverhaltens der Einzelbäume wird deren Blattverlust infolge Insektenfraß dem jeweiligen Belaubungszustand im August gegenübergestellt. Dieser Einzelbaumvergleich ermöglicht - zumindest bei Bäumen ohne größere Feinreisigverluste - weitgehend die Beurteilung der Regenerationsfähigkeit in Jahren mit unterschiedlicher Insektenfraßbelastung. 1988 zeigt sich deutlich die Regenerationsfähigkeit der Eichen durch Johannistriebbildung. Selbst nahezu kahlgefressene Bäume sind im August wieder annähernd voll belaubt (Tab.67).

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

Tab. 67: Blattverlust infolge Insektenfraß vor Johannistriebbildung (*senkrecht*) und Blattverlust Anfang August 1988 (*waagrecht*); in den Kästchen: Anzahl der Eichen.

1989 besteht dagegen ein enger Zusammenhang zwischen Insektenfraß und relativem Blattverlust bei der Aufnahme im August. Die Intensität der Fraßschäden ist im Vergleich zu 1988 deutlich schwächer. Dennoch weisen die durch Insektenfraß geschädigten Eichen im August relativ hohe Blattverluste auf (Tab.68). Dies bedeutet, daß in diesem Jahr insektenfraßbedingte Blattverluste nicht oder nur in geringem Umfang durch Johannistriebbildung ausgeglichen wurden. 1990 und 1991 sind nur sehr geringe Insektenfraßschäden zu verzeichnen. Die 1992 wieder etwas höheren Fraßschäden werden wie bereits 1989 kaum ersetzt (Tab.69).

%	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	%	
100																							100
95																							95
90																							90
85																							85
80																							80
75										1						1							75
70																							70
65																							65
60																							60
55																							55
50									1														50
45							1	1	1														45
40						2		1	2														40
35						1	1	1															35
30				3	1	4	1	1															30
25					4	2	2			1													25
20			3	7	9	2																	20
15		1	6	9	9	2																	15
10			16	12	4	2			1														10
5	1	5	33	20	4		1																5
0	4	44	89	19	4	1	1																0
%	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	%	

Tab. 68: Blattverlust infolge Insektenfraß vor Johannistriebbildung (*senkrecht*) und Blattverlust Anfang August 1989 (*waagrecht*); in den Kästchen: Anzahl der Eichen.

%	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	%	
100																							100
95																							95
90																							90
85																							85
80																							80
75																							75
70																							70
65																							65
60																							60
55																							55
50																							50
45																							45
40																							40
35								2															35
30						1																	30
25							2	1	1														25
20					4	5	1	1															20
15			2	3	9	6	3																15
10	1	1	8	10	20	9																	10
5	2	27	43	35	26	6	1																5
0	4	22	29	21	11	3	3																0
%	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	%	

Tab. 69: Blattverlust infolge Insektenfraß vor Johannistriebbildung (*senkrecht*) und Blattverlust Anfang August 1992 (*waagrecht*); in den Kästchen: Anzahl der Eichen.

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

Tab. 70: Blattverlust infolge Insektenfraß vor Johannistriebbildung (*senkrecht*) und Blattverlust Anfang August 1993 (*waagrecht*); in den Kästchen: Anzahl der Eichen.

Die Ergebnisse von 1993 zeigen, im Gegensatz zu 1988, bei hohen Insektenfraßschäden nur eine geringe Regeneration insektenfraßbedingter Blattverluste. Zu beachten ist jedoch, daß 1993 insbesondere in stärker verlichteten Beständen Feinreisigverluste evtl. teilweise als insektenfraßbedingte Blattverluste eingewertet wurden. Schwierigkeiten bei der Einwertung entstehen, wenn bei starkem Wickelfraß die austreibenden Knospen abgefressen werden, so daß Blattreste als deutliches Erkennungswerte und von Fraßschäden nur in geringem Umfang sichtbar sind.

Einfluß von Insektenfraßschäden auf die Schadansprache im August

Im Sommer sichtbare Fraßschäden gehen in die Schätzung des Blattverlustprozentes mit ein, d.h. sie sind in den Kronenzustandsergebnissen der Waldzustandserhebung enthalten. Ihr Einfluß auf das durchschnittliche Blattverlustprozent ist zum Teil erheblich, wobei sich insbesondere mittlere und starke Insektenfraßschäden deutlich auswirken können (Abb. 79). Die Auswirkungen sind in allen Jahren in ihrer Tendenz gleich, wesentlich sind jedoch die z.T. erheblichen Unterschiede in der Anzahl der Eichen mit deutlich erkennbaren Insektenfraßschäden im August. Die statistische Analyse zeigt in Jahren

stärkeren Auftretens sowohl bei Betrachtung des Gesamtkollektives, als auch auf einem großen Teil der Einzelflächen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen.

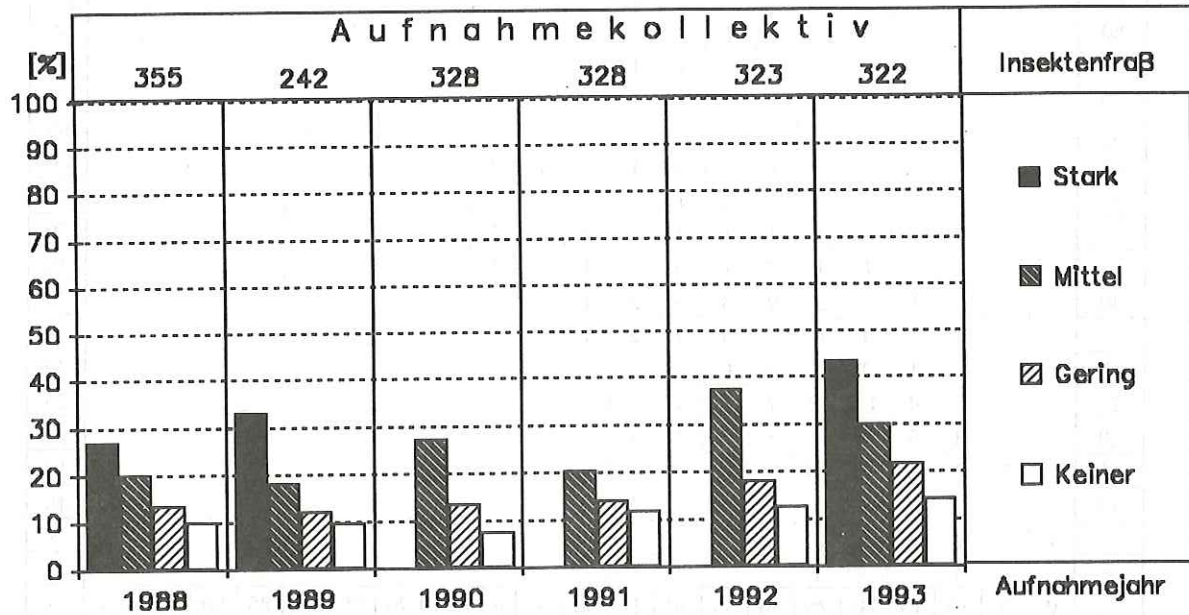


Abb. 79: Durchschnittliches Blattverlustprozent der Jahre 1988 bis 1993 der Baumart Eiche, aufgegliedert in Gruppen unterschiedlich hoher Insektenfraßschäden im August.

Blattnekrosen

Dieses seit 1984 erhobene Merkmal erreicht nur in den Jahren 1984 und 1992 einen prozentualen Anteil > 1 Prozent (Tab.71). Die Verursacher sind nicht bekannt, Auswirkungen auf das Verlustprozent sind in diesen beiden Jahren bezüglich des Gesamtkollektives und 1984 bei 2 von 4 Einzelflächen signifikant.

Jahr	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
%-Anteil Eichen mit Blattnekrosen	10,1	0,5	0	0	0,3	0	0,3	0,6	3,7	0

Tab. 71: Anteil von Eichen mit Blattnekrosen (Stufe 1 bis 3) am Gesamtkollektiv Eiche (jeweils lebende Bäume) der Jahre 1984 bis 1993.

Blattnekrosen	Ø VLP 1984	Anzahl	Ø VLP 1992	Anzahl
keine	9,2	178	14,5	311
vorhanden	13,3	20	18,0	10

Tab. 72: Anteil von Eichen mit Blattnekrosen (Stufe 1 bis 3) am Gesamtkollektiv Eiche (jeweils lebende Bäume) der Jahre 1984 bis 1993.

Schleimflußflecken

Der prozentuale Anteil der bei der Augustansprache dokumentierten Bäume mit Schleimflußflecken (i.d.R. Prachtkäferbefall) liegt in allen Jahren seit 1984 unter einem Prozent. Auswirkungen auf den Belaubungszustand dieser Bäume sind bisher nicht zu erkennen.

4.5.7 Zusammenhang zwischen abiotischen oder nicht eindeutig zuzuordnenden Merkmalen und der Kronenverlichtung

Spätfrostschäden und Blattentwicklung

Der Spätfrost im Juni 1991 verursachte zum Teil erhebliche, bei der Sommeransprache noch sichtbare Schäden an ausgetriebenen Blättern (Tab.73). Dargestellt sind Gruppen von Bäumen mit unterschiedlichen starken Frostschäden (im Juni 1991) und deren durchschnittlicher Blattverlust Anfang August 1990 bis 1992. Berücksichtigt werden die Beobachtungsflächen 401 bis 406. Die Fläche 407 weist keine Frostschäden auf.

Im Jahr vor dem Frostereignis liegen die durchschnittlichen Blattverlustprozente der Gruppen 0 bis 2 sehr nahe beieinander. Lediglich in der nur wenige Bäume umfassenden Gruppe 3 ist ein merklich höherer Blattverlust zu verzeichnen. Sowohl in dem Jahr des Frostereignisses, als auch in dem Folgejahr zeigen Bäume mit Frostschäden deutlich erhöhte Blattverluste auf. Auch 1993 sind mit Ausnahme der gering besetzten Gruppe 3 noch Unterschiede in der Kronenverlichtung erkennbar.

Die Unterschiede im Blattverlustprozent zwischen Gruppen verschieden stark durch Frosteinwirkung geschädigter Eichen sind bezüglich des Gesamtkollektives und in Teilbereichen der Einzelflächen signifikant.

Frostschäden im Juni 1991 (Gruppe)	Anzahl (Bäume)	Ø Blattverlustprozent (Sommeraufnahme)			
		1990	1991	1992	1993
nicht erkennbar (0)	116	9,5	11,7	12,9	23,2
geringe (1)	107	10,7	15,0	16,4	26,5
mittlere (2)	40	10,6	19,4	21,1	36,0
starke (3)	9	16,7	21,1	22,2	27,8

Tab. 73: Auswirkungen von Frostschäden 1991 auf das durchschnittliche (Ø) Blattverlustprozent (1990 bis 1993) der Eichen.

Verletzungen von Stamm und Krone

45 % aller Eichen weisen äußerlich sichtbare Stamm- oder Wurzelanlaufverletzungen auf. Ein signifikanter Unterschied im Blattverlustprozent zwischen Gruppen von Eichen unterschiedlicher Stammverletzungen ist weder bei der Analyse des Gesamtkollektives, noch bei den Einzelflächenkollektiven nachweisbar (Tab.74).

Stammschäden	Ø Verlustprozent 1990	Anzahl (Bäume)
keine	10,4	181
klein offen	11,0	10
mittel offen	10,2	30
groß offen	9,5	21
klein überwallt	9,4	34
mittel überwallt	6,9	27
groß überwallt	10,6	25

Tab. 74: Durchschnittliches (Ø) Verlustprozent von Eichen mit unterschiedlichen Stammschäden, Aufnahme 1990.

Sichtbare Kronenbrüche sind auf den Eichendauerbeobachtungsflächen ohne Bedeutung; lediglich zwei Eichen weisen einen geringfügigen Kronenbruch auf.

Dürre Äste bzw. Zweige und Kronenverlichtung

In den Jahren 1984 bis 1986 ging der Anteil von Bäumen mit dürren Ästen (inkl. dürren Zweigen), evtl. ansprachebedingt, von 50% auf 0% zurück (Abb.80). Die aus diesem Grunde ab 1987 erfolgte Aufgliederung in Dürträste im Kroneninnenaum und Dürträste in der Kronenperipherie verdeutlicht den höheren Anteil dürre Äste im Kroneninnenraum. Die ab 1989 zur weiteren Reduzierung des Ansprachefehlers erfolgte ausschließliche Bewertung des Anteiles von dürren Zweigen zeigt sowohl in der Kronenperipherie, als auch im Kroneninnern nur noch einen relativ geringen Anteil von Eichen mit diesem Merkmal. Das durchschnittliche Blattverlustprozent steigt mit der Zunahme des Dürrastanteiles an (Tab.75). Die Unterschiede im Verlustprozent zwischen diesen Gruppen sind im Gesamtkollektiv der Jahre 1984 und 1987 sowohl im Kroneninnenraum, als auch in der Kronenperipherie signifikant. Auf den Einzelflächen sind 1987 signifikante Unterschiede im Kroneninnenraum, in einigen Fällen auch in der Kronenperipherie nachzuweisen.

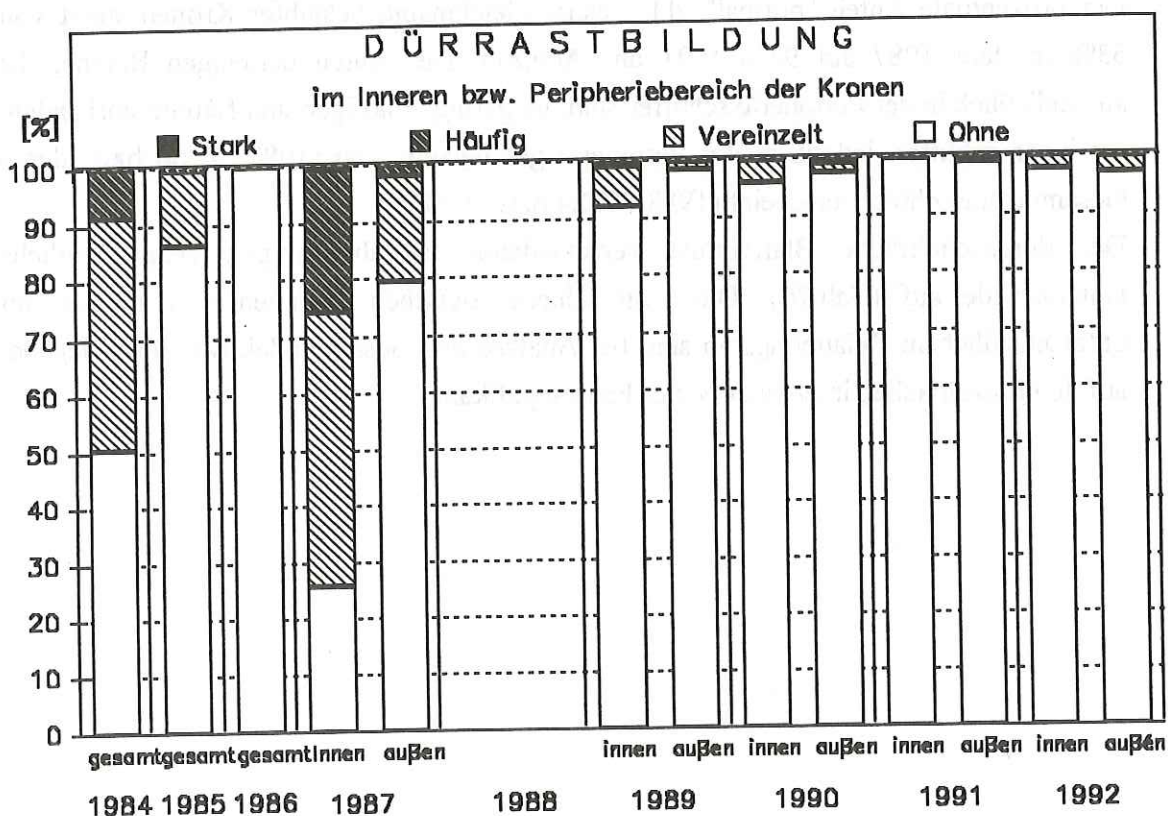


Abb. 80: Anteile von Eichen mit Dürträsten der Jahre 1984 bis 1987 (ab 1987 unterteilt in Kronenperipherie und Kroneninnenraum) bzw. dürren Zweigen ab 1989 in Prozent.

Dürrastanteil 1984	Anzahl (Bäume)	Ø Verlustprozent
ohne	100	7,2
einzelne	81	11,1
zahlreiche	17	16,5

Dürrastanteil 1987	Kroneninnenraum		Kronenperipherie	
	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)
ohne	7,7	91	11,0	282
vereinzelt	11,4	173	14,2	67
häufig	16,2	89	19,2	6
stark	27,5	2	--	--

Tab. 75: Durchschnittliches (Ø) Verlustprozent 1984 und 1987 der Baumart Eiche aufgegliedert in Gruppen unterschiedlicher Dürrastanteile, 1987 zusätzlich unterteilt in Kronenperipherie und Kroneninnenraum.

Belaubungstyp

Der prozentuale Anteil "normal", d.h. relativ gleichmäßig belaubter Kronen steigt von 53% im Jahr 1987 auf 93% 1991 an (Abb.81). Der Anteil derjenigen Bäume, die ausschließlich in der Peripherie schütter sind, ist gering. Häufiger sind Bäume vorhanden, die innen schütter, jedoch in der Peripherie gut belaubt sind (1987: 42%) bzw. deren Gesamtkrone schütter erscheint (1988/89: 24 bzw. 18%).

Der durchschnittliche Blattverlust verschiedener Belaubungstypen zeigt deutliche Unterschiede auf (Tab.76). Die Unterschiede zwischen Gruppen von Eichen mit unterschiedlichem Belaubungstyp sind bei Analyse des Gesamtkollektives überwiegend, auf den Einzelflächen in etwa 50% der Fälle signifikant.

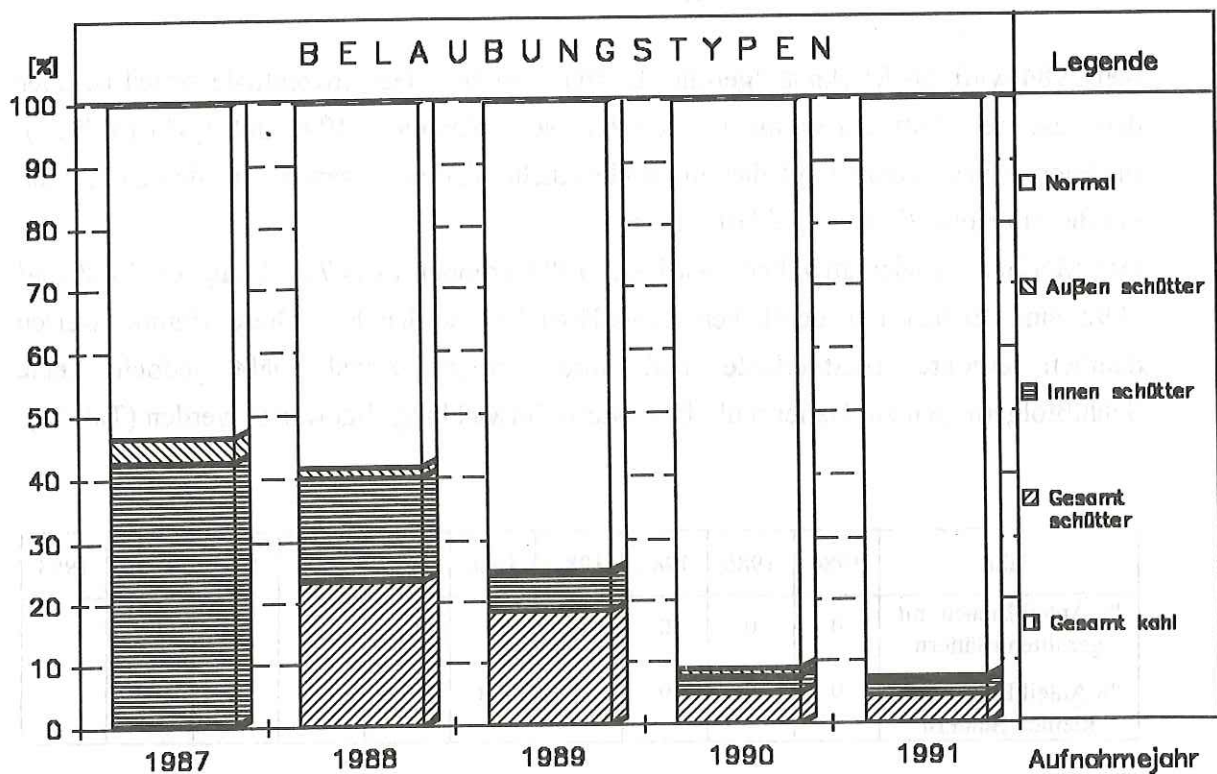


Abb. 81: Anteile von Eichen verschiedener Belaubungstypen am Gesamtkollektiv der Jahre 1987 bis 1991.

Jahr	Belaubungstyp								Krone kahl
	normal		außen schütter		innen schütter		gesamt schütter		
	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	Ø VLP	Anzahl (Bäume)	
1987	8,9	189	15,4	14	15,0	151	20,0	1	-
1988	9,4	207	15,8	6	16,0	58	18,6	84	-
1989	10,6	256	17,5	2	13,8	21	24,6	63	-
1990	8,9	299	36,3	4	16,7	9	20,0	16	-
1991	12,9	304	35,0	2	12,9	7	23,3	15	-

Tab. 76: Durchschnittliches Blattverlustprozent (Ø VLP) sowie Anzahl der Bäume (in Klammern) 1987 bis 1991 der Baumart Eiche, aufgegliedert in Gruppen unterschiedlicher Belaubungstypen.

Gerollte Blätter und Kleinblättrigkeit

Seit 1984 wird das Merkmal "gerollte Blätter" erhoben. Der prozentuale Anteil ist über den gesamten Zeitraum gering und erreicht sein Maximum 1992 mit 1,9% (Tab.77). Inwiefern Auswirkungen auf das durchschnittliche Verlustprozent vorhanden sind, kann mit diesem Kollektiv nicht geklärt werden.

Das Merkmal "Kleinblättrigkeit" wird seit 1987 erhoben (Tab.77). Lediglich 1988 und 1992 sind Eichen mit deutlicher Kleinblättrigkeit vorhanden. Diese Bäume weisen deutlich erhöhte Blattverluste auf. Ihre geringe Anzahl läßt jedoch keine Schlußfolgerungen zu. Daher muß die weitere Entwicklung abgewartet werden (Tab.78).

Jahr	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
%-Anteil Eichen mit gerollten Blättern	0	0	0	0	0	1,2	1,8	0,3	1,9	
%-Anteil Eichen mit kleinen Blättern	0	0	0	0	1,4	0	0	0	3,1	

Tab. 77: Prozentualer Anteil von Eichen mit gerollten/kleinen Blättern 1984 - 1992.

Kleinblättrigkeit	Ø VLP 1988	Anzahl (Bäume)	Ø VLP 1992	Anzahl (Bäume)
nicht vorhanden	12,5	350	14,4	313
vorhanden	31,0	5	24,0	10

Tab. 78: Durchschnittliches Verlustprozent (Ø VLP) und Anzahl von Eichen mit unterschiedlicher Blattgröße.

4.5.8 Veränderung von Kronenstrukturmerkmalen

Die Beurteilung der Kronenstrukturen im Winter 1991/1992 nach ROLOFF (1989) ergibt, daß sich 88% der Eichen in der Explorationsphase, 11% in der Degenerationsphase und 1% in der Stagnationsphase befinden.

Die durchschnittlichen Verlustprozente dieser 3 Gruppen zeigen im Verlauf der Jahre 1988 bis 1993 nur geringe und vor allem keine gerichteten Unterschiede zwischen Explorationsphase und Degenerationsphase auf (Tab.79). Insbesondere die Ergebnisse von 1993 zeigen, daß die Einwertungen nach Blattverlustprozenten aufgrund ihrer erheblichen Schwankungen mit i.d.R. über längere Zeiträume entstandenen Kronenstrukturen nicht direkt verglichen werden können. Ein höheres durchschnittliches Verlustprozent in der Stagnationsphase gegenüber den anderen Phasen kann aus dem

hiesigen Datenmaterial aufgrund der geringen Baumzahl in dieser Gruppe nur vermutet werden.

Kronenstruktur nach ROLOFF (1986)	durchschnittliches Verlustprozent						Anzahl (Bäume)
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	
Explorationsphase	12,6	13,3	9,2	13,2	15,0	27,3	269
Degenerationsphase	13,4	11,6	11,7	13,3	12,1	24,1	46
Stagnationsphase	11,7	19,2	32,5	25,8	17,5	15,8	6

Tab. 79: Durchschnittliche Verlustprozente der Jahre 1988 bis 1992 der Baumart Eiche, aufgegliedert in die Gruppierung des Kollektives nach Kronenstrukturmerkmalen von ROLOFF (1986).

Eine weitere Aufgliederung dieser 3 Phasen nach ROLOFF (1986) und die Analyse der durchschnittlichen Verlustprozente in diesen Unterstufen von 1988 bis 1993 zeigt, daß kein Zusammenhang zwischen Blattverluststufe und Kronenstrukturstufe erkennbar wird (Tab.80). Zu beachten ist jedoch die im Durchschnitt der Jahre vergleichsweise geringe Kronenverlichtung und der für eine abschließende Bewertung wohl zu geringe Kollektivumfang. Bei Analyse des Gesamtkollektives sind signifikante Unterschiede im Verlustprozent verschiedener Gruppen nur in Einzelfällen, bei einzelflächenweiser Überprüfung in keinem Falle nachweisbar.

Kronenstruktur nach ROLOFF	Stufe	durchschnittliches Verlustprozent						Anzahl (Bäume)
		1988	1989	1990	1991	1992	1993	
Explorationsphase	0	12,5	12,8	8,6	12,8	14,5	26,5	212
	1	12,9	14,9	11,2	15,0	17,0	29,6	56
Degenerationsphase	2	12,9	11,7	12,3	13,1	13,3	24,4	24
	3	14,2	11,8	11,3	13,4	11,0	22,6	19
	4	11,7	10,0	10,0	13,3	8,3	31,7	3
Stagnationsphase	5	7,5	10,0	32,5	22,5	15,0	25,0	2
	6	10,0	32,5	42,5	35,0	22,5	10,0	2
	7	17,5	15,0	22,5	20,0	15,0	12,5	2

Tab. 80: Durchschnittliches Verlustprozent und Anzahl der Eichen in den Jahren 1988 bis 1992. Innerhalb der Kronenstrukturphasen nach ROLOFF (1986) aufgegliedert in Unterstufen.

Ein Vergleich der Stufeneinteilung nach Kronenstrukturmerkmalen mit der Einwertung nach Blattverluststufen zeigt, daß 1990 66%, 1992 34% und 1993 9% der Bäume nach dem jeweiligen Verfahren in Stufe 0 eingewertet sind (Tab.81). Da jedoch innerhalb dieses Zeitraumes keine deutlichen Veränderungen in der Kronenstruktur erwartet werden können, wird sichtbar, daß die Ergebnisse dieser beiden Verfahren z.T. weit auseinander liegen können.

JAHR	1990			1992			1993			
	Verlustprozent	0-10%	11-25%	26-60%	0-10%	11-25%	26-60%	0-10%	11-25%	26-60%
Kronenstrukturphase										
Explorationsphase	212	55	2	110	145	14	31	121	117	
Degenerationsphase	29	14	3	27	19	0	5	28	13	
Stagnationsphase	1	2	3	1	4	1	3	2	1	

Tab 81: Anzahl von Eichen in Kronenstrukturstufen nach ROLOFF (1991) und deren Verteilung auf Blattverlustprozentstufen (1990, 1992 und 1993)

4.5.9 Zusammenhang zwischen ertragskundlichen Kennwerten und dem Blattverlust

Baumklassen nach KRAFT

72% aller 1987 bis 1992 bonitierten Bäume (N = 323) werden in Baumklasse 2, 21% in Baumklasse 3 und 7% in Baumklasse 1 eingewertet. Die Bestände können als relativ homogen bezeichnet werden. Die Aufgliederung des Gesamtkollektives in die KRAFT'schen Klassen 1-3 und die Berechnung der durchschnittlichen Blattverlustprozente der Jahre 1987 bis 1992 zeigen eine tendenzielle Erhöhung der Kronenverlichtung bei der Baumklasse 1 gegenüber den Baumklassen 2 und 3 (Abb.82). Signifikante Unterschiede im Blattverlustprozent zwischen den Gruppen sind weder im Gesamtkollektiv noch bei Analyse der Einzelflächen vorhanden.

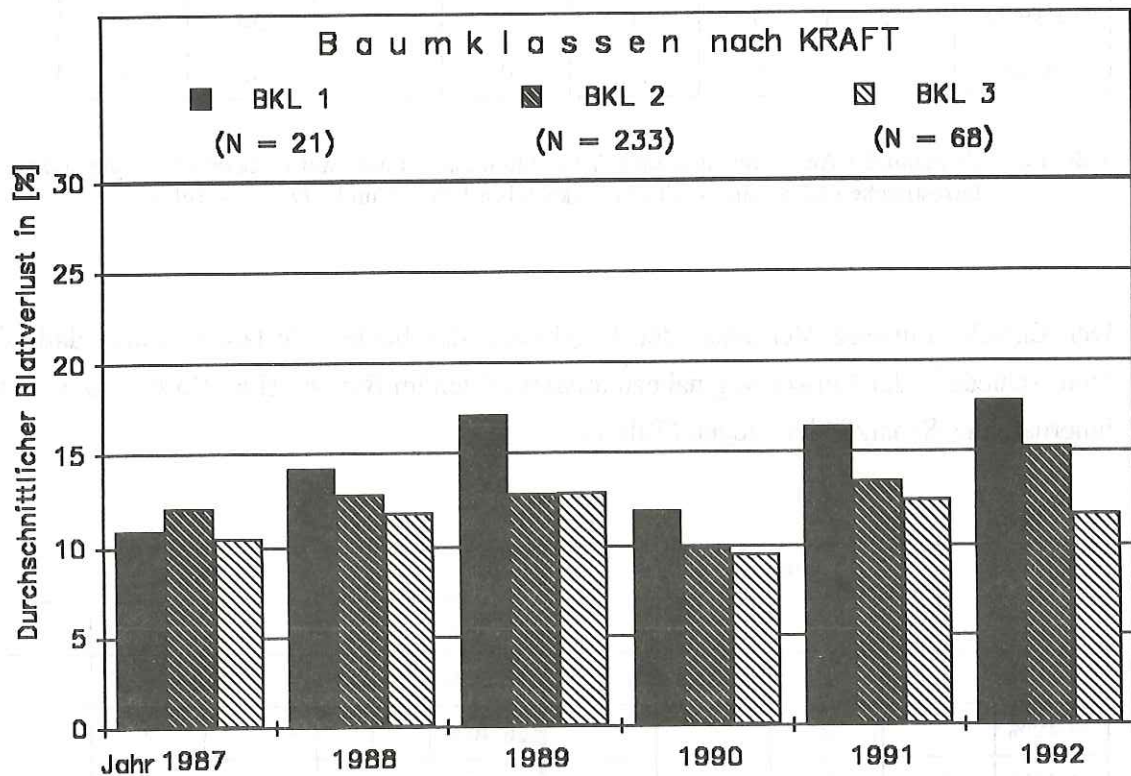


Abb. 82: Entwicklung des durchschnittlichen Blattverlustes der Baumart Eiche in Prozent, aufgliedert in Baumklassen nach KRAFT (1884).

Die Überprüfung der ebenfalls eng mit der Einteilung nach KRAFT'schen Klassen korrelierten Parameter Baumhöhe, Brusthöhendurchmesser, Verhältnis von Höhe zu Durchmesser (h/d-Verhältnis), Anteil grüner Krone und Intensität der Kronenausbildung führte zu den gleichen Ergebnissen. Signifikante Unterschiede in der Kronenverlichtung sind zwischen Gruppen unterschiedlich starker Bäume nicht vorhanden.

4.5.10 Infrarot-Color-Luftbilder

Von zwei Eichendauerbeobachtungsflächen liegen für die Jahre 1987/1988 und 1992 IRC-Luftbilder vor. Während 1992 bei dem Vergleich zwischen der terrestrischen Ansprache mit den Ergebnissen der Bonitierung aus den Luftbildern keine deutlichen Unterschiede zwischen den beiden Verfahren erkennbar sind, ist in den Jahren 1987/88 ein Trend zu einer eher vorsichtigen Einwertung bei der terrestrischen Ansprache zu erkennen (Tab.82).

Jahr	1987/88				1992			
Einwertung	Nadelverlust				Nadelverlust			
	0-10%	11-25%	26-40%	41-60%	0-10%	11-25%	26-40%	41-60%
terrestrisch	72	27	1	0	67	30	3	0
aerial	48	46	6	0	61	35	4	0

Tab. 82: Prozentualer Anteil verschiedener Verlichtungsstufen auf zwei Eichenbeobachtungsflächen; terrestrische und aerielle Bonitierung der Jahre 1987/88 und 1992 im Vergleich.

Der Einzelbaumweise Vergleich der Ergebnisse der beiden Verfahren zeigt, daß die Unterschiede in der Einwertung nahezu ausschließlich im Bereich einer Stufe - somit z.T. innerhalb des Schätzfehlers liegen (Tab.83).

terr.	1987/88				terr.	1992			
>61%					>61%				
41-60%					41-60%				
26-40%		2			26-40%	1		2	
11-25%	13	29	4		11-25%	14	15	1	
0-10%	36	16	2		0-10%	47	21	1	
aerial	0-10%	11-25%	26-40%	41-60%	aerial	0-10%	11-25%	26-40%	41-60%

Tab. 83: Anzahl Eichen in verschiedenen Kronenverlichtungsstufen - Vergleich der terrestrischen Einstufung mit der Einstufung aus dem Luftbild der Jahre 1987/88 und 1992.

4.5.11 Zusammenhang zwischen Bodenzustand und Kronenverlichtung

Für alle beschriebenen Eichenflächen liegen chemische Analysen der Elementgehalte im Humus, der effektiven Kationenaustauschkapazität und der Austauscherbelegung im Mineralboden des Bodens vor. Die Charakterisierung des chemischen Bodenzustandes erfolgt analog der Baumart Fichte (Kap.4.2.14).

Alle Untersuchungsstandorte sind im Oberboden stark versauert (Tab.84). Drei Flächen liegen im Aluminium-, die übrigen vier Flächen im Aluminium-Eisen-Pufferbereich. Die Basensättigung liegt bei den Flächen 401, 402, 405 und 407 <10%, die Magnesiumsättigung auf der Fläche 407 unter 1%. Diese Werte weisen auf eine sehr geringe

Elastizität der Standorte hinsichtlich ihrer Basen-/Magnesiumversorgung im Oberboden hin.

Im Unterboden liegen die Flächen 401,402 und 405 im Austauscherpufferbereich, die übrigen Standorte im Aluminiumpufferbereich. Die Basensättigung liegt nur noch bei der Fläche 405 <10%, die Magnesiumsättigung liegt bei vier der sieben Standorte <1%. Die sehr gute Basen- und Magnesiumsättigung auf der Fläche 401 dürfte auf Stauwassereinfluß zurückzuführen sein.

Gruppierung der Flächen nach unterschiedlicher Kronenverlichtung	Fläche Probenahme-ziffer	Oberboden			Unterboden		
		Pufferbereich	Basensättigung %	Magnesiumsättigung %	Pufferbereich	Basensättigung %	Magnesiumsättigung %
relativ höher	401****	Al	9,0	2,4	Aus	51,2	25,9
	404***	Fe-Al	14,3	1,9	Al	15,1	0,8
	405**	Al	6,5	1,4	Aus	5,7	0,6
indifferent	402***	Fe-Al	5,1	1,0	Aus	11,8	0,8
	403****	Al	10,9	1,5	Al	12,5	2,2
relativ niedriger	406***	Fe-Al	10,9	1,4	Al	13,0	1,2
	407***	Fe-Al	9,4	0,9	Al	11,5	0,8

** 1988 ff; flächenrepräsentation Rasterverfahren auf gezäunten Bodendauerbeobachtungsflächen; Tiefen 5 - 10 bzw. 30 - 60 cm

*** Bodenproben nach BZE-Verfahren (Profil + 8 Bohrungen) Tiefe: 5 - 10 bzw. 30 - 60 cm

**** Bodenproben aus dem Bodenprofil (horizontweise)

Tab. 84: Pufferbereich, Basen- und Magnesiumsättigung im Ober- und Unterboden auf Eichenversuchsflächen unterschiedlicher Kronenverlichtung in den Jahren 1987 bis 1992.

Zusammenhänge zwischen Kronenverlichtung und Bodenzustand sind nicht zu erkennen. So weist die Fläche 401 mit der im Unterboden mit weitem Abstand besten Basen-/Magnesiumsättigung die relativ höchste Kronenverlichtung auf. Die Fläche mit der relativ gesehen zweithöchsten Kronenverlichtung weist die beste Basensättigung im Oberboden und die zweitbeste Basensättigung im Unterboden auf.

4.5.12 Zusammenhang zwischen Nähr- und Schadstoffgehalten in den Eichenblättern und der Kronenverlichtung

Blattanalysen wurden im Rahmen der BZE nicht durchgeführt. Eine Bewertung der Ergebnisse der Dauerbeobachtungsflächen erfolgt somit anhand der unterschiedlichen Niveaus zwischen den Einzelflächen und unter Zuhilfenahme von Literaturangaben (FIEDLER 1973, La sante de forets 1994).

Alle Bestände können als gut Stickstoffversorgt bezeichnet werden (Tab.85). Die Versorgung mit Phosphor muß mit Ausnahme der Flächen 403 und 406 als schwach, die Versorgung mit Kalium bei einem Vergleich mit Literaturdaten durchweg als schwach bezeichnet werden. Bei Kalzium liegt auf allen Flächen, bei Magnesium bis auf die Flächen 402 und 405 eine ausreichende Versorgung vor. Überwiegend hohe Mangangehalte mit bis zu 3274 mg/kg TS deuten auf die Möglichkeit toxischer Wirkungen hin. Die Schwefel- und Chlor-Gehalte sind nicht auffällig. Im Vergleich mit den Ergebnissen der Waldbodeninventur in Bayern liegen die P, K, und Mg-Gehalte deutlich niedriger, während sich die übrigen Nähr- und Schadstoffe im Rahmen der dortigen Befunde liegen (GULDER und KÖLBEL 1993).

Gruppierung der Flächen nach unterschiedlicher Kronenverlichtung	Fläche	N %	P %	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	Mn mg/kg	S mg/kg	Cl mg/kg
relativ höher	401	2,45 0,17	0,104 0,002	6230 209	4423 351	1470 26	2877 81	1439 59	455 122
	404	2,39 0,27	0,109 0,007	7023 721	4597 258	2057 83	779 350	1488 155	318 20
	405*	2,75 0,05	- -	6941 144	2898 657	1364 184	2211 409	- -	- -
indifferent	402	2,70 0,16	0,077 0,007	5010 332	3033 256	950 44	1220 289	1588 89	318 9
	403	2,65 0,05	0,139 0,004	7743 440	4847 350	1077 99	2177 290	1518 52	269 31
relativ niedriger	406	2,66 0,16	0,144 0,004	6927 464	4443 431	1247 180	2190 296	1646 96	311 58
	407	2,41 0,34	0,100 0,001	8867 699	3307 143	1133 70	1543 352	1397 26	320 17

* Fünf Einzelbäume

Tab. 85: Nähr- und Schadstoffgehalte in Eichenblättern im Jahre 1992 (Mittelwerte und Standardabweichung) auf Flächen unterschiedlicher Kronenverlichtung in den Jahren 1987 bis 1992.

Deutliche Zusammenhänge zwischen der Versorgung mit den wichtigsten Nährelementen bzw. der Belastung mit Schadstoffen und unterschiedlicher Kronenverlichtung sind nicht zu erkennen. Vergilbung ist im Bezugszeitraum, bis auf einen Baum, nicht aufgetreten.

4.6 Entwicklung der Kronenverlichtung der vier Baumarten im Vergleich

Die Entwicklung des Kronenzustandes der vier Baumarten zeigt über den Beobachtungszeitraum deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Baumarten auf. Von 1984 bis 1987 weisen die Entwicklung des durchschnittlichen Verlustprozentes der Baumarten Fichte, Eiche und Buche einen nahezu parallel ansteigenden Verlauf auf. Lediglich die Kiefer zeigt, beginnend auf einem deutlich höheren Niveau, eine gegenläufige Entwicklung. 1988 und 1989 steigt die Kronenverlichtung der Eiche auf das Niveau der Buche an. Veränderungen bei der Fichte sind nicht zu beobachten. Bei der Kiefer setzt sich dieser Trend fort. 1989 auf 1990 sind bei Kiefer und Fichte keine Veränderungen festzustellen, während bei der Eiche ein deutlicher Rückgang der Kronenverlichtung und bei der Buche ein im Vergleich zu dem zurückliegenden Zeitraum drastischer Anstieg zu verzeichnen ist. 1991 bis 1993 ist bei der Kiefer eine deutliche und kontinuierliche Zunahme, bei der Fichte, mit Ausnahme des Jahres 1991, ein langsamer Anstieg in der Kronenverlichtung zu beobachten. Demgegenüber stehen ein drastischer Anstieg der Kronenverlichtung bei der Eiche von 1990 auf 1991 und vor allem 1992 auf 1993 und eine ebenso drastische Zunahme der Kronenverlichtung bei der Buche 1991 auf 1992.

Folglich unterliegen im Beobachtungszeitraum insbesondere die Laubhölzer - ab 1990, nach mehreren Jahren nur geringer Veränderungen - deutlichen Veränderungen in der Kronenverlichtung. Die Kiefer zeigt im Zeitverlauf merkliche, jedoch von Jahr zu Jahr vergleichsweise geringe, die Fichte von Jahr zu Jahr sehr geringe und über den Gesamtzeitraum keine deutlichen Veränderungen in der Kronenverlichtung auf.

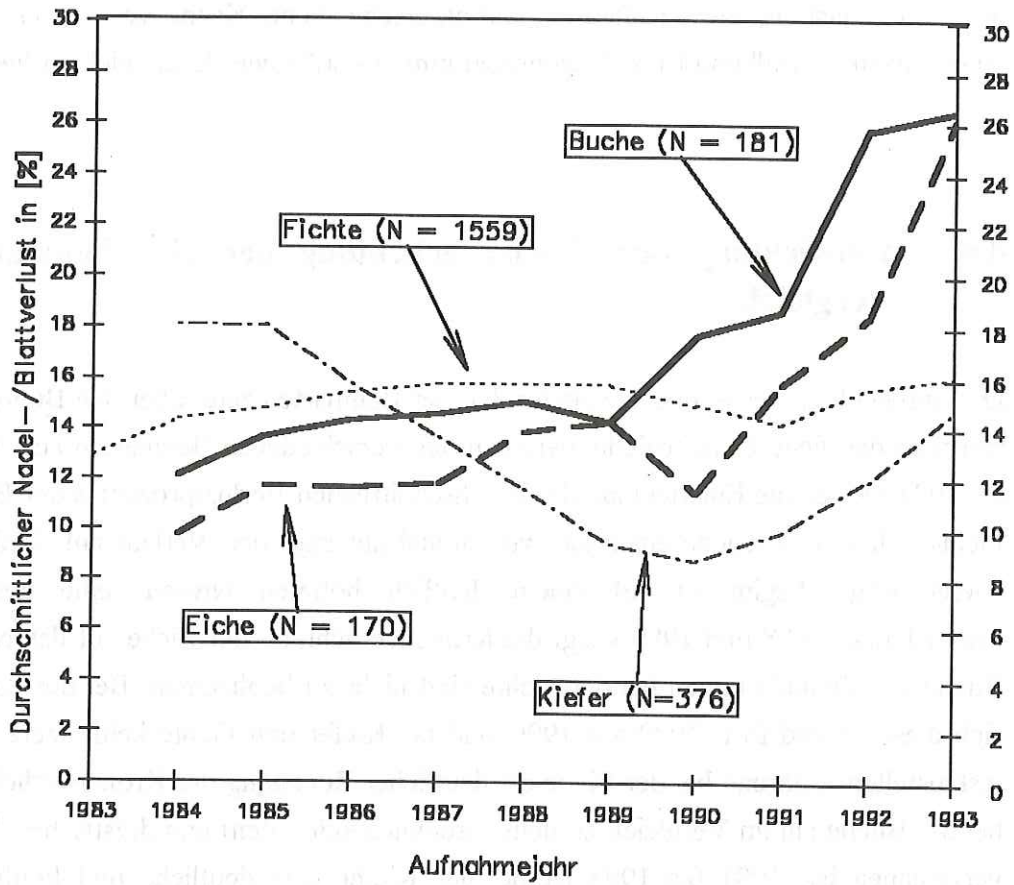


Abb. 83: Entwicklung des durchschnittlichen Nadel-/Blattverlustes der vier Hauptbaumarten von 1983 bis 1993 in Prozent.

5. Diskussion

5.1. Probleme bei Herleitung und Interpretation der Ergebnisse

Die Untersuchung beruht methodisch ganz wesentlich auf der okularen Kronenzustandsansprache, d.h. der relative Nadel-/Blattverlust (Kronenverlichtung) und der Anteil der Vergilbung der noch vorhandenen Nadeln bzw. Blättern werden von einem Beobachter vom Boden aus eingeschätzt. Das Verfahren einer Schadensbeurteilung anhand der Kronenverlichtung ist ein in der Biologie seit langem bekanntes und z.B. von FRATZIAN (1973) bei der Erfassung von Insektenfraßschäden angewendetes, bewährtes Verfahren.

Wesentliche Ziele der Untersuchung waren zu klären, ob Veränderungen des Kronenzustands durch anthropogene Einflüsse verursacht werden, inwieweit der Kronenzustand als Indikator für den Zustand des gesamten Ökosystems tauglich ist, und ob das angewendete Verfahren der Kronenzustandsansprache methodisch verbessert werden muß.

Größere Schwankungen in der Kronenverlichtung können möglicherweise als natürlich angesehen werden, wenn nach einem deutlichen Anstieg der Verlichtung und/oder Vergilbung nach einiger Zeit wieder der Ausgangszustand erreicht wird. Hierbei müßte es möglich sein, natürliche, die Zunahme der Kronenverlichtung verursachende Faktoren zu ermitteln. Wenn dann die Kronenverlichtung nicht nach für die Bäume günstigen Bedingungen innerhalb weniger Jahre zurückgeht, wäre eine wahrscheinlich anthropogen verursachte Übersteuerung der Regulierungsmechanismen in diesem Teilsystem anzunehmen. Um dieses zu überprüfen, müssen bei Freilandbeobachtungen folgende Voraussetzungen erfüllt sein: Erstens müssen im Untersuchungszeitraum verschiedene Schadfaktoren, wie z.B. Insektenfraß oder Trockenstreß, wirksam werden. Zweitens müssen diese Schadfaktoren unter gleichen und veränderten Randbedingungen wiederholt auftreten, um aus den Beobachtungen Aussagen über natürliche Reaktionsmechanismen der Bäume ableiten zu können.

Wenn diese Frage nach dem natürlichen Schwankungsbereich beantwortet ist, kann geprüft werden, inwieweit es zulässig ist, aus Veränderungen (Störungen) in einem Teilsystem (Krone) Rückschlüsse auf den Zustand des gesamten Ökosystems Wald abzuleiten. Hierzu ist es notwendig, Zustand und Entwicklung der übrigen Teilbereiche des Ökosystems zu untersuchen und den Bezug zum Kronenzustand herzustellen. Desweiteren müssen zur Überprüfung des Indikators "Kronenverlichtung" auf untergeordneter Systemebene Untersuchungen stattfinden, um zu prüfen, inwieweit sich

sichtbare Kronenschäden z.B. in Stoffwechselprozessen von Nadeln und Blättern niederschlagen (vergl. ULRICH und PUHE 1993).

Als Reaktion der Bäume auf Belastungen sind verschiedene Möglichkeiten denkbar. So könnten Bäume infolge einer Übersteuerung des Ökosystems langsam über mehrere Jahre (Jahrzehnte) absterben. Eine andere Möglichkeit wäre, daß Bäume bis zu einer gewissen Grenzbelastung erholungsfähig bleiben, jedoch bei Überschreitung derselben innerhalb eines kurzen Zeitraumes (wenige Jahre) absterben. Ein Indiz hierfür ist die Fähigkeit der Bäume, größere Mengen an normalerweise nur periodisch, z.B. zur Fruchtbildung, benötigten Reservestoffe zu speichern, und somit Belastungen über einen gewissen Zeitraum auszugleichen. Wenn dieser Speicher aufgebraucht ist, könnte dies bei weiterer Belastung zu relativ kurzfristigem Absterben führen, so daß Schäden erst durch das Zusammentreffen mehrerer Belastungsfaktoren auftreten. Ähnliches könnte eintreten wenn die Reglerfunktionen des Bodens aufgrund anthropogen bedingter Versauerungsprozesse gestört sind, d.h. der Boden auf ein instabileres Stabilitätsniveau abdriftet (HILDEBRAND 1994). Die Bäume könnten sich auf die veränderten Bedingungen einstellen und zunächst eventuell sogar von einer zu erwartenden Mobilisierung der Nährstoffvorräte profitieren. Bereits geringe Auslenkungen wie z.B. Witterungsschwankungen könnten jedoch zu drastischen Systemänderungen und zum möglichen Absterben der Bäume führen.

Zur Abgrenzung von durch Luftschadstoffeinwirkungen verursachte Kronenverlichtungen und Kronenverlichtungen durch natürliche Einflüsse wie Trockenheit, Insekten etc. muß beachtet werden, daß die Kronenverlichtung ein unspezifisches Symptom darstellt, d.h. ihre Entstehung auf zum Teil verschiedene Ursachen zurückzuführen ist. Luftschadstoffe, Trockenheit, Frost, Grundwasserabsenkung, Insekten- und Pilzschäden in Kombination oder einzeln auftretend sind Ursachen für reversible und irreversible Kronenverlichtungen. Aktiver Abwurf von Nadeln, eventuell verbunden mit ausbleibender Proventivtrieb Bildung bei Fichten (GRUBER 1987), aktives Abwerfen grüner Zweige bei Eichen (HUBER 1955), Bastnekrosen und Pilzbefall am Stamm von Eichen (HARTMANN et al. 1989, 1992), Kleinblättrigkeit oder Triebblängenreduktion (ROLOFF 1986) bei Buche, Nadelfall infolge Pilzinfektionen bei Kiefer und Fichte (BUTIN 1983), Fraßschäden an Nadeln und Blättern mit bzw. ohne Regeneration der Blätter sind Beispiele von Schädigungen bzw. Reaktionsmechanismen der Bäume, die auf zum Teil sehr verschiedene Ursachen zurückzuführen sind. Hieraus resultiert der oftmals sehr unterschiedliche Ablauf der Kronenverlichtung bei den einzelnen Baumarten. Zudem können zwischen Induktion der Schäden und Auftreten der ersten Symptome längere Zeiträume liegen, so daß Zusammenhänge nur bei längerer Beobachtung erkannt werden.

Dennoch ist, das zeigen z.B. die Ergebnisse der Untersuchung von Insektenfraßschäden bei Eichen (vergl. Kap. 5.5), die Erfassung natürlicher Schwankungsbereiche und somit eine Trennung nach Schadursachen in Teilbereichen möglich. Allerdings ist der Zeitraum vorliegender Untersuchung zur Erkennung solcher Schwankungsbereiche - deren Auftreten von zahlreichen Faktoren abhängig ist - viel zu gering. So ist z.B. erst gegen Ende des Berichtszeitraumes eine deutliche Zunahme der Kronenverlichtung bei Buchen und Eichen aufgetreten. D.h. vor dem Jahr 1990 enthält die Untersuchung (1984 bis 1989) der Kronenverlichtung bei den Laubhölzern keine Informationen über die tatsächlich mögliche Variation der Kronenverlichtung! Eine abschließende Bewertung der Entwicklung seit 1990 ist dennoch erst nach einigen für diese Baumarten günstigen Jahren möglich. Falls dann eine Erholung eintritt, spricht dies für noch regulierungsfähige Teilsysteme. Falls eine Regeneration nicht eintritt, ist eine wahrscheinlich anthropogen, z.B. durch Luftschadstoffe verursachte Übersteuerung der Regulierungsmechanismen in diesem Teilsystem anzunehmen. Bei den Nadelhölzern Fichte und Kiefer sind im Untersuchungszeitraum keine derartigen Veränderungen in der Kronenverlichtung aufgetreten. Dies deutet darauf hin, daß außer Trockenstreß für diese Baumarten keine weiteren, eine deutliche Kronenverlichtung bewirkenden, Belastungssituationen vorlagen.

Durch die überwiegend bereits seit 1983/84 erfolgte Erfassung möglichst zahlreicher Zusatzkriterien, wie z.B. von INNES (1993) gefordert, können langfristig wertvolle Informationen über Reaktionsmechanismen in Waldökosystemen gewonnen werden. Dies zeigen z.B. die Zusammenhänge zwischen der Stärke der Fruktifikation und der Höhe der Kronenverlichtung bei der Buche (vergl. Kap.5.4), Deutlich wurde jedoch auch, daß einige Merkmale, wie z.B. Kleinblättrigkeit (v.a. bei Buche) oder Kienzopf (Kiefer), zu wenig differenziert erfaßt wurden.

Da diese Einflußfaktoren i.d.R. vor Ort nicht klar abgrenzbar sind, wird, mit Ausnahme von Kronenverlichtungen infolge gegenseitigen Abpeitschens (Windeinwirkung) und reduzierter Kronenausbildung durch bedrängende Nachbarbäume oder durch Beschattung, die Kronenverlichtung so eingewertet, wie sie sich dem Betrachter darstellt. Reduzierungen aufgrund vermeintlich bekannter Faktoren dürfen durch den Einwertenden nicht vorgenommen werden. Methodische Abweichungen fanden bei der hiesigen Untersuchung bei der Bewertung der männlichen Blütenbildung bei der Kiefer und dem Einrollen von Blättern statt. Auf keinen Fall ist es zulässig, wie z.B. bis 1989 in der Schweiz geschehen, bei Taxation der Kronenverlichtung Abzüge "bekanntere" Einflüsse wie Klimaeinflüsse oder Insekten zuzulassen, ohne deren Höhe zu quantifizieren (KÖHL 1992, INNES 1994). Die bei den hiesigen Untersuchungen

zulässige Reduktionen des Blattverlustprozentes aufgrund eingerollter Blätter (Erhöhung der Transparenz, jedoch keine Reduktion der Blattfläche) wurden bis heute wegen der notwendigen Vergleichbarkeit der Daten beibehalten. Zu Beginn der Untersuchungen wurde angenommen, daß die Buchen ihre infolge Trockenheit eingerollten Blätter innerhalb einer Erhebungsperiode wieder "aufrollen" können. Hierdurch würde bei einer Transparenzschätzung die Vergleichbarkeit von zu unterschiedlichen Terminen bonitierten Einzelflächen eingeschränkt. Mittlerweile hat MEINEL (1994) gezeigt, daß dieser Vorgang, insbesondere bei stärkerem Auftreten, innerhalb einer Vegetationsperiode nicht reversibel ist, folglich eine Belastung der Bäume anzeigt und somit als nicht eindeutig zuzuordnender Schaden (Wasserstreß infolge Trockenheit? Wurzelschäden?) erfaßt werden muß. Die bei der Kiefer durch Blütenbildung fehlende Benadelung wird ebenfalls nicht als Nadelverlust gewertet. Zusätzlich erfolgt die Einwertung des Anteiles von Zweigen mit männlicher Blütenbildung. Diese Vorgehensweise beruht auf den Untersuchungen von MARCET und SIEBER (1985), nach denen Blütenbildung, auch bis in die Oberkrone, als natürlich angesehen werden muß. Ein weiterer Grund war, daß der blühbedingte Nadelverlust bei der Kiefer, im Gegensatz zu den anderen Baumarten, vergleichsweise gut einzuwerten ist. Wesentlicher ist jedoch, daß Kiefern durch eine reine Transparenzschätzung aufgrund der vielfältigen Kronenstrukturen häufig nicht reproduzierbar eingewertet werden können. Deswegen wurde von FRAUDE (1987, 1988) eine Bonitierungs-hilfe erarbeitet: Anzahl und Vollständigkeit der Nadeljahrgänge werden zu einem wesentlichen Kriterium der Einwertung. Dieses Verfahren ist für jüngere Kiefern sehr gut geeignet. Für Altkiefern ist es nur eingeschränkt geeignet, wenn Anzahl und Vollständigkeit der Nadeljahrgänge aufgrund sehr kurzer Triebe und schlechter Einsehbarkeit nicht korrekt eingewertet werden können oder die Kiefer bis in die Oberkrone geblüht hat. In solchen Fällen kann von dem vorgegebenen Einwertungsverfahren abgewichen werden. Bei der Bewertung der Ergebnisse muß jedoch berücksichtigt werden, daß die unterschiedliche Anzahl der Nadeljahrgänge zwischen verschiedenen Bäumen auf Standorts-, Provenienz- oder geringfügigen Behandlungsunterschieden beruhen kann (THREN, 1985), so daß nur die Entwicklung identischer Kollektive bzw. Einzelbäume betrachtet werden dürfen. Detailliertere Vorschläge zur Verbesserung des Anspracheschlüssels bei der Baumart Kiefer, z.B. von NIEHAUS (1989), wurden auf ihre Praxistauglichkeit geprüft. Sie erwiesen sich jedoch als vom Boden aus nicht anwendbar (z.B. Einschätzung von Verzweigungs- und Nadelwinkel), in einigen Bereichen als nicht nachvollziehbar (z.B. kann aus zunehmender Dichte der Primärastsysteme bei der Kiefer nicht zwangsläufig auf deren Vitalität geschlossen werden) und somit als nicht zielführend.

Weiterhin muß, wie bei allen Schätzverfahren, mit Schätzfehlern gerechnet werden. Eigene Überprüfungen der Schätzungen zeigen, daß bei geübtem, über mehrere Jahre mit diesem Verfahren vertrautem Personal der Schätzfehler mit $\pm 5\%$ bis $\pm 10\%$ am Einzelbaum vergleichsweise gering ausfällt. Diese Ergebnisse liegen im Rahmen des von SCHÖPFER (1985b) angegebenen Fehlerbereiches. Die Höhe dieses Fehlers wird, das zeigen die Ergebnisse und Erfahrungen des vorliegenden Projektes, im wesentlichen beeinflußt durch die Einsehbarkeit der Kronen, den Umfang natürlicher Dürrastbildung und den Nadel-/Blatt- bzw. Feinreisigverlusten infolge Peitschwirkung nach starken Stürmen. Ansprachen gegen die Sonne und Ansprachen bei ungünstigen Witterungsverhältnissen können bis auf Einzelfälle vermieden werden und sind folglich ohne Bedeutung. Somit kann der Schätzfehler vor allem durch entsprechende Behandlung der Versuchsbestände (rechtzeitige Durchforstung, Zurückdrängen des in die Kronen der Beobachtungsbäume einwachsenden Unterstandes) reduziert werden. Als hilfreich zur Einhaltung des Bewertungsmaßstabes hat sich die Verwendung von Standards (Farbbildheften) erwiesen (SCHRÖTER 1984, SANASILVA KRONENBILDER 1986). Wesentlicher ist jedoch ein Aufnahmeteam mit den gleichen, ständig geübten, erfahrenen Mitarbeitern, damit - wie LICK und KRAPPENBAUER (1986) oder KÖHL (1992) zeigten - die Streuung, die durch den Einsatz verschiedener Aufnahmeteams entsteht, reduziert wird. Da trotzdem schleichende Veränderungen der Schätzstandards denkbar sind, werden die Ergebnisse der periodisch durchgeführten IRC-Luftbildaufnahmen als Vergleich herangezogen (s.u.). Eine ebenfalls in großem Umfange durchgeführte fotografische Dokumentation von Beobachtungsbäumen erwies mit dem angewendeten Verfahren (möglichst eine Baumlänge Abstand, möglichst die gesamte Krone aufnehmen) aufgrund des Dichtstandes innerhalb geschlossener Bestände nur in Ausnahmefällen als sinnvoll.

Bei der Beurteilung des Kronenzustandes müssen die beiden Hauptkriterien "Kronenverlichtung" und "Vergilbung" wegen vielfach unterschiedlicher Ursachenkomplexe separat betrachtet werden. So entsteht die montane Vergilbung durch Mg-Mangel (2. Bericht des Forschungsbeirates Waldschäden/Luftverunreinigungen der Bundesregierung und der Länder 1986, KANDLER 1988), während die Kronenverlichtung durch Verlagerung von Kationen von älteren zu jüngeren Nadeln aufgrund von SO_2 -induziertem Kationenbedarf (SLOVIK et al. (1992) ausgelöst werden kann. Eine Zusammenfassung dieser Hauptkriterien zu einer die Gesamtschädigung beschreibenden "kombinierten Schadstufe" ist demzufolge nur bei der Darstellung der Ergebnisse der Waldzustandserhebung sinnvoll, zum Erkennen von Zusammenhängen, d.h. zur Ursachenanalyse, jedoch kaum brauchbar.

Ein weiteres Teilziel dieser Untersuchung ist die Überprüfung der Frage nach strukturellen Unterschieden der Schädigungen auf den einzelnen Untersuchungsflächen.

Aufgrund dieser Fragestellung - ob z.B. unterschiedlich stark verlichtete Bäume in Gruppen zusammenstehen - werden Flächen (0,25 ha) statt Einzelbäume (z.B. 30 Bäume/Standort) untersucht. Die Ergebnisse können jedoch nur bei der Fichte befriedigen. Bei den übrigen Baumarten ist die Baumzahl zu gering, um eine statistische Überprüfung mittels Methoden der markierten Punktprozesse zu ermöglichen (vergl. Kap. 2.7.2.). Zur Klärung dieser Frage muß somit auf größere Flächeneinheiten zurückgegriffen werden.

Mit Hilfe der Kronenzustandsansprache kann, bei Abweichungen im artspezifischen Bauplan (Kronenaufbau/ Transparenz), durch einen Vergleich mit erwarteten Normalzuständen (Referenzbäumen) nach ULRICH und PUHE (1993) auf Störungen (Belastungen) geschlossen werden. Vergleichende Untersuchungen biochemischer Parameter von Fichten auf Zellebene, d.h. auf einer untergeordneten Systemebene, zeigen nach SCHMITT und WILD (1994), daß bei sichtbaren Störungen in der Krone auch Störungen in diesem Bereich erkennbar sind. Bei Eichen scheint nach ersten Ergebnissen von SCHEUERMANN und WILD (1994) die Beurteilung der gesamten Krone der alleinigen Bewertung des Vitalitätszustandes durch Untersuchungen des Zellstoffwechsels der Blätter sogar überlegen zu sein, da die Bäume in Stresssituationen ihre Belaubung zwar reduzieren, aber in den verbliebenen Blättern, bis kurz vor ihrem Tode, einen von "gesunden" Bäumen nicht zu unterscheidenden biochemischen Status aufrechterhalten. Das bedeutet, daß die Kronenzustandsansprache als Streßindikator unverzichtbar ist. Dennoch kann eine Bewertung des gesamten Ökosystems Wald nicht alleine auf den Ergebnissen der Kronenzustandsansprache beruhen. Aus diesem Grunde sind die vorgestellten Untersuchungen in ein umfangreiches Konzept zur Überwachung der Waldökosysteme eingebunden. Dieses wirkt sich sehr bereichernd auf die Erkenntnismöglichkeiten aus, die mit der Dauerbeobachtung des Kronenzustandes verbunden sind. Ohne das Wissen um Stoffeinträge, Stoffausträge, Luftschadstoffbelastung, Bodenzustand, Witterungsverläufe etc. ist eine ausreichende Interpretation der vorgestellten Ergebnisse nicht möglich. Nur die bereits angesprochene komplexe, ökosystemare Betrachtungsweise läßt es aussichtsreich erscheinen, langfristig Informationen zur Entwicklung von Waldökosystemen zu erhalten und kausale Interpretationen vorzunehmen. Nur in diesem Umfeld kann das angewendete Verfahren der Kronenzustandsansprache als zielführend bezeichnet werden. Die diskutierten Probleme verdeutlichen, wie aufwendig und langwierig sich dieses Verfahren darstellt. Allerdings gibt es hierzu bisher keine Alternativen. Massenstatistische Berechnungen, wie z.B. von INNES und WITTAKER (1993), deren Datengrundlage auf den Ergebnissen des Kronenzustandes nur eines Jahres basieren, sind, das zeigen die vorliegenden

Ergebnisse sehr deutlich, zur Untersuchung solch komplexer Zusammenhänge unbrauchbar.

5.2. Kritische Würdigung und Interpretation der Ergebnisse

5.2.1. Fichte

Die Kronenverlichtung auf 27 untersuchten Flächen (3185 Einzelbäume) bewegt sich im Beobachtungszeitraum von 1983 bis 1992 zwischen 10% und 20% durchschnittlichem Nadelverlust auf den Einzelflächen und somit auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau. Größere Unterschiede in der Kronenverlichtung zwischen den einzelnen Flächen sind nicht aufgetreten. Der Vergleich der Entwicklung aller Untersuchungsbäume von 1983 zu 1992 weist eine leichte Zunahme der Kronenverlichtung auf. Die von Jahr zu Jahr festgestellten Veränderungen am Einzelbaum sind, unter Berücksichtigung des Schätzfehlers von $\pm 5\%$, vernachlässigbar gering.

Der geringe Anteil von nur 0,5% abgestorbener Fichten (ohne Windwurf) im Untersuchungszeitraum zeigt, daß Absterbevorgänge bisher von untergeordneter Bedeutung sind. Auch vergleichsweise stärker verlichtete Fichten haben ihre Benadelung regeneriert; daher muß bei dem untersuchten Schädigungsniveau nicht von einer unumkehrbaren Entwicklung ausgegangen werden muß.

Die Untersuchung der durch Windeinfluß geworfenen Bäume (38% des Ausgangskollektives) ergibt weder Hinweise auf sichtbare Vorschädigungen im Wurzelbereich (ZOTH und BLOCK 1992), noch zeigen diese Fichten im Vergleich zu den nicht geworfenen Bäumen erhöhte Nadelverluste auf. Die von SCHMID-HAAS (1993) gefundenen Zusammenhänge zwischen dem Anstieg der Kronenverlichtung und dem Anstieg der durch Sturm geworfenen Bäume können somit nicht bestätigt werden. Aus diesen Ergebnissen kann geschlossen werden, daß die Destabilisierung der Waldökosysteme durch Luftschadstoffe vermutlich nicht als primäre Ursache für die umfangreichen Windwürfe 1990 anzusehen ist.

Das Auftreten von aktuell abgestorbenen, braunen Nadeln (bei den Herbstaufnahmetagen wiesen bis zu 45% der Fichten dieses Merkmal auf) führt zu signifikant höheren Nadelverlustprozenten. Das Abwerfen der Nadeln kann nach GRUBER (1987) entweder durch einen eigens dafür angelegten Separationsapparat

(Austrocknung der Nadel) oder infolge mechanischer äußerer Einflüsse, wie z.B. durch gegenseitiges Abpeitschen der Nadeln bei starken Stürmen, hervorgerufen werden. Bei dem im Frühjahr beobachteten Nadelfall vermutet GRUBER (1987) einen verschobenen Herbstnadelfall, da das Abfallen der Nadeln allein von den Vertrocknungsbedingungen abhängig ist. Auf den Untersuchungsflächen wurde dieses Merkmal i.d.R. an älteren Nadeljahrgängen beobachtet. Dies läßt auf ein Erreichen des physiologischen Alters schließen. Zur Beantwortung der Frage, wie sich das verstärkte Abwerfen der Nadeln auf den Baum auswirkt, nimmt GRUBER (1987) eine Unterteilung der Nadelmasse der Fichtenkrone in effektive (d.h. zur Stoffproduktion des Baumes beitragende, Assimilate an übergeordnete Zweigachsen abgebende) und ineffektive (parasitäre, zur Stoffproduktion des Baumes nicht beitragende) Nadeln bzw. Zweigkomplexe vor und verdeutlicht, daß der Anteil der letzten Gruppe einen erheblichen Umfang einnehmen kann. Er postuliert, daß das Schütten älterer Nadeljahrgänge für den Baum sogar vorteilhaft wäre. SABEL (1989) dagegen zeigt, daß auch sechsjährige Nadeln noch einen wesentlichen Beitrag zur Assimilatproduktion und -verteilung in der Fichte leisten. Allerdings geht auch er davon aus, daß die physiologische Aktivität der Nadeln aufgrund von Seneszenzvorgängen im Alter reduziert ist. Wesentlich ist vermutlich auch, daß die älteren Nadeln einen für den Baum wichtigen Nährstoffspeicher darstellen. Bei Verlust dieser Nadelmasse kommt es zwar zu keinem Zuwachseinbruch, aber diese Nadeln gehen dem Baum als Nährstoffspeicher verloren. Unbestritten ist, daß die Zahl der Nadeljahrgänge der Fichte stark schwanken kann. Bereits MÜNCH (1928, zit. nach GRUBER 1987) berichtet, daß Fichten in nassen und kalten Jahren die Zahl ihrer Nadeljahrgänge erhöhen und in warmen und trocknen Jahren wieder verringern. Somit kann, da als Referenzbaum eine Fichte mit vollständiger Benadelung zugrundeliegt, die bonitierte Kronenverlichtung auch auf solchen natürlichen Abläufen beruhen. Aufgrund der Vielzahl der Nadeljahrgänge ist sowohl eine schnell ablaufende Kronenverlichtung infolge starken Nadelschüttens als auch eine langsam vonstatten gehende Verlichtung infolge ausbleibender (natürlicher) Ersatztrieb Bildung oder eine Kombination aus beidem denkbar. Eine Erholung des Baumes mit einhergehender Zunahme der Nadeljahrgänge und damit der Benadelungsdichte ist jedoch nur über längere Zeiträume möglich. Von Bedeutung kann zudem eine Triebblängenreduktion nach und in Streßjahren sein. Die Trieblänge wird nach BURGER (1926) sowohl durch Wachstumsbedingungen im Vorjahr als auch durch die Witterung kurz vor und während der Triebstreckung bestimmt.

Jahre mit den größten auf den Dauerbeobachtungsflächen diagnostizierten Zunahmen in der Kronenverlichtung (Frühjahrsaufnahme) sind 1983/1984 und 1991/1992. 1983 war von Juni bis zum August eine extreme Trockenperiode zu beobachten. Hinzu kommt eine

Belastung der Fichten durch die damals noch vergleichsweise hohen SO₂-Werte in den Wintermonaten. 1991 muß als das Jahr mit den geringsten Niederschlägen in der Vegetationszeit im gesamten Untersuchungszeitraum angesehen werden. Die SO₂-Belastung ist jedoch deutlich zurückgegangen. Diese Zusammenhänge können als Indiz dafür angenommen werden, daß die größten Zunahmen in der Kronenverlichtung der Fichte im Beobachtungszeitraum durch warm-trockene Jahre (mit-)verursacht wurden.

Die auf drei Flächen durchgeführten Nadelstreufalluntersuchungen zeigen, daß Nadelpilzbefall als primäre Ursache für den Nadelfall auf diesen Flächen nicht in Betracht kommt. Die auf allen drei Flächen gleichzeitig aufgetretenen Streufallspitzen deuten auf gemeinsame, evt. endogene Ursachen hin. Bemerkenswert ist, daß sich selbst deutliche Unterschiede in der Streufallmenge zwischen zwei Aufnahmetermen nicht in der Ansprache der Kronenverlichtung widerspiegeln. Die Ursache hierfür könnte darin liegen, daß die aufgetretenen Verluste älterer Nadeln im Inneren der Baumkronen (Schattkronenbereich) nur in geringem Umfange als Nadelverlust gewertet werden.

Die Vergilbungsintensität ist im Gesamtkollektiv gering. Allerdings sind zwischen den Flächen, im Gegensatz zur Kronenverlichtung, deutliche Unterschiede vorhanden. Von 1987 auf 1992 ist insgesamt ein leichter Anstieg der Vergilbung zu erkennen. Jährliche Veränderungen sind gering und liegen vermutlich innerhalb des Schätzfehlers. Daß vergilbte Nadeln zwangsläufig abgeworfen werden, d.h. Vergilbung zu nachfolgendem Nadelverlust führt, ist aus der hiesigen Untersuchung nicht zu belegen. Allerdings fehlen auf den Beobachtungsflächen sehr stark vergilbte Bäume, wie sie z.B. in einigen Bereichen der Hunsrückhochlagen zu finden sind. Die Ergebnisse decken sich somit mit den von KANDLER et al. (1987) durchgeführten Untersuchungen in Fichtenjungbeständen.

Daß stärker geschädigte Fichten häufiger und intensiver fruktifizieren, kann anhand des untersuchten Datenmaterials nicht bestätigt werden. Die z.B. von SEITSCHKEK (1984) geäußerte Vermutung, die gehäuft auftretende Fruktifikation der Waldbäume als Notfruktifikation aufgrund ungewöhnlicher Belastung durch Luftschadstoffe sei nicht auszuschließen, kann somit nicht bestätigt werden. Statt dessen werden Intensität und Häufigkeit der Fruktifikation bei dem momentanen Schädigungsniveau eher durch die soziologische Stellung des Baumes im Bestand bestimmt. Orientierungswerte für Häufigkeit und Ergiebigkeit der Fruktifikation sind Durchschnittswerte über mehrere Jahrzehnte. Das Auftreten von Masten wird nach WACHTER (1953, nach DENGLER 1982) u.a. von äußeren Einflüssen wie Spätfröste (Zerstörung der Blüte), Insekten etc. bestimmt. Im Anhalt an ROHMEDER (1972) bzw. MESSER (1958, nach DENGLER 1982) liegen Häufigkeit und Stärke der Masten (in 3 von 10 Jahren stärkere

Fruktifikation) während der Beobachtungsperiode durchaus im langjährigen Mittel. Allerdings sind solche Vergleichszahlen nur sehr eingeschränkt brauchbar, da das Blühen der Waldbäume aufgrund einer Blühinduktion (warm-trockene Witterung im Juni/Juli des Vorjahres) erfolgt und das nicht seltene Auftreten mehrerer warm/trockener Jahre hintereinander zu einer Häufung von Blütenjahren führt. Das zeitgleiche Auftreten von Fruktifikation auf allen Flächen ist ein weiteres Indiz dafür, daß großräumig wirkende Witterungseinflüsse - bei gleichzeitig unveränderter Immissionsbelastung - als maßgebliche Ursache angesehen werden müssen (Blühinduktion). Die auf den Versuchsflächen beobachteten Unterschiede im Nadelverlustprozent unterschiedlich stark fruktifizierender Fichten könnten nach den Untersuchungen von LÜSCHER (1989) durch die Auswirkung der Blütenbildung auf die Kronenstruktur (weibliche und männliche Blütenknospen werden anstelle vegetativer Knospen gebildet) verursacht sein. Eine Untergliederung des Kollektives nach Baumklassen verdeutlicht jedoch, daß diese Ergebnisse sehr stark durch die Wuchskraft der Fichten überlagert sind. Die Unterschiede in der Kronenverlichtung verschieden stark fruktifizierender Fichten sind zwar tendenziell vorhanden, allerdings nicht mehr signifikant.

Daß Verletzungen an Stamm und Krone bzw. deren nachfolgende Pilzinfektionen zu einer Erhöhung des Nadelverlustprozentes führen, konnte nicht beobachtet werden. Dieses Ergebnis ist plausibel, weil der Nadelfall bei der Fichte in der Regel eine Vertrocknung der Nadeln voraussetzt. Durch Stammschäden allein tritt jedoch normalerweise keine Reduktion der Wasserversorgung auf, da die Fichte in der Lage ist, bei peripheren Verletzungen des Holzes den Wasserstrom um die Wundstellen herumzuführen (BRAUN 1982). INNES und SCHWYZER (1994) bestätigen aufgrund einer Analyse der Daten der Waldzustandserhebung 1992 in der Schweiz dieses Ergebnis.

Die Auswertung der ertragskundlichen Daten (Baumhöhe, Baumklasse, Brusthöhendurchmesser, Kronenanteil ect.) zeigt deutliche Tendenzen zu höheren Verlustprozenten bei stärkeren Bäumen; d.h. das Verlustprozent ist bei relativ großkronigen Bäumen höher. Dieser Nadelverlust ist im wesentlichen im Kroneninneren (Schattkronenbereich) zu beobachten. Denkbar ist, daß über das allgemeine Kronendach hinausragende Fichten Luftschadstoffen und anderen natürlichen Belastungen (z.B. Sturm) weitaus stärker ausgesetzt sind als Bäume, die im Schutz ihrer Nachbarn stehen (BLOCK et al. 1987). Als Folge dieser stärkeren Belastung reagiert die Fichte möglicherweise mit einer Reduktion ihrer Nadelmasse. Dann werden vermutlich als erstes die älteren, in ihrer physiologischen Aktivität weniger aktiven Nadeln abgeworfen. Jedoch ist zu beachten, daß die am besten versorgten Bäume (dies gilt generell auch für

Bestände) nach Streßjahren die größten Wachstumseinbrüche aufzeigen. So leitet GRUBER (1987), aufgrund relativ stärkerer Triebblängenreduktion nach Streßjahren, eine erhöhte Reaktionssensibilität für die größten Bäume ab.

Des weiteren könnte die höhere Anzahl von Nadeljahrgängen der schwach mitherrschenden im Vergleich zu den vorherrschenden Fichten (ZEDERBAUER 1916, nach GRUBER 1987; BURGER 1927) zu der unterschiedlichen Kronenverlichtung beitragen.

Alle Indizien aus den Fichten-Dauerbeobachtungsflächen sprechen für relativ geringe sichtbare Veränderungen in dem Teilsystem "Krone." Dieses Fazit wird durch eine Bonitierung mittels IRC-Luftbildern aus den Jahren 1984 und 1992 bestätigt. Damit werden zugleich Änderungen im Bonitieverhalten ausgeschlossen.

Vor dem Hintergrund der dargestellten Ergebnisse soll der Frage nachgegangen werden, inwieweit die eigenen Befunde mit den Hypothesen von direkten und indirekten Schädigungen durch SO₂ im Einklang stehen und, ob Zusammenhänge zwischen Bodenzustand, Kronenzustand und Nährstoffversorgung der Fichtennadeln erkennbar sind.

Die Baumart Fichte wurde als Monitorbaumart 1982 deshalb ausgewählt, weil sie bei weitem Verbreitungsgebiet gegenüber luftgetragenen SO₂-Immissionen als besonders empfindlich gilt. Bei der Bewertung der direkten Schädigung muß zunächst festgehalten werden, daß die Aufnahme von SO₂ bei den Pflanzen im wesentlichen via Spaltöffnungen erfolgt. Die gefährlichsten Immissionen sind nach SLOVIK et al. (1992a) Trockendepositionen am Tage. SO₂ wird von der Fichte entweder für das Pflanzenwachstum verbraucht oder neutralisiert (entgiftet) und in der Vakuole abgelagert. In beiden Fällen werden Kationen verbraucht, deren Nachschub bei Frostperioden jedoch nicht stattfinden kann. Akuten Säurestreß erleiden Fichten nach SLOVIK et al. (1992a) aus diesem Grunde v.a. im Winterhalbjahr bei Tagesmittelwerten der SO₂-Immission über 50-150 µg/m³. An den fünf Waldmeßstationen des Zentralen Immissionsmeßnetzes (ZIMEN) lag nach BORCHERT (1993) die Anzahl der Tage, bei denen 70 µg/m³ SO₂ überschritten wurden, 1985-1987 zwischen 25 und 35 Tagen, ab 1988 bei maximal 5 Tagen im Jahr. Akute Schwefeldioxidsschäden sind somit seit 1988 in Rheinland-Pfalz unwahrscheinlich. Zu beachten ist jedoch, daß auch chronische Belastungen mit SO₂ zu einem zusätzlichen Verbrauch an Kationen und somit zu einer Belastung des Baumes führen. SLOVIK et al. (1992b) gehen von einem Zusatzbedarf an Kationen bei einer Überschreitung eines SO₂-Jahresmittelwertes von 6-14 µg/m³ aus. Diese Schwelle wurde in den Waldgebieten von Rheinland-Pfalz bis 1987 bei einer Belastung von 26-33 µg/m³ deutlich überschritten. Ab 1988 ist bei einem

Jahresmittelwert von 9-13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 nur noch von einer geringen Belastung, vor allem auf armen Standorten, auszugehen. Die notwendigen Entgiftungsmechanismen bei SO_2 -Einfluß führen nach SLOVIK et al. (1992) dazu, daß der Schwefelgehalt mit Zunahme des Nadelalters ansteigt. Erhöhte Schwefelgehalte zwischen dem ersten und dem dritten Nadeljahrgang konnten jedoch in den vorliegenden Untersuchungen nicht eindeutig festgestellt werden. Die Schwankungen in den Ergebnissen deuten eher darauf hin, daß sich die Unterschiede oft im Rahmen des Analysefehlers bewegen. Denkbar ist jedoch auch, daß die von SLOVIK et al. (1992) hergeleiteten Grenzwerte nicht zutreffen. Notwendig wäre, an mehreren Fallbeispielen unterschiedlich stark belasteter Bäume eine Überprüfung der von SABEL et al. berechneten Grenzwerte vorzunehmen.

Der trotz mehrerer trockener Jahre im Vergleich zu den Laubhölzern unbedeutende Anstieg in der Kronenverlichtung der Fichte könnte auf den Rückgang der SO_2 -Immissionen, also dem Wegfall eines zusätzlichen Belastungsfaktors, zurückzuführen sein. Zu beachten ist jedoch, daß in diese Betrachtungen weder die Belastung durch NO_x , noch deren Folgeprodukte (z.B. Ozon), noch deren synergistische Gesamtwirkung einbezogen wurden.

Die seit 1984 an einem Teil der Untersuchungsflächen durchgeführten Depositionsmessungen zeigen, daß trotz rückläufiger Sulfatschwefeleinträge (41-72 kg S/ha 1984 und 18-26 kg S/ha 1991) - bei gleichbleibenden Nitratstickstoffeinträgen (10-22 Kg $\text{NO}_3\text{-N}/\text{ha}$ und Jahr) - nach wie vor die standörtlich tolerierbaren Schwellenwerte um ein Vielfaches überschritten werden. Das heißt, daß die mit dem Schwefel- und Stickstoffeintrag verbundene Säurebelastung weiterhin eine Zunahme der Bodenversauerung und somit langfristig eine fortschreitende Destabilisierung der Waldökosysteme erwarten läßt (BLOCK 1993).

Im Oberboden weisen die Standorte ohne wesentliche Differenzierung eine bereits starke Versauerung auf. Nur im Unterboden ist auf einigen Flächen eine bessere Nährstoffversorgung zu erkennen. Und nur diese Flächen mit einer vergleichsweise guten Basen-/Magnesiumsättigung im Unterboden zeigen im Vergleich zum übrigen Kollektiv geringere Kronenverlichtungen auf. Diese sind signifikant, allerdings aufgrund der insgesamt geringen Verlichtung nicht deutlich ausgeprägt. Dieses deutet darauf hin, daß der Bereich, von dem ab eine deutliche Verschlechterung des Kronenzustandes ohne Hinzukommen weiterer Streßfaktoren eintritt, bisher offensichtlich nicht erreicht wurde. Auch in den beiden Jahren mit der relativ größten Zunahme in der Kronenverlichtung zeigen die besser nährstoffversorgten Standorte keine erkennbar abweichende Entwicklung auf. Erfahrungsgemäß sind solche Differenzierungen zwischen den Flächen aufgrund chemischer Analysen der Elementgehalte im Humus, der effektiven

Kationenaustauschkapazität und der Austauschbelegung im Mineralboden des Bodens mit Schwierigkeiten verbunden. Mit der Untersuchung des Bodensickerwassers wurde begonnen (ZOTH und BLOCK 1992). Der in weiten Bereichen bereits ungünstige Bodenzustand läßt jedoch langfristig deutliche Veränderungen befürchten.

Die Untersuchung der Nähr- und Schadstoffgehalte in den Nadeln zeigt, daß die Versorgung mit den wichtigsten Nährelementen außer bei Magnesium zwar z.T. schwach, jedoch nicht so gering ist, als daß von einer Mangelsituation ausgegangen werden muß. Deutlich überhöhte Schadstoffgehalte waren in den Nadeln ebenfalls nicht erkennbar. Zusammenhänge zwischen der Nährstoffversorgung bzw. Schadstoffbelastung und der Kronenverlichtung sind aus dem vorliegenden Datenmaterial nicht abzuleiten. Erkennbar ist jedoch ein Zusammenhang zwischen Magnesiumversorgung und Vergilbung der Nadeln. Je geringer die Magnesiumversorgung, desto höher der Anteil vergilbter Nadeln. Dieser Befund stimmt mit den Ergebnissen von REEMTSMA (1986) und HEINSDORF et al. (1992) überein.

5.2.2. Kiefer

Die Spreitung des durchschnittlichen Verlustprozentes der acht untersuchten Kiefernflächen reduzierte sich von 10-22% 1984 auf 9-14% 1992. Die diagnostizierte Kronenverlichtung nahm kontinuierlich von 1985 bis 1989 ab, um danach wieder zuzunehmen. Diese Entwicklung wurde im wesentlichen durch zwei Einzelflächen bestimmt. Die jährlichen Veränderungen der Einzelbäume sind in der Tendenz höher als bei der Fichte, was aufgrund der geringeren Anzahl der Nadeljahrgänge auch zu erwarten ist. Dennoch bewegen sich die jährlichen Veränderungen am Einzelbaum im wesentlichen im Bereich des Schätzfehlers von $\pm 5\%$ Nadelverlust. Die stärkste Zunahme im Nadelverlust ist von 1991 auf 1992 zu beobachten. Die größten Differenzen von 1984 auf 1992 treten bei den zu Beginn der Erhebungen als am stärksten verlichtet eingewerteten Kiefern auf. So hat sich der Anteil stärker verlichteter Einzelbäume von 10% im Jahre 1984 auf 1,2% im Jahre 1992 reduziert. Die Entwicklung von Anzahl und Vollständigkeit der Nadeljahrgänge (Gesamtbenadelungswert) dieser Kiefern bestätigt diesen Trend. Insgesamt verlaufen die Entwicklung des Gesamtbenadelungswertes und die Schadstufenentwicklung (z.T. verfahrensbedingt) synchron. Zwischen 5 und 30% der Bäume wurden im Bezugszeitraum nicht ausschließlich nach Anzahl und Vollständigkeit der Nadeljahrgänge, sondern auch nach dem Dürranteil einer Verlichtungsstufe zugeordnet. Vor allem zwischen 1984 und 1987 wurde die Einwertung maßgeblich durch

den Dürrastanteil mitbestimmt. Da der Anteil der Kiefern mit dünnen Ästen in diesem Zeitraum erheblich zurückging, drängte sich zunehmend der Verdacht eines Verfahrensfehlers auf (s.u.). Vermutet wurde, daß zunächst die durch das Einwachsen der Buche in die Kiefernkrone aufgetretene natürliche Dürrastbildung - entgegen den Vorgaben - als Schaden gewertet wurde.

Aufgrund der geringen Differenzierung hinsichtlich der Kronenverlichtung und zu geringer Baumzahlen auf den Versuchsflächen kann keine gesicherte Aussage über die räumliche Verteilung unterschiedlich stark verlichteter Bäume gemacht werden. Nach dem visuellen Eindruck scheinen unterschiedlich stark verlichtete Kiefern auf den Versuchsflächen nebeneinander zu stehen.

Vergilbungserscheinungen sind auf den Flächen bisher nicht aufgetreten.

Die Mehrzahl der im Beobachtungszeitraum ausgefallenen Bäume (20,3%) sind durch Windwurf bzw. daraus resultierender Flächenaufgabe ausgeschieden. Bei diesen, i.d.R. mit Wurzelballen geworfenen, Kiefern waren weder sichtbare Vorschädigungen im Wurzelbereich zu erkennen, noch wiesen diese Bäume im Jahr vor ihrem Ausscheiden einen im Vergleich zum übrigen Kollektiv erhöhten Nadelverlust auf. Der Umfang der im Beobachtungszeitraum abgestorbenen Bäume lag bei 1,2%. HILL (1993) bezifferte die jährliche Absterberate von herrschenden Kiefern in Abhängigkeit von der Höhe der Niederschläge und der Höhe der SO₂-Belastung auf 0,03 bis 0,28 % und für den Zeitraum von 1973 bis 1988 insgesamt auf 5,31%. Demnach kann die jährliche Absterberate auf unseren Dauerbeobachtungsflächen als gering bezeichnet werden. Allerdings muß beachtet werden, daß die Größe der Flächen (0,25 ha) zur Ermittlung von repräsentativen Absterberaten wahrscheinlich zu gering ist. Als Absterbeursache wurde im wesentlichen Kienzopf und Borkenkäferbefall diagnostiziert.

Die Kiefer fruktifiziert im Vergleich zu den anderen Baumarten relativ gleichmäßig. Eine verstärkte Fruchtbildung war in den Jahren 1990/91 zu beobachten; das gleichzeitige Auftreten auf allen Flächen deutet auf großräumig wirkende Einflußfaktoren hin. Unterschiede im Nadelverlustprozent unterschiedlich stark fruktifizierender Kiefern waren nicht zu erkennen. Hinweise auf häufigere Fruktifikation bei relativ stärkerer Kronenverlichtung waren nicht vorhanden, bei dem geringen Schädigungsniveau allerdings auch nicht unbedingt zu erwarten.

Die bei der Kiefer durch Blütenbildung fehlende Benadelung wird (s. Kap. 5.1.) nicht als Nadelverlust gewertet. Eine Zunahme des Nadelverlustes mit steigendem "Blühanteil" ist nicht zu beobachten. Insgesamt ist der Anteil von Bäumen mit intensiver männlicher

Blütenbildung gering. In 1992, einem Jahr mit stärkerer Blütenbildung, wiesen lediglich 7% der Kiefern an mehr als 60% des aktuellen Nadeljahrganges Blütenbildung auf. Auch bei über mehrere Jahre sehr stark blühenden Kiefern ($\geq 80\%$) konnte kein Vitalitätsrückgang festgestellt werden. Dies bestätigt die Untersuchungen von MARCET und SIEBER (1985), daß Blütenbildung, auch bis in die Oberkrone, als natürlich angesehen werden muß.

Verstärktes Auftreten von Insektenschäden war nur 1991/92 zu beobachten. In der Regel handelte es sich um den Reifungsfraß des Waldgärtners. Gruppen unterschiedlich stark durch Insektenfraß geschädigte Kiefern zeigen eine deutlich unterschiedliche Kronenverlichtung auf. Diese Insektenfraßschäden können aus zwei Gründen mitentscheidend für den Anstieg der Kronenverlichtung in den Jahren 1991/92 sein. So führt Waldgärtnerfraß zu einer höheren Transparenz der Lichtkrone und somit zu einem höheren Verlustprozent. Wesentlich wichtiger ist jedoch, daß verstärkt, insbesondere mehrjährig auftretender Waldgärtnerfraß zu Fehldiagnosen bei der Erfassung der vorhandenen Nadeljahrgänge führen kann. Da der Waldgärtnerfraß in der Oberkrone stattfindet, kann die ebenfalls in der Oberkrone vorgenommene Erfassung der Nadeljahrgänge ein falsches Bild ergeben. Anzahl und Vollständigkeit der Nadeljahrgänge gehen jedoch als wesentliche Parameter in die Schätzung des Nadelverlustprozentes ein, so daß in solchen Fällen die Kronenverlichtung der Gesamtkrone evt. zu hoch eingewertet wird.

Die Untersuchungen der Nadelstreu auf Pilzbefall läßt keinen deutlichen Zusammenhang zwischen Zunahme der Streufallmenge und Anstieg der Pilzinfektionsrate erkennen. Wenn auch die Pathogenität der am häufigsten diagnostizierten Pilzart (*Sclerophoma pythiophila*) in der Literatur unterschiedlich beurteilt wird, so lassen die vorhandenen Ergebnisse Pilzinfektionen als Hauptursache des Nadelstreufalls doch eher unwahrscheinlich erscheinen. Jahre höherer Streufallmengen (1988 und 1990) sind auf den beiden im Pfälzerwald und in der Rheinebene gelegenen Untersuchungsstandorten identisch, großräumig wirkende Einflußfaktoren somit wahrscheinlich. Wie bereits bei der Baumart Fichte hat sich eine deutliche Erhöhung der Streufallmenge nicht in einem Anstieg des Verlustprozentes ausgewirkt.

Daß Stamm- bzw. Kronenverletzungen zu einer Zunahme der Kronenverlichtung führen, konnte nicht festgestellt werden. Allerdings sind solche Schäden nur in geringem Umfang aufgetreten. Ein derartiger Zusammenhang ist jedoch, wie bei der Baumart Fichte bereits erläutert, auch wenig wahrscheinlich.

Unterschiedliche Nadel- und Triebblängen wirken sich signifikant auf die Höhe der Kronenverlichtung aus. Deren außerhalb des Bereiches "normal" diagnostiziertes Auftreten war jedoch nur 1984 (Ansprache aller vorhandenen Nadel- bzw. erkennbaren Triebblängen) und in den Jahren 1990 bis 1992 (Ansprache des aktuellen Jahrgangs) relevant. Das insbesondere 1992 gehäufte Auftreten von extrem kurzen Nadeln bzw. Trieben ist vermutlich durch das Trockenjahr 1991 bedingt.

Die ertragskundlichen Kennwerte wie Baumklasse, Baumhöhe, Durchmesser, etc. lassen im Gegensatz zur Fichte keine Unterschiede in der Kronenverlichtung unterschiedlich großer Kiefern erkennen. Eine mögliche Ursache könnte darin liegen, daß die Baumart Kiefer ein relativ einheitliches Kronendach ausbildet. Die stärkeren Bäume ragen, im Vergleich zur Fichte, nicht wesentlich über das allgemeine Kronendach hinaus und sind somit Luftschadstoffen nicht so stark ausgesetzt.

Die Ergebnisse der 1984 bis 1992 durchgeführten Bonituren weisen zu Beginn der Erhebungen auf eine im Vergleich zu den anderen Baumarten deutlich erhöhte Kronenverlichtung der Kiefer hin. Diese Unterschiede verringerten sich nach 1985, wobei seit 1988 die Kronenverlichtung der Kiefernbeobachtungsflächen sogar deutlich unter der anderer Baumarten liegt. Die Boniturergebnisse der für zwei Flächen jeweils für 1984 und 1992 vorliegenden IRC-Luftbilder zeigen dagegen, daß die Flächen zu beiden Terminen in etwa gleichem Umfange verlichtet waren. Diese Ergebnisse bestätigen den bereits angeführten Verdacht, daß zu Beginn der Untersuchungen die Kronenverlichtung bei der Baumart Kiefer, vor allem wohl aufgrund einer zu hohen Bewertung der Dürrastanteile, überhöht eingewertet wurde. Weiterhin zeigt dieses Beispiel, wie notwendig eine Dokumentation des Kronenzustandes durch periodische Luftbildbefliegungen ist.

Festgehalten werden kann, daß der Schwankungsbereich der Kronenverlichtung bei der Baumart Kiefer im Beobachtungszeitraum - aufgrund der im Vergleich zur Fichte geringen Anzahl von Nadeljahrgängen - erwartungsgemäß größer als bei der Fichte ist. Unter Berücksichtigung der vorgetragenen Aspekte können somit im Untersuchungszeitraum keine wesentlichen Veränderungen im Kronenzustand der Kiefern festgestellt werden.

Auf die Entwicklung und Bewertung möglicher SO₂-Schäden wurde bereits bei der Fichte eingegangen. Im folgenden wird der Zusammenhang zwischen Bodenzustand, Kronenzustand und Nährstoffversorgung der Kiefernadeln betrachtet.

Die chemische Analyse des Bodenzustandes ergibt Hinweise auf tendenzielle Zusammenhänge mit der diagnostizierten Kronenverlichtung. So zeigt die Fläche mit der mit Abstand besten Basenversorgung im Ober- und Unterboden auch die relativ geringste Kronenverlichtung auf. Zu beachten ist jedoch, daß mit Ausnahme dieser Fläche bei allen Standorten die Basen- bzw. Magnesiumsättigung ohne wesentliche Differenzierung gering, überwiegend sehr gering ist. Zusammenhänge zwischen Bodenzustand und Kronenzustand lassen sich aus diesem Kollektiv durch eine Analyse der Bodenfestphase daher nicht ableiten. Mit Sickerwasseruntersuchungen wurde auf zwei Flächen begonnen.

Die Analyse der Nähr- und Schadstoffgehalte zeigt bei einem Vergleich der Daten mit KRAUS et al. (1986), daß die Versorgung mit Phosphor überwiegend als mangelhaft, die Versorgung mit Kalzium auf zwei Flächen als sehr niedrig bezeichnet werden muß. Die Versorgung bzw. Belastung mit den übrigen untersuchten Elementen ist nicht auffällig. Bezüglich des Schwefelgehaltes zeigt sich ein Anstieg vom ersten zum zweiten Nadeljahrgang, so daß von einem gewissen Anreicherungseffekt ausgegangen werden kann. Ein deutlicher Zusammenhang zwischen Nährstoffversorgung bzw. Schadstoffbelastung und unterschiedlicher Kronenverlichtung ist jedoch bisher nicht erkennbar.

5.2.3. Buche

Die Spreitung des durchschnittlichen Blattverlustprozentes der Einzelflächen liegt zu Beginn der Erhebungen (1984) zwischen 9% und 16% und 1987 zwischen 12% und 17%. 1992 ist diese Spanne auf 22% bis 33% angestiegen. Diese deutliche Zunahme in der Kronenverlichtung fand in zwei Schüben, 1990 und 1992 statt. Zwischen 1984 und 1989 war nur ein leichter Anstieg in der Kronenverlichtung zu beobachten. Der Anteil deutlich verlichteter Buchen (>25% Blattverlust) stieg von 3% im Jahre 1984 auf 40% im Jahre 1992 an. Der Anteil der Buchen mit jährlichen Verlustprozentdifferenzen $\geq 10\%$ liegt bis 1989 mit 10-20% deutlich über dem Anteil der Veränderungen bei der Baumart Fichte. Dies ist jedoch aufgrund der jedes Jahr stattfindenden Blattneubildung und einer infolgedessen höheren natürlichen Schwankungsbreite in der Belaubungsdichte nicht außergewöhnlich. Die drastischsten jährlichen Veränderungen (50% Buchen mit Blattmassendifferenzen $\geq 10\%$) wurden von 1991 auf 1992 beobachtet.

Bei Betrachtung längerer Zeiträume sind zwischen den einzelnen Flächen keine signifikanten Unterschiede im Verlustprozent festzustellen. Lediglich die Fläche 201

weist 1991/92 eine gegenüber allen anderen Flächen signifikant höhere Kronenverlichtung auf.

Die Ergebnisse der 1984 bis 1992 durchgeführten Bonituren zeigen, daß die Buchen von 1984 bis 1989 keine, allenfalls nur sehr geringe sichtbare Veränderungen in der Kronenverlichtung aufweisen. In den Jahren 1990 und 1992 erfolgte jeweils ein sehr deutlicher, unerwartet hoher Anstieg der Kronenverlichtung. Diese Entwicklung wird im Grundsatz - wenn auch auf unterschiedlichem Niveau - durch die vorliegenden IRC-Luftbilder bestätigt. Änderungen im Anspracheverhalten können daher ausgeschlossen werden.

Bis 1989 lassen die geringen Unterschiede in der Kronenverlichtung keine Rückschlüsse auf Verteilungsmuster der Kronenverlichtung auf den Einzelflächen zu. 1992 sind dagegen deutliche Unterschiede zwischen den Einzelbäumen auf der Fläche vorhanden. Unterschiedlich stark verlichtete Buchen scheinen nebeneinander zu stehen, wobei die geringen Baumzahlen auf den Einzelflächen eine abschließende Beurteilung jedoch nicht zulassen.

Die Vergilbung von Buchenblättern ist insgesamt gering, tritt allerdings in Einzeljahren deutlich verstärkt auf. Stärkere Vergilbung ist insbesondere in den Jahren 1990 und 1992 aufgetreten, wobei 1992 lediglich zwei Versuchsflächen betroffen waren. Als Ursache müssen die geringen Magnesiumvorräte im Boden mit der Folge geringer Magnesiumgehalte in den Blättern auf diesen Flächen angesehen werden. Mitentscheidend für das Auftreten und die Intensität der Vergilbung können mehrere, vermutlich klimatische Auslöser sein. So könnte, zumindest 1992, auf diesen Flächen vorzeitige Herbstverfärbung (vorzeitige Seneszenz der Blätter) infrage kommen. Gegen diese Annahme sprechen jedoch die relativ hohen Stickstoffgehalte in den Blättern. Zu beachten ist allerdings, daß der Probenahmetermin drei Wochen vor dem Termin der Vitalitätsansprache lag, mit der Folge, daß eine evt. vorzeitige Alterung der Blätter zu diesem Zeitpunkt noch nicht eingesetzt hatte. Des weiteren war sowohl 1990 als auch 1992 eine starke Fruchtbildung bei der Buche zu beobachten; d.h. es fand eine durch natürliche Faktoren verursachte zusätzliche Belastung statt. Inwieweit die von BÜTTNER et al. (1993) als mitentscheidend für das Eintreten und die Intensität der Vergilbung angenommene, oxidativen Streß verursachende, warm-trockene Witterung im Frühjahr und Frühsommer im vorliegenden Fall von Bedeutung ist, kann nicht abschließend beurteilt werden. Geringere N-Gehalte sind auf stärker vergilbten Flächen jedenfalls nicht zu erkennen. Die vorliegenden Daten sind jedoch Mittelwerte aus drei

Mischproben, die den Bestand repräsentieren, nicht jedoch unterschiedlich stark vergilbte Bäume, wie bei den Untersuchungen von BÜTTNER et al. (1993).

Bisher sind 26% des untersuchten Kollektives ausgeschieden. Die wichtigsten Ursachen waren Ausscheiden aufgrund Flächenaufgabe oder Windwurf. Abgestorbene Bäume sind nicht aufgetreten. Die durch Sturm geworfenen Bäume wiesen vor ihrem Ausscheiden keine im Vergleich zum übrigen Kollektiv erhöhten Blattverluste auf; von einer äußerlich sichtbaren Vorschädigung kann deshalb nicht ausgegangen werden.

In zwei der neun Beobachtungsjahre war, wenn auch in unterschiedlicher Intensität, auf allen Flächen eine starke Fruktifikation zu beobachten. Die Häufigkeit des Auftretens liegt somit, bei allem Vorbehalt der Aussagekraft der 8 zugrundeliegenden Beobachtungsflächen und der kurzen Untersuchungsperiode, durchaus im langjährigen Mittel (DENGLER 1982). Auch das kurze Aufeinanderfolgen zweier Mastjahre 1990 und 1992 ist durchaus nicht außergewöhnlich. So sind nach WACHTER (1964) z.B. in den Jahren 1858/60/62, 1922/24/26, 1956/58/60 in kurzer Folge gute Samenjahre aufgetreten. WACHTER (1964) folgert, daß eine fruktifizierende Buche nach einer Mast nur eine einjährige Ruhepause braucht, um die bei der Mast verbrauchten Reservestoffe wieder aufzuspeichern und zu einer erneuten Fruchtbildung bereit zu sein.

In beiden Jahren starker Fruktifikation war gleichzeitig ein Anstieg des durchschnittlichen Verlustprozentes zu beobachten. Zwischen Gruppen von Buchen unterschiedlich starker Fruktifikation bestehen deutliche Unterschiede in der Kronenverlichtung, während im Jahr vor der Fruchtbildung dieselben Gruppen annähernd identische Verlustprozente aufwiesen. Die durch Fruchtbildung verursachten Unterschiede in der Kronenverlichtung sind bei ungünstigen Randbedingungen auch noch im Folgejahr zu erkennen. Eine zweite Fruchtbildung, im vorliegenden Falle 1990 und 1992, wirkte sich in einem nochmaligen Anstieg der Kronenverlichtung aus. Das Trockenjahr 1991, vor allem jedoch die Anhäufung von Perioden mit während der Vegetationszeit relativ warmer und trockener Witterung, trägt als zusätzlicher Belastungsfaktor zur Kronenverlichtung bei. Daß die Auswirkungen der Fruchtbildung so groß sind, ist u.a. auf einen enormen Verbrauch von Reservestoffen zurückzuführen (LÜSCHER und SIEBER 1988). Bis zu 2866 kg Bucheckern (Trockengewicht/ha) in Mastjahren und ein um das 40 bis 50-fache über dem Normalverbrauch liegender Verbrauch an Kohlenhydraten, Eiweiß und Fetten führen nach Untersuchungen von HOLMSGAARD (1955) zu einem Rückgang des Dickenwachstums in Mast- und Folgejahren um bis zu 30%. Sichtbar werden diese deutlichen Belastungen der Buchen in solchen Jahren z.B. durch verstärkt auftretende Kleinblättrigkeit, die zu einer deutlichen Erhöhung der Kronentransparenz und somit zu einer Zunahme des Blattverlustprozentes führt. Ein gehäuftes Auftreten von Kleinblättrigkeit war dementsprechend in den Jahren

1990 und 1992 zu beobachten. Über 80% der Buchen, bei denen dieses Merkmal diagnostiziert wurde, wiesen mittlere bis starke Fruktifikation auf. Dies deutet darauf hin, daß bei den Buchen der hohe Energiebedarf zur Fruchtbildung deutlich zu Lasten der Blattgröße gehen kann.

Ein weiterer, nach LÜSCHER (1990) nicht zu unterschätzender Faktor könnte die Auswirkung der Blüten- und Fruchtbildung auf die Verzweigungsstruktur sein. Da weibliche und männliche Blütenstände anstelle vegetativer Knospen gebildet werden, entsteht im Jahr nach der Blüte-/Fruchtbildung eine deutliche Reduktion der Triebzahl und damit der Blattmenge. Dies führt zu einer Reduktion der Belaubungsdichte. Da das Blühen der Beobachtungsbäume nicht erfaßt wird und nach WACHTER (1964) es bei etwa einem Drittel aller Blühjahre zu einer Fehlernte kommt, könnte die durch Blütenbildung verursachten Auswirkungen auf das Blattverlustprozent unterschätzt werden. Die Untersuchungsergebnisse zeigen jedoch bereits im Jahr der Fruchtbildung einen deutlichen, mit der Intensität der Fruchtbildung korrelierenden Anstieg in der Kronenverlichtung. Ein weiterer Anstieg der Kronenverlichtung, nun aufgrund des von LÜSCHER (1990) beschriebenen Rückgangs der Blattmenge im Jahr nach der Fruchtbildung, war auf den Beobachtungsflächen jedoch nicht zu erkennen.

Trockenjahre führen nach ROLOFF (1989) nicht zu einer grundlegenden Änderung der Verzweigung; sie haben nur vorübergehenden Einfluß und sind durch abrupt sehr kurze Triebblängen im Jahr nach der Trockenheit gekennzeichnet. LANDMANN (1994) fand eine deutliche Erhöhung der Kronenverlichtung bei der Buche im Jahr nach dem Auftreten von Trockenstreß. Die eigenen Ergebnisse zeigen gleichfalls die größte Zunahme der Kronenverlichtung im Untersuchungszeitraum von 1991 (Trockenjahr) auf 1992. Allerdings waren nach dem Trockensommer 1983 (und nach unterdurchschnittlichen Vegetationszeitniederschlägen 1982) kaum Buchen mit deutlicher Kronenverlichtung auf den Untersuchungsflächen vorhanden. Hieraus kann gefolgert werden, daß Trockenheit allein - zumindest wenn diese in nur einem Sommer auftritt - als auslösender Faktor einer deutlichen Kronenverlichtung nicht wahrscheinlich ist. Auch ECKSTEIN et al. (1984, S.288) zeigten anhand dendroklimatologischer Untersuchungen absterbender Buchen im Vogelsberg, daß die Buchen auf Trockenperioden zeitlebens mit einem Zuwachsrückgang reagiert haben, sich aber jeweils kurz danach wieder erholten. Sie vermuteten daher für die 1976 bis 1978 im südwestlichen Vogelsberg aufgetretenen Trocknisschäden, "daß außer Trocknis noch andere Faktoren das Buchensterben ausgelöst haben". Wesentlich ist, daß insbesondere 1990 und 1992 ein deutlich unterschiedliches Niveau im Anstieg der Kronenverlichtung bei unterschiedlich stark fruktifizierenden Buchen zu beobachten war. Buchen ohne Fruchtbildung zeigten dagegen einen deutlich geringeren Anstieg in der

Kronenverlichtung. Auch 1986 (Sprengmast) wiesen fruktifizierende Buchen signifikant höhere Blattverluste auf als Bäume, die nicht bzw. nur gering fruktifiziert haben. Da im Zeitraum 1985 bis 1987 günstige Witterungsbedingungen vorlagen, waren die Unterschiede in der Kronenverlichtung bereits 1987 nicht mehr deutlich zu erkennen. Es scheint, daß die Fruktifikation einen größeren Einfluß auf die Kronenverlichtung hat als Trockenstreß alleine. Insbesondere zweimalige Fruktifikation in kurzen Abständen führte, in Verbindung mit Trockenstreß, zu deutlicher Erhöhung der Kronenverlichtung.

Das Auftreten von Insekten, insbesondere von Buchenspringrüssler, wirkte sich allenfalls tendenziell in einer Erhöhung des Blattverlustprozentes aus.

Blattnekrosen und Schleimfluß sind im Untersuchungszeitraum nur in geringem Umfang aufgetreten. Allerdings ist Schleimfluß, als deutliches Erkennungsmerkmal der Komplexkrankheit Buchenrindennekrose, vor allem im Frühjahr und Herbst zu beobachten. Die Kronenansprache erfolgt jedoch Anfang August, weshalb bei dieser Erhebung vermutlich nur ein Teil der Schleimflußflecken erfaßt wird. Untersuchungen von LUNDERSTÄDT (1992) zeigen zudem, daß Wollauswellen zyklisch verlaufen, Wollaus- und Nekrosewellen phasenverschoben auftreten und die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Schadereignisses am gleichen Ort nach 30- 40 Jahren besonders hoch ist. Dies würde bedeuten, daß die Wahrscheinlichkeit des Auftretens im Beobachtungszeitraum nicht sehr hoch war. LUNDERSTÄDT (1992) vermutet, daß der baumseitige chemische und physikalische Abwehrapparat nach länger zurückliegender Wollauswelle sehr stark rückgängig gemacht wurde und die Bäume infolgedessen besonders gefährdet sind. Besonders kritisch wirkt sich eine zusätzliche Störung der Balance zwischen Wachstum, Fruktifikation und Infektabwehr durch Auslösung eines verstärkten Wachstumsschubes, z.B. nach starker Durchforstung oder durch Wasserstreß auf normalerweise gut wasserversorgten Standorten, aus. Dies würde bedeuten, daß seit 1990 eine erhöhte Disposition der Buchenbestände für nachfolgenden Wollausbefall vorliegen würde. Entsprechende Beobachtungen sind auf den Beobachtungsflächen bisher jedoch nicht gemacht worden.

Stammverletzungen führten nicht zu einer signifikanten Erhöhung der Kronenverlichtung. Dies stimmt mit den Erwartungen überein, da das gesamte voll funktionsfähige Holz Wasser führt, d.h. der Baum das Wasser um periphere Verletzungen herumleiten kann und die Wundgröße nach Untersuchungen von SCHUHMAN und DIMITRI (1993) allein keine Informationen über die Besiedlung von holzerstörenden Pilzen liefert.

In den Jahren 1990 bis 1992 ist eine deutliche Zunahme von dünnen Ästen und Zweigen vor allem in der Kronenperipherie zu verzeichnen. Ein auffälliges Auftreten von Dürreisig ist insbesondere bei stärker fruktifizierenden Buchen zu beobachten. Denkbar ist, daß die Belastung der Buchen durch die Mastjahre 1990 und 1992 sowie das Trockenjahr 1991 zu vermehrtem Absterben von Ästen und Zweigen führte. Die Kronenverlichtung steigt mit Zunahme dünner Äste/Zweige deutlich an. Bei einigen Buchen werden als Ursache des Absterbens vor allem in der Oberkrone Sekundärschädlinge wie Buchenprachtkäfer vermutet. Ähnliche, jedoch wesentlich stärkere Schäden wurden an verlichteten Bestandesrändern beobachtet. Solche Schadbilder wurden von SCHÖNHERR et al. (1983) beschrieben und auf eine deutliche Zunahme von rinden- und holzbrütenden Käfern infolge einer Häufung von Trockenjahren in Verbindung mit Immissionsschäden zurückgeführt. Für eine deutliche Zunahme der Prachtkäferpopulation bei Buche gibt es in den Forstschutzberichten bisher jedoch keine Hinweise.

Die Erfassung des Belaubungstypes zeigt, daß in den ersten Jahren der Erhebung im Kroneninneren schütterere Buchen häufiger auftraten als in der Kronenperipherie schütterere Buchen. Mit Zunahme der Kronenverlichtung sinkt jedoch der Anteil "innen schütterer" Bäume, während der Anteil von in der Kronenperipherie schüttereren Kronen bzw. insgesamt schüttereren Kronen deutlich zunimmt. Deutliche Kronenverlichtungen beginnen bei der Buche im äußeren Kronenbereich; "innen schütter" wirkende Kronen könnten evtl. durch Lichtmangel, bedingt durch den dichten äußeren Kronenmantel, hervorgerufen sein.

Neben der Transparenzschätzung wurde von ROLOFF (z.B. 1984) ein Vitalitätsschlüssel erarbeitet, der anhand von Verzweigungsstrukturen eine Beurteilung des Vitalitätszustandes von Bäumen ermöglicht. Grundgedanke von ROLOFF (1989, S. 776) war hierbei, "daß sich eine abnehmende Vitalität eines Baumes (ein sich verschlechternder Allgemeinzustand also) in abnehmenden Triebhöhen widerspiegeln muß". Aufgrund von morphologischen Untersuchungen der Auswirkung von über mehrere Jahre stattfindenden Triebverkürzungen hat ROLOFF (1986) die Bäume anhand ihrer Kronenstruktur verschiedenen Vitalitätsstufen zugeordnet. Nach dieser Einwertung findet, ausgehend von der Explorationsphase, über Degenerationsphase, Stagnationsphase bis zur Resignationsphase eine fortschreitende Vitalitätsminderung statt. Nach einer ersten orientierenden Erfassung der Kronenstruktur in den Jahren 1984 und 1985 erfolgte im Winter 1992/93 eine Einwertung nach dem Vorschlag von ROLOFF (1986). 70% der Buchen auf den Beobachtungsflächen wurden der Explorationsphase (Schadstufe 0), 30% der Degenerationsphase (Schadstufe 1)

zugeordnet. Der Vergleich mit den Blattverlustprozentstufen zeigt bereits in einem kurzen Zeitraum deutliche Unterschiede in der Einstufung auf. So wurden 1989 55% der Buchen 1992 jedoch lediglich 18% in die gleiche Stufe eingewertet. Dies könnte auf den relativ geringen Anteil stärker geschädigter Buchen zurückgeführt werden. Wesentlicher ist jedoch, daß es sich um zwei unterschiedliche Verfahren der Beurteilung des Kronenzustandes handelt. Während in das Bewertungsschema Nadel-/Blattverlust eine Vielzahl von Kriterien einfließt, somit auch Hinweise auf die Ursachen größerer jährlicher Schwankungen im Sinne von Belastungen erfaßt werden, geht ROLOFF (1986) im wesentlichen von einem mehrere Jahre anhaltenden Rückgang im Trieb­längenwachstum und daraus resultierender Veränderung der Kronenstruktur als Vitalitätsweiser aus. Kurzfristige Veränderungen, insbesondere aufgrund natürlicher Belastungsfaktoren, werden jedoch bei nur periodisch (alle fünf Jahre im Winterzustand, mündl. Mitteilung) stattfindenden Erhebungen nur summarisch erfaßt und sind somit nicht zuzuordnen. Aus diesem Grunde, und nicht, wie ROLOFF (1989, S.775) vermutet wegen "mangelnden Wissens", wird das Verfahren einer Bonitierung nach Kronenstrukturen nur als zusätzliche Erhebung, nicht jedoch als Ersatz des vorhandenen Verfahrens gesehen. Somit werden bei der Nadel-/Blattverlustschätzung Fraßschäden oder eine durch Blüte bzw. Fruktifikation bedingte Kronenverlichtung aufgrund der Tatsache, daß keine saubere Trennung zu anderen Ursachen möglich ist, als "Verlust" im Sinne von "nicht vorhanden", gewertet. Bei der Interpretation der Ergebnisse muß diese Vorgehensweise berücksichtigt werden. Geschieht dieses nicht, sind Fehlinterpretationen wahrscheinlich. Um Belastungen als mögliche Auslöser stärkerer Schäden zu erkennen, müssen sie jedoch soweit wie möglich erhoben werden. Zur differenzierten Erfassung dieser Einflußfaktoren ist eine mindestens einmal jährlich durchzuführende Erhebung notwendig.

Die ertragskundlichen Kennwerte wie Baumklasse, Baumhöhe, Durchmesser etc. lassen im Gegensatz zur Fichte keine Unterschiede in der Kronenverlichtung unterschiedlich großer Buchen erkennen. Eine mögliche Ursache könnte darin liegen, daß das Kronendach relativ homogen ist.

Vor dem Hintergrund der vorliegenden Ergebnisse soll nun der Frage nachgegangen werden, inwieweit das Ausmaß der Entwicklung der Kronenverlichtung durch die anthropogen verursachte Belastung der Wälder durch Luftschadstoffe verstärkt wird. Wesentliche Bedeutung kommt bei den Laubhölzern vor allem deren Empfindlichkeit gegenüber Ozon zu. Des weiteren soll diskutiert werden, ob Zusammenhänge zwischen Bodenzustand, Kronenverlichtung und Nährstoffversorgung der Buchenblätter erkennbar sind.

Die Ozonkonzentrationen und die Überschreitungshäufigkeiten des Tagesmittelwertes $>65\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Zielwert der WHO) nahmen von 1989 bis 1993 infolge erhöhter Sonneneinstrahlung deutlich zu. Während in den Jahren 1984 bis 1988 in den Waldgebieten dieser Zielwert an 100 bis 140 Tagen im Jahr überschritten wurde (BORCHERT 1993), sind seit 1989 Überschreitungshäufigkeiten von etwa 200 Tagen im Jahr zu verzeichnen. In dem Zeitraum April bis August ist seit 1989 an mindestens 25 Tagen im Monat eine Überschreitung dieses Grenzwertes zu beobachten. Eine Schädigung der Blätter durch Ozon kann somit, aufgrund der deutlichen Zunahme der Ozonkonzentrationen in den letzten Jahren in den Waldgebieten von Rheinland-Pfalz, nicht ausgeschlossen werden. Eine Ansprache der Blätter hinsichtlich Ozonschäden kann bei einer Taxation mit dem Fernglas jedoch nicht vorgenommen werden. Der in den Jahren 1990 und 1992 zu beobachtende schrittweise und nach der Intensität der Fruktifikation differenzierbare Anstieg der Kronenverlichtung bei der Buche schließt jedoch Ozonschäden als alleinige Ursache der Kronenverlichtung aus. 1990 und 1992 wurde auf zwei Flächen eine stärkere Vergilbung von Buchenblättern beobachtet. Dagegen waren auf den gleichen Flächen 1989 und 1991 Vergilbungen in diesem Umfang nicht festgestellt worden. Da die Höhe der Ozonkonzentrationen sich in diesem Zeitraum nicht wesentlich geändert hat, kann daraus geschlossen werden, daß wie bei der Kronenverlichtung Ozonschäden als alleinige Ursache der Vergilbung wenig wahrscheinlich sind. Offenbar sind die aufgetretenen Schäden nur durch das Zusammentreffen mehrerer Faktoren (Trockenheit, Fruktifikation, Ozon, Nährstoffengpässe) entstanden.

Der Bodenzustand befindet sich mit Ausnahme der Fläche 204 in einem als sehr ungünstig zu bewertenden Bereich. Die deutliche Zunahme der Kronenverlichtung verlief jedoch auf allen Flächen, auch auf der Fläche 204, annähernd parallel. Signifikante Unterschiede in der Kronenverlichtung der Jahre 1987 bis 1992 sind zwischen den Flächen nicht zu verzeichnen. Dies deutet eher auf einen biotisch-abiotischen Faktorenkomplex als Auslöser des deutlichen Anstieges der Kronenverlichtung hin. Zu beachten ist jedoch, daß insbesondere großkronige Bäume (THREN 1985), jedoch auch auf besseren Standorten stehende Bäume, in Streßsituationen die relativ höchsten Einbrüche im Zuwachs haben. Ursache hierfür ist vermutlich eine geringere Wurzel- und Mykorrhizaintensität bei günstigeren Standortsbedingungen. Dies zeigt, daß der Vergleich der Kronenverlichtung verschieden gut nährstoffversorgter Standorte als Hinweis auf mögliche Entwicklungsszenarien nicht ohne weiteres zulässig ist.

Trotz geringer bis sehr geringer P-Versorgung der Blätter ist bisher keine Auswirkung auf den Belaubungszustand erkennbar. Die auf einigen Flächen geringe Mg-Versorgung

wird jedoch zumindest in einzelnen Jahren (s.o.) als Vergilbung der Blätter deutlich sichtbar. Die Versorgung mit übrigen Nährelemente ist ausreichend, eine erhebliche Belastung mit Schadstoffen nicht erkennbar.

5.2.4. Eiche

Das durchschnittliche Verlustprozent der Einzelflächen schwankt zwischen 8 und 11% 1984, 9 und 15% 1987 und zwischen 16 und 41% 1993. Die Kronenverlichtung hat sich bei größeren jährlichen Schwankungen auf den Einzelflächen unterschiedlich entwickelt. Der Anteil stärker verlichteter Eichen (Schadstufe >1) stieg von 1% im Jahre 1984 auf 5% im Jahre 1992 und 42% 1993 an. Höhere jährliche Blattverlustdifferenzen ($\geq 10\%$) sind, bei größeren jährlichen Unterschieden, bei 5 bis 55% des Eichenkollektives zu beobachten. Obwohl in Einzeljahren, wie z.B. 1990, ein deutlicher Rückgang im Blattverlustprozent zu beobachten ist, fand über den Beobachtungszeitraum ein deutlicher Anstieg in der Kronenverlichtung, im wesentlichen in den Jahren 1988 auf 1989 und 1990 auf 1991, vor allem jedoch 1992 auf 1993 statt.

Die Ergebnisse der terrestrischen Kronenzustandsansprache werden durch den Vergleich mit den IRC-Luftbildaufnahmen der Jahre 1987/88 und 1992 bestätigt.

Unterschiedliche Verteilungsmuster der Kronenverlichtung von Einzelbäumen auf den Flächen sind in Jahren mit höheren Blattverlusten ersichtlich; Gruppenbildungen im Sinne eines gehäuften Auftretens von Eichen gleicher Kronenverlichtung sind jedoch nicht zu erkennen. Die geringe Baumzahl auf den Einzelflächen läßt jedoch, wie bei der Baumart Buche, eine abschließende Beurteilung nicht zu.

Eichen mit deutlich vergilbten Blättern wurden, von Einzelfällen abgesehen, nicht beobachtet.

33 Eichen sind überwiegend aufgrund von Durchforstung und Windwurf ausgeschieden, ein Baum nach zweimaligem starkem Insektenfraß abgestorben. Ein vermehrtes Absterben von Eichen (2-5 herrschende Eichen pro Jahr und Hektar im Inneren der Bestände) wie von HARTMANN et al. (1989, 1992) für Norddeutschland beschrieben, und anhand zahlreicher Literaturbeispiele für frühere Zeiträume belegt, war im Beobachtungszeitraum auf den Beobachtungsflächen nicht festzustellen. Allerdings wurden im Umfeld der Beobachtungsflächen, die mit einer Größe von 0,25 ha für

derartige Untersuchungen vermutlich zu klein sind, z.T. absterbende Eichen beobachtet. Diese Bäume starben innerhalb von 1-3 Jahren nach dem Auftreten deutlich sichtbarer Kronenverlichtungen ab.

In zwei der neun Beobachtungsjahre war auf allen Flächen stärkere Fruktifikation zu beobachten. Die Häufigkeit des Auftretens liegt somit, unter Vorbehalt der eingeschränkten Aussagekraft von nur acht Beobachtungsflächen und einem Untersuchungszeitraum von nur neun Jahren, durchaus im langjährigen Mittel (DENGLER 1982). Die Kronenverlichtung steigt mit zunehmender Fruktifikationsstärke tendenziell an. Zu erwarten wäre, wie auch bei der Buche, daß der hohe Verbrauch von Reservestoffen zur Fruchtbildung sich wesentlich deutlicher auf die Gesamtkonstitution, erfaßt als Kronenverlichtung, auswirken müßte. Unsicherheiten bestehen jedoch bei der Ansprache der Fruktifikationsstärke aufgrund der zum Aufnahmezeitpunkt noch sehr kleinen Früchte.

Seit 1988 wird die Insektenfraßbelastung der Eichen auf den Dauerbeobachtungsflächen mit Hilfe einer zweiten Ansprache vor Johannistriebbildung genauer untersucht. Bei den festgestellten Fraßschäden handelt es sich im wesentlichen um Wickler- und Frostspannerschäden. Anzumerken ist jedoch, daß es sich hierbei um eine oft sehr artenreiche Vergesellschaftung verschiedener Schmetterlingsraupen handelt und somit ohne genauere Untersuchungen keine abschließenden Aussagen über den Anteil der verschiedenen Insektenarten gemacht werden können. Das Auftreten von Fraßschäden dieser Schadgesellschaft wird durch die Koinzidenz von Raupenschlüpfen und Blattaustrieb bestimmt (SCHWENKE 1987). Die Eichen selbst haben sich auf diese Fraßschäden "eingestellt". So zeigte HABERMANN (1991), daß z.B. der Tanningehalt, der das Wachstum von Frostspannerraupen vermindert, während des Sommers stark ansteigt. Der Blattfraß dieser Raupen ist bis zum Beginn der Johannistriebbildung (etwa Mitte Juni) beendet, so daß die Eichen normalerweise die entstandenen Blattverluste durch erneute Triebbildung ersetzen können. Übervermehrungen dieser Schmetterlingsraupen sind keine Kulturfolgeerscheinungen, sondern treten auch in Wäldern auf, die durch Wirtschaftsmaßnahmen nicht verändert wurden (SCHWENKE 1987).

Die Erhebungen verdeutlichen eine jährlich und gebietsweise wechselnde Intensität von Insektenfraßschäden auf den Beobachtungsflächen und zudem ein jährlich unterschiedliches Regenerationsverhalten der Eichen durch Triebneubildung. Während 1988, bei sehr hohen Blattverlusten infolge Insektenfraß, die Eichen diese Verluste in hohem Maße durch erneute Triebbildung ausgeglichen haben, war 1989, bei allerdings geringeren Fraßschäden, eine deutlich geringere Neigung zur Regeneration durch erneute Triebbildung zu beobachten. 1993 war bei wiederum stärkeren Fraßschäden ebenfalls nur

eine geringe Regeneration zu beobachten. Da nach SPÄTH (1912) Eichen ab etwa 100 Jahren nur noch in geringem Umfang zur regelmäßigen Johannistriebbildung neigen, wurde die beobachtete Triebneubildung wahrscheinlich überwiegend durch Fraßschäden hervorgerufen. CHALUPA und KOBLIHA (1994) beobachteten nach Insektenfraß sogar eine vermehrte Blattneubildung, wobei infolge kleinerer Blätter der Blattflächenindex (m^2/ha) in etwa gleich blieb. Hohe Regenerationsfähigkeit deutet hierbei auf eine hohe Vitalität bzw. auf ausreichend vorhandene Reservestoffe hin, die hierbei verbraucht werden. Hohe Fraßschäden führen, das zeigen zahlreiche Untersuchungen (z.B. FRATZIAN 1973, SCHWENKE 1987) zu erheblichen Zuwachsverlusten im und in den nächsten zwei Jahren nach dem Fraß. Von Bedeutung kann ebenfalls die Vernichtung der Blüten sein, da der Ausfall der Mast eine Behinderung der künstlichen bzw. natürlichen Verjüngung bedeutet.

Die unterschiedliche Regeneration der Eichen in den Jahren mit hohen Insektenfraßschäden 1988 und 1993 kann verschiedene, sich evt. überlagernde bzw. verstärkende Ursachen haben. Zum einen ist denkbar, daß die Eichen erst ab einer bestimmten Höhe des Blattverlustes regenerieren. Wesentlich bedeutsamer, und darauf weisen die Ergebnisse 1993 hin, scheinen jedoch eine ausreichende Wasserversorgung im Frühjahr bzw. Frühsommer und vor allen Dingen eine ausreichende Versorgung mit Reservestoffe zu sein. So wurden 1988 nach mehreren für die Eiche klimatisch günstigen Jahren sowohl hohe als auch mittlere insektenfraßbedingte Blattverluste nahezu vollständig ausgeglichen. Dagegen fand 1993 nach mehreren Jahren mit geringen Vegetationszeitniederschlägen bis auf einzelne, stark durch Insektenfraß betroffene Eichen, nur eine sehr geringe Regeneration statt. Eine Einwirkung blattfressender Insekten auf den Belaubungszustand im August ist somit vorhanden, die sichtbaren Auswirkungen sind jedoch aufgrund unterschiedlicher "Randbedingungen" sehr verschieden. Andere Schadinsekten wie Wanzen, Triebmotten, Gallwespen, Splint- und Bockkäfer scheinen nach Untersuchungen von HAGER et al. (1994) nicht als Verursacher von stärkeren Verlichtungen in Betracht zu kommen.

Für die auf der Beobachtungsfläche meist ungleiche Verteilung der Fraßschäden vermutet FRATZIAN (1973) als Ursache das Nebeneinander von früh-, mittel- und spätaustreibenden Eichen. Mit entsprechenden Untersuchungen wurde begonnen. Erste, vorläufige Ergebnisse scheinen diese Vermutung jedoch nicht zu bestätigen.

Daß die Erfassung der Fraßschäden bei der Sommeransprache keine verlässliche Information über die tatsächliche Fraßbelastung liefert, wurde dargelegt. Die zu dieser Zeit vorhandenen, sichtbaren, d.h. nicht durch erneute Triebbildung regenerierten Fraßschäden wirken sich jedoch deutlich in einer Zunahme der Kronenverlichtung aus und tragen somit zu einem jährlich wechselnden Anteil verlichteter Eichen in den

Ergebnissen der Waldzustandserhebung bei. Der Einfluß der (sichtbaren) Fraßschäden kann daher bei der Bewertung der Ergebnisse Berücksichtigung finden.

Eine weitere wesentliche Beeinflussung des Kronenzustandes wurde 1991 nach starken Spätfrostschäden im Juni sichtbar. Die Auswirkungen dieser Frostschäden auf die ausgetriebenen Blätter wurden nach dem Frostereignis erfaßt und sind sowohl im August 1991 als auch im August 1992 noch deutlich erkennbar. Als Ursache wären die infolge der Trockenheit deutlich reduzierten Triebblängen bei der Triebneubildung denkbar. Mit der Vermessung der Triebe ausgewählter Eichen wurde begonnen.

Verletzungen von Stamm und Krone wirken sich wie bei den anderen Baumarten nicht auf sichtbare Veränderungen des Kronenzustandes aus.

Mit steigender Anzahl von Dürträsten steigt das Blattverlustprozent signifikant an. Allerdings ist das Auftreten von Dürträsten/Zweigen, sowohl im Kroneninneren als auch im Peripheriebereich der Kronen, lediglich 1984 und 1987 von Bedeutung. Im Gegensatz zur Buche neigt die Eiche in Streßphasen zum Abwurf von grünem Feinreisig. Eventuell war aus diesem Grunde dürres Feinreisig, wie in der Kronenperipherie der Buchen, nicht bzw. nur selten zu beobachten.

Der Vergleich der Blattverlusteinwertung mit der Bonitierung der Kronenstrukturen nach ROLOFF (1989) zeigt aus den gleichen Gründen, wie bereits bei der Buche dargelegt, unterschiedliche Kronenverlichtungen bei gleichen Kronenzustandsphasen auf. Allerdings muß nach eigenen Erfahrungen beachtet werden, daß für die Baumart Eiche die Bonitur nach dem Schema von ROLOFF (1989) oftmals mit Unsicherheiten bei der Einwertung verbunden ist, da nicht alle Bäume aufgrund ihrer Kronenmorphologie in dieses Schema eingewertet werden können. So sind Änderungen in der Kronenstruktur der Eiche nicht alleine durch Triebverkürzungen, sondern vielfach auch auf eine eingeschränkte Triebneubildung zurückzuführen oder ist eine deutliche Reduktion der Kronenspitze bei gleichzeitig unmittelbar darunter liegender intakter Kronenstruktur zu beobachten.

Die ertragskundlichen Kennwerte wie Baumklasse, Baumhöhe, Durchmesser, etc. lassen, wie bei der Baumart Buche, jedoch im Gegensatz zur Fichte, keine Unterschiede in der Kronenverlichtung unterschiedlich großer Eichen erkennen. Diskussion siehe Kiefer und Buche.

Die Ergebnisse der 1984 bis 1993 durchgeführten Bonituren zeigen, daß die Kronenverlichtung der Eichen über den Beobachtungszeitraum bei z.T. großen jährlichen

Schwankungen deutlich angestiegen ist. Die größte Zunahme in der Kronenverlichtung ist von 1992 auf 1993 zu beobachten. Dieser Anstieg konnte zu einem großen Teil durch deutlich reduzierte Ersatztriebbildung nach Insektenfraßschäden aufgrund ungünstiger Witterungsbedingungen erklärt werden. In diesem Zusammenhang könnten reduzierte Feinreisigmengen aufgrund nicht ausgetriebener Knospen und deutlich reduzierte Triebblängen von Bedeutung sein. Streufalluntersuchungen auf der Versuchsfläche 405 wiesen in dem Zeitraum des deutlichen Anstieges der Kronenverlichtung jedoch keine erhöhten Feinreisigmengen auf. Daraus kann geschlossen werden, daß die beobachteten "Feinreisigverluste" vermutlich im wesentlichen durch das Nicht-Austreiben von Knospen oder Triebverkürzungen, weniger durch vermehrtes Abwerfen der Feinverzweigung, entstehen. Nach SCHOPF und MITTERBÖCK (1991) kann jedoch eine erhöhte Anzahl von Triebabsprüngen auch nach vermehrter Bildung von Seitentrieben infolge zerstörter Endtriebe erfolgen (s.o.). Sie vermuten, daß durch den Ausfall des Terminaltriebes bedingte, übermäßige Triebbildung vom Baum im nachhinein durch Abwurf von weniger effektiven Trieben auf ein der Wurzel-Kronen-Relation angepaßtes Maß reduziert wird. Zweigabsprünge wurden auch in den Sommermonaten festgestellt. Beobachtungen, daß diese Absprünge durch Insekten verursacht sind, wurden im Einklang mit SCHOPF und MITTERBÖCK (1991) nicht gemacht. Mit der Untersuchung der Triebblängen wurde 1994 begonnen, erste Ergebnisse deuten darauf hin, daß verkürzte Triebblängen in Zusammenhang mit dem Trockenjahr 1991 stehen könnten. So beobachtete LANDMANN et al. (1994) bei der Traubeneiche die Zunahme der Kronenverlichtung erst zwei Jahre nach einer Trockenstreußperiode. Dies stimmt gut mit der Entwicklung auf den hiesigen Eichenbeobachtungsflächen überein. Der Einbruch in der Kronenverlichtung fand 1993, zwei Jahre nach dem Trockenjahr statt. Ein Zusammenhang der Kronenverlichtung mit stärkerer Fruktifikation war, im Gegensatz zur Buche, nicht ersichtlich. Daß die Trockenperiode 1991 aber nicht als alleinige Ursache des Anstieges in der Kronenverlichtung wahrscheinlich ist, verdeutlicht die geringe Verlichtung der Kronen 1984/1985 nach dem Trockensommer 1983. Nur die Häufung mehrerer Trockenjahre und/oder zusätzliche Belastungen können folglich einen derartigen Einbruch in der Kronenverlichtung erklären.

Der derzeitige Stickstoffeintrag in die Eichenbestände beträgt nach BLOCK (1993) 12-16 kg $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$. Daß dieser Eintrag zu einer Erhöhung der Insektenanfälligkeit führt, ist, dieses zeigen auch die Stickstoffgehalte der Blätter, relativ unwahrscheinlich. Wahrscheinlicher dagegen ist, daß, wie bei der Buche, das Zusammentreffen von mehreren Belastungsfaktoren (Ozon, Trockenheit, Insektenfraß, Spätfrost) zu diesem relativ starken Anstieg in der Kronenverlichtung geführt hat. Eine Quantifizierung des Beitrages der einzelnen Belastungsfaktoren ist allerdings bisher nicht möglich.

Der chemische Bodenzustand befindet sich in einem überwiegend als ungünstig bis sehr ungünstig zu beurteilenden Bereich. Lediglich eine Fläche weist eine günstige Basen- und Magnesiumsättigung im Unterboden auf. Zusammenhänge zwischen Bodenzustand und unterschiedlich starker Kronenverlichtung der Flächen sind nicht zu erkennen. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß langfristig wirkende Faktoren, wie Veränderungen im Bodenzustand, in kurzen Zeitspannen eventuell nicht sichtbar werden und zudem in der vorliegenden Untersuchung durch den bereits dargelegten Einfluß der Insektenfraßschäden überlagert wurde.

Die Nährstoffversorgung der Blätter kann, abgesehen von der schwachen Versorgung mit Phosphor und Kalium, durchweg als gut bezeichnet werden. Allerdings deuten zum Teil hohe Manganwerte auf die Möglichkeit toxischer Wirkungen hin. Zusammenhänge zwischen der Nährelementversorgung bzw. der Belastung mit Schadstoffen und der unterschiedlich hohen Kronenverlichtung auf den Einzelflächen sind nicht zu erkennen und, da sich kein Nährelement in einem Bereich starken Mangels befindet, auch nicht zu erwarten.

5.3. Konsequenzen - notwendige Änderungen des Untersuchungskonzepts

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, daß sich der Kronenzustand sowohl zwischen den einzelnen Baumarten als auch über den Beobachtungszeitraum unterschiedlich entwickelt hat. Während bei den Nadelhölzern keine bzw. nur vergleichsweise geringe Veränderungen diagnostiziert wurden, war bei den Laubhölzern gegen Ende des bisherigen Beobachtungszeitraumes eine drastische Zunahme der Kronenverlichtung zu beobachten. Diese Entwicklung ist ein eindringliches Beispiel dafür, daß der Erkenntnisgewinn aus Untersuchungen komplexer Systeme unter Freilandbedingungen nur über langfristige Untersuchungsreihen gewährleistet werden kann. Die "Versuchsvarianten" wie gute/schlechte Wasserversorgung, kein/starker Insektenfraß, kein/starker Frost, keine/starke Fruktifikation bei bekannter Immissionsbelastung und die Kombination derselben werden nicht durch den Untersuchenden gesteuert, sondern sind von "Zufälligkeiten" der natürlichen Entwicklung abhängig. So können auch die bisherigen interessanten Ergebnisse bei Buche und Eiche erst dann konkreter bewertet werden, wenn diese Baumarten für einige Jahre von natürlichen Streßfaktoren verschont

bleiben. Die Ursachen der Kronenverlichtung als sichtbares Zeichen einer Belastung können sehr vielfältig sein. Anthropogen bedingte Belastungen durch Immissionen können erheblich durch natürliche, abiotische und biotische Einflußfaktoren überlagert sein. Die anthropogenen Belastungen können jedoch auch dazu führen, daß das Regenerationsvermögen der Bäume eingeschränkt wird, so daß natürliche Belastungen zum Auslöser deutlicher Kronenverlichtungen werden. Hieraus folgt, daß eine Überwachung der Waldökosysteme mit Hilfe des Bioindikators "Kronenzustand" nur als langfristige Aufgabe sinnvoll ist. Das Untersuchungskonzept muß auf diese Langfristigkeit hin ausgerichtet sein.

5.3.1. Im Laufe der Untersuchung bereits vollzogene Änderungen im Untersuchungskonzept

Die Zwischenergebnisse der Untersuchung ergaben bereits verschiedene Hinweise auf notwendige Änderungen des laufenden Untersuchungskonzeptes. So wurden aus folgenden Gründen bereits während des bisherigen Untersuchungszeitraumes konzeptionelle Änderungen durchgeführt:

- Aufgrund der zu Beginn der Untersuchung erwarteten drastischen Zunahme der Kronenverlichtungen wurden, um den damals erwarteten Schadensanstieg "von Beginn an beobachten zu können", Bestände mit vergleichsweise gering geschädigten Bäumen ausgewählt. Somit konnte die Entwicklung der Kronenverlichtung nur in eine Richtung beobachtet und mögliche Erholungsphasen stärker geschädigter Bestände nicht erfaßt werden. Darüber hinaus wird durch ein vergleichsweise einheitliches Niveau der Kronenverlichtung der Einzelflächen die Vielfalt eingeschränkt und somit die Interpretation der Ergebnisse erschwert. Desweiteren wurden mit wenigen Ausnahmen für die jeweiligen Baumarten typische Standorte ausgesucht. Extreme, d.h. sehr gute oder sehr schlecht nährstoffversorgte Standorte sind somit unterrepräsentiert. Die Beobachtung der Entwicklung der Kronenverlichtung auf verschiedenen gut mit Nährstoffen versorgten Standorten ist somit nur eingeschränkt möglich. Insbesondere Prognosen aufgrund langfristig zu erwartender fortschreitender Bodenversauerung und damit einhergehenden Nährstoffverlusten werden erschwert. Aus diesem Grunde wurde, zumal zahlreiche Beobachtungsflächen durch die Orkane Anfang 1990 zerstört wurden, das Untersuchungskonzept seit 1991 gezielt um stärker verlichtete und/oder unterschiedlich nährstoffversorgte Varianten ergänzt. Desweiteren wurde ein Stieleichenbestand in der Rheinebene als direkte Vergleichsvariante zur Traubeneiche im Pfälzerwald mit in die Untersuchung einbezogen.

- Ebenfalls zu Beginn der Untersuchungen wurden alle Fichten sowohl im Frühjahr als auch im Herbst bonitiert. Ziel war, Informationen über Veränderungen der Kronenverlichtung innerhalb eines Jahres zu erlangen. Der Umfang der Herbstaufnahme wurde wegen vergleichsweise geringer Veränderungen im Kronenzustand innerhalb eines Jahres schrittweise reduziert, 1992 als regulärer, jährlich stattfindender Termin aufgegeben. Künftig erfolgt eine zweite Ansprache nur noch aus gegebenem Anlaß, beispielsweise aufgrund ungewöhnlich starkem Nadelschütten in den Herbstmonaten.
- Zur Bewertung des Einflußfaktors Insektenfraß bei der Baumart Eiche wird seit 1988 im Juni der insektenfraßbedingte Blattverlust zusätzlich zur Sommeransprache erfaßt. Gleichzeitig werden bei dieser Erhebung durch Spätfrost verursachte Blattschäden an den Eichen dokumentiert.
- Zur detaillierten Untersuchung des laufenden Zuwachses wurden 1989/90 die Untersuchungsbäume auf den Versuchsflächen mit Umfangmeßbändern ausgestattet. Die aufgrund der kurzen Untersuchungsperiode nicht dargestellten Ergebnisse sollen durch jährliche Messung des Radialzuwachses Hinweise liefern, inwieweit der Zuwachs mit der Kronenverlichtung korreliert und/oder durch die verschiedenen Belastungsfaktoren beeinflusst wird.
- Zahlreiche Kriterien der Kronenzustandsansprache wurden überprüft und einige ab 1992 geändert. Hierbei wurden zwei Ziele verfolgt: zum einen sollen die Kriterien so exakt wie möglich eingewertet werden; zum anderen muß das Einwertungsverfahren, z.B. das Bezugsmaß, eindeutig definiert werden. So werden Parameter, die sich auf die vorhandene Nadel-Blattmasse beziehen (z.B. der Anteil "kleiner" oder "gerollter" Blätter bzw. "brauner" Nadeln), statt in den Stufen "vorhanden"/"nicht vorhanden" in 5%-Stufen eingewertet; bei der Einwertung des Dürreanteiles wird zusätzlich die Stärke der Äste dokumentiert. Andere Parameter, die mittels Okulartaxe nur unzureichend erfaßt werden können, wie z.B. Nadel- und Triebblängen, werden künftig "nur" noch durch Vermessungen im Rahmen von Nadel- oder Blattprobengewinnung an Beispielbäumen erfaßt.
- Infrarot-Color-Luftbilder wurden zu Beginn der Untersuchungen für die Fichtenflächen z.T. in jährlichen Abständen produziert. Die Ergebnisse zeigten jedoch, daß mit Ausnahme spezieller Fragestellungen, Befliegungen in etwa fünfjährigem Turnus zur Dokumentation des Kronenzustandes und zur nachträglichen Überprüfung des Bewertungsmaßstabes ausreichen.
- Die in großem Umfang durchgeführte terrestrische Bilddokumentation des Kronenzustandes der Untersuchungsbäume wurde weitestgehend eingestellt. Mit dem angewendeten Verfahren (s.o.) sind insbesondere Wiederholungsaufnahmen in geschlossenen Beständen nur sehr eingeschränkt verwendbar.

5.3.2. Überlegungen für künftige Änderungen des Untersuchungskonzepts

Trotz der bereits durchgeführten Änderungen im Untersuchungskonzept ergeben sich aus der vorliegenden Arbeit weitere, wichtige Folgerungen:

- Die bei der Auswertung der Daten gemachte Erfahrung, daß zahlreiche Ergebnisse (z.B. Absterberate, räumliche Verteilung von Schadmerkmalen etc.), aufgrund des geringen Kollektivumfangs auf den Einzelflächen oft nur eine eingeschränkte Aussagekraft haben, eine Vergrößerung der Flächen jedoch an Arbeitskapazitätsgrenzen stößt, müssen Alternativen eröffnet werden. Eine ohne allzu großen apparativen Aufwand erreichbare Vergrößerung der Einzelfläche ist mittels IRC-Luftbildern möglich. Durch den einzelbaumweise vorhandenen Bezug der terrestrischen Daten mit den aus dem Luftbild diagnostizierbaren Daten kann, ohne die Gefahr größerer Fehlinterpretationen, eine deutliche Vergrößerung der Beobachtungsfläche mit Hilfe des Luftbildes für spezielle Fragestellungen vorgenommen werden. Mit der praktischen Umsetzung an Fallbeispielen wird 1995 begonnen.
- Eine deutliche Erhöhung der Flächenzahl wäre notwendig, ist jedoch aufgrund beschränkter Arbeitskapazität nur in bescheidenem Umfange machbar. Eine weitere Möglichkeit der Erhöhung der Flächenzahl und somit des Kollektivumfangs ist die gemeinsame Auswertung der Daten mit den anderen Bundesländern. Eine bundesweit verbindliche Neuregelung des künftigen Mindeststandards zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist in der "Arbeitsgruppe Waldschadensdauerbeobachtungsflächen des Bundes und der Länder" in Bearbeitung. Die Ergebnisse dieser Arbeitsgruppe müssen vor weiteren Änderungen abgewartet werden.
- Selbst umfangreiche Detailerhebungen zum Kronenzustand liefern nur unzureichende Informationen zur Bewertung von Vitalitätsänderungen von Waldökosystemen, wenn notwendige Folgeuntersuchungen zur Diagnose und zum Einfluß biotischer Schaderreger auf den Kronenzustand unterbleiben. Ein wesentlicher Schwerpunkt künftiger Arbeiten muß, bei Feststellung größerer Veränderungen im Kronenzustand, folglich in einer deutlich intensiveren Analyse biotisch und abiotisch verursachter Schadbilder liegen. Zum Beispiel könnte das genetisch bedingt unterschiedliche Austriebsverhalten der Eichen und die infolgedessen meist unterschiedliche Insektenfraßbelastung als mögliche Ursache struktureller Unterschiede innerhalb der Eichenbestände in Betracht kommen. Mit ersten Erhebungen des Austriebsverhaltens wurde begonnen; detaillierte Ergebnisse liegen zur Zeit noch nicht vor.
- Zur Einhaltung des Bewertungsmaßstabes müssen die zur Zeit verwendeten Standards in Form von Fotoserien von Bäumen mit unterschiedlichen Schadmerkmalen für die auf den Beobachtungsflächen untersuchten vier Hauptbaumarten detaillierter

dargestellt werden. Erforderlich sind Fotografien von Bäumen mit Abstufungen der Kronenverlichtungen in max. 10%-Schritten, abgestimmt auf die Altersstruktur der untersuchten Bäume und unter Berücksichtigung verschiedener Verlichtungs-Typen (z.B. Buche mit 40% Blattverlust und Spießform, oder Buche mit 40% Blattverlust und Vollkronenform).

- Nadel- und Blattanalyseergebnisse können, das zeigen vor allem die Untersuchungen der Buchenbestände, erheblich durch Witterungsverläufe bestimmt sein. Aus diesem Grunde müssen künftig solche Untersuchungen, zumindest auf einer begrenzten Anzahl von Flächen, periodisch im Abstand von zwei bis drei Jahren durchgeführt werden. Desweiteren müssen künftig Bezugsgrößen wie Blattflächen, Nadellänge und Nadel-/Blattgewichte erfaßt werden, um die ermittelten Inhaltsstoffe besser bewerten zu können.
- Witterungsverläufen kommen als auslösende Faktoren von Kronenverlichtungen eine besondere Bedeutung zu. Die dargestellten Abweichungen vom langjährigen Flächenmittel reichen jedoch in aller Regel zum Erkennen von Wasserstresssituationen nicht aus. Benötigt werden vielmehr Informationen über konkrete Wasserdefizite der Einzelbestände. Da die angeführten Wasserhaushaltsmodelle aufgrund des notwendigen hohen Aufwandes nur für Fallbeispiele in Frage kommen, muß versucht werden, für eine größere Anzahl von Flächen brauchbare Informationen zu bekommen. Denkbar wäre die Berechnung der klimatischen Wasserbilanz mit Hilfe der Daten der Klimameßstationen.
- Wichtig ist auch eine Chronik über zurückliegende Schadereignisse für Rheinland-Pfalz aufzubereiten. Aus dieser sollte hervorgehen, wann und unter welchen Bedingungen in früheren Zeiten Kronenverlichtungen und Absterbevorgänge beobachtet wurden. Solche Untersuchungen, wie sie zum Beispiel LANDMANN et al. (1993) für Frankreich beschrieben haben, liefern wertvolle Informationen über Höhe und Umfang zurückliegender Schadereignisse. Dieses Wissen kann wesentlich zu einer Objektivierung der derzeitigen Belastung beitragen.

Die Ergebnisse von Kronenzustandsuntersuchungsflächen werden dann wertvoll und interpretierbar, wenn sie, wie in Rheinland-Pfalz verwirklicht, Bestandteil eines umfassenden, in verschiedene Intensitätsstufen gegliederten Systems des Umweltmonitorings im Wald sind: geringe Intensität bei Rastererhebungen auf der gesamten Fläche (z.B. landesweite Waldzustandserhebung, Bodenzustandserhebung), hohe Intensität auf Dauerbeobachtungsflächen in den wichtigsten Waldgesellschaften (z.B. Kronenzustand, Boden, Vegetation), größte Intensität an Einzelfallbeispielen zum Verständnis von Stoffkreisläufen (z.B. Stoffbilanzierung durch Input-Outputmessungen) und physiologischer Wechselwirkungen.

Allerdings sind auch unter diesen vergleichsweise günstigen Voraussetzungen die Grenzen der Interpretierbarkeit deutlich geworden. Die Entwicklung komplexer biologischer Systeme, deren Gleichgewicht durch den Menschen in weiten Bereichen gestört wurde und wird, kann nicht in für die langlebigen Waldbäume kurzen Zeitspannen von 10 Jahren abschließend beurteilt werden. Dennoch kann festgehalten werden, daß die bisherigen Ergebnisse viele Ansätze und Hinweise zur Klärung von Veränderungen des Kronenzustandes unseres Bioindikators Baum lieferten und den aktuellen Vitalitätszustand von Bäumen relativ treffsicher wiedergeben.

In Abhängigkeit von der Vitalität der Einzelbäume deutet sich an, daß es meist mehrerer Streßfaktoren bedarf, um Schäden in größerem Umfange auszulösen. Probleme bzw. Mißverständnisse bei der Interpretation der Ergebnisse treten vor allem dann auf, wenn die natürlichen Schwankungsbereiche der Kronenverlichtung nicht bekannt sind und/oder der Einfluß biotischer bzw. abiotischer Faktoren unterschätzt wird. Aus dem Beschriebenen wird ebenfalls deutlich, daß Prognosen der weiteren Entwicklung sehr schwierig und deren Ableitung aus kurzen Zeitreihen (<10 Jahre) nicht zulässig sind. Insbesondere die weitere Entwicklung der Kronenverlichtung bei den Laubhölzern läßt in den folgenden Jahren einen wesentlichen Erkenntnisgewinn erwarten. Man könnte überspitzt formulieren, daß die seit 1983 durchgeführten Untersuchungen erst seit 1990 spannend wurden.

6. Zusammenfassung

Ziele und Methodik

Das wesentlichste Ziel dieser 1982 begonnenen Untersuchungen war, Zusammenhänge zwischen Schadstoffbelastung und Schadensentwicklung der Waldökosysteme in Rheinland-Pfalz aufzudecken. Aus diesen Erkenntnissen sollten Entwicklungsprognosen bei gegebener Schadstoffbelastung und hieraus abgeleitet Handlungsempfehlungen zur Reduktion anthropogen verursachter Belastungen gegeben werden. Zur Erreichung dieses Zieles war es notwendig zu klären:

- erstens inwieweit Veränderungen des Kronenzustandes im Vergleich mit erwarteten Normalzuständen auftreten;
- zweitens, ob diese Veränderungen mit dem angewendeten Schätzverfahren adäquat erfaßt werden;
- drittens, inwieweit mögliche Veränderungen sich innerhalb eines natürlichen Schwankungsbereiches bewegen, oder vielmehr durch anthropogene Einflüsse verursacht werden; und
- viertens, ob der Kronenzustand als Indikator für Störungen des gesamten Ökosystems tauglich ist; d.h. ob aus Höhe und Umfang von Kronenverlichtung und/oder Vergilbung auf eine Schädigung des Ökosystems geschlossen werden kann.

Hierzu wird seit 1983 auf über 50 Waldschadensdauerbeobachtungsflächen der Kronenzustand ein bis zwei mal im Jahr anhand zahlreicher Kriterien beschrieben. Im Untersuchungszeitraum wurden so nahezu 4500 Bäume der vier Hauptbaumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer, z.T. über einen Zeitraum von 10 Jahren, beobachtet. Die Untersuchungen sind Bestandteil eines umfassenden, in verschiedene Intensitätsstufen gegliederten Systems des Umweltmonitorings im Wald: geringe Intensität bei Rastererhebungen auf der gesamten Fläche (z.B. landesweite Waldzustandserhebung), hohe Intensität auf Dauerbeobachtungsflächen in den wichtigsten Waldgesellschaften (z.B. Kronenzustand, Boden, Vegetation als Dauerbeobachtung; Deposition, Immission, Meteorologie als laufende Messungen), größte Intensität an Einzelfallbeispielen zum Verständnis von Stoffkreisläufen (z.B. Stoffbilanzierung durch Input-Outputmessungen) und die Untersuchung physiologischer Wechselwirkungen.

Kronenzustandsentwicklung und Einflußfaktoren

Das Hauptkriterium des Kronenzustandes, die Kronenverlichtung, hat sich über den Untersuchungszeitraum bei den untersuchten Baumarten sehr unterschiedlich entwickelt. Während über den gesamten Zeitraum bei Fichte und Kiefer nur vergleichsweise geringe Veränderungen auftraten, war bei Buche und Eiche gegen Ende des Beobachtungszeitraumes eine drastische Zunahme der Kronenverlichtung zu beobachten. Das zweite wichtige Kriterium, die Vergilbung von Nadeln und Blättern, ist in nennenswertem Umfange lediglich auf wenigen Fichten- und zwei Buchenflächen aufgetreten.

Bei der Fichte ist über den gesamten Beobachtungszeitraum ein leichter Anstieg von 2% auf 5% Anteil deutlich verlichteter Bäume zu verzeichnen. Die von einem zum nächsten Jahr auftretenden Veränderungen sind jedoch sehr gering. Die vergleichsweise größten Schwankungen in der Kronenverlichtung erfolgten in den Jahren 1983 auf 1984 und 1991 auf 1992, jeweils nach Jahren mit extremen Trockenperioden in der Vegetationszeit. Die Entwicklung der Kronenverlichtung verlief auf allen Flächen nahezu parallel. Zusammenhänge zwischen Bodenzustand und Kronenverlichtung oder zwischen Kronenverlichtung und Nährelementversorgung der Nadeln konnten, wie bei den übrigen Baumarten, nur als Tendenzen erkannt werden. Dies könnte allerdings auch darauf zurückzuführen sein, daß Extreme, d.h. sehr gut bzw. sehr schlecht nährstoffversorgte Standorte, unterrepräsentiert sind. Deutliche Vergilbungserscheinungen stehen, wie bei der Buche, in engem Zusammenhang mit einer reduzierten Magnesiumversorgung. Strukturelle Unterschiede auf den Versuchsflächen im Sinne einer Gruppierung stärker verlichteter Bäume war weder für das Kriterium Kronenverlichtung noch für das Kriterium Vergilbung zu beobachten. Dies gilt für alle Baumarten, wenngleich die Aussagekraft dieser Ergebnisse aufgrund relativ geringer Größe der Versuchsflächen eingeschränkt werden muß.

Infolge Sturmwurf ausgefallene Bäume wiesen, wie bei den übrigen Baumarten, im Vergleich zu den noch stehenden Bäumen, keine wesentlichen Unterschiede in der Kronenverlichtung auf. Hieraus kann gefolgert werden, daß die zahlreichen Sturmwürfe im Frühjahr 1990 ihre Ursache nicht in einer Vorschädigung der Bäume infolge Luftschadstoffe hatten. Eine sogenannte Notfruktifikation kann für den Untersuchungszeitraum ausgeschlossen werden, da zum einen stärker verlichtete Bäume bei allen vier Untersuchungsbaumarten nicht häufiger als geringer verlichtete Bäume fruktifizierten, zum anderen eine stärkere Fruktifikation bei den untersuchten Baumarten jeweils auf allen Flächen zum gleichen Zeitpunkt (Blühinduktion) festzustellen war. Wie vermutet führten bei allen Baumarten Stammverletzungen nicht zu einer Erhöhung der Kronenverlichtung.

Als mögliche Gründe für die geringen Schwankungen in der Kronenverlichtung der Fichte sind die hohe Anzahl der Nadeljahrgänge und der im Untersuchungszeitraum nur geringe Einfluß biotischer Schaderreger (mit Ausnahme von Borkenkäfern) zu nennen. Zum anderen ist die Belastung durch SO₂ - die Fichte wurde 1982 wegen ihrer besonderen Empfindlichkeit gegenüber SO₂-Immissionen als Monitorbaumart ausgewählt - seit 1988 deutlich reduziert. Akute Schwefeldioxidsschäden sind in Rheinland-Pfalz seit 1988 unwahrscheinlich, chronische Belastungen insbesondere auf armen Standorten allerdings noch möglich. Die Untersuchung der Nadelstreu auf Pilzinfektionen läßt keinen Zusammenhang zwischen Zunahme der Streufallmenge und Anstieg der Pilzinfektionsrate erkennen.

Die Kronenverlichtung der Kiefer lag 1984 und 1985, teilweise aufgrund eines im Vergleich zu späteren Jahren höher eingewerteten Anteils von dürrerem Feinreisig, deutlich über der Verlichtung der anderen Baumarten. Von 1986 bis 1990 war ein kontinuierlicher Rückgang, in den Folgejahren eine Zunahme der Verlichtung zu beobachten. Die Änderung des Anspracheverhaltens in den Anfangsjahren konnte mit Hilfe von IRC-Luftbildern belegt werden. Bei den übrigen Baumarten wurde dagegen die Einhaltung des Bewertungsmaßstabes bestätigt. Während zum Ende der Untersuchungsperiode der Regenerationsfraß des Waldgärtners als die Kronenverlichtung erhöhender Faktor festgestellt werden konnte, ergab die 1986 begonnene Untersuchung der Nadelstreu auf Pilzbefall keine deutlichen Indizien dafür, daß Pilzinfektionen als Hauptursache des Nadelfalls angesehen werden müssen.

Die untersuchten Buchen zeigten von 1984 bis 1989 bei tendenziellem Anstieg nur geringe jährliche Veränderungen in der Kronenverlichtung auf. Deutliche Veränderungen sind in den Jahren 1989 auf 1990 und 1991 auf 1992 zu verzeichnen. Der Anteil deutlich verlichteter Buchen lag im Zeitraum 1984 bis 1989 bei max. 7%, im Jahr 1992 dagegen bei 40%. Eingehende Analysen dieser schubweisen Zunahme der Kronenverlichtung deuten auf folgenden Faktorenkomplex hin: Warm-trockene Vegetationsperioden seit 1988, mit dem Trockenjahr 1991, führen zu einer verstärkten Belastung der Buchen infolge Trockenstreß. Gleichzeitig war eine deutliche Zunahme der Ozonkonzentrationen, gegen die die Baumart Buche als besonders empfindlich gilt, zu verzeichnen. Starke Fruktifikation war in den Jahren 1990 und 1992 zu beobachten. Dies führt nach den Untersuchungen von HOLMSGAARD (1955) zu einem enormen Verbrauch von Reservestoffen. Die eigenen Ergebnisse zeigen, daß der Anstieg der Kronenverlichtung mit der Zunahme der Fruktifikationsintensität einhergeht. Während Fruktifikation auch in für die Buche günstigen Jahren zu einer Erhöhung der Transparenz führte, konnte nach dem Trockensommer 1983 keine erhöhte Kronentransparenz

festgestellt werden. Hieraus kann gefolgert werden, daß der Fruktifikation als auslösendem Faktor von Kronenverlichtungen bei der Buche eine besondere Bedeutung zukommt. Höhe und Dauer dieser Verlichtungen beruhen jedoch vermutlich auf dem Zusammentreffen mehrerer, sich gegenseitig verstärkender Belastungsfaktoren.

Bei der Eiche ist von 1984 bis 1990 bei größeren jährlichen Schwankungen in der Belaubung nur eine geringe Zunahme in der Kronenverlichtung zu beobachten. Eine deutliche Zunahme in der Kronenverlichtung ist erst mit dem Jahre 1991 und vor allem von 1992 auf 1993 zu erkennen. Während der Anteil deutlich verlichteter Eichen im Jahr 1992 noch bei 5% lag, stieg er 1993 auf 43% an. Dieser deutliche Anstieg fand zwei Jahre nach dem Trockenjahr 1991 statt. Zu Trockenheit und erhöhter Ozonbelastung kamen Insektenfraßschäden im Jahre 1993 und Spätfrostschäden im Juni 1991. Während die Eichen 1988 nach starken Fraßschäden über erneute Triebbildung die verlorene Blattmasse nahezu vollständig regenerierten, war dagegen 1993 nur eine sehr geringe Regeneration festzustellen. 1988 hatte die Eiche offensichtlich nach mehreren günstigen Jahren genügend Reservestoffe aufgespeichert. Zudem war eine offenbar ausreichende Wasserversorgung vorhanden. Dagegen fehlten 1993 diese günstigen Bedingungen, so daß die Eichen infolgedessen ihre Blattmasse nur eingeschränkt regenerierten. Deutlich verstärkt wird die Verlichtung durch den Verlust zahlreicher Kurztriebe (genauer, dem Nicht-Austreiben von Knospen). Hinzu kommt, daß die 1991 vom Spätfrost betroffenen Bäume ebenfalls zu einer deutlich höheren Kronenverlichtung neigten.

Auch bei der Eiche kann folglich die außergewöhnlich lange Trockenperiode 1991 nicht als alleinige Ursache der Kronenverlichtung angesehen werden. Dies ergibt sich daraus, daß in den Jahren 1984 bis 1986 trotz der extremen Trockenperiode 1983 auf den Versuchsflächen keine deutlich erhöhte Kronenverlichtung beobachtet wurde. Daraus kann geschlossen werden, daß wie bei der Buche nur das Zusammentreffen mehrerer, sich vermutlich gegenseitig verstärkender Belastungsfaktoren zu solch deutlicher Zunahme der Kronenverlichtung führt. Zu der Grundbelastung durch Luftschadstoffe spielen bei der Eiche wahrscheinlich Insektenfraßschäden als natürliche Belastung eine wichtige Rolle als Auslöser der Kronenverlichtung.

Prognose der weiteren Entwicklung und Folgerungen

Die weitere Entwicklung kann zur Zeit nicht prognostiziert werden. Zwei Szenarien sind denkbar: Zum einen kann die Kronenverlichtung der Laubhölzer nach mehreren für die Bäume günstigen Jahren wieder auf das ursprüngliche Niveau zurückgehen. Dies würde für noch regulierungsfähige Teilsysteme sprechen. Zum anderen ist es denkbar, daß trotz für die Bäume günstiger natürlicher Randbedingungen keine Erholung eintritt, was auf

eine Übersteuerung des Ökosystems durch anthropogen verursachte Luftverunreinigungen hinweisen würde. Auch bei den Nadelhölzern könnten größere als bisher festgestellte Veränderungen in der Kronenverlichtung auftreten. Daß diese bisher nicht beobachtet wurden liegt evtl. nur daran, daß hierfür nötige auslösende Faktoren nicht aufgetreten sind.

Bei der Kronenzustandsansprache (wesentlichste Kriterien sind: Nadel-/Blattverlust und Vergilbung) wird durch einen Vergleich mit Normalzuständen bei Abweichungen von diesen (z.B. Transparenz) auf Belastungen geschlossen. Das Verfahren der Kronenzustandsansprache ist unter Berücksichtigung kleinerer, dargelegter Probleme nachvollziehbar und kann insbesondere nach Einbeziehung der vorgeschlagenen Verbesserungen als zielführend bezeichnet werden. Da die Kronenverlichtung ein unspezifisches Symptom darstellt, d.h. ihre Entstehung auf zum Teil verschiedene Ursachen zurückzuführen ist, bedürfen die Ergebnisse einer sorgfältigen, auf zahlreichen Zusatzinformationen beruhenden Interpretation. Neben der Erfassung verschiedener natürlicher, die Kronenverlichtung mitverursachender Faktoren wie Insektenfraß, Fruktifikation etc. müssen auch Informationen über den Zustand der anderen Teile des Ökosystems Wald, wie z.B. des Bodens, und darüber hinaus über den Umfang anthropogener Belastungsfaktoren, wie z.B. Luftschadstoffe, vorliegen. Geschieht dies nicht, orientiert sich der Interpret also nur an den Hauptergebnissen der Kronenzustandsansprache - der Kronenverlichtung und der Vergilbung -, sind Fehlinterpretationen und Mißverständnisse vorprogrammiert. Aus diesem Grunde wird in Rheinland-Pfalz die Interpretation der Ergebnisse der Waldzustandserhebung anhand der Daten der Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen vorgenommen.

Die Ergebnisse zeigen, daß nur durch langfristige Untersuchungen der Zustand verschiedener Teilbereiche des Ökosystems Wald bewertet und durch Vernetzung dieser Teilsysteme auf die Belastung des gesamten Systems geschlossen werden kann. Da natürliche Stressoren durch den Menschen nur geringfügig beeinflusst werden können, muß folglich eine Verringerung der anthropogen verursachten Schadstoffbelastung unserer Wälder oberstes Gebot bleiben.

7. Summary

Objectives and Methodology

The most essential goal of the investigation presented here was to determine the interdependency between air pollution impacts and the development of the damage in the forest ecosystems of Rheinland-Pfalz. The findings were to be used for development forecasts on the basis of a given immission scenario, and this again was to form the basis for recommendations concerning the reduction of stress caused by air pollution. In order to reach this target, it was necessary to clarify:

first: to what extent changes occur in the crown condition in comparison with normal conditions;

second: whether these changes could be adequately assessed with the method of estimation that was used;

third: to what extent possible changes were still within the framework of natural fluctuations and to what extent they were caused by air pollution; and

fourth: whether the crown condition could be used as a valid indicator for disruptions of the entire ecosystem, i.e. if the extent of defoliation or yellowing could be used as a basis for conclusions concerning the entire ecosystem.

In order to answer these questions, the crown condition has been evaluated on more than 50 permanent forest observation plots once or twice a year since 1983 on the basis of numerous criteria. During the assessment period almost 4.500 trees of the four main tree species beech, oak, pine and spruce were monitored, in some cases over a period of 10 years. The assessments are part of an extensive environmental forest monitoring system which consists of several levels of intensity: low intensity with grid assessments in the entire State area (e.g. forest condition surveys), high intensity on permanent observation plots in the most important forest types (e.g. assessment of crown condition, soil and vegetation as permanent observation; assessment of deposition, immission and meteorological parameters as continuous measurements), maximum intensity on very few stands for the understanding of bioelement cycles (e.g. bioelement balances via input-output measurements) and the examination of physiological interactions.

Development of the Crown Condition and Influencing Factors

As far as the monitored tree species are concerned, the main criterium for the crown condition, defoliation, has developed very differently during the assessment period. While in the case of pine and spruce only comparatively small changes occurred during the entire period, drastically increased defoliation could be observed with beech and oak towards the end of the observation period. The second important criterium, the yellowing of needles and leaves, has only occurred on a small number of spruce plots and, to a minor extent, on two beech plots.

In the case of spruce a small increase in the amount of severely defoliated trees could be recorded during the entire observation time (from 2 % to 5 %). However, there were only minor changes from one year to the next. Comparatively large fluctuations occurred from 1983 to 1984 and from 1991 to 1992 respectively, i.e. after years with extreme drought during the vegetation period. The development of the defoliation was almost parallel on most plots. As in the case of other tree species, interdependencies between the soil condition and defoliation, or between defoliation and nutrient supply of the needles, could only be seen as a tendency. However, this could also be ascribed to the fact that extremely good and extremely bad nutrient supplies are underrepresented on the monitored sites. As in the case of beech, severe yellowing is closely connected to a reduced magnesium supply. Structural differences in the observation plots (in the sense that severely defoliated trees were clustered) could neither be observed for the criterium of defoliation, nor for the criterium of yellowing. This holds true for all tree species, even though the validity of these results is limited due to the relatively small sizes of the observation plots (0,25 ha).

Compared to unaffected trees, the sample trees which were thrown by storm events did not show any significant differences with respect to the degree of defoliation. This leads to the conclusion that the numerous storm throws of spring 1990 were not a result of earlier damage of the trees for reasons of air pollution. A so-called emergency fructification may be excluded for the observation period, first of all because in the case of all four tree species which were included in the survey, heavily defoliated trees do not fructify more frequently than moderately defoliated trees, and secondly because a stronger fructification of the examined tree species could be observed at the same time on all observation plots (induction of flowering as a consequence of warm weather periods in the preceeding year). As anticipated, stem damage did not lead to an increase of defoliation for all four tree species.

Possible reasons for the slight defoliation fluctuations of spruces are the high number of needle years and the minor influence of biotic damages (with the exception of damage caused by bark beetles) during the observation period. Another reason could be that the

stress caused by SO₂ - spruces were chosen to be the monitored tree species because of their high sensitivity to SO₂ immissions - has decreased considerably since 1988. Acute sulphur dioxide damages since 1988 are rather improbable in Rheinland-Pfalz, however chronic stress, especially in the case of poor sites, may still occur. The examination of litterfall for signs of fungal infections gave no indication of an interdependency between an increase in the amount of litterfall and an increase in fungal infections.

In 1984 and 1985, defoliation of pine was significantly higher than the defoliation found in the other tree species, partially because compared to later years the amount of dry twigs was overestimated. These fact overestimations in the beginning years could be verified with the help of IRC-aerial photographs. From 1986 to 1990, defoliation decreased continuously, in the following years an increase of defoliation could be observed. As far as the other tree species are concerned, it was verified that the assessment methods had been maintained. While towards the end of the assessment period increased defoliation of pine could be attributed to insect damage caused by *myelophilus piniperda*, the examination of litterfall for signs of fungal damage which was started in 1986 did not give a clear indication that fungal infections have to be regarded as the main cause for needle loss.

The investigated beech plots showed only minor annual changes in defoliation from 1984 to 1989, with a tendency towards an increase in defoliation. Significant changes occurred in the years from 1989 to 1990 and 1991 to 1992. In the period from 1984 to 1989, the percentage of severely defoliated beeches reached a maximum of 7 %, whereas in 1992 their percentage totalled 40 %. Thorough analyses of the phased increase in defoliation point towards the following factors: Warm and dry vegetation periods since 1988 in combination with the dry year of 1991 led to an increased drought for beeches. At the same time there was a significant increase in the ozone concentrations, which the species beech is known to be especially susceptible to. Strong fructification was observed in the years 1990 and 1992. According to the investigations performed by HOLMSGÅRD (1955), this leads to an enormous additional consumption of nutrients. Our own results showed that the increase of defoliation goes hand in hand with an increase of the fructification intensity. Whereas fructification led to an increased transparency even in years which were favourable for the tree species beech, no increased crown transparency could be observed after the dry summer of 1983. This leads to the conclusion that fructification plays a special role as stimulating factor for the defoliation of beeches. However, the amount and extent of the defoliation probably has to be seen as a result of several synergetic stress factors with a mutually intensifying effect.

In the period from 1984 to 1990, oak experienced large annual foliage fluctuations and only slightly increased defoliation. A pronounced increase in defoliation could only be registered for the year 1991 and especially from 1992 to 1993. Whereas the percentage of significantly defoliated oaks was at a level of 5 % in the year 1992, it rose to 43 % in 1993. This substantial increase occurred two years after the dry year of 1991. In addition to drought and increased stress caused by ozone, there were also insect damages in the year 1993 and late frost damages in June 1991. Whereas in 1988, after suffering severe insect damage, oaks were able to regenerate almost their entire foliage by developing new shoots, only minor regeneration could be observed in 1993. Obviously in 1988, after a series of favourable years, oaks had been able to store sufficient reserves. In addition to this there was obviously enough water supply. On the other hand, these favourable conditions were missing in 1993. As a result, oaks were only able to regenerate their foliage to a limited extent. Defoliation was exacerbated by the loss of numerous short shoots (or rather, no budding occurred). In addition to this, the trees which were affected by the late frost of 1991 also tended to show signs of significantly higher defoliation.

As far as oak is concerned, the extremely long dry period of 1991 therefore also cannot be regarded as the sole cause of defoliation. This can be deduced from the fact that despite the extremely dry period of 1983, no increase in the amount of defoliation was observed in oak plots from 1984 to 1986. As in the case of beech, this leads to the conclusion that only the presence of several stress factors (which probably have a mutually intensifying effect) may lead to such a significantly increased defoliation. In addition to the basic stress caused by air pollutants, the natural damage caused by insects probably also plays a major role as a stimulating factor for defoliation.

Prognosis on Further Developments and Conclusions

It is not possible to give a prognosis at this particular point of time. Two scenarios are possible: first, defoliation of broadleaved trees will return to its original level after several favourable years. This would speak for the existence of partial systems within the ecosystem which have retained their regulating capacity. On the other hand it would be possible that despite favourable conditions for the trees no recovery takes place, which would have to be interpreted as an excess of the ecosystems' resilience possibly caused by anthropogenic air pollution. It is also possible that coniferous trees will be affected by defoliation to a greater extent than has been the case so far. The reason why this has not occurred as yet could simply be that the key factors so far have not been present.

With the determination of the crown condition (most important criteria are needle/ leaf loss and yellowing) deviation from the normal state (e.g. transparency) leads to the conclusion that stress factors are present. By considering minor problems which have

been presented, the method which is used to determine the crown condition is comprehensible and suitable, especially if the suggested improvements are put into practice. As defoliation poses an unspecific symptom, i.e. it can be traced back to several causal factors, the results need to be interpreted by taking the various additional information into account. Apart from the collection of data on the natural factors causing defoliation like insect damage, fructification etc., it is also necessary to consider the state of other parts of the forest ecosystem, e.g. the soil condition, as well as the extent of anthropogenic stress factors like air pollutants. In the event that these additional factors are disregarded and only the results of the determination of the crown condition, i.e. defoliation and yellowing, are interpreted, misinterpretations and misunderstandings will be inevitable. For this reason, the results of the forest damage survey in Rheinland-Pfalz are interpreted on the basis of the data collected in the permanent observation plots.

The results show that the state of the different partial systems of the forest ecosystem (in this case: defoliation) may only be evaluated on the basis of long-term assessments, and all partial systems have to be integrated in order to draw conclusions concerning the stress of the entire system. As man has only minor influences on natural stress factors, it must remain our first and utmost target to decrease the air pollution our forests are subjected to.

8. Literaturverzeichnis

AICHMÜLLER, R., (1962): Der Einfluß von Umwelt und Erbgut auf Stärkenwachstum, Verzweigung und Benadelung der Fichte. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 81. Jg. (5/6), 156-181.

ANONYMUS (1979-1992): Monatlicher Witterungsbericht. Amtsblatt des Deutschen Wetterdienstes.

"ARBEITSKREIS STANDORTKARTIERUNG" IN DER ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG (1980): Forstliche Standortsaufnahme, 4. Auflage, Münster-Hiltrup.

ASSMANN, E., (1954): Grundflächenhaltung und Zuwachsleistung bayerischer Fichten-Durchforstungsreihen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 73. Jg., 257-328.

BLECHSCHMIDT-SCHNEIDER, S., (1989): Phloembeladung bei *Picea abies*. Kali-Briefe 19 S. 467-489.

BLOCK, J., (1990): Ergebnisse der Stoffdepositionsmessungen in rheinland-pfälzischen Waldgebieten 1984-1989. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz Nr. 14, 45 Seiten und Anhang.

BLOCK, J., (1993): Verteilung und Verlagerung von Radiocäsium in zwei Waldökosystemen in Rheinland-Pfalz insbesondere nach Kalk- und Kaliumdüngung. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz Nr. 24, 287 S.

BLOCK, J., (1993): Entwicklung der Schadstoffeinträge in Wäldern. S. 22-26 in: Waldschäden, Boden- und Wasserversauerung durch Luftschadstoffe in Rheinland-Pfalz. Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten, Ministerium für Umwelt. 167 S.

BLOCK, J., (1994): Erfassung von Luftverunreinigungen in Waldökosysteme des Landes Rheinland-Pfalz. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Nr.26, 58-61.

BLOCK, J.; FRAUDE, H.J.; HEIDINGSFELD, N.; BOCKHOLT, B.; BORCHERT, H.; FINGERHUT, M., (1987): Sondermeßprogramm Wald - Zwischenbericht über die Untersuchungsergebnisse 1983 bis 1986. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz Nr.3, 74 S.

BLOCK, J.; HEIDINGSFELD, N.; SCHRÖCK, H.W.; BOCKHOLT, B.; BORCHERT, H.; FINGERHUT, M., (1991): Immissions-, Wirkungs- und Zustandsuntersuchungen in Waldgebieten von Rheinland-Pfalz. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz Nr.16, 133 S.

BLOCK, J.; BOPP, O.; GATTI, M.; HEIDINGSFELD, N.; ZOTH, R., (1991): Waldschäden, Nähr- und Schadstoffgehalte in Nadeln und Waldböden in Rheinland-Pfalz. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt, Rheinland-Pfalz, Nr. 17, 237 S.

BORCHERT, H., (1993): Der Eintrag von Luftschadstoffen in die Waldgebiete von Rheinland-Pfalz. S. 5-21 in: Waldschäden, Boden- und Wasserversauerung durch Luftschadstoffe in Rheinland-Pfalz. Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten, Ministerium für Umwelt. 167 S.

BOSSHARD, H. H., (1984): Zur Biologie, Physik und Chemie des Holzes. Holzkunde Band 2: Birkhäuser Verlag, Basel.

BOSSHARD, W. (1986): Sanasilva Kronenbilder. Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf, 98 S.

BRAUN, H. J., (1982): Lehrbuch der Forstbotanik. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart New York, 256 S.

BRAUNGER, J., (1983): Zielsetzungen, Methoden und Probleme der terrestrischen Waldschadensinventur Baden-Württemberg 1983. (Anlage Arbeitsanweisung TWI 1983).

BUCHER J. B., (1984): Waldsterben - was verstehen wir darunter, wie ist die Situation in der Schweiz? *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 135. Jg., 905-914.

BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1987): Protokoll der 1. Sitzung der "Arbeitsgruppe Dauerbeobachtungsflächen Waldschäden" des Bundes und der Länder (unveröffentlicht).

BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (Hrsg.), (1990): Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE), Arbeitsanleitung. Bonn, 147 S.

BURGER, H., (1926): Die Lebensdauer der Fichtennadeln. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 78. Jg., 372-375.

BURGER, H., (1941): Holz, Blattmenge und Zuwachs. Fichten und Föhren verschiedener Herkunft auf verschiedenen Kulturorten. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen Band 22, Heft 1, S. 10ff.

BURSCHEL, P., (1966): Untersuchungen in Buchenmastjahren. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 85. Jg., Nr. 7/8, 204-219.

BUTIN, H., (1983): Krankheiten der Wald und Parkbäume. Georg Thieme Verlag Stuttgart New York ISBN 3-13-639001-6.

BÜTTNER, G.; HARTMANN, G.; THOMAS, F.M., (1993): Vorzeitige Vergilbung und Nährstoffgehalte des Buchenlaubes in Südniedersachsen. *Forst und Holz* 48. Jg., Nr. 22, 627- 630.

CHALUPA, V.; KOBLIHA, J., (1994): Effects of leaf production and radial growth of oak (*Quercus Robur L.*). In: INRA Conference, Abstrakts: "Environmental constraints and oaks: Ecological and physiological aspects" S. 98.

- DAMMANN, I.; NASSAUER, K.-G.; HEIDINGSFELD, N.; WESSELS, W.; KALLWEIT, R.; HOFFMANN, G., (1992): Terrestrische Waldschadenserhebung (WSE) - Aufgaben, Methoden und Stellenwert -, *Forst und Holz*, 47. Jg., Nr. 22, 699-701.
- DEICHSEL, G.; TRAMPISCH, H. J., (1985): Clusteranalyse und Diskriminanzanalyse, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- DENGLER, A., (1992): Waldbau auf ökologischer Grundlage. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 350 S.
- ECKSTEIN, D.; RICHTER, K.; ANIOL, R. W.; QUIEHL, F., (1984): Dendroklimatologische Untersuchungen zum Buchensterben im südwestlichen Vogelsberg. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 103. Jg., 274-290.
- EVERS, F.H.; KÖNIG, E.; LIPPHARDT, M.; MÜLLHÄUSER, G.; STUMMER, G.; BERWIF, W., (1979): Untersuchungen zur Tannenerkrankung. Zwischenbericht der Arbeitsgruppe der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, *Allgemeine Forstzeitschrift*, 34. Jg., 565-568.
- FIEDLER, H. J., (1973): Forstliche Pflanzenernährung und Düngung. Fischer Verlag, Stuttgart, 481 S.
- FORSCHUNGSBEIRAT WALDSCHÄDEN/LUFTVERUNREINIGUNGEN DER BUNDESREGIERUNG UND DER LÄNDER (1986): 2. Bericht. Kernforschungszentrum Karlsruhe, 229 S.
- FRAZIAN, A., (1973): Zuwachs und Lebensfähigkeit von Eichenbeständen nach Fraß des Schwammspinners, *Lymantria dispar* L, in Rumänien. Anz. Schädlingskde. Pflanzen-Umweltschutz XLVI, S. 82-83, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- FRAUDE, H. J., (1987): Zur Anzahl der Nadeljahrgänge der Waldkiefer-Untersuchungen im Rahmen der Waldschadenserhebung in Rheinland-Pfalz. *Der Forst- und Holzwirt*, 42. Jg., 415-417.
- FRAUDE, H. J., (1988): Entwicklung der Benadelung der Waldkiefer von 1985 bis 1987 auf Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz. *Forst und Holz*, 43. Jg., Nr. 15, 373-379.
- GRUBER, F., (1987): Das Verzweigungssystem und der Nadelfall der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.) als Grundlage zur Beurteilung von Waldschäden. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben, Reihe A, Bd. 26.
- GULDER, H. J.; KÖLBEL, M., (1993): Waldbodeninventur in Bayern. Forstliche Forschungsberichte München. 242 S.
- HABERMANN, M., (1991): Bedeutung sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe für phytophage Forstinsekten. *Forst und Holz*, 46. Jg., Nr. 24, 698-700.
- HAGER, H.; HUBER, S.; SCHUME, H.; SCHOPF, A., (1994): Relationships between decline symptoms and nutritional as well as biometric parameters in Austrian oak stands. In: INRA Conference, Abstrakts: "Environmental constraints and oaks: Ecological and physiological aspects" S. 139.

HARTMANN, G.; NIENHAUS, F.; BUTIN, H., (1988): Farbatlas Waldschäden; Diagnose von Baumkrankheiten. Verlag: Eugen Ulmer, ISBN 3-8001-3306-7.

HARTMANN, G.; BLANK, R.; LEWARK, S., (1989): Eichensterben in Norddeutschland - Verbreitung, Schadbilder, mögliche Ursachen-. *Forst und Holz* 44. Jg., Nr.18 475-487.

HARTMANN, G.; BLANK, R., (1992): Winterfrost, Kahlfraß und Prachtkäferbefall als Faktoren im Ursachenkomplex des Eichensterbens in Norddeutschland. *Forst und Holz* 47. Jg. Nr.15, 443-452.

HEIDINGSFELD; N., (1993): Neue Konzepte zum Luftbildeinsatz für grossräumig permanente Waldzustandserhebungen und zur bestandesbezogenen Kartierung flächenhafter Waldschäden. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Nr.23, 164 S.

HEINSDORF, D. et al. (1991): Analyse über "neuartige" Waldschäden und Schlußfolgerungen. in Zusammenfassung der Forschungsergebnisse zur Waldschadensproblematik in den neuen Ländern. S. 201 - 371. Hrsg: Umweltbundesamt.

HILDEBRAND, E. E.; SCHÖPRFER W., (1993): Ergebnisse der Belastungsinventur Baden-Württemberg 1988. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. 64 S. und Anhang.

HIJDEBRAND, E. E. (1994): Der Waldboden - ein konstanter Produktionsfaktor? *Allgemeine Forstzeitschrift*, 49. Jg., Nr.2, 99-104.

HILL, G., (1993): Untersuchungen über den Einfluß des Witterungsverlaufs auf Absterbevorgänge in älteren Kiefernbeständen. *Forstarchiv* 64; S. 3-9.

HUBER, B., (1955): Zweigabsprünge. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 10. Jg., Nr. 52, 620-621.

INNES, J. L., (1993): Methods to estimate forest health. *Silva Fennica* 27 (2), 145-157.

INNES, J. L., (1994): Aufnahmefethoden und Beschreibung der Aufnahmefmerkmale. in: Sanasilva-Bericht 1993. Der Zustand des Schweizer Waldes. Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft 339, 1994, 60 S.

INNES, J. L., (1994): Stem damage in Swiss forests: independence, causes and relations to crown transparency. *European Journal of Forest Pathology*, Vol. 24 (1) 20-31.

INNES, J. L.; WHITTAKER, R.J., (1993): Relationship between the crown condition of Sitka and Norway spruce and the environment in Great Britain: an exploratory analysis. *Journal of Applied Ecology*, 30, 341-360.

KNABE, W., (1984): Merkblatt zur Entnahme von Blatt- und Nadelproben für chemische Analysen. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 39. Jg., 847-848.

KNABE, W. et.al., (1988): Regionale Verteilung einiger Nähr und Schadstoffgehalte in Fichtennadeln. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft

Weinbau und Forsten, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 360, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, 65 S.

KÖHL, M., (1992): Quantifizierung der Beobachterfehler bei der Nadel-/Blattverlustschätzung. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 164. Jg., 5, 83-92.

KÖHLER, H.; STRATMANN, J., (1986): Wachstum und Benadelung von Fichten im Westharz. *Der Forst und Holzwirt*, 41. Jg., Nr. 6, 152-157.

KÖNIG, E., (1979): Entwicklungstendenzen bei der Tannenerkrankung. *Der Forst- und Holzwirt*, 34. Jg., 361-366.

KRAFT, G., (1884): Beiträge zur Lehre von Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben. Hannover.

KRAUS, H. H.; HEINSDORF, P.; HIPPELI, P.; TÖLLE, H., (1986): Untersuchungen zu Ernährung und Wachstum wirtschaftlich wichtiger Nadelbaumarten im Tiefland der DDR. Beiträge für Forstwirtschaft 20: 156-164.

LANDMANN, G., (1994): Crown condition of oak species in Europe: short-term temporal pattern and tentative diagnosis. Vortrag, INRA Conference, "Environmental constraints and oaks: Ecological and physiological aspects".

LANDMANN, G.; BECKER, M.; DELATOUR, D.; DREYER, E.; DUPOUEY, J.-L. (1993): Oak dieback in France: historical and recent records, possible causes, current investigations in: Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Nr. 5, Verlag Dr. Friedrich Pfeil. 97-115.

LANDMANN, G.; BOUHOT-DELDUC, L.; GRANIER, A.; LORENZ, M.; NAGELEISEN, L.-M., (1994): Crown condition of oak species in Europe: short-term temporal pattern and tentative diagnosis. In: INRA Conference, Abstrakts: "Environmental constraints and oaks: Ecological and physiological aspects" S. 132.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE (Hrsg.), (1994): La Santé des Forêts en 1993, 120 S.

LICK, E.; KRAPPENBAUER, A., (1986): Terrestrische Waldzustandsinventuren und Probleme einer Objektivierung. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*, 103. Jg., Nr. 4, 227-241.

LIENERT, G. A., (1973): Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik, Band 1, 2. Auflage, Verlag Anton Hain, Meisenheim am Glan.

LUNDERSTÄDT, J., (1992): Stand der Ursachenforschung zum Buchensterben. *Forstarchiv* 63. Jg. 21-24.

LÜSCHER, D., (1989): Die Blütenbildung der Bäume und ihre Auswirkung auf die Struktur der Krone: III. Die Fichte (*Picea abies* [L.] Karst). *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 140. Jg., Nr. 9, 813-822

- LÜSCHER, D., (1990): Dier Blütenbildung bei Bäumen und ihre Auswirkung auf die Struktur der Krone: IV. Die Buche. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 141. Jg., 147-154.
- LÜSCHER, D.; SIEBER, M., (1988): Die Blütenbildung bei Bäumen und ihre Auswirkungen auf die Struktur der Krone: 1. Allgemeines über die Blütenbildung. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 139. Jg., Nr. 12, 1055-1061.
- MARCET, E.; SIEBER, M., (1985): Anmerkungen und Richtigstellungen zum "Baumsterben": Benadelungslücken bei Föhren. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 136. Jg., 1031-1034.
- MEINEL, R.-J., (1994): Schiffchenbildung bei Rotbuchen. Diplomarbeit Hildesheim-Holzminde. Fachbereich Forstwirtschaft Göttingen. 76 S. und Anhang.
- MEIWES, K.J.; KÖNIG, N.; KHANNA, P.K.; PRENZEL, J.; ULRICH, B., (1984): Chemische Untersuchungsverfahren für Mineralboden, Auflagehumus und Wurzeln zur Charakterisierung und Bewertung der Versauerung in Waldböden. Ber. d. Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben, Göttingen, Bd. 7, 67 S.
- MITSCHERLICH, G., (1975): Wald, Wachstum und Umwelt. Eine Einführung in die ökologischen Grundlagen des Waldwachstums, Band 3. Boden, Luft und Produktion, Sauerländer Verlag, Frankfurt, 352 S.
- MÜHLHAUS, B., (1985): Sondermeßprogramm Wald - Konzept, Kosten, Entwicklungstendenzen. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 40. Jg., Nr. 25/26, 656-658.
- NIEHAUS, G., (1989): Terrestrische Zustandsansprachen von Kiefernkrone - Ein differenzierter Anspracheschlüssel-. *Forst und Holz*, 44. Jg., Nr 8, 200-206.
- PENTTINEN, A.K.; STOYAN, D.; HENTTONEN, H.,: (1991): Marked point processes in forest statistics. (Manuskript).
- POWERS, R. F., (1976): Nutrient requirements of timber species: an overview. Proc. 5th. California Soil Fert. Conf. , Sacramento, pp 7-16.
- REEMTSMA; J. B., (1979): Nadelanalytische Untersuchungen an Fichte nach Grünästung und Düngung. Schr. aus d. Forstl. Fak. Gött. u. der Nieders. Forstl. Versuchsanstalt, Bd. 59, J.D. Sauerländerverlag, Frankfurt/M., 96 S.
- REEMTSMA, J. B., (1986): Der Magnesiumgehalt von Nadeln niedersächsischer Fichtenbestände und seine Beurteilung. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 157. Jg., 196-203.
- ROLOFF, A., (1984): Morphologie der Verzweigung von *Fagus sylvatica* L. (Rotbuche) als Grundlage zur Beurteilung von Triebanomalien und Kronenschäden. Ber. d. Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben der Univers. Göttingen, Bd. 3: S. 1-25.
- ROLOFF, A., (1986): Morphologie der Verzweigung von *Fagus sylvatica* L. (Rotbuche) unter besonderer Berücksichtigung möglicherweise neuartiger Veränderungen. Ber. d. Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben der Universität Göttingen, Bd. 18: S. 1-177.

ROLOFF, A., (1989): Entwicklung und Flexibilität der Baumkrone und ihre Bedeutung als Vitalitätsweiser Teil I und Teil II, *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 140. Jg., 9/11, 775-789, 943-963.

SCHEUERMANN, R.; WILD, A., (1994): Auswirkungen einer Kalkungsmaßnahme auf physiologische und biochemische Parameter unterschiedlich geschädigter Fichten an der Umweltkontrollstation Idar-Oberstein. Mitteilungen der Forstlichen Versuchsanstalt, (in Vorbereitung).

SCHMIDT-HAAS, P., (1993): Kronenverlichtung und Sterberaten bei Fichten, Tannen und Buchen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 112. Jg., Nr. 6, 325 - 333.

SCHMIDT-VOGT, H., (1986): Die Fichte, Band D, Verlag Paul Parey, 647 S.

SCHMITT, V.; WILD, A., (1994): Auswirkungen einer Düngemaßnahme auf morphologische und biochemische Parameter von Eichen an der Umweltkontrollstation Merzalben. Mitteilungen der Forstlichen Versuchsanstalt, (in Vorbereitung).

SCHÖNHERR, J.; KRAUTWURST, K.; RÖSSLER, W., (1983): Schadinsekten in Buchenaltholzbeständen. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 38. Jg., Nr. 50, 1361-1364.

SCHÖPFER, W., (1985): Zur Genauigkeit terrestrischer Waldschadensinventuren, *Der Forst- und Holzwirt*, 40. Jg., Nr. 8, 221-224.

SCHÖPFER, W.; HRADEZKY, J., (1983): Zielsetzungen, Methoden und Probleme der terrestrischen Waldschadensinventur Baden-Württemberg 1983. (Anlage Arbeitsanweisung TWJ 1983). Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 107, 26 S.

SCHÖPFER, W.; HRADEZKY, J., (1984): Der Indizienbeweis: Luftverschmutzung maßgebliche Ursache der Walderkrankung. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 103. Jg., 231-248.

SCHRÖTER, H., (1981): Das Tannensterben in Baden Württemberg. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 100. Jg., 161-168.

SCHRÖTER, H. J. et al (1984): Zur Diagnose und Klassifizierung der neuartigen Waldschäden 1984. Farbbildheft der allgemeinen Forstzeitschrift.

SCHUHMANN, G.; DIMITRI, L., (1993): Wunden und Wundfäulen bei der Buche. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 48. Jg., Nr.9, 456-457.

SCHÜTT, P., (1985): Das Waldsterben - eine Pilzkrankheit? *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 104. Jg., 169-177.

SCHWENKE, X., (1987): Die Forstschädlinge Europas, Band 3, 467 S.

SEITSCHKEK, O., (1984): Das Waldsterben in Europa - Ein aktueller Schadbericht. *Der Forst- und Holzwirt*, 39. Jg., Nr. 12, 299-302.

SLOVIK, S.; KAISER, W.M.; KÖRNER, C.; KINDERMANN, G.; HEBER, U., (1992): Quantifizierung der physiologischen Kausalkette von SO₂-Immissionsschäden. (1) Ableitung von SO₂-Immissionsgrenzwerten für akute Schäden an Fichte. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 47. Jg., Nr 15, 800-805.

SLOVIK, S.; HEBER, U.; KAISER, W.M.; KINDERMANN, G.; KÖRNER, C., (1992): Quantifizierung der physiologischen Kausalkette von SO₂-Immissionsschäden. (2) Ableitung von SO₂-Immissionsgrenzwerten für chronische Schäden an Fichte. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 47. Jg., Nr 17, 913-920.

SMIDT, S.; STEFAN, K., (1980): Nadelanalytische Ergebnisse aus dem Raum Breitenau. Mitteilung der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Wien, Heft 131, S. 59-71.

SPÄTH, H.L., (1912): Der Johannistrieb. Verlag Paul Parey, Berlin, 91 S.

SPELSBERG, G., (1988b): Zur Frage der Benadelung und Fruktifikation bei der Fichte, *Forst und Holz*, 43. Jg., Nr. 9, 218-220.

THREN, M., (1985): Erste Ergebnisse von Wachstumsanalysen an vorherrschenden Kiefern in Südwestdeutschland. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 156 Jg., 215-224.

ULRICH, B., (1988): Ökochemische Kennwerte des Bodens. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 152. Jg., 81-84.

ULRICH, B.; PUHE, J., (1993): Auswirkungen der zukünftigen Klimaveränderung auf mitteleuropäische Waldökosysteme und deren Rückkopplung auf den Treibhauseffekt. Forschungszentrum Waldökosysteme der Universität Göttingen. Studienbericht für die Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages. 202 S.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.), (1993): Richtlinie Nr. 3793, Blatt 2, Messen von Vegetationsschäden am natürlichen Standort - Interpretationsschlüssel für die Auswertung von CIR-Luftbildern zur Kronenzustandserfassung von Nadel- und Laubgehölzen. (dtsh., engl., franz.), Düsseldorf, 57 S.

VON WILPERT, K., (1991): Intraannual Variation of Radial Tracheid Diameters as Monitor of Site specific Water Stress. Estratto da 'Dendrochronologia' -9- 1991.

WACHTER, H., (1964): Über die Beziehung zwischen Witterung und Buchenmastjahren. *Forstarchiv*, 35. Jg., 69-78.

WAGNER, F., (1981): Ausmaß und Verlauf des Tannensterbens in Ostbayern von 1975 bis 1980. *Forstliches Centralblatt*, 100. Jg., 148-160.

ZEZSCHWITZ, E.v., (1980): Analytische Kennwerte typischer Humusformen westfälischer Bergwälder. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 143. Jg., 692-700.

ZOTH, R.; BLOCK, J., (1992): Untersuchungen an Wurzelballen sturmgeworfener Bäume in Rheinland-Pfalz. *Forst und Holz*, 47. Jg., Nr.18, 566-571.

Anhang I: Erhebungsdaten auf Waldschadensdauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz (Stand 1992); *Absprache in der "Arbeitsgruppe Dauerbeobachtungsflächen Waldschäden des Bundes und der Länder" mit Ergänzungen.*

Tab. 1: Grundlagendaten

Grundaufnahme	obligatorisch	fakultativ	Abstufung
1. Zuordnungsdaten	<ul style="list-style-type: none"> - Forstdirektion - Forstamtsname - Forstrevier - Waldort - Waldbesitzer - Lage (Gauß-Krüger Koordinaten) 		
2. Standortbeschreibung		<ul style="list-style-type: none"> - Wuchsgebiet - Höhe über NN - Hangrichtung - Hangneigung - Grundform - Standortsfeinkartierung - Humusansprache - Bodenprofilansprache - Trophie - Klimadaten - chemische Analyse von: <ul style="list-style-type: none"> - Nadelproben - Bodenproben 	ab 1990 BZE-Standard
3. Ertragskunde	<ul style="list-style-type: none"> - Baumart - Bestandesalter - Baumklasse nach KRAFT - Brusthöhendurchmesser - Baumhöhe - Kronenlänge, grüne Krone (EST-Definition) - Kronenausbildung - Kronenform 	<ul style="list-style-type: none"> - Bestandesgeschichte - Umfangmeßbänder 	<ul style="list-style-type: none"> 1 = vorherrschend 2 = herrschend 3 = mitherrschend 4 = beherrscht in cm in cm in % der Baumhöhe 1 = schwach 2 = normal 3 = stark 1 = normal 2 = eingeklemmt 3 = einseitig 4 = stark einseitig jährl. Zuwachs in mm

Tab. 2: Vitalitätsaufnahme

Vitalitätsaufnahme	obligatorisch	fakultativ	Abstufung																														
1. Aufnahmesituation	- Aufnahmezeitpunkt Fichte: vor dem Aus- trieb (Frühjahr) Buche: Sommer Eiche : Sommer	Fichte: Herbst Kiefer: Sommer - Namen der Auf- nehmenden (2 Per- sonen) - Witterung - Einschbarkeit der Krone - Lichtverhältnisse am Einzelbaum - Besonderheiten	Datum 1 = sonnig 2 = bewölkt 3 = wechselhaft 4 = diesig 5 = nebelig 6 = Regen 7 = Schneefall } i.d.R. keine korrekte Aufnahme möglich 0 = gut einschbar 1 = Teile der Krone einschbar 2 = schlecht einschbar 0 = Mitlicht 1 = Gegenlicht																														
2. Schadsymptome - Zentrale Erhe- bungsmerkmale	- Verlustprozent - Vergilbung - Schadstufe		in 5 %-Werten in 5 %-Werten (bei Fichte ab 1987, zuvor nur Vergilbungs- stufen, Einteilung wie Nadel- /Blattverluststufe)																														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Nadel-/Blattverlust- Stufe (% Nadel-/Blatt- verlust)</th> <th colspan="3">Kombinationsstufe aus Verlust und Vergilbung der Nadeln und Blätter</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Vergilbung (Anteil der vergilbten Nadel-/ Blattmasse)</th> </tr> <tr> <th>0 - 25 %</th> <th>26 - 60 %</th> <th>61 - 100 %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 (0 - 10 %)</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>1 (11 - 25 %)</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2 (26 - 60 %)</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3 (61 - 99 %)</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>4 (100 %)</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>		Nadel-/Blattverlust- Stufe (% Nadel-/Blatt- verlust)	Kombinationsstufe aus Verlust und Vergilbung der Nadeln und Blätter			Vergilbung (Anteil der vergilbten Nadel-/ Blattmasse)			0 - 25 %	26 - 60 %	61 - 100 %	0 (0 - 10 %)	0	1	2	1 (11 - 25 %)	1	2	2	2 (26 - 60 %)	2	3	3	3 (61 - 99 %)	3	3	3	4 (100 %)	4	4	4
Nadel-/Blattverlust- Stufe (% Nadel-/Blatt- verlust)	Kombinationsstufe aus Verlust und Vergilbung der Nadeln und Blätter																																
	Vergilbung (Anteil der vergilbten Nadel-/ Blattmasse)																																
	0 - 25 %	26 - 60 %	61 - 100 %																														
0 (0 - 10 %)	0	1	2																														
1 (11 - 25 %)	1	2	2																														
2 (26 - 60 %)	2	3	3																														
3 (61 - 99 %)	3	3	3																														
4 (100 %)	4	4	4																														

Tab. 3: Vitalitätsaufnahme

Vitalitätsaufnahme	obligatorisch	fakultativ	Abstufung																																		
	- Dokumentation aus- geschiedener Bäume		6 = lebend entnommen oder nicht bonitiert 7 = ausgefallen, abiotische Ursache 8 = unbekannte Ursache 9 = abgestorben, unter Be- teiligung bekannter biotischer Ursachen (mittlerer bzw. starker Befall)																																		
		<u>Kiefer:</u> - Anzahl und Voll- ständigkeit der Nadel- jahrgänge 1-4	0 = nicht vorhanden 1,0 = 100 % 0,75 = > 50 % der vorhandenen 0,25 = < 50 % Nadelmasse Die Addition der Stufen ergibt den Gesamtbenadelungswert																																		
		- abgestorbenes Feinreisig	1984 bis 1987 in 5 %-Stufen, ab 1989 in folgenden Stufen:																																		
		<u>Dürrestufen:</u> 0 = kein Trockenreisig oder nur vereinzelt im unteren Bereich der Lichtkrone; 1 = mehrere dürre Zweige bis partienweise Trockenreisig im unteren Lichtkronenbe- reich; 2 = partienweise Trockenreisig im unteren Kronenbe- reich, aber auch im oberen Teil der Lichtkrone; 3 = erheblicher Anteil an Trockenreisig im Bereich der gesamten Licht- krone																																			
		- Herleitung des Nadel- verlustrahmens bei der Kiefer																																			
			<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Gesamtbe- nadelungswert</th> <th colspan="4">Dürrestufen</th> </tr> <tr> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥ 2,75</td> <td>0 - 10%</td> <td>15 - 25 %</td> <td colspan="2">30-60%</td> </tr> <tr> <td>2,0 - 2,5</td> <td colspan="2">15 - 25%</td> <td>30-60%</td> <td>≥ 65 %</td> </tr> <tr> <td>1,0 - 1,75</td> <td colspan="3">30 - 60 %</td> <td>≥ 65 %</td> </tr> <tr> <td>0,25 - 0,75</td> <td colspan="4">≥ 65 %</td> </tr> <tr> <td>0,0</td> <td colspan="4">100 %</td> </tr> </tbody> </table>	Gesamtbe- nadelungswert	Dürrestufen				0	1	2	3	≥ 2,75	0 - 10%	15 - 25 %	30-60%		2,0 - 2,5	15 - 25%		30-60%	≥ 65 %	1,0 - 1,75	30 - 60 %			≥ 65 %	0,25 - 0,75	≥ 65 %				0,0	100 %			
Gesamtbe- nadelungswert	Dürrestufen																																				
	0	1	2	3																																	
≥ 2,75	0 - 10%	15 - 25 %	30-60%																																		
2,0 - 2,5	15 - 25%		30-60%	≥ 65 %																																	
1,0 - 1,75	30 - 60 %			≥ 65 %																																	
0,25 - 0,75	≥ 65 %																																				
0,0	100 %																																				
	- Ursache des Aus- scheidens		1 = Windwurf 2 = Schaftbruch, starker Kronenbruch 3 = Borkenkäfer 4 = Hallimasch 5 = Kienzopf 6 = Durchforstung 7 = nicht bonitierbar 8 = nicht definiert 9 = unbekannt																																		

Tab. 4: Vitalitätsaufnahme

Vitalitätsaufnahme	obligatorisch	fakultativ	Abstufung	
Sonstige der Differentialdiagnose dienende Merkmale - biotische Merkmale	- Zeitpunkt des Ausscheidens			
	- letzte Schadstufe vor dem Ausscheiden			
	- letzte Vergilbungsstufe vor dem Ausscheiden			
		-Fruchtifikation	0 = ohne 1 = gering 2 = mittel 3 = stark	
		- Blühanteil (Kiefer)	in 5 %-Werten	
		- Borkenkäferbefall - sonst. Insektenbefall	0 = keine 1 = gering 2 = mittel 3 = stark	
		- Fraßschäden (nur Eiche)	in 5 %-Stufen der vorhandenen Blattmasse	
		- Blattnekrosen	0 = keine 1 = vereinzelt 2 = viele, bis 50 % 3 = an über 50 % d. Blattmasse	ab 1992 in 5 %-Stufen der vorhandenen Blätter
		- braune Nadeln	0 = nicht vorhanden 1 = vorhanden	ab 1992 in 5 %-Stufen der vorhandenen Nadeln
		- Mistelbefall	0 = nicht vorhanden 1 = vorhanden	ab 1992 : 0 = ohne 1 = gering 2 = mittel 3 = stark
	- Kienzopf	0 = nicht vorhanden 1 = vorhanden		

Tabelle 5: Vitalitätsaufnahme

Vitalitätsaufnahme	obligatorisch	fakultativ	Abstufung
- abiotische Merkmale		- Schleimflußflecken	0 = keine 1 = bis 2 2 = > 2
		- Rauborkigkeit (nur Buche)	0 = keine 1 = gering 2 = mittel 3 = stark
		- Stammschäden	0 = ohne 1 = klein, offen 2 = mittel, offen 3 = groß, offen 4 = klein, überwallt 5 = mittel, überwallt 6 = groß, überwallt
		- Kronenbruch	0 = ohne 1 = schwache Schäden 2 = mittlere Schäden 3 = starke Schäden → Ausscheiden des Baumes
		- Sturmschäden (Fichte)	0 = ohne Einfluß 1 = geringer Einfluß 2 = mittlerer Einfluß (deutlich sichtbar) 3 = starker Einfluß (> 50 % der Nadelmasse abgepeitscht)
- Blatt-/Nadelverluste lokalisierende bzw. beschreibende Merkmale (Buche und Eiche)		- Spätfrostschäden an ausgetriebenen Blättern (Eiche)	0 = keine 1 = wenig 2 = mittel 3 = stark
		- Belaubungstyp	0 = Krone "normal" belaubt 1 = Pheripherie schütter, innen belaubt 2 = Innen schütter, Pheripherie belaubt 3 = Gesamtkrone schütter 4 = Gesamtkrone weitgehend kahl

Tabelle 6: Vitalitätsaufnahme

Vitalitätsaufnahme	obligatorisch	fakultativ	Abstufung	
(Kiefer)		- Dürrastbildung 1984 - 1987 ab 1988 "dürre Zweige"	0 = ohne 1 = vereinzelt (bis 5) 2 = häufig (bis 10) 3 = stark (über 10)	
		- Kroneninnenraum - Kronenperipherie		
		- Spiesbildung in der Oberkrone (Buche)	0 = bis 10 % 1 = 11 bis 25 % 2 = 26 bis 60 % 3 = 61 bis 100 %	
		- Vitalitätsstufen nach ROLOFF (Verzweigungsstrukturen) und interne Aufteilung in jeweils drei Bereiche	0 } 1 } Explorationsphase 2 } 3 } Degenerationsphase 4 } 5 } 6 } Stagnationsphase 7 } 8 } 9 } Resignationsphase 10 }	
		- kleine Blätter	0 = nicht vorhanden 1 = vorhanden	} ab 1992 in 5 %-Stufen der vorhandenen Blätter
		- gerollte Blätter	0 = nicht vorhanden 1 = vorhanden	
	- Nadellänge - Trieblänge	0 = normal 1 = überdurchschnittlich lang 2 = deutlich verkürzt		

Tab. 1 Flächencharakterisierung der Fichten-Dauerbeobachtungsflächen

FLNR	FORSTAMT	WALDBESITZER	BONITÄT	ALTER 1989	BS 1989	N	ERSTE AUFNAHME	LETZTE AUFNAHME ¹⁾	DEPO	BDFL	VEGETAT	FLECHTE	STREU	KLIMA-MEßST.
101	Idar-Oberstein	Staat	II.7	112	1,0	97	Herbst 1982		1	1	1	1	1	1
102	Idar-Oberstein	Gde. Schwollen	I.7	92	0,8	108	Herbst 1982		0	0	0	0	0	0
103	Entenpfuhl	Staat	I.3	89	1,0	97	Herbst 1982	Herbst 1989	2	1	2	2	0	1
104	Entenpfuhl	Staat	I.9	90	1,0	118	Herbst 1982	Herbst 1989	0	0	0	0	0	0
105	Adenau	Staat	I.9	90	0,9	107	Herbst 1982		0	0	0	0	0	0
106	Adenau	Staat	II.0	82	0,9	151	Herbst 1982		1	1	1	1	1	1
107	Neuhäusel	Gde. Hillesheim	I.7	92	1,0	124	Herbst 1982		0	0	0	0	0	0
108	Montabaur	Gde. Welschneudorf	I.9	81	0,9	165	Herbst 1982		1	0	0	0	0	0
109	Kirchen	Staat	I.5	94	1,0	100	Herbst 1982	Herbst 1989	0	0	0	0	0	0
110	Kirchen	Hauberg-Genossenschaft, Herdorf	I.5	77	1,0	140	Herbst 1982		1	0	0	1	0	1
111	Wallmerod	Gde. Höhn	0.2	73	1,2	117	Herbst 1982	Herbst 1989	0	1	1	1	0	0
112	Hatzfeld-Wildenburg	Privat	I.6	94	0,9	129	Frühj. 1983	Herbst 1989	0	0	0	0	0	0
113	Hatzfeld-Wildenburg	Privat	I.3	92	0,9	93	Frühj. 1983		0	0	0	0	0	0
121	Morbach	Staat	I.1	89	1,0	102	Herbst 1982		0	0	1	1	0	0
122	Morbach	Staat	II.1	106	1,0	110	Frühj. 1983		1	1	0	1	0	1
123	Irwald	Staat	I.7	88	0,9	87	Herbst 1982		2	0	0	2	0	2
124	Irwald	Staat	0.9	78	0,9	117	Herbst 1982		0	0	0	0	0	0
125	Schneifel	Staat	I.7	83	1,0	99	Herbst 1982		1	1	1	1	1	1
126	Schneifel	Staat	I.4	63	0,9	125	Frühj. 1983		0	0	0	0	0	0
127	Salmwald	Staat	0.9	84	0,9	73	Herbst 1982	Herbst 1989	2	0	0	2	0	1
128	Salmwald	Staat	I.0	70	0,9	145	Herbst 1982		0	0	0	0	0	0
130/31	Hermeskeil	Staat	I.5	65	0,8	215	Herbst 1991		1	1	0	0	0	0
141	Alzey	Staat	I.5	63	0,9	156	Frühj. 1983	Herbst 1989	0	0	0	0	0	0
142	Kirchheimbolanden	Staat	I.2	60	0,8	168	Frühj. 1983	Herbst 1989	2	0	0	0	0	0
143	Waldmohr	Staat	I.9	91	0,8	137	Herbst 1982	Herbst 1989	0	0	0	0	0	1
144	Waldmohr	Staat	0.9	81	0,8	114	Herbst 1982	Herbst 1989	2	0	0	0	0	0
146	Johanniskreuz	Staat	I.7	103	0,8	87	Frühj. 1983	Frühjahr 1992	2	0	0	2	0	1
147	Hardenburg	Staat	I.2	87	0,9	119	Frühj. 1983		0	0	0	1	0	0

Kennzeichnung: 0 = keine Untersuchung
 1 = laufende, bzw. periodische Erhebung
 2 = mittlerweile aufgegebene Untersuchungen

FLNR = Flächennummer
 BS = Bestockungsgrad
 N = Baumzahl bei Untersuchungsbeginn
 DEPO = Depositionsmessung (unterschiedliche Zeiträume)
 BDFL = Bodenintensivuntersuchungsflächen
 VEGETAT = Vegetationskundliche Dauerbeobachtungsflächen
 FLECHTE = Flechtenuntersuchung
 STREU = Streufallmessung inkl. Untersuchung auf Nadelpilzbefall
 KLIMA-MEßST. = Wald-Klimameßstation

1) letzte reguläre Aufnahme einer vollwertigen, d.h. durch Sturm nicht oder nur gering beeinflussten Beobachtungsfläche; Restflächen werden z. T. für Sondererhebungen genutzt.

Tab. 2

Standortcharakterisierung der Fichten-Dauerbeobachtungsflächen

FLNR	FORSTAMT	BODENTYP	GRUNDGESTEIN	FRISCHESTUFE	nWSK (mm)	HÖHE ÜBER NN	NJAHR (mm)	NVEG (mm)	TJAHR (°C)	TVEG (°C)
101	Idar-Oberstein	mittelgründige Braunerde	Taunusquarzit mit Decklehm	ziemlich frisch	58,72	660	1000	380	7	13
102	Idar-Oberstein	tiefgründige Braunerde	Quarzit (Unterdevon)	ziemlich frisch	71,80	610	950	380	7	13
103	Entenpfuhl	mittel-tiefgründige Braunerde	Quarzit mit Decklehm	ziemlich frisch	68,98	610	800	345	7	13
104	Entenpfuhl	mittelgründige Braunerde	Quarzit mit Decklehm	ziemlich frisch	69,79	620	800	340	7	13
105	Adenau	mittelgründige Braunerde	Basaltschutt über Tonschiefer	ziemlich frisch	66,52	680	800	340	7	12
106	Adenau	mittelgründige Braunerde	Grauwacke mit Decklehm	ziemlich frisch	74,30	600	800	350	7	13
107	Neuhäusel	mittelgründige Braunerde	Quarzit (Unterdevon)	mäßig frisch	52,04	510	850	380	7	13
108	Montabaur	mittelgründige Braunerde	Quarzit (Unterdevon)	ziemlich trocken	35,56	470	850	370	8	13
109	Kirchen	mittelgründige Braunerde	Grauwacke (Unterdevon)	frisch	69,54	500	1000	410	8	13
110	Kirchen	mittelgründige Braunerde	Bänderschiefer mit Feldspatbasalt	sehr frisch	92,34	440	1000	420	7	13
111	Wallmerod	tief-sehr tiefgründige Braunerde	Basaltverwitterungslehm	sehr frisch	97,16	495	1080	440	7	13
112	Hatzfeld-Wildenburg	mittelgründige Braunerde	Tonschiefer (Unterdevon)	ziemlich frisch	54,88	300	1000	420	8	14
113	Hatzfeld-Wildenburg	mittelgründige Braunerde	Grauwacke (Unterdevon)	frisch	73,20	460	1150	475	8	13
121	Morbach	mittelgründige Braunerde	Quarzit (Unterdevon)	mäßig frisch	38,22	640	1000	420	6	13
122	Morbach	mittelgründige Braunerde	Drohnerquarzit mit Decklehm	ziemlich frisch	61,20	590	925	390	7	13
123	Irrwald	mittelgründige Braunerde	Quarzit (Unterdevon)	mäßig frisch	44,60	590	1100	450	7	13
124	Irrwald	mittelgründige Braunerde	Tonschiefer über Quarzit	frisch	71,76	570	1100	450	7	13
125	Schneifel	mittelgründige Braunerde	Emsquarzit mit Decklehm	frisch	63,20	690	1050	420	6	12
126	Schneifel	mittelgründige Braunerde	Quarzit mit Decklehm	frisch	67,68	650	1000	400	6	12
127	Salmwald	mittel-tiefgründige Braunerde	Quarzit / Grauwacke	frisch	82,42	630	900	360	7	13
128	Salmwald	mittelgründige Braunerde	Quarzit	frisch	71,03	500	800	355	7	13
130/33	Hermeskeil	tiefgründige Braunerde	Sandstein mit Decklehm	ziemlich frisch	104,3	635	1080	430	6	13
141	Alzey	Parabraunerde-Terra fusca	Löß	ziemlich trocken	72,60	228	525	255	9	14
142	Kirchheimbolanden	mittel-tiefgründige Braunerde	Unterrotliegendes, Lebach-Gruppe	mäßig frisch	107,5	375	680	310	8	14
143	Waldmohr	mittelgründige Braunerde	Tonschiefer (Karbon)	mäßig frisch	71,45	350	800	340	8	15
144	Waldmohr	mittelgründige Braunerde	Tonschiefer (Karbon)	ziemlich frisch	70,38	420	850	335	8	14
146	Johanniskreuz	mittelgründige Braunerde	Hauptbuntsandstein-Karlstal-Schichten	ziemlich frisch	99,85	560	950	410	8	14
147	Hardenburg	mittelgründige Braunerde	Hauptbuntsandstein-Karlstal-Schichten	mäßig frisch	76,58	350	800	345	8	15

FLNR = Flächennummer

NJAHR = Mittlerer Niederschlag/Jahr¹⁾NVEG = Mittlerer Niederschlag/Vegetationsperiode (Mai - Sept.)¹⁾TJAHR = Mittlere Temperatur / Jahr¹⁾TVEG = Mittlere Temperatur / Vegetationsperiode (Mai - Sept.)¹⁾

1) Klimaatlas des Deutschen Wetterdienstes

Zeitraum: 1931 - 1960

nWSK = nutzbare Wasserspeicherkapazität

(nach landesspezifischen Vorgaben, A.Sta. 61; Eder 1979)

Tab. 3

Flächencharakterisierung der Kiefern-Dauerbeobachtungsflächen

FLNR	FORSTAMT	WALDBESITZER	BONITÄT	ALTER 1989	BS 1989	N	ERSTE AUFNAHME	LETZTE AUFNAHME ¹⁾	DEPO	BDFL	VEGETAT	FLECHTE	STREU	KLIMA- MEßST.
301	Waldmohr	Staat	II.5	99	1,1	72	1984	1989	0	0	1	1	1	0
302	Hardenburg	Limburg-Dürkh.-Wald	I.7	126	1,1	85	1984		0	0	0	1	0	0
303	Johanniskreuz	Staat	I.7	114	1,0	71	1984		1	1	1	1	1	0
304	Dahn	Staat	I.0	102	1,0	75	1984		0	0	0	0	0	0
305	Schaidt	Staat	I.1	111	1,2	90	1984		1	1	0	0	0	1
306	Speyer	Gde. Dudenhofen	II.1	103	1,0	105	1984		0	0	0	0	1	0
307	Manderscheid	Staat	0 +	103	1,2	48	1986		0	0	0	0	0	0
308	Altenkirchen	Staat	I.0	108	0,7	62	1986		0	0	0	0	0	0

FLNR

= Flächennummer

BS

= Bestockungsgrad

N

= Baumzahl bei Untersuchungsbeginn

DEPO

= Depositionsmessung (unterschiedliche Zeiträume)

BDFL

= Bodenintensivuntersuchungsflächen

VEGETAT

= Vegetationskundliche Dauerbeobachtungsflächen

FLECHTE

= Flechtenuntersuchung

STREU

= Streufallmessung inkl. Untersuchung auf Nadelpilzbefall

KLIMA-

MEßST.

= Wald-Klimameßstation

Kennzeichnung:

0 = keine Untersuchung

1 = laufende, bzw. periodische Erhebung

2 = mittlerweile aufgegebene Untersuchungen

1) letzte reguläre Aufnahme einer vollwertigen, d.h. durch Sturm nicht oder nur gering beeinflussten Beobachtungsfläche; Restflächen werden z. T. für Sondererhebungen genutzt.

Tab 4:

Standortcharakterisierung der Kiefern-Dauerbeobachtungsflächen

FLNR	FORSTAMT	BODENTYP	GRUNDGESTEIN	FRISCHESTUFE	HÖHE ÜBER NN	NJAHR (mm)	NVEG (mm)	TJAHR (°C)	TVEG (°C)
301	Waldmohr	tiefgründige Braunerde	Hauptbuntsandstein-Rehberg-Schichten	frisch	250	800	335	8	15
302	Hardenburg	mittelgründige Braunerde	Hauptbuntsandstein-Karlstal-Schichten	ziemlich frisch	370	800	350	8	15
303	Johanniskreuz	mittel-tiefgründiger Podsol	Mittlerer Buntsandstein-Karlstal-Schichten	mäßig frisch	550	950	410	8	14
304	Dahn	mittelgründige Braunerde	Hauptbuntsandstein-Rehberg-Schichten	mäßig frisch	390	850	360	8	15
305	Schaidt	mittelgründiger Gley	Bienwaldschotter	mäßig frisch	135	730	320	9	16
306	Speyer	flach-mittelgründige Braunerde	Diluviale Sande	mäßig trocken	106	550	285	9	16
307	Manderscheid	sehr tiefgründige Braunerde	lößüberlagerter Sandstein	frisch	370	750	325	8	14
308	Altenkirchen	mittelgründige Braunerde	Grauwacke, Tonschiefer mit Decklehm	frisch	310	850	385	8	14

- FLNR = Flächennummer
- NJAHR = Mittlerer Niederschlag/Jahr¹⁾
- NVEG = Mittlerer Niederschlag/Vegetationsperiode (Mai - Sept.)¹⁾
- TJAHR = Mittlere Temperatur / Jahr¹⁾
- TVEG = Mittlere Temperatur / Vegetationsperiode (Mai - Sept.)¹⁾

¹⁾ Klimaatlas des Deutschen Wetterdienstes
Zeitraum: 1931-1960

Tab. 5 Flächencharakterisierung der Buchen-Dauerbeobachtungsflächen

FLNR	FORSTAMT	WALDBESITZER	BONITÄT	ALTER 1989	BS 1989	N	ERSTE AUFNAHME	LETZTE AUFNAHME ¹⁾	DEPO	BDFL	VEGETAT	FLECHTE	STREU	KLIMA-MEßST.
201	Idar-Oberstein	Staat	I.0	131	0,7	32	1983		0	0	0	1	0	0
202	Entenpfuhl	Staat	II.0	134	0,9	35	1983	1987	0	0	0	1	0	0
203	Montabaur	Staat	I.6	147	0,8	33	1983		0	0	0	1	0	0
204	Dierdorf	Gde. Kleinmaisheid	0.7	144	0,8	27	1983		0	0	0	0	0	0
205	Schneifel	Staat	I.6	130	0,8	37	1983		0	1	1	1	0	0
206	Salmwald	Staat	I.9	118	0,8	26	1983		0	0	0	1	0	0
207	Waldmohr	Gde. Waldmohr	I.2	123	0,7	23	1983	1987	0	0	0	1	0	0
208	Johanniskreuz	Staat	I.8	129	0,8	41	1983		0	0	0	1	0	0
209	Entenpfuhl	Staat	III.2	124	0,8	41	1987		0	0	1	1	0	0
210	Waldmohr	Gde. Waldmohr	I.3	107	1,0	46	1987		0	1	1	1	0	0
211	Kirchheimbolanden	Staat	I.8	68		116	1991		1	1	1	0	0	1
212	Neuhäusel	Staat	0.9	97	0,9	51	1991		1	1	1	0	1	0
213	Neuhäusel	Staat	I.4	97	0,9	53	1991		1	1	1	0	1	0

FLNR = Flächennummer
 BS = Bestockungsgrad
 N = Baumzahl bei Untersuchungsbeginn
 DEPO = Depositionsmessung (unterschiedliche Zeiträume)
 BDFL = Bodenintensivuntersuchungsflächen
 VEGETAT = Vegetationskundliche Dauerbeobachtungsflächen
 FLECHTE = Flechtenuntersuchung
 STREU = Streufallmessung
 KLIMA-MEßST. = Wald-Klimameßstation
 Kennzeichnung: 0 = keine Untersuchung
 1 = laufende, bzw. periodische Erhebung
 2 = mittlerweile aufgegebene Untersuchungen

1) letzte reguläre Aufnahme einer vollwertigen, d.h. durch Sturm nicht oder nur gering beeinflussten Beobachtungsfläche; Restflächen werden z. T. für Sondererhebungen genutzt.

Tab. 6

Standortcharakterisierung der Buchen-Dauerbeobachtungsfläche

FLNR	FORSTAMT	BODENTYP	GRUNDGESTEIN	FRISCHESTUFE	nWSK (mm)	HÖHE ÜBER NN	NJAHR (mm)	NVEG (mm)	TJAHR (°C)	TVEG (°C)
201	Idar-Oberstein	mittelgründige Braunerde	Quarzit-Blockschutt ü. Tonschiefer	ziemlich frisch	63,52	410	820	335	7	14
202	Entenpfuhl	mittelgründige Braunerde	Quarzit (Unterdevon) mit Decklehm	ziemlich frisch	59,85	570	770	335	7	13
203	Montabaur	mittelgründige Braunerde	Tonschiefer (Unterdevon)	ziemlich frisch	61,36	365	850	380	8	14
204	Dierdorf	tiefgründige Braunerde	Lößdecke über Bims (ü. Tonschiefer)	sehr frisch	102,96	290	800	385	9	14
205	Schneifel	mittel-tiefgründige Braunerde	Tonschiefer mit Decklehm	sehr frisch	75,31	580	1050	420	6	13
206	Salmwald	mittelgründige Braunerde		ziemlich frisch	66,26	620	900	360	7	13
207	Waldmohr	tiefgründige Braunerde	Karbon	mäßig frisch	66,30	330	800	330	8	15
208	Johanniskreuz	mittelgründige Braunerde	Hauptbuntsandstein-Karlstalschichten	ziemlich frisch	82,10	440	900	385	8	14
209	Entenpfuhl	tiefgründige Braunerde	Quarzit	ziemlich frisch		625	800	345	7	13
210	Waldmohr	Podsolige Braunerde	Sandsteine des Oberkarbons	ziemlich frisch	79,40	380	800	330	8	15
211	Kirchheimbolanden	tiefgründige Braunerde	Rhyolith	ziemlich frisch	135,20	597	750	340	7	13
212	Neuhäusel	tiefgründige Braunerde	Bims über Emsquarzit	frisch	225,60	390	850	380	7	14
213	Neuhäusel	tiefgründige Braunerde	Emsquarzit mit Decklehm	frisch	208,60	385	850	380	7	14

FLNR = Flächennummer

NJAHR = Mittlerer Niederschlag/Jahr¹⁾NVEG = Mittlerer Niederschlag/Vegetationsperiode (Mai - Sept.)¹⁾TJAHR = Mittlere Temperatur / Jahr¹⁾TVEG = Mittlere Temperatur / Vegetationsperiode (Mai - Sept.)¹⁾1) Klimaatlas des Deutschen Wetterdienstes
Zeitraum: 1931 - 1960

nWSK = nutzbare Wasserspeicherkapazität (nach landesspezifischen Vorgaben, A.Sta.61; Eder 1979)

Tab. 7

Flächencharakterisierung der Eichen-Dauerbeobachtungsflächen

FLNR	FORSTAMT	WALDBESITZER	BONITÄT	ALTER 1989	BS 198	N	ERSTE AUFNAHME	LETZTE AUFNAHME ¹⁾	DEPO	BDFL	VEGETAT	FLECHTE	STREU	KLIMA- MEßSt.
401	Entenpfuhl	Staat	I.9	101	9	67	1984		0	0	0	1	0	0
402	Irrwald	Staat	II.1	129		57	1984		0	0	0	1	0	0
403	Treis-Brodnenbach	Gde. Treis-Karden	I.5	131		23	1984		0	0	0	0	0	0
404	Wittlich	Staat	O.5	94		51	1984		0	0	0	0	0	0
405	Merzalben	Staat	II.5	184		51	1986		1	1	1	1	1	1
406	Waldmoir	Breitenbach	I.1	102		53	1987		0	0	0	0	0	0
407	Fischbach	Staat	I.0	156		54	1987		0	0	0	0	0	0
408	Schaidt	Staat		91		56	1991		1	1	0	0	0	1

FLNR

= Flächennummer

BS

= Bestockungsgrad

N

= Baumzahl bei Untersuchungsbeginn

DEPO

= Depositionsmessung (unterschiedliche Zeiträume)

BDFL

= Bodenintensivuntersuchungsflächen

VEGETAT

= Vegetationskundliche Dauerbeobachtungsflächen

FLECHTE

= Flechtenuntersuchung

STREU

= Streufallmessung

KLIMA-

MEßSt.

= Wald-Klimameßstation

Kennzeichnung:

0 = keine Untersuchung

1 = laufende, bzw. periodische Erhebung

3 = mittlerweile aufgegebene Untersuchungen

1) letzte reguläre Aufnahme einer vollwertigen, d.h. durch Sturm nicht oder nur gering beeinflussten Beobachtungsfläche; Restflächen werden z.T. für Sondererhebungen genutzt.

Tab. 8

Standortcharakterisierung der Eichen-Dauerbeobachtungsflächen

FLNR	FORSTAMT	BODENTYP	GRUNDGESTEIN	FRISCHESTUFE	nWSK (mm)	HÖHE ÜBER NN	NJAHR (mm)	NVEG (mm)	TJAHR (°C)	TVEG (°C)
401	Entenpfuhl	Pseudogley	Diluvialer Lehm	frisch	132,0	410	700	325	7	14
402	Irrwald	mittelgründige Braunerde	Diluvialer Staublehm	frisch	55,2	550	1100	435	7	13
403	Treis-Brodobach	Braunerde	Grauwacke	ziemlich frisch	90,0	340	600	285	9	14
404	Wittlich	Parabraunerde	Grauwackesandstein mit Quarzit	ziemlich frisch	99,3	355	750	320	8	14
405	Merzalben	tief - sehr tiefgründige Braunerde	Mittlerer Buntsandstein -Karlstal- Schichten	ziemlich frisch		550	950	410	8	14
406	Waldmohr	mittelgründige Braunerde	Sandstein aus den Unterliegenden	mäßig frisch	61,41	415	850	325	8	14
407	Fischbach	tiefgründige Parabraunerde	Hauptbuntsandstein, Rehberg- Schichten, Decklehmmüberlagert	ziemlich frisch		354	900	360	7	15
408	Schaidt	Gley	Bienwald-Schotter	sehr frisch	293,2	129	730	320	9	16

FLNR = Flächennummer

NJAHR = Mittlerer Niederschlag/Jahr¹⁾

NVEG = Mittlerer Niederschlag/Vegetationsperiode (Mai - Sept.)¹⁾

TJAHR = Mittlere Temperatur / Jahr¹⁾

TVEG = Mittlere Temperatur / Vegetationsperiode (Mai - Sept.)¹⁾

¹⁾ Klimaatlas des Deutschen Wetterdienstes
Zeitraum: 1931 - 1960

nWSK = nutzbare Wasserspeicherkapazität (nach landesspezifischen Vorgaben, A.Sta. 61; Eder 1979)

Tab. 1: Nadelspiegelwerte der Fichtenflächen
Mittelwerte und Standardabweichungen (in Klammern)
Erster Nadeljahrgang

FLNR	JAHR	N	P	K	CA	MG	MN	S	CL	AL	FE	ASCH	SI	NA	CD	CU	ZN	PB
101	1984	1,57 (0,23)	0,16 (0,01)	5760 (453)	2314 (602)	528 (102)	1262 (351)	1329,5 (10,6)	534,0 (53,7)	-	63 (2)	-	2500 (283)	11 (1)	-	-	-	-
101	1986	1,53 (0,08)	0,15 (0,00)	5355 (272)	2197 (124)	692 (41)	1159 (7)	1146,0 (41,6)	602,0 (47,8)	78,7 (6,7)	86 (19)	2,67 (0,05)	2833 (115)	26 (5)	0,148 (0,038)	3,4 (0,2)	28 (1)	0,98 (0,16)
102	1984	1,53 (0,23)	0,15 (0,01)	8313 (852)	2765 (676)	648 (110)	823 (95)	1649,3 (284,3)	863,7 (233,8)	-	44 (7)	-	2567 (404)	10 (2)	-	-	-	-
102	1988	1,68 (0,03)	0,13 (0,01)	6950 (776)	2650 (173)	620 (78)	944 (142)	1056,0 (59,6)	579,7 (53,5)	89,7 (4,5)	83 (4)	2,80 (0,11)	2100 (100)	27 (5)	-	-	-	-
103	1984	1,89 (0,12)	0,17 (0,02)	6213 (749)	3654 (894)	721 (32)	2201 (327)	1465,3 (228,2)	522,7 (96,9)	-	55 (12)	-	3933 (473)	9 (3)	-	-	-	-
103	1987	1,44 (0,12)	0,15 (0,01)	4687 (950)	3217 (351)	583 (18)	2167 (58)	1021,3 (72,8)	653,0 (34,7)	110,7 (16,3)	89 (12)	2,90 (0,17)	3100 (520)	12 (2)	0,220 (0,036)	2,4 (0,3)	28 (4)	1,26 (0,36)
104	1984	1,73 (0,21)	0,14 (0,02)	5787 (1620)	3195 (1368)	528 (242)	1889 (618)	1403,3 (118,0)	422,0 (122,7)	-	65 (22)	-	5167 (3502)	22 (10)	-	-	-	-
104	1988	1,56 (0,06)	0,15 (0,00)	5483 (584)	2500 (350)	605 (35)	2217 (252)	931,3 (51,0)	568,0 (75,9)	116,7 (23,0)	94 (24)	2,90 (0,36)	2767 (503)	24 (9)	-	-	-	-
105	1984	1,47 (0,03)	0,13 (0,01)	4287 (549)	3124 (207)	819 (67)	2783 (64)	1325,3 (103,0)	662,0 (92,6)	-	99 (15)	-	3633 (451)	74 (9)	-	-	-	-
105	1988	1,55 (0,04)	0,15 (0,02)	4617 (520)	2683 (189)	720 (95)	1433 (102)	1019,7 (90,2)	683,3 (113,2)	108,3 (11,2)	100 (19)	2,48 (0,25)	1933 (153)	41 (11)	-	-	-	-
106	1984	1,37 (0,12)	0,12 (0,02)	4720 (727)	2949 (288)	797 (77)	1433 (55)	1227,3 (127,9)	589,0 (90,4)	-	103 (15)	-	3700 (100)	69 (7)	-	-	-	-
106	1988	1,51 (0,05)	0,14 (0,00)	4700 (361)	2750 (100)	592 (33)	2633 (104)	990,3 (71,3)	714,3 (112,9)	106,7 (3,1)	109 (11)	2,63 (0,09)	1867 (153)	48 (14)	-	-	-	-
107	1984	1,51 (0,07)	0,12 (0,02)	5767 (404)	4081 (1192)	613 (300)	853 (110)	1667,3 (96,0)	687,7 (86,9)	-	114 (21)	-	6733 (5178)	34 (6)	-	-	-	-
107	1988	1,61 (0,05)	0,14 (0,00)	5917 (208)	2250 (278)	522 (14)	605 (118)	995,3 (22,7)	589,7 (93,8)	114,0 (8,7)	103 (8)	2,61 (0,17)	2767 (56)	23 (5)	-	-	-	-
108	1984	1,63 (0,08)	0,13 (0,01)	5660 (519)	2566 (618)	599 (96)	952 (432)	1794,3 (73,6)	563,7 (60,8)	-	170 (45)	-	3933 (379)	36 (3)	-	-	-	-
108	1986	2,09 (0,08)	0,15 (0,01)	7681 (435)	1982 (271)	568 (22)	659 (257)	1392,3 (47,8)	776,0 (64,8)	83,7 (3,5)	117 (3)	2,93 (0,19)	2800 (173)	48 (14)	0,109 (0,012)	3,6 (0,1)	31 (2)	1,71 (0,30)
109	1988	1,52 (0,04)	0,15 (0,01)	4217 (520)	2100 (50)	638 (36)	1540 (229)	997,7 (6,0)	586,7 (43,2)	104,7 (19,1)	97 (10)	2,04 (0,09)	3100 (100)	22 (6)	-	-	-	-
110	1988	1,54 (0,08)	0,16 (0,01)	4667 (379)	4033 (321)	943 (36)	1950 (200)	1018,3 (53,5)	571,3 (25,0)	106,7 (10,5)	94 (9)	3,22 (0,08)	3800 (100)	42 (10)	-	-	-	-
111	1986	1,76 (0,19)	0,18 (0,01)	5912 (715)	3819 (175)	1161 (77)	423 (9)	1409,7 (37,7)	3803,0 (5366,7)	59,3 (3,1)	78 (5)	3,64 (0,07)	5333 (611)	41 (4)	0,205 (0,015)	2,8 (0,7)	34 (4)	0,82 (0,15)

(N, P in %, übrige Elemente in ppm der Trockensubstanz)

Tab. 1:

Nadelspiegelwerte der Fichtenflächen

Mittelwerte und Standardabweichungen (in Klammern)

Erster Nadeljahrgang

FLNR	JAHR	N	P	K	CA	MG	MIN	S	CL	AL	FE	ASCH	SI	NA	CD	CU	ZN	PB
121	1988	1,57 (0,03)	0,16 (0,01)	6250 (1574)	2400 (229)	662 (215)	477 (95)	1024,0 (115,5)	587,7 (159,1)	96,0 (12,0)	80 (13)	2,49 (0,32)	3033 (153)	23 (11)	-	-	-	-
122	1987	1,39 (0,07)	0,15 (0,01)	5767 (451)	3600 (436)	685 (95)	1390 (185)	1038,3 (45,5)	872,0 (166,0)	122,0 (27,2)	108 (3)	3,07 (0,20)	3400 (500)	17 (8)	0,180 (0,010)	3,1 (0,2)	31 (8)	1,13 (0,06)
123	1987	1,39 (0,14)	0,16 (0,01)	5200 (541)	3200 (819)	528 (38)	345 (118)	1141,0 (110,3)	683,7 (158,4)	123,3 (18,9)	128 (8)	2,69 (0,35)	2833 (306)	19 (7)	0,057 (0,028)	2,9 (0,5)	24 (5)	1,20 (0,10)
124	1988	1,60 (0,12)	0,15 (0,01)	6217 (858)	2617 (379)	500 (51)	625 (40)	939,7 (56,9)	510,0 (28,7)	99,0 (6,9)	104 (9)	2,77 (0,15)	3333 (153)	27 (4)	-	-	-	-
125	1984	1,36 (0,07)	0,12 (0,01)	4680 (760)	2541 (511)	669 (101)	385 (73)	1107,0 (94,7)	589,3 (55,2)	-	59 (9)	-	2467 (404)	39 (3)	-	-	-	-
125	1988	1,57 (0,02)	0,15 (0,02)	4833 (553)	2883 (493)	578 (88)	765 (180)	1022,3 (62,8)	570,3 (70,2)	85,0 (3,0)	72 (5)	2,32 (0,12)	2067 (153)	35 (6)	-	-	-	-
126	1984	1,42 (0,08)	0,12 (0,01)	5260 (401)	1276 (277)	461 (68)	697 (155)	1143,7 (93,2)	488,3 (75,8)	-	61 (13)	-	2333 (681)	27 (3)	-	-	-	-
126	1988	1,74 (0,05)	0,16 (0,01)	5750 (175)	1950 (585)	552 (75)	1098 (437)	1053,0 (108,9)	476,7 (58,7)	64,0 (123,3)	57 (100)	2,42 (2,84)	1567 (2167)	20 (18)	-	-	-	-
127	1984	1,36 (0,05)	0,13 (0,01)	5447 (132)	2789 (87)	735 (73)	1804 (135)	1136,0 (124,4)	619,7 (60,9)	-	93 (4)	-	2600 (153)	67 (3)	-	-	-	-
127	1988	1,40 (0,02)	0,16 (0,01)	4483 (382)	3417 (333)	792 (14)	2150 (520)	892,3 (24,0)	662,0 (131,9)	123,3 (31,1)	100 (8)	2,84 (0,02)	2167 (208)	18 (4)	-	-	-	-
128	1984	1,50 (0,15)	0,13 (0,00)	5673 (293)	2815 (502)	721 (57)	597 (206)	1262,0 (113,5)	510,0 (28,8)	-	67 (14)	-	3300 (436)	35 (9)	-	-	-	-
128	1988	1,58 (0,08)	0,13 (0,01)	6667 (690)	2533 (325)	615 (13)	1097 (148)	967,7 (28,0)	529,3 (83,4)	97,0 (21,8)	66 (2)	2,76 (0,18)	2000 (173)	10 (3)	-	-	-	-
141	1988	1,70 (0,05)	0,12 (0,00)	6483 (501)	4967 (306)	853 (57)	2667 (126)	1185,7 (105,0)	908,3 (410,4)	76,7 (8,1)	79 (3)	4,07 (0,13)	4133 (451)	12 (4)	-	-	-	-
142	1984	1,64 (0,10)	0,15 (0,01)	6157 (1746)	4965 (720)	787 (68)	3320 (765)	1283,0 (100,9)	814,0 (187,9)	-	87 (18)	-	4550 (1310)	26 (8)	-	-	-	-
142	1987	1,49 (0,10)	0,16 (0,02)	6267 (454)	5417 (597)	723 (23)	3317 (293)	1100,3 (34,4)	982,0 (234,7)	98,3 (5,9)	110 (8)	4,13 (0,16)	4333 (231)	15 (3)	0,247 (0,032)	2,8 (0,6)	23 (3)	0,99 (0,10)
143	1988	1,45 (0,02)	0,13 (0,02)	5300 (973)	5583 (1531)	697 (150)	3950 (1169)	1069,3 (54,6)	709,7 (137,2)	99,7 (6,7)	99 (42)	3,81 (0,17)	3733 (404)	16 (14)	-	-	-	-
144	1984	1,61 (0,20)	0,15 (0,01)	5990 (804)	4591 (831)	950 (136)	3394 (229)	1506,0 (138,4)	570,3 (130,9)	-	174 (38)	-	4467 (4843)	28 (19)	-	-	-	-
144	1986	1,76 (0,19)	0,15 (0,01)	6300 (630)	3156 (223)	614 (71)	2489 (376)	1332,7 (143,2)	1017,3 (280,3)	96,7 (3,5)	112 (17)	3,49 (0,12)	3567 (58)	19 (1)	0,107 (0,013)	2,7 (0,1)	36 (7)	1,06 (0,11)
146	1987	1,34 (0,18)	0,16 (0,01)	5600 (854)	3533 (454)	603 (78)	1340 (60)	1142,0 (44,9)	739,7 (46,2)	129,3 (5,5)	126 (6)	3,03 (0,09)	3233 (473)	12 (4)	0,098 (0,023)	2,9 (0,3)	31 (3)	2,17 (1,00)
147	1988	1,67 (0,12)	0,16 (0,01)	5617 (1032)	4283 (247)	638 (34)	3983 (231)	1141,0 (57,8)	1060,3 (185,8)	82,7 (9,1)	69 (13)	3,81 (0,21)	3500 (100)	9 (4)	-	-	-	-

(N, P in %, übrige Elemente in ppm der Trockensubstanz)

Tab. 2

Nadelspiegelwerte der Fichtenflächen Mittelwerte und Standardabweichungen (in Klammern)

Dritter Nadeljahrgang

FLNR	JAHR	N	P	K	CA	MG	MN	S	CL	AL	FE	ASCH	SI	NA	CD	CU	ZN	PB
101	1984	1,10 (0,12)	0,11 (0,01)	3800 (141)	2152 (266)	284 (23)	1130 (359)	1290,5 (161,9)	267,0 (56,6)	-	107 (1)	-	7200 (283)	37 (7)	-	-	-	-
101	1986	1,45 (0,13)	0,10 (0,01)	4245 (394)	4375 (153)	357 (41)	1775 (61)	1074,7 (16,8)	6798,9 (5544,2)	179,0 (21,9)	124 (27)	4,01 (0,12)	7900 (458)	74 (29)	0,120 (0,007)	1,9 (0,1)	30 (10)	1,64 (0,45)
102	1984	1,55 (0,14)	0,12 (0,01)	6420 (1146)	2944 (623)	323 (61)	681 (58)	1801,7 (295,7)	577,0 (207,5)	-	78 (12)	-	7567 (666)	29 (7)	-	-	-	-
102	1988	1,67 (0,07)	0,09 (0,01)	5333 (306)	2850 (361)	247 (41)	800 (226)	1249,0 (81,9)	453,3 (68,4)	202,3 (4,9)	116 (13)	3,93 (0,16)	8767 (306)	51 (11)	-	-	-	-
103	1984	1,61 (0,10)	0,13 (0,02)	3973 (640)	5481 (1866)	351 (36)	3219 (758)	1487,0 (164,5)	332,7 (56,6)	-	76 (16)	-	9967 (3150)	18 (10)	-	-	-	-
103	1987	1,18 (0,07)	0,09 (0,01)	3583 (252)	4117 (325)	327 (44)	2567 (252)	982,0 (95,0)	426,0 (65,0)	173,7 (22,9)	107 (9)	4,19 (0,14)	8700 (520)	24 (5)	0,177 (0,021)	1,4 (0,3)	19 (2)	1,77 (0,57)
104	1984	1,51 (0,03)	0,12 (0,02)	4947 (352)	1819 (133)	483 (216)	1147 (72)	1555,0 (167,6)	374,7 (166,7)	-	89 (41)	-	6000 (3345)	40 (42)	-	-	-	-
104	1988	1,43 (0,02)	0,11 (0,01)	4533 (236)	3317 (404)	304 (33)	2833 (535)	941,0 (41,3)	525,3 (113,5)	20- (10,5)	124 (28)	4,39 (0,37)	9233 (702)	28 (7)	-	-	-	-
105	1984	1,30 (0,04)	0,10 (0,01)	3600 (466)	4556 (75)	409 (64)	3761 (424)	1510,7 (161,2)	463,0 (12,5)	-	98 (7)	-	9567 (987)	103 (12)	-	-	-	-
105	1988	1,39 (0,02)	0,10 (0,01)	3600 (361)	4350 (444)	397 (38)	2073 (241)	1090,3 (84,8)	588,3 (153,1)	197,7 (17,7)	81 (59)	3,97 (0,29)	7433 (351)	105 (31)	-	-	-	-
106	1984	1,24 (0,09)	0,09 (0,01)	4127 (70)	3487 (536)	399 (32)	1601 (183)	1350,0 (85,7)	464,3 (74,4)	-	105 (12)	-	9633 (751)	140 (7)	-	-	-	-
106	1988	1,41 (0,09)	0,11 (0,01)	3550 (265)	4450 (50)	313 (23)	3583 (737)	1050,7 (33,9)	683,7 (154,9)	182,0 (12,3)	133 (3)	3,99 (0,06)	6167 (208)	121 (21)	-	-	-	-
107	1984	1,36 (0,06)	0,12 (0,00)	5120 (301)	5860 (451)	572 (17)	881 (163)	1780,3 (71,3)	591,3 (45,3)	-	109 (8)	-	7033 (473)	38 (12)	-	-	-	-
107	1988	1,49 (0,06)	0,10 (0,01)	5317 (451)	2933 (451)	245 (17)	560 (865)	1109,0 (171,0)	429,0 (435,7)	181,7 (6,5)	127 (129)	4,04 (0,24)	9367 (10367)	58 (51)	-	-	-	-
108	1984	1,36 (0,04)	0,10 (0,01)	4960 (453)	2811 (909)	292 (11)	865 (493)	1717,0 (84,0)	435,7 (90,8)	-	129 (19)	-	10367 (513)	51 (13)	-	-	-	-
108	1986	1,77 (0,06)	0,10 (0,01)	6192 (334)	2790 (455)	304 (5)	701 (280)	1419,3 (89,3)	605,3 (25,7)	154,7 (6,4)	163 (6)	3,93 (0,17)	8167 (252)	74 (21)	0,082 (0,014)	2,7 (0,4)	28 (11)	3,02 (0,50)
109	1988	1,35 (0,04)	0,11 (0,01)	3750 (796)	3583 (759)	315 (0)	2383 (828)	1112,7 (42,5)	514,7 (96,0)	204,3 (10,6)	127 (5)	3,72 (0,56)	9033 (723)	86 (21)	-	-	-	-
110	1988	1,36 (0,06)	0,11 (0,01)	3533 (208)	6933 (551)	575 (88)	2967 (257)	1018,7 (8,1)	522,7 (60,9)	186,3 (18,7)	118 (17)	5,82 (0,11)	11467 (231)	200 (67)	-	-	-	-
111	1988	1,42 (0,05)	0,11 (0,01)	4968 (165)	6884 (762)	746 (167)	467 (101)	1394,3 (131,8)	554,0 (34,4)	111,3 (2,5)	99 (4)	5,90 (0,05)	12933 (777)	86 (31)	0,149 (0,033)	1,8 (0,3)	22 (3)	1,39 (0,15)

(N, P in %, übrige Elemente in ppm der Trockensubstanz)

Nadelspiegelwerte der Fichtenflächen
Mittelwerte und Standardabweichungen (in Klammern)
Dritter Nadeljahrgang

FLNR	JAHR	N	P	K	CA	MG	MN	S	CL	AL	FE	ASCH	SI	NA	CD	CU	ZN	PB
121	1988	1,42 (0,04)	0,11 (0,01)	5483 (791)	3000 (893)	338 (227)	413 (126)	1048,0 (115,3)	388,7 (133,0)	202,7 (3,8)	117 (15)	3,80 (0,20)	8633 (907)	65 (19)	-	-	-	-
122	1987	1,32 (0,09)	0,11 (0,01)	4533 (301)	4033 (586)	327 (33)	1250 (145)	950,0 (53,8)	532,0 (102,1)	176,3 (18,6)	119 (8)	4,13 (0,27)	8967 (702)	21 (11)	0,113 (0,012)	1,8 (0,1)	18 (2)	1,37 (0,21)
123	1987	1,22 (0,02)	0,10 (0,01)	5033 (586)	3467 (629)	215 (40)	252 (69)	1120,3 (127,0)	406,3 (41,4)	178,3 (30,3)	139 (9)	3,72 (0,15)	7833 (839)	41 (6)	0,024 (0,012)	2,3 (0,9)	15 (3)	1,73 (0,32)
124	1988	1,34 (0,10)	0,11 (0,00)	5867 (535)	3300 (709)	212 (23)	632 (145)	963,3 (48,6)	409,3 (28,0)	221,7 (33,3)	146 (12)	4,10 (0,42)	9000 (985)	63 (5)	-	-	-	-
125	1984	1,29 (0,05)	0,10 (0,01)	5160 (106)	4093 (779)	368 (58)	472 (149)	1370,7 (138,4)	433,0 (71,1)	-	70 (8)	-	6533 (1079)	50 (13)	-	-	-	-
125	1988	1,42 (0,07)	0,11 (0,01)	4367 (562)	3967 (661)	287 (38)	802 (166)	1055,7 (85,0)	399,3 (102,8)	154,3 (12,7)	89 (6)	3,19 (0,11)	5333 (503)	85 (32)	-	-	-	-
126	1984	1,30 (0,02)	0,10 (0,01)	5420 (284)	1467 (172)	264 (21)	800 (244)	1553,0 (137,4)	366,0 (55,1)	-	80 (10)	-	5967 (306)	54 (9)	-	-	-	-
126	1988	1,53 (0,07)	0,12 (0,01)	5083 (404)	2150 (400)	242 (24)	1113 (377)	1102,7 (82,6)	446,3 (47,7)	145,7 (15,2)	83 (2)	3,10 (0,20)	5267 (252)	46 (18)	-	-	-	-
127	1984	1,26 (0,09)	0,09 (0,01)	4467 (780)	1835 (137)	309 (137)	2659 (580)	1414,3 (152,3)	429,0 (33,4)	-	86 (14)	-	6700 (2066)	87 (8)	-	-	-	-
127	1988	1,26 (0,02)	0,11 (0,00)	3917 (104)	6050 (507)	467 (13)	3433 (757)	981,3 (30,7)	574,7 (109,5)	207,7 (33,2)	139 (15)	4,57 (0,07)	7167 (643)	62 (21)	-	-	-	-
128	1984	1,32 (0,12)	0,10 (0,01)	5733 (546)	4089 (1189)	393 (41)	645 (112)	1677,7 (350,6)	410,7 (35,5)	-	106 (28)	-	9133 (289)	66 (18)	-	-	-	-
128	1988	1,42 (0,08)	0,10 (0,01)	5833 (708)	2633 (637)	285 (23)	1050 (36)	1054,0 (74,9)	369,3 (38,3)	202,3 (44,6)	97 (8)	3,65 (0,17)	7033 (208)	21 (4)	-	-	-	-
141	1988	1,48 (0,11)	0,08 (0,00)	4833 (153)	7950 (577)	563 (90)	3667 (76)	1243,0 (215,1)	1168,7 (636,3)	147,7 (9,0)	141 (11)	6,30 (0,20)	11767 (462)	46 (5)	-	-	-	-
142	1984	1,38 (0,12)	0,11 (0,01)	3690 (637)	8986 (1257)	569 (58)	5577 (1774)	1181,8 (70,6)	803,3 (317,8)	-	128 (29)	-	8883 (2853)	75 (36)	-	-	-	-
142	1987	1,40 (0,09)	0,10 (0,01)	4050 (377)	6030 (4452)	567 (55)	5000 (726)	1052,3 (81,6)	1009,3 (395,3)	158,3 (14,8)	158 (13)	6,51 (0,14)	11500 (721)	56 (18)	0,207 (0,036)	1,7 (0,1)	16 (2)	1,63 (0,21)
143	1988	1,20 (0,02)	0,10 (0,02)	3750 (1143)	9483 (1005)	487 (42)	6200 (1169)	1185,0 (127,4)	650,7 (186,2)	189,0 (5,3)	127 (10)	6,73 (0,50)	11900 (1136)	32 (8)	-	-	-	-
144	1984	1,36 (0,05)	0,12 (0,01)	3663 (694)	8513 (828)	591 (250)	6254 (737)	1901,0 (173,3)	312,7 (80,4)	-	193 (28)	-	7750 (3160)	94 (43)	-	-	-	-
144	1986	1,50 (0,08)	0,11 (0,01)	4793 (153)	5688 (780)	406 (78)	4201 (304)	1490,3 (227,6)	904,0 (245,6)	199,0 (35,2)	155 (31)	5,19 (0,36)	9200 (900)	55 (28)	0,103 (0,017)	1,9 (0,2)	44 (16)	2,44 (0,99)
145	1984	1,64 (0,05)	0,11 (0,01)	6080 (347)	5235 (130)	568 (177)	669 (194)	1734,3 (148,7)	264,7 (120,4)	-	59 (2)	-	7800 (2007)	24 (8)	-	-	-	-
146	1987	1,16 (0,11)	0,10 (0,01)	4767 (506)	3933 (325)	330 (56)	1387 (32)	1227,3 (153,7)	489,0 (22,3)	192,3 (16,0)	116 (6)	4,17 (0,04)	8467 (115)	19 (8)	0,072 (0,007)	2,0 (0,3)	19 (3)	2,20 (0,89)
147	1988	1,31 (0,05)	0,12 (0,01)	3900 (721)	8133 (375)	332 (18)	7233 (621)	1159,7 (107,2)	945,7 (166,2)	176,7 (14,6)	106 (22)	6,41 (0,20)	10300 (1200)	29 (16)	-	-	-	-

(N, P in %, übrige Elemente in ppm der Trockensubstanz)

Tab. 3: Nadelspiegelwerte der Kiefernflächen (1992)
Mittelwerte und Standardabweichungen (in Klammern)

Erster Nadeljahrgang

FLNR	N	C	P	K	CA	MG	MN	S	CL	AL	FE	ASCH	SI	NA	CD	CU	ZN	PB
302	1,54 (0,16)	51,0 (0,4)	0,104 (0,006)	4863 (445)	2870 (366)	965 (88)	468 (62)	1158 (88)	279 (44)	197 (25)	143 (13)	2,17 (0,17)	933 (58)	30 (4)	0,147 (0,021)	3,4 (0,3)	57 (4)	1,23 (0,13)
303	1,70 (0,09)	51,6 (0,4)	0,101 (0,007)	4647 (85)	2900 (645)	796 (50)	254 (48)	1069 (60)	266 (40)	166 (24)	165 (53)	2,03 (0,04)	533 (58)	54 (9)	0,160 (0,017)	3,7 (0,1)	61 (5)	2,04 (0,60)
304	1,50 (0,05)	51,5 (0,4)	0,108 (0,004)	5323 (208)	2877 (535)	864 (78)	223 (34)	1046 (66)	292 (7)	203 (41)	117 (11)	2,27 (0,10)	700 (173)	42 (16)	0,150 (0,026)	3,2 (0,4)	63 (12)	1,34 (0,07)
305	1,91 (0,25)	51,5 (0,4)	0,110 (0,007)	5670 (312)	1960 (178)	665 (156)	222 (54)	1170 (66)	262 (30)	160 (1)	115 (13)	2,10 (0,09)	267 (681)	48 (4)	0,077 (0,012)	3,7 (0,1)	50 (4)	1,06 (0,11)
306	1,71 (0,13)	51,7 (0,3)	0,136 (0,004)	5430 (416)	3137 (155)	972 (153)	369 (40)	1168 (22)	306 (25)	243 (31)	111 (18)	2,36 (0,16)	733 (115)	51 (6)	0,140 (0,010)	3,8 (0,3)	48 (6)	1,20 (0,25)
307	1,52 (0,06)	50,5 (0,3)	0,096 (0,002)	3967 (316)	1547 (170)	530 (26)	751 (38)	923 (30)	284 (1)	167 (31)	117 (27)	2,16 (0,22)	-100 (693)	33 (1)	0,070 (0,006)	2,8 (0,5)	43 (2)	1,09 (0,24)
308	1,77 (0,12)	50,5 (0,4)	0,103 (0,014)	4423 (712)	2583 (340)	677 (97)	1467 (86)	1013 (57)	322 (39)	194 (23)	107 (21)	2,69 (0,23)	367 (777)	39 (5)	0,227 (0,031)	3,1 (0,4)	42 (1)	1,25 (0,09)

(N, P in %, übrige Elemente in ppm der Trockensubstanz)

Tab. 4: Nadelspiegelwerte der Kiefernflächen (1992)
Mittelwerte und Standardabweichungen (in Klammern)

Zweiter Nadeljahrgang

FLNR	N	C	P	K	CA	MG	MN	S	CL	AL	FE	ASCH	SI	NA	CD	CU	ZN	PB
302	1,65 (0,09)	51,2 (0,1)	0,106 (0,004)	4627 (676)	5423 (196)	831 (84)	823 (90)	1243 (49)	249 (41)	221 (35)	185 (21)	2,93 (0,13)	1067 (153)	89 (8)	0,200 (0,062)	3,1 (0,2)	79 (14)	1,59 (0,24)
303	1,98 (0,03)	51,4 (0,4)	0,104 (0,009)	4063 (172)	4980 (1118)	702 (49)	422 (91)	1169 (33)	289 (24)	181 (6)	206 (34)	2,90 (0,68)	700 (100)	81 (65)	0,187 (0,075)	3,6 (0,1)	82 (8)	2,27 (0,61)
304	1,67 (0,16)	51,7 (0,6)	0,112 (0,006)	5007 (148)	5403 (842)	716 (64)	393 (40)	1168 (56)	275 (19)	232 (34)	155 (12)	3,01 (0,38)	900 (100)	115 (24)	0,170 (0,079)	3,6 (0,5)	94 (12)	1,65 (0,22)
305	2,07 (0,12)	52,5 (0,7)	0,108 (0,008)	4847 (335)	3293 (441)	495 (114)	329 (88)	1260 (53)	226 (19)	176 (30)	157 (11)	2,21 (0,18)	800 (361)	81 (16)	0,103 (0,021)	4,0 (0,3)	60 (9)	1,73 (0,24)
306	1,69 (0,17)	51,7 (0,7)	0,131 (0,002)	4837 (353)	4933 (890)	811 (203)	517 (81)	1215 (47)	243 (44)	329 (52)	158 (23)	2,95 (0,16)	1167 (153)	108 (17)	0,150 (0,020)	3,8 (0,2)	58 (5)	1,92 (0,30)
307	1,86 (0,16)	51,2 (0,7)	0,093 (0,006)	3407 (372)	2393 (340)	373 (27)	1145 (167)	1036 (59)	258 (9)	177 (17)	129 (34)	3,00 (0,74)	267 (666)	78 (10)	0,073 (0,017)	2,2 (0,4)	45 (4)	0,95 (0,58)
308	1,96 (0,06)	50,5 (0,6)	0,098 (0,015)	3977 (560)	3947 (540)	493 (57)	2297 (311)	1121 (69)	319 (22)	217 (20)	155 (33)	3,41 (0,71)	300 (721)	99 (9)	0,303 (0,021)	3,0 (0,6)	49 (2)	1,55 (0,24)

(N, P in %, übrige Elemente in ppm der Trockensubstanz)

Tab. 5:

Blattspiegelwerte der Buchenflächen (1992)

Mittelwerte und Standardabweichung (in Klammern)

FLNR	N	C	P	K	CA	MG	MN	S	CL	AL	FE	ASCH	SI	NA	CD	CU	ZN	PB
201	2,31 (0,12)	49,6 (0,7)	0,120 (0,026)	7500 (248)	5257 (941)	593 (48)	2797 (202)	1351 (64)	188 (8)	63 (4)	112 (7)	4,41 (0,27)	4833 (451)	50 (10)	0,033 (0,014)	5,7 (0,4)	23 (2)	0,80 (0,10)
203	2,35 (0,08)	49,7 (0,5)	0,098 (0,002)	7993 (1456)	4993 (336)	431 (55)	2097 (1157)	1448 (42)	268 (19)	64 (17)	105 (3)	4,28 (0,33)	6300 (1825)	74 (13)	0,030 (0,010)	5,5 (0,5)	20 (1)	0,63 (0,15)
204	2,30 (0,02)	48,8 (0,3)	0,106 (0,005)	10173 (996)	8387 (1311)	339 (255)	1557 (210)	1370 (60)	211 (42)	67 (4)	127 (23)	5,72 (0,33)	8167 (513)	67 (7)	0,033 (0,015)	3,8 (0,2)	20 (1)	0,73 (0,12)
205	2,56 (0,13)	49,9 (0,3)	0,134 (0,007)	6300 (860)	5960 (1276)	708 (267)	3097 (366)	1487 (124)	307 (44)	59 (6)	140 (5)	3,75 (0,37)	2767 (208)	109 (18)	0,047 (0,021)	5,4 (0,4)	23 (2)	0,83 (0,21)
206	2,38 (0,06)	49,4 (0,4)	0,117 (0,008)	5840 (53)	6840 (1063)	980 (157)	3393 (1219)	1476 (129)	263 (11)	69 (10)	130 (9)	3,93 (0,27)	2400 (361)	77 (11)	0,053 (0,006)	5,0 (0,2)	25 (2)	1,03 (0,06)
208	2,39 (0,07)	50,0 (0,3)	0,094 (0,002)	6533 (1216)	4933 (369)	893 (102)	2043 (474)	1535 (43)	255 (10)	58 (5)	126 (19)	3,72 (0,27)	4233 (351)	46 (7)	0,037 (0,006)	6,0 (0,3)	22 (1)	0,87 (0,55)
209	2,45 (0,16)	50,2 (0,3)	0,107 (0,006)	7630 (778)	4400 (471)	353 (37)	2843 (391)	1592 (53)	277 (15)	71 (4)	130 (20)	4,08 (0,32)	5433 (814)	78 (10)	0,047 (0,012)	6,3 (0,6)	25 (3)	0,93 (0,32)
210	2,26 (0,07)	49,9 (0,3)	0,117 (0,008)	8343 (266)	7177 (60)	1277 (225)	3040 (688)	1459 (68)	319 (62)	34 (10)	143 (22)	5,05 (0,13)	5600 (265)	80 (27)	0,050 (0,010)	4,4 (0,1)	26 (4)	1,10 (0,20)

(N, P in %, übrige Elemente in ppm der Trockensubstanz)

Tab. 6:

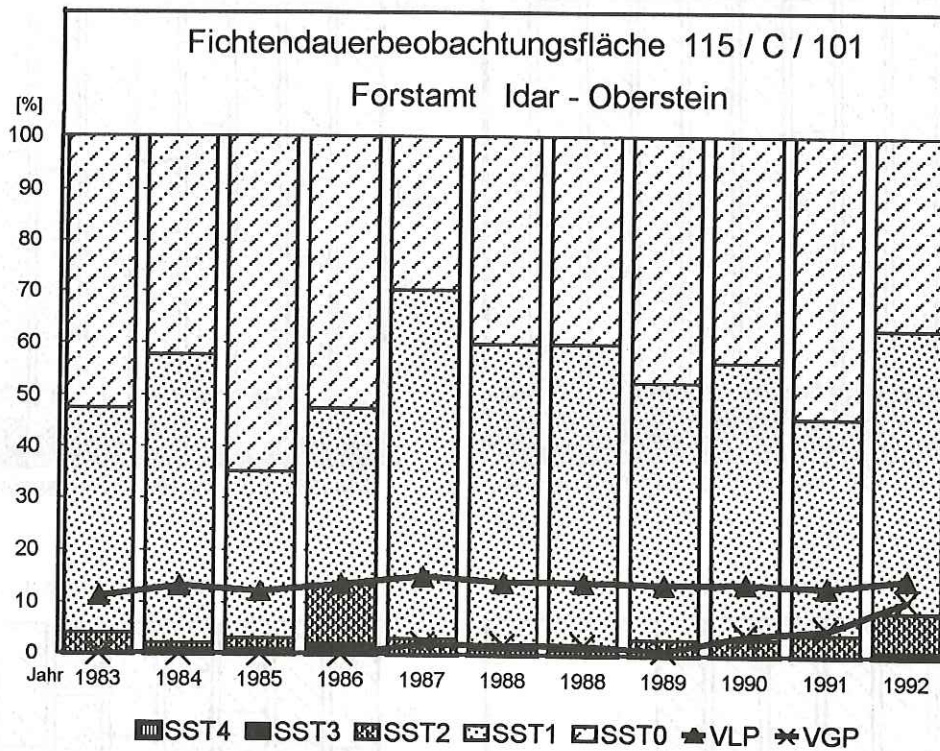
Blattspiegelwerte der Eichenflächen (1992)

Mittelwerte und Standardabweichungen (in Klammern)

FLNR	N	C	P	K	CA	MG	MN	S	CL	AL	FE	ASCH	SI	NA	CD	CU	ZN	PB
401	2,45 (0,17)	48,9 (0,2)	0,104 (0,002)	6230 (209)	4423 (351)	1470 (26)	2877 (81)	1439 (56)	455 (122)	67 (4)	119 (2)	4,11 (0,31)	4333 (1365)	23 (5)	0,080 (0,010)	4,5 (0,4)	18 (1)	0,39 (0,08)
402	2,70 (0,16)	50,5 (0,3)	0,077 (0,007)	5010 (332)	3033 (256)	950 (44)	1220 (289)	1588 (89)	318 (9)	68 (8)	142 (17)	3,61 (1,73)	1667 (231)	19 (3)	0,037 (0,006)	5,1 (0,1)	20 (2)	0,38 (0,15)
403	2,65 (0,05)	48,7 (0,1)	0,139 (0,004)	7743 (440)	4847 (350)	1077 (99)	2177 (290)	1518 (52)	269 (31)	53 (4)	120 (9)	4,75 (0,23)	6767 (586)	16 (2)	0,057 (0,038)	4,8 (0,5)	20 (2)	0,35 (0,13)
404	2,39 (0,27)	49,7 (0,5)	0,109 (0,007)	7023 (721)	4597 (258)	2057 (83)	779 (350)	1488 (155)	318 (20)	58 (7)	103 (13)	3,86 (0,31)	3400 (755)	21 (3)	0,073 (0,025)	4,7 (0,6)	22 (4)	0,54 (0,10)
405	2,75 (0,05)	-	-	6941 (144)	2898 (657)	1364 (184)	2211 (409)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
406	2,66 (0,16)	49,9 (0,6)	0,144 (0,004)	6927 (464)	4443 (431)	1247 (180)	2190 (296)	1646 (96)	311 (58)	84 (3)	145 (8)	3,91 (0,22)	3800 (436)	25 (6)	0,093 (0,029)	6,0 (0,2)	22 (1)	0,80 (0,05)
407	2,41 (0,34)	49,2 (0,2)	0,100 (0,001)	8867 (689)	3307 (143)	1133 (70)	1543 (352)	1397 (26)	320 (17)	63 (5)	83 (8)	3,96 (0,08)	3733 (321)	10 (2)	0,070 (0,030)	5,3 (0,2)	22 (1)	0,36 (0,02)

(N, P in %, übrige Elemente in ppm der Trockensubstanz)

Anhang IV, Beispiel

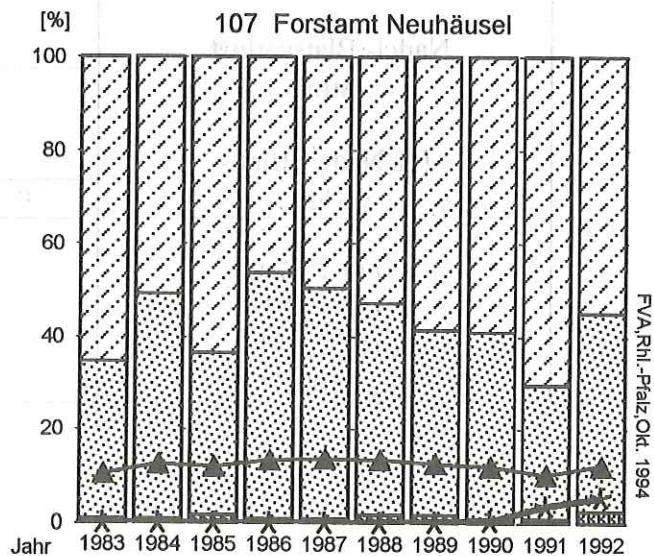
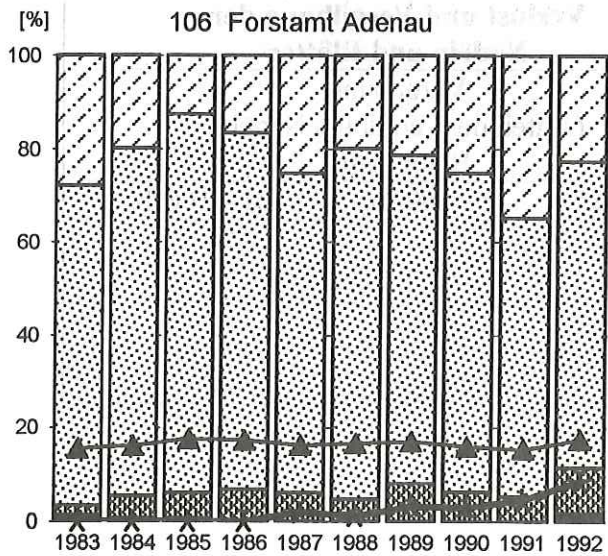
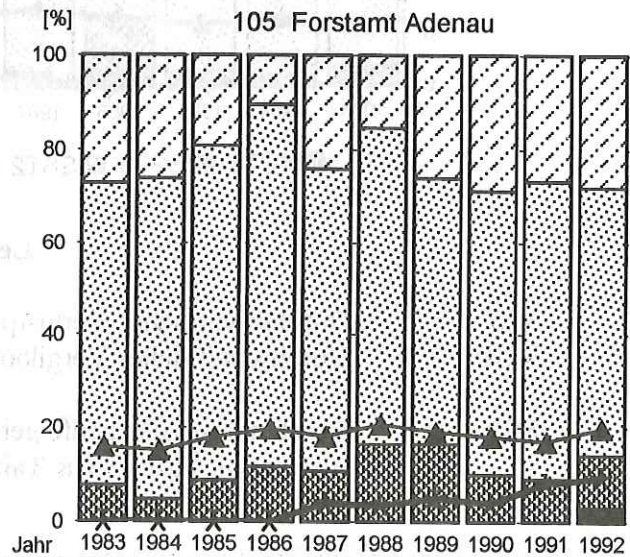
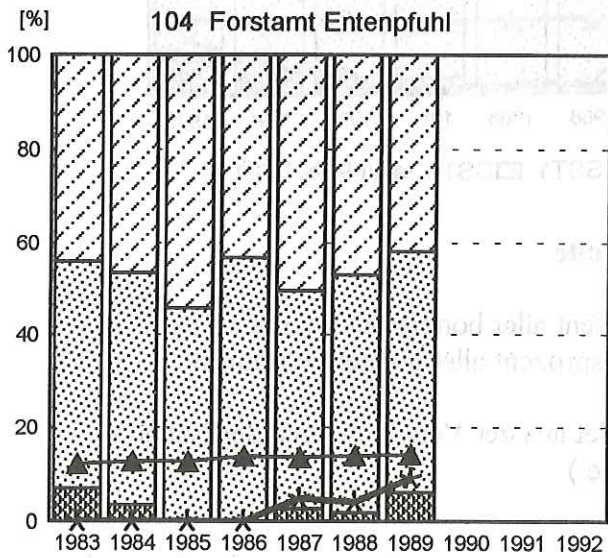
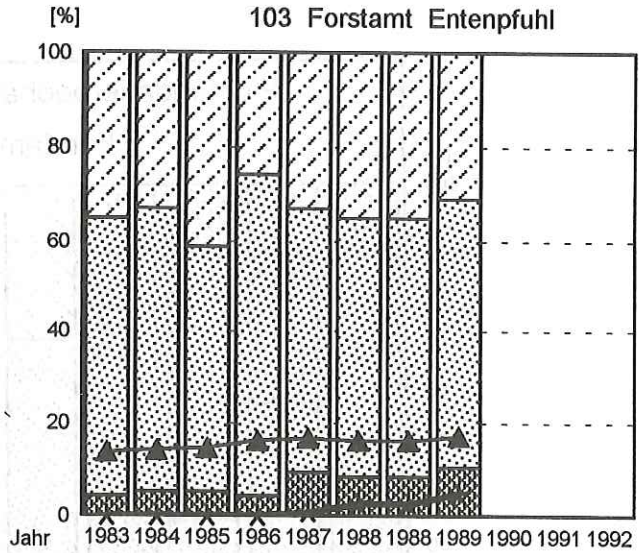
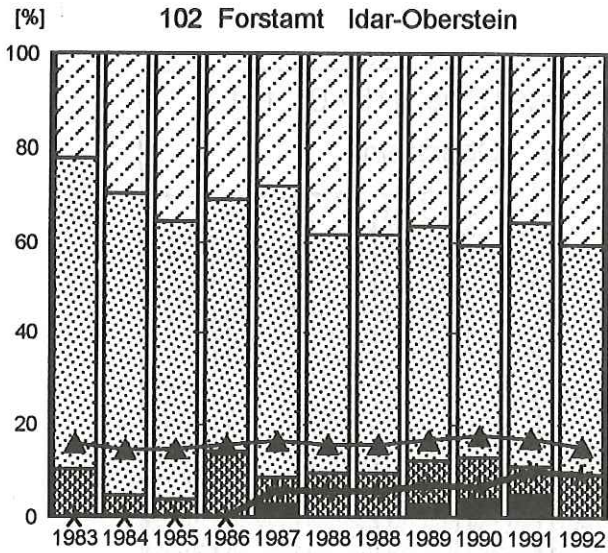


Legende

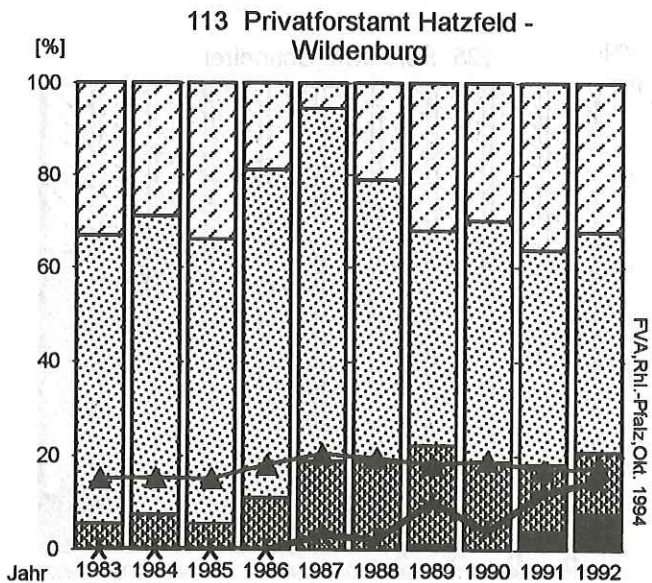
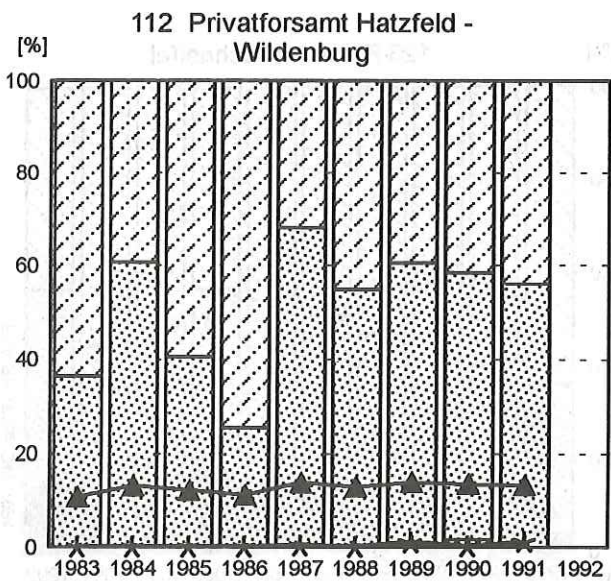
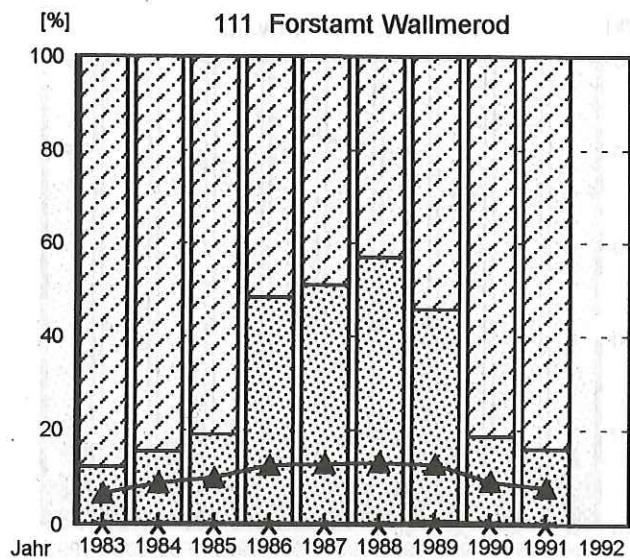
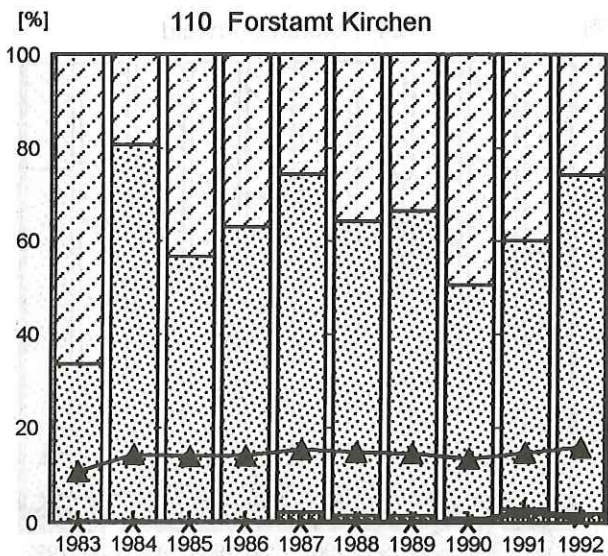
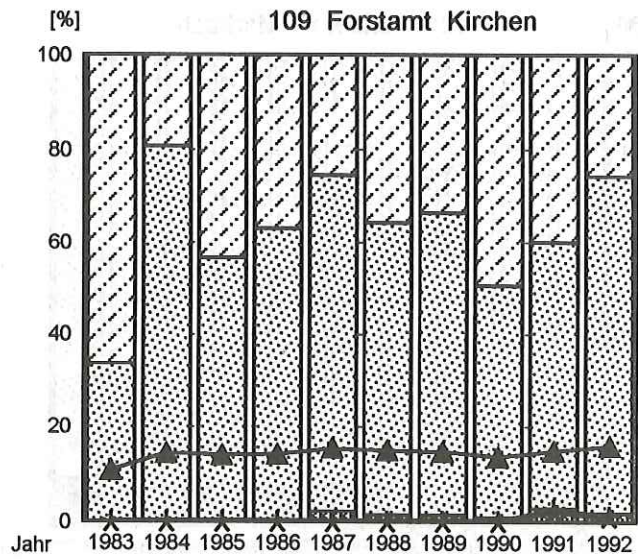
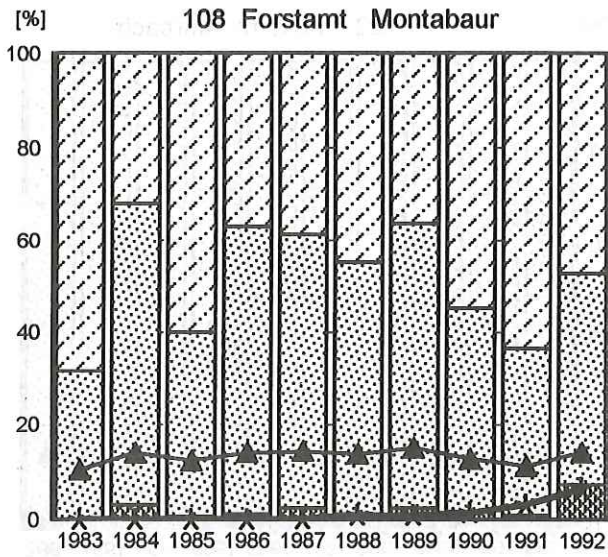
- VLP = Durchschnittliches Verlustprozent aller bonitierten Bäume
VGP = Durchschnittliches Vergilbungsprozent aller bonitierten Bäume
SST = Kombinierte Schadstufe gebildet aus der Vergilbung und der Nadel- / Blattverluststufe (siehe Tabelle)

Nadel-/Blattverlust- Stufe (% Nadel-/Blatt- verlust)	Kombinationsstufe aus Verlust und Vergilbung der Nadeln und Blätter		
	Vergilbung (Anteil der vergilbten Nadel-/ Blattmasse)		
	0 - 25 %	26 - 60 %	61 - 100 %
0 (0 - 10 %)	0	1	2
1 (11 - 25 %)	1	2	2
2 (26 - 60 %)	2	3	3
3 (61 - 99 %)	3	3	3
4 (100 %)	4	4	4

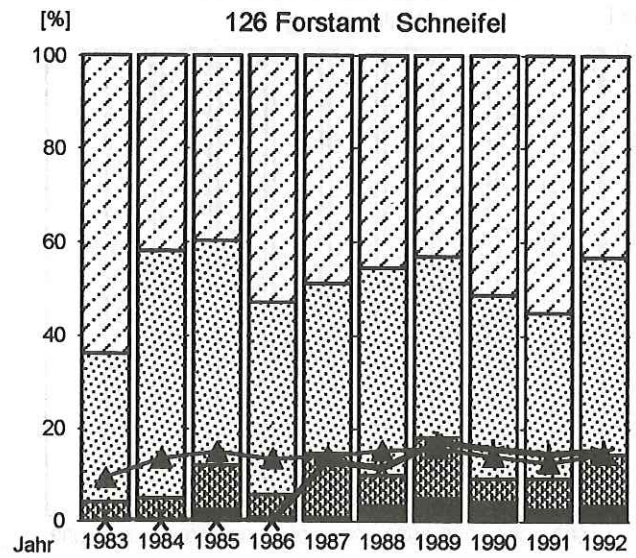
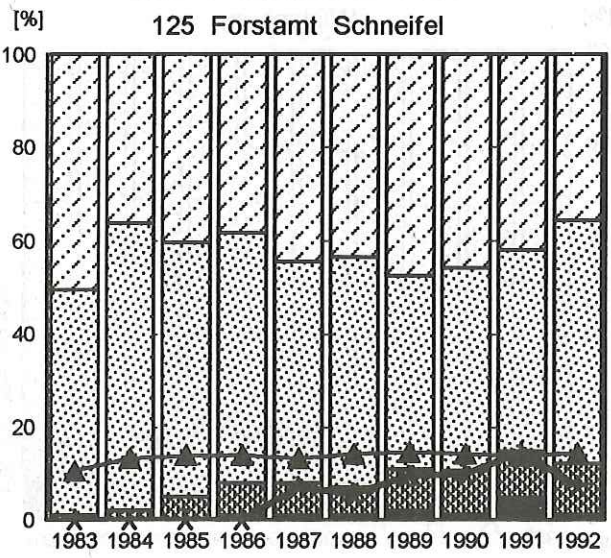
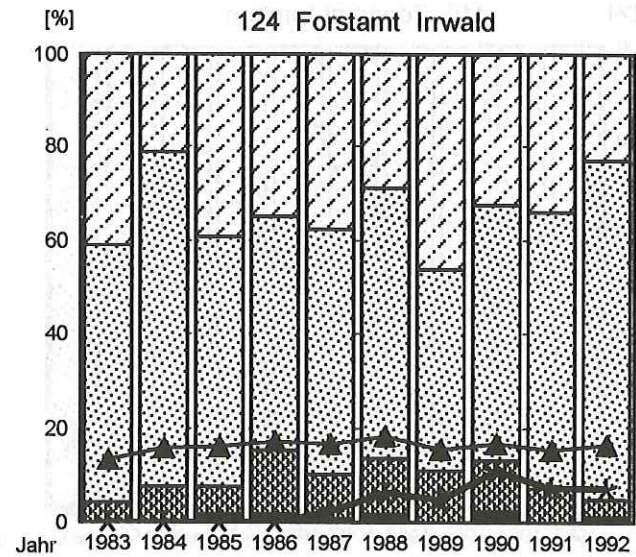
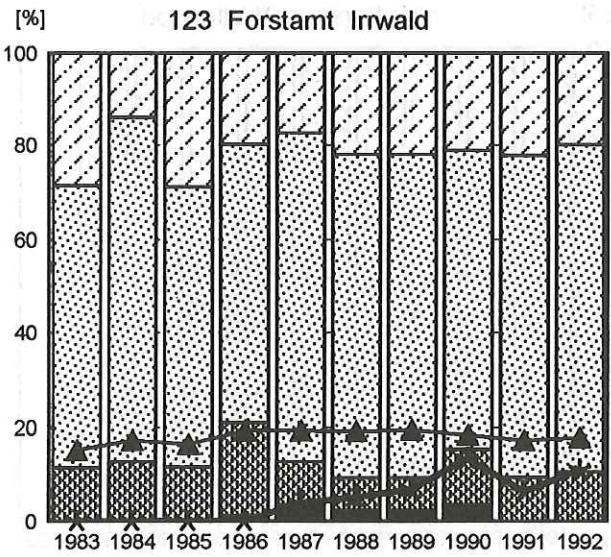
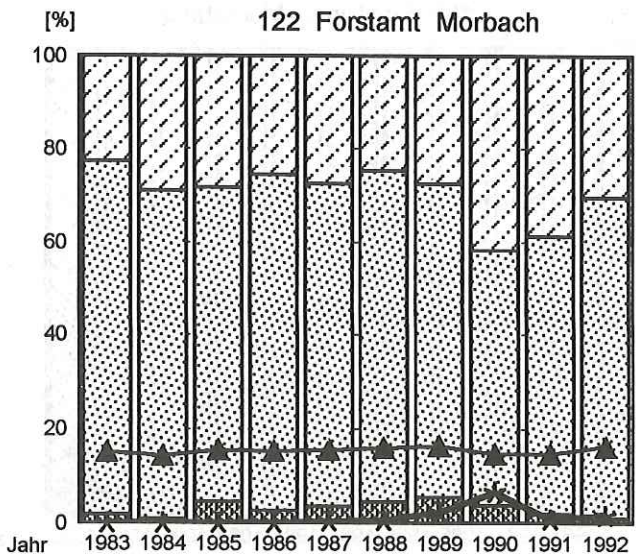
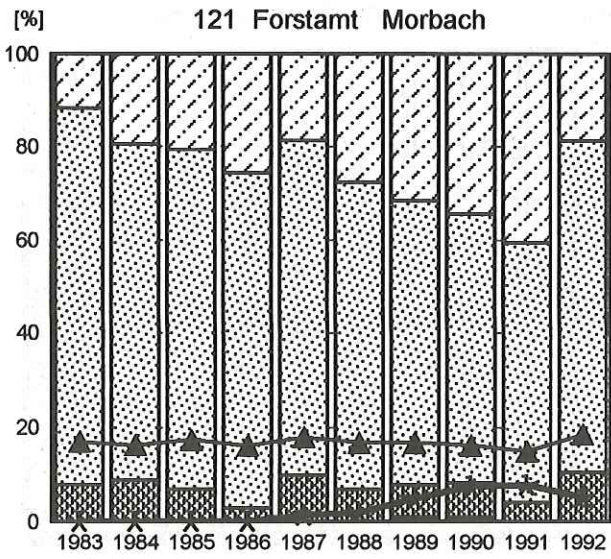
Fichtendauerbeobachtungsflächen



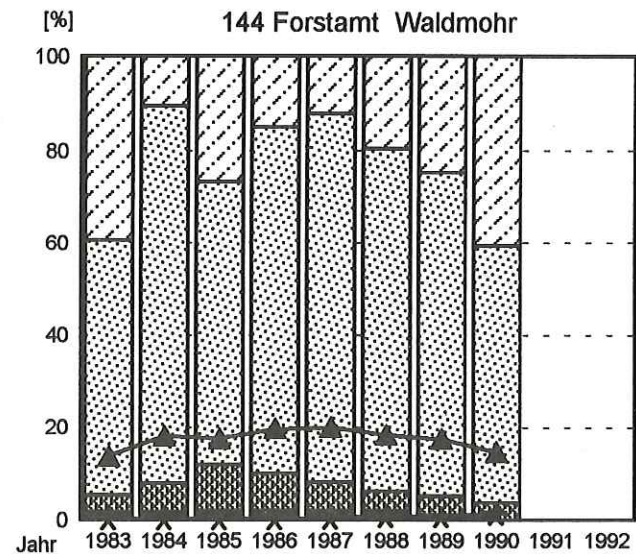
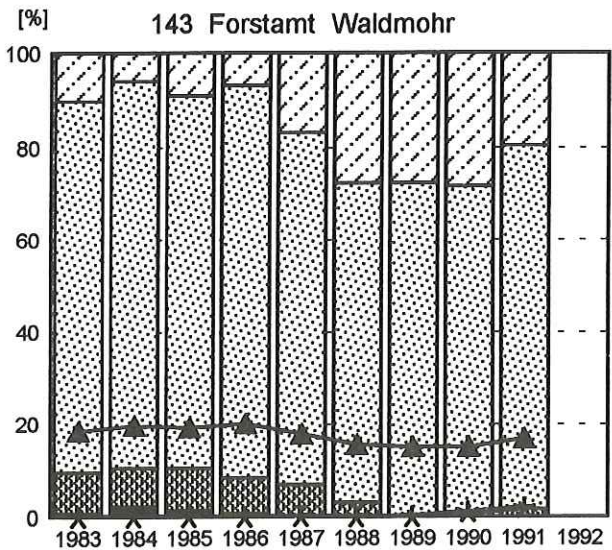
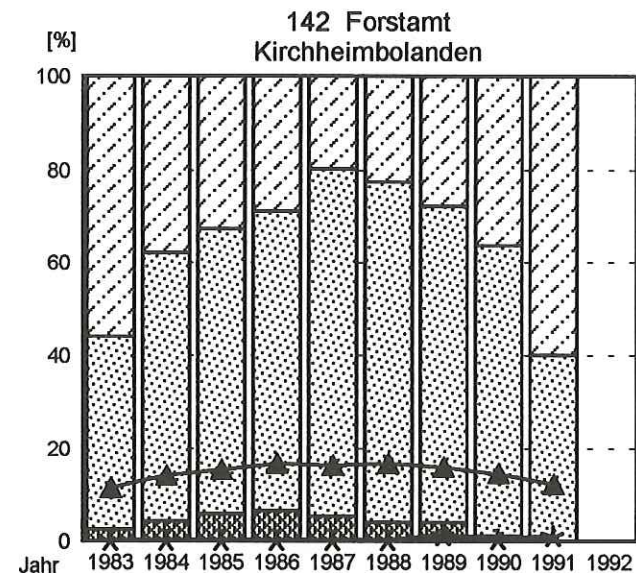
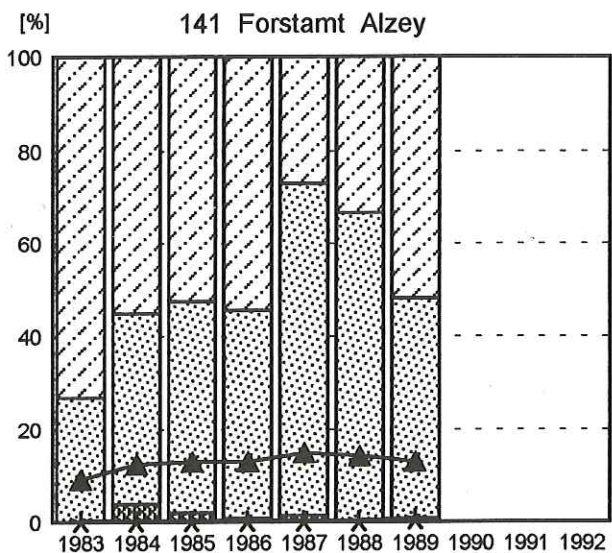
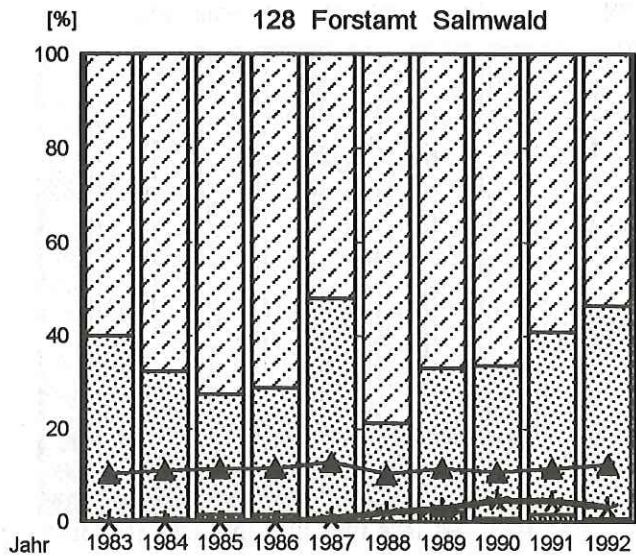
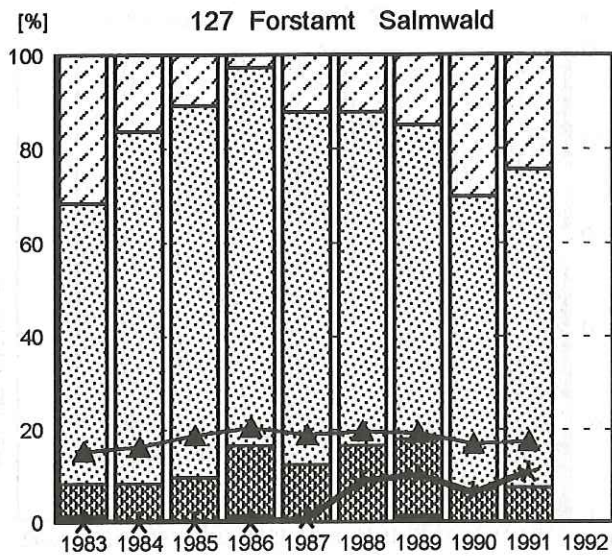
Fichtendauerbeobachtungsflächen



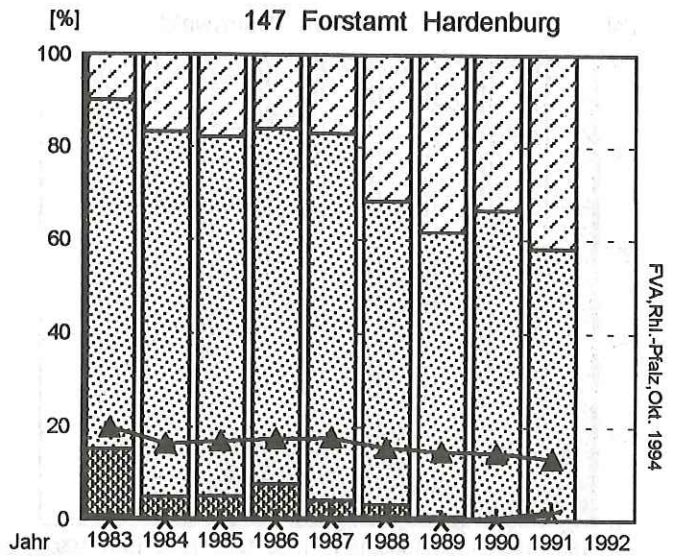
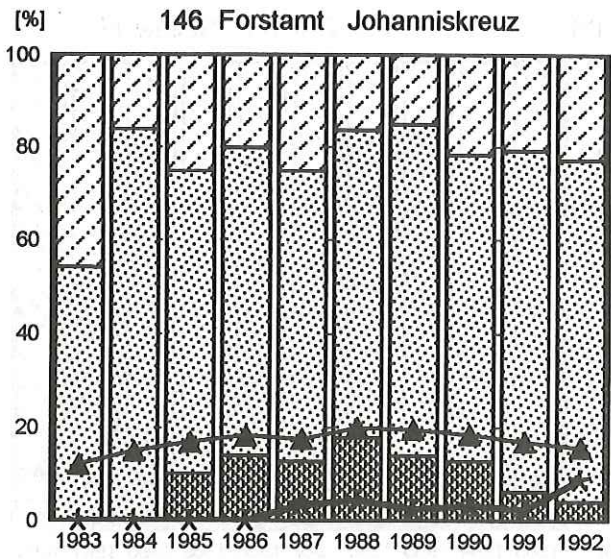
Fichtendauerbeobachtungsflächen



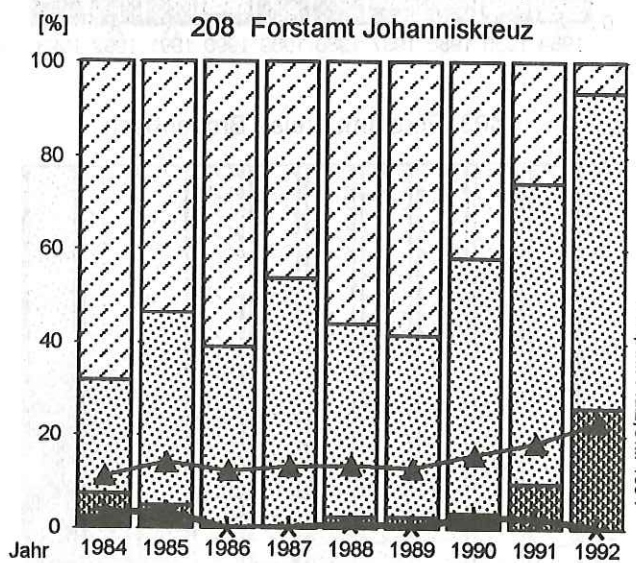
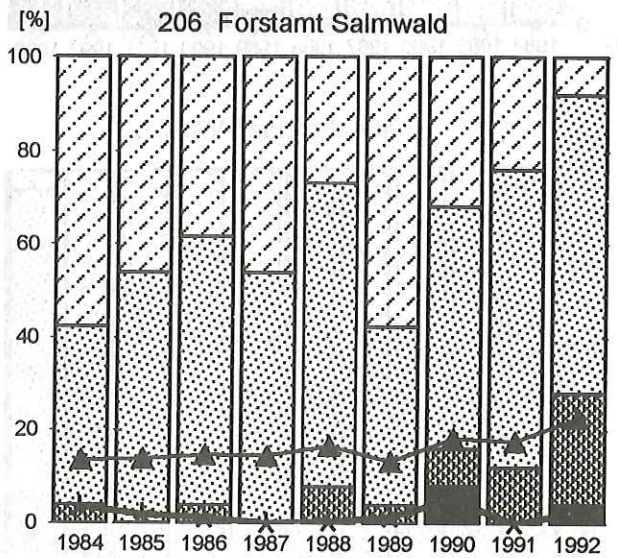
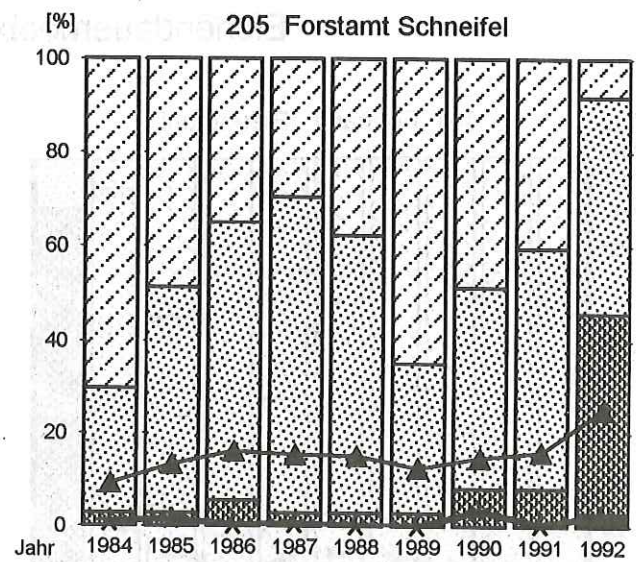
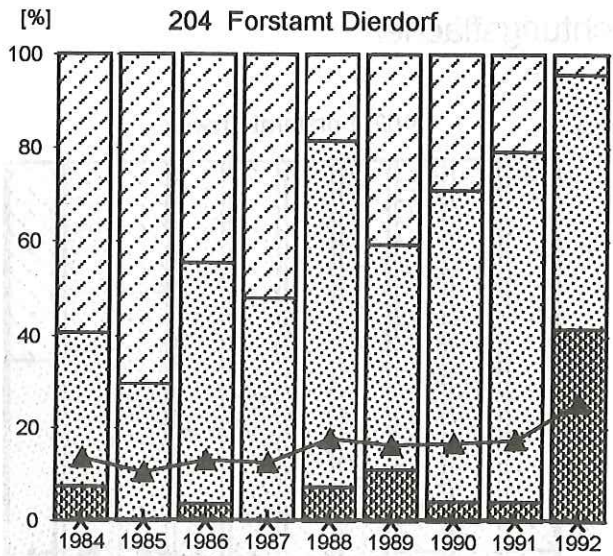
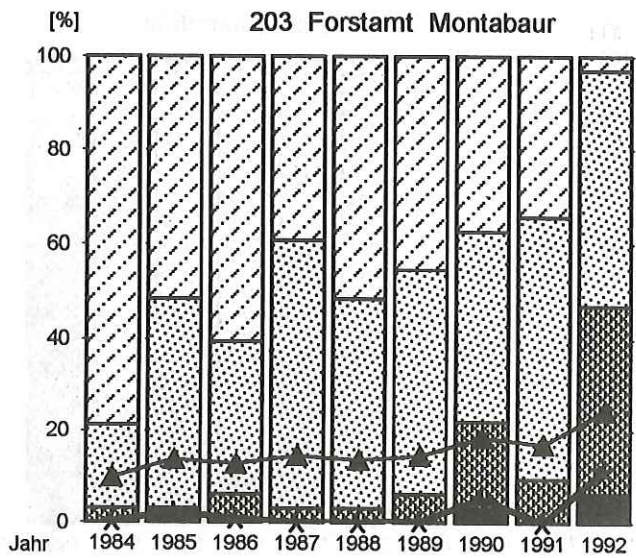
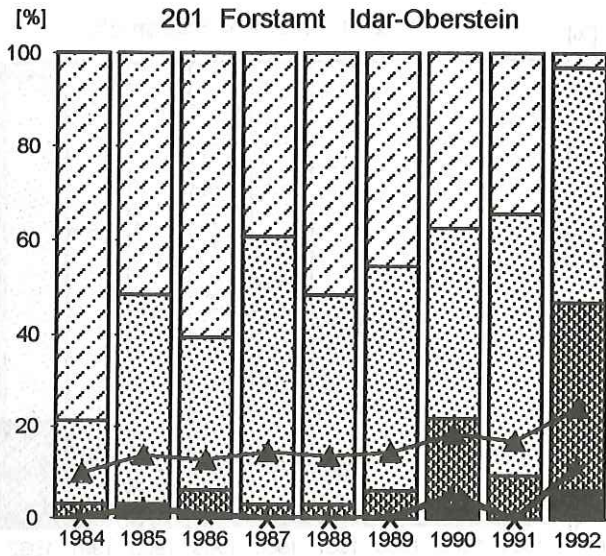
Fichtendauerbeobachtungsflächen



Fichtendauerbeobachtungsflächen

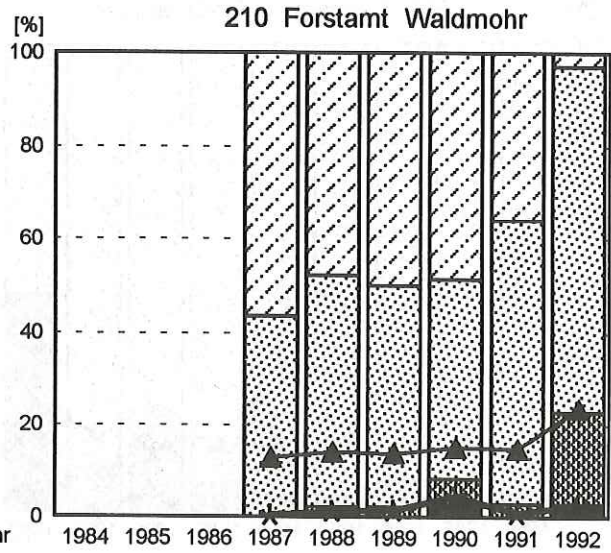
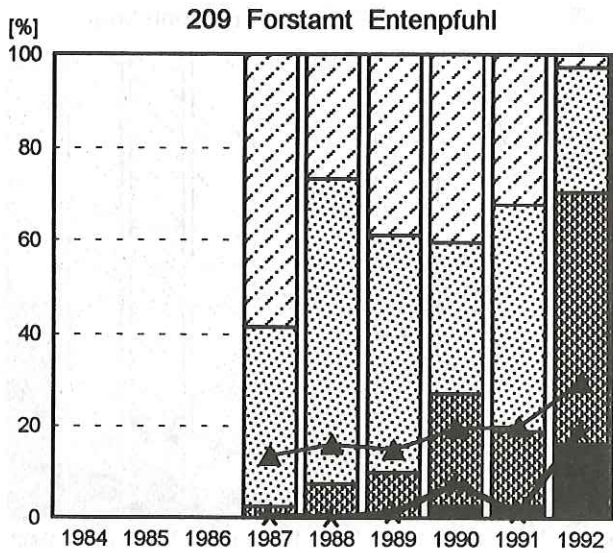


Buchendauerbeobachtungsflächen

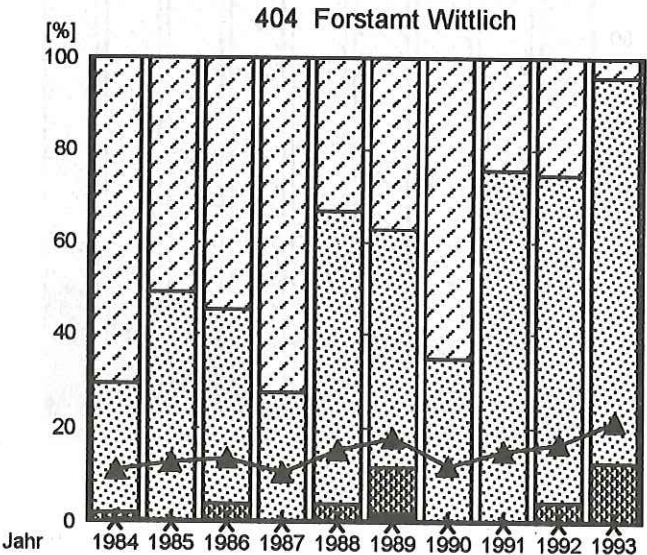
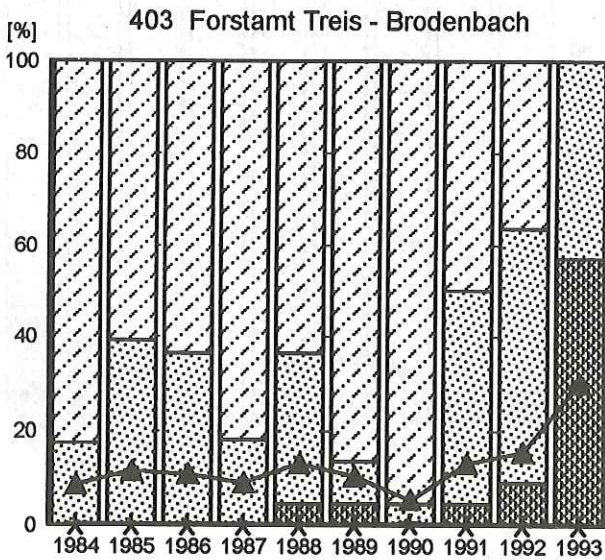
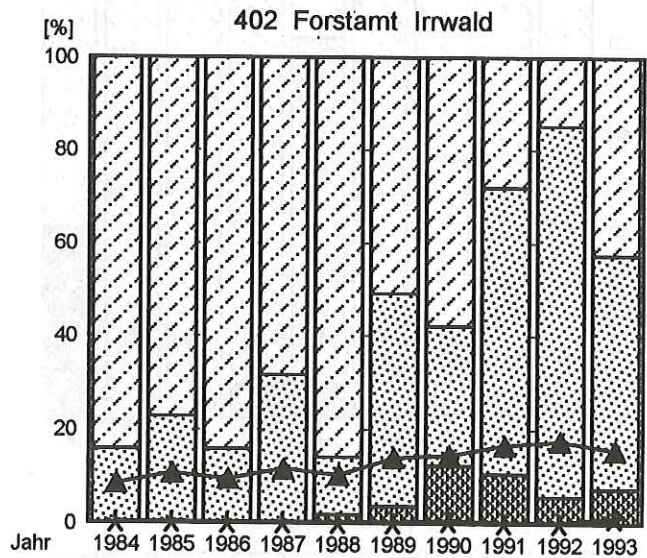
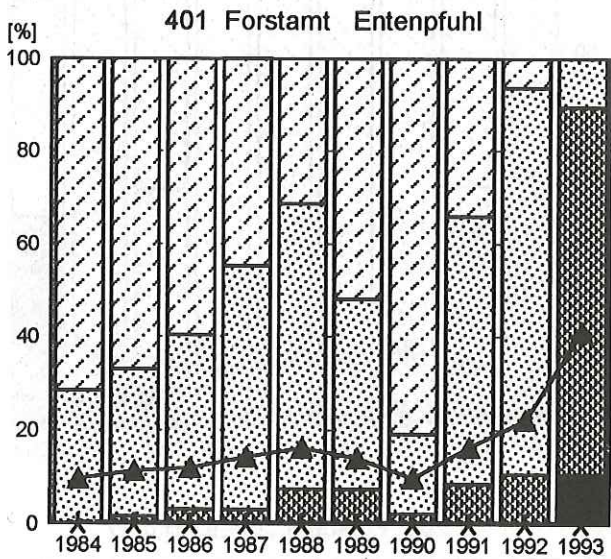


FVA/RM - Platz/OK: 1994

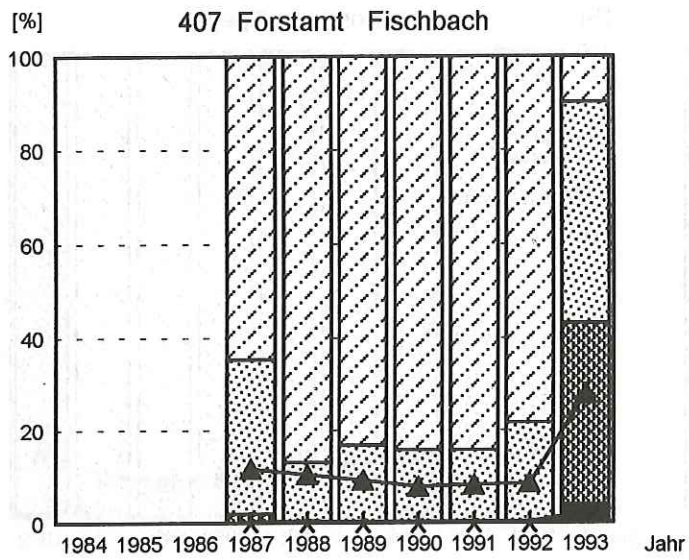
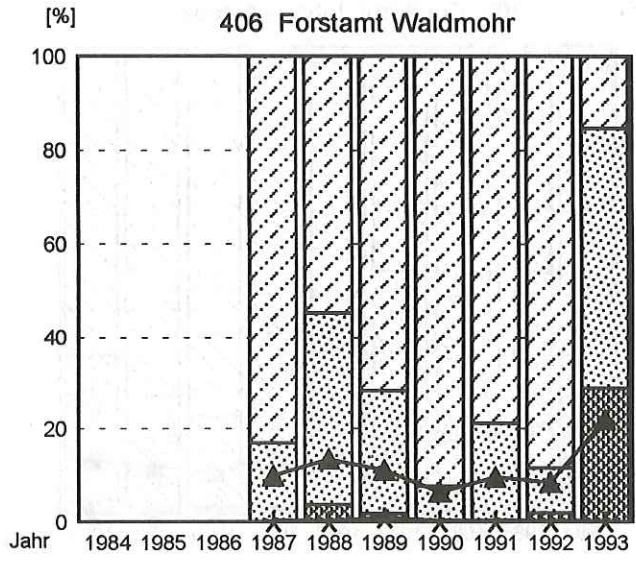
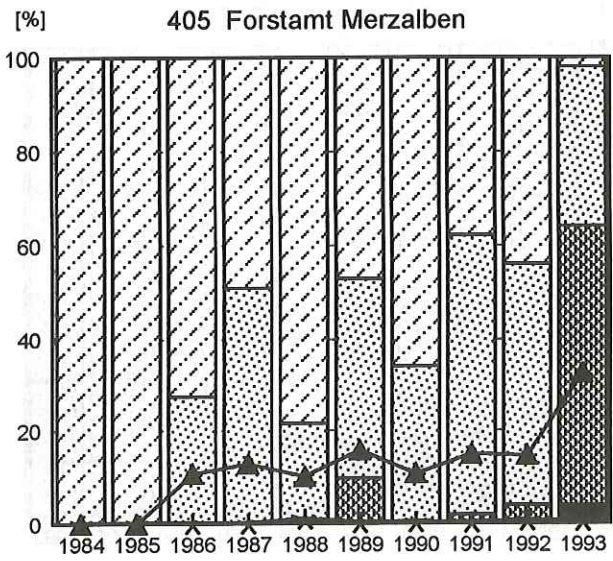
Buchendauerbeobachtungsflächen



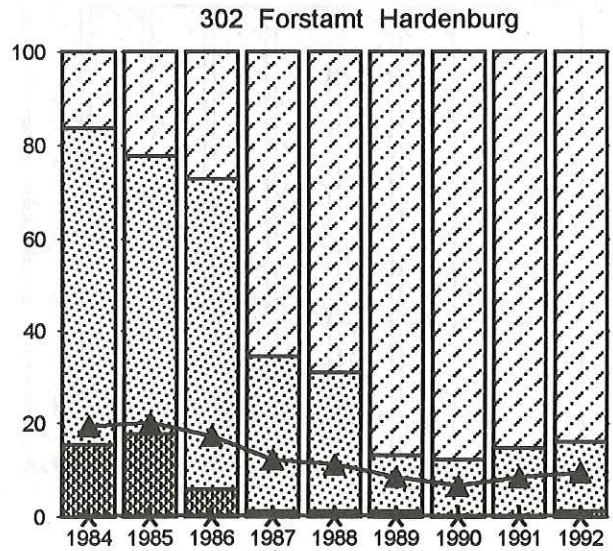
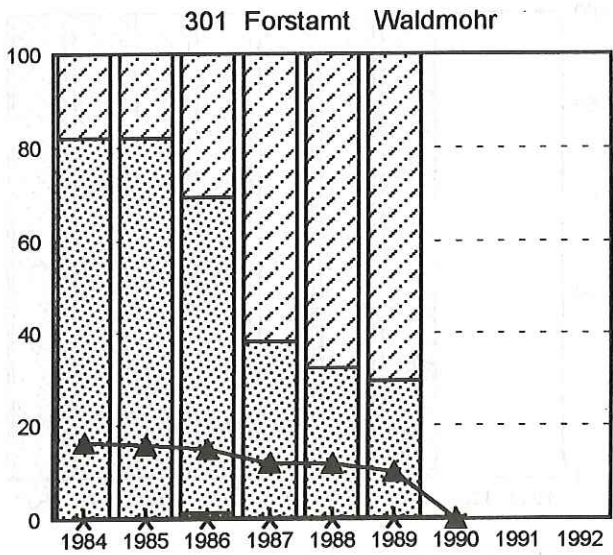
Eichendauerbeobachtungsflächen



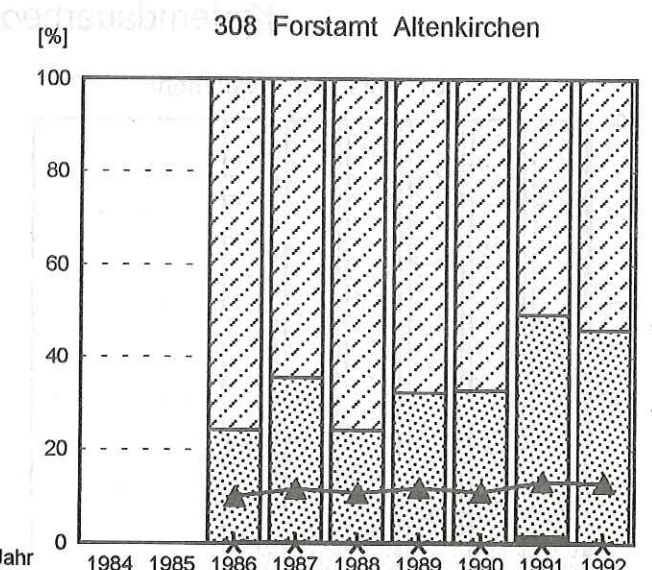
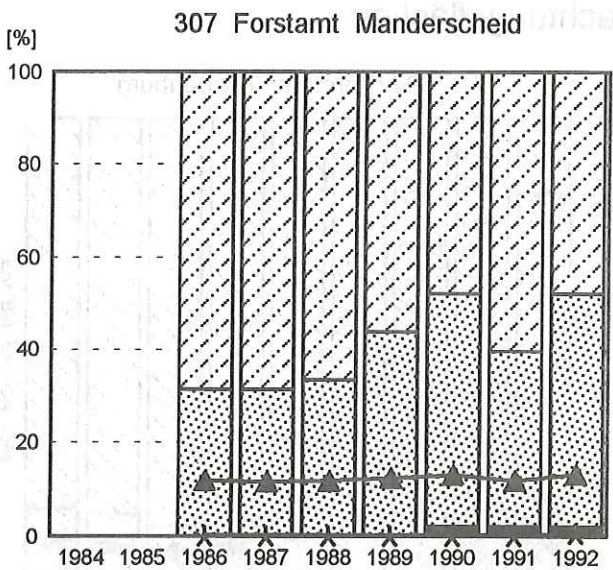
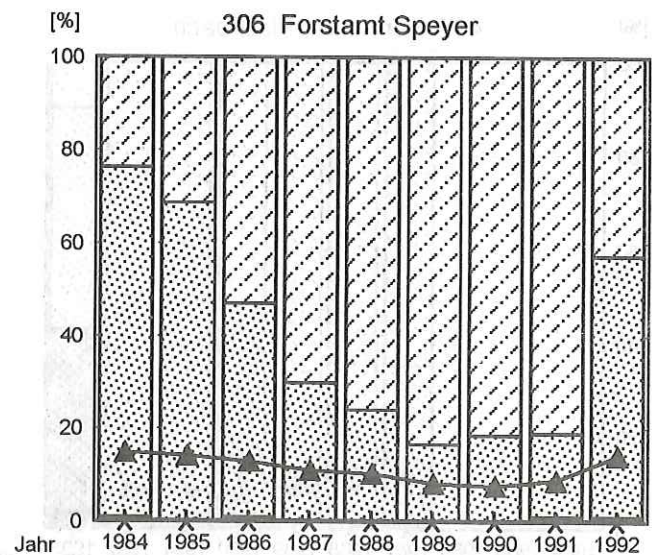
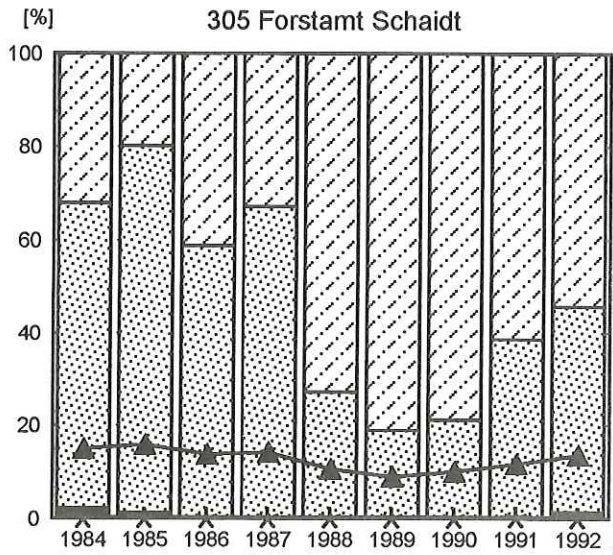
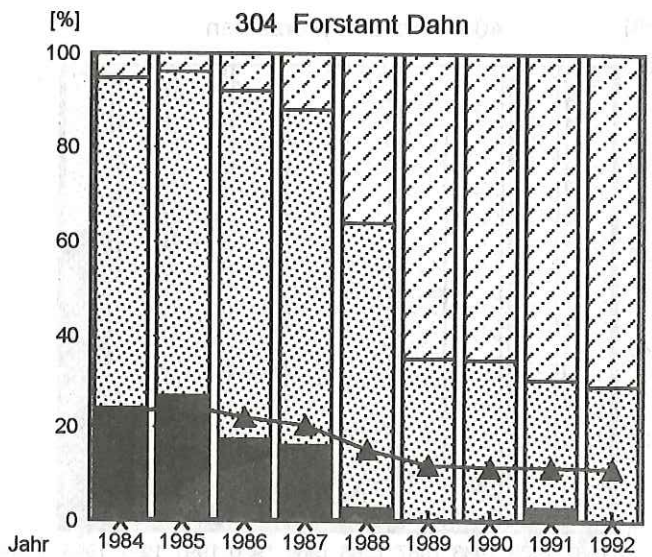
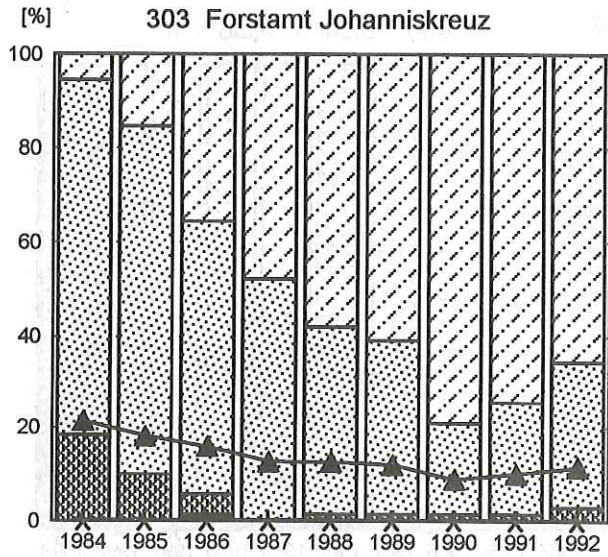
Eichendauerbeobachtungsflächen



Kieferndauerbeobachtungsflächen



Kieferndauerbeobachtungsflächen



Bisher sind folgende Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz erschienen:

- | | | |
|---------|---|----------|
| 1/1987 | Jahresbericht 1984-1986
ISSN 0931 - 9662 | |
| 2/1987 | BLOCK, STELZER:
Radioökologische Untersuchungen in Waldbeständen
ISSN 0931 - 9662 | DM 12,-- |
| 3/1987 | BLOCK, BOCKHOLT, BORCHERT, FINGERHUT, FRAUDE, HEIDINGSFELD:
Sondermeßprogramm Wald (SMW)
ISSN 0931 - 9662 | DM 12,-- |
| 4/1987 | BEUTEL, BLOCK:
Terrestrische Feldgehölzschadenserhebung (TFGE 1986)
ISSN 0931 - 9662 | DM 12,-- |
| 5/1988 | Die Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz im Dienste von Wald und
Forstwirtschaft - Reden anlässlich der Übergabe des Schlosses Trippstadt
als Dienstsitz am 10.04.1987.
ISSN 0931 - 9662 | DM 12,-- |
| 6/1988 | Jahresbericht 1987
ISSN 0931 - 9662 | |
| 7/1988 | BEUTEL, BLOCK:
Terrestrische Parkgehölzschadenserhebung (TPGE 1987)
ISSN 0931 - 9662 | DM 12,-- |
| 8/1988 | GERECKE:
Zum Wachstumsgang von Buchen in der Nordpfalz
ISSN 0931 - 9662 | DM 30,-- |
| 9/1989 | Jahresbericht 1988
ISSN 0936 - 6067 | |
| 10/1989 | HEIDINGSFELD:
Verfahren zur luftbildgestützten Intensiv-Waldschadenserhebung in
Rheinland-Pfalz
ISSN 0931 - 9662 | DM 25,-- |
| 11/1989 | BLOCK, DEINET, HEUPEL, ROEDER, WUNN:
Empirische, betriebswirtschaftliche und mathematische Untersuchungen zur
Wipfelköpfung der Fichte
ISSN 0931 - 9662 | DM 12,-- |
| 12/1989 | Jahresbericht 1989
ISSN 0931 - 9662
ISSN 0936 - 6067 | |
| 13/1990 | SCHÜLER:
Der kombinierte Durchforstungs- und Düngungsversuch Kastellaun
- angelegt 1959 - heute noch aktuell?
ISSN 0931 - 9662 | DM 12,-- |
| 14/1990 | BLOCK:
Ergebnisse der Stoffdepositionsmessungen in rheinland-pfälzischen
Waldgebieten 1984 - 1989
ISSN 0931 - 9662 | DM 12,-- |
| 15/1990 | Jahresbericht 1990
ISSN 0931 - 9662
ISSN 0936 - 6067 | |
| 16/1991 | BLOCK, BOCKHOLT, BORCHERT, FINGERHUT, HEIDINGSFELD, SCHRÖCK:
Immissions-, Wirkungs- und Zustandsuntersuchungen in Waldgebieten von
Rheinland-Pfalz - Sondermeßprogramm Wald, Ergebnisse 1983 - 1989
ISSN 0931 - 9662 | DM 12,-- |

- | | | |
|---------|---|----------|
| 17/1991 | BLOCK, BOPP, GATTI, HEIDINGSFELD, ZOTH:
Waldschäden, Nähr- und Schadstoffgehalte in Nadeln und Waldböden in Rheinland-Pfalz
ISSN 0931 - 9662 | DM 12,-- |
| 18/1991 | SCHÜLER, BUTZ-BRAUN, SCHÖNE:
Versuche zum Bodenschutz und zur Düngung von Waldbeständen
ISSN 0931 - 9662 | DM 12,-- |
| 19/1991 | AUTORENKOLLEKTIV
Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Sturm- und Immissionsschäden im Vorderen Hunsrück - "SIMS" -
ISSN 0931 - 9662 | DM 12,-- |
| 20/1992 | Jahresbericht 1991
ISSN 0931 - 9662
ISSN 0936 - 6067 | |
| 21/1992 | AUTORENKOLLEKTIV
Der vergleichende Kompensationsversuch mit verschiedenen Puffersubstanzen zur Minderung der Auswirkungen von Luftschadstoffeinträgen in Waldökosystemen - Zwischenergebnisse aus den Versuchsjahren 1988 - 1991 -
ISSN 0931 - 9662 | DM 12,-- |
| 22/1992 | Jahresbericht 1992
ISSN 0931 - 9662
ISSN 0936 - 6067 | |
| 23/1993 | HEIDINGSFELD:
Neue Konzepte zum Luftbildeinsatz für großräumig permanente Waldzustandserhebungen und zur bestandesbezogenen Kartierung flächenhafter Waldschäden
ISSN 0931 - 9662 | DM 18,-- |
| 24/1993 | BLOCK:
Verteilung und Verlagerung von Radiocäsium in zwei Waldökosystemen in Rheinland-Pfalz insbesondere nach Kalk- und Kaliumdüngungen
ISSN 0931 - 9662 | DM 12,-- |
| 25/1994 | WIERLING:
Zur Ausweisung von Wasserschutzgebieten und den Konsequenzen für die Forstwirtschaft am Beispiel des Pfälzerwaldes | DM 12,-- |
| 26/1994 | Jahresbericht 1993
ISSN 0931 - 9662
ISSN 0936 - 6067 | |
| 27/1994 | OESTEN, ROEDER:
Zur Wertschätzung der Infrastrukturleistungen des Pfälzerwaldes
ISSN 0931 - 9662 | DM 12,-- |
| 28/1994 | SCHRÖCK:
Kronenzustand auf Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz - Entwicklung und Einflußfaktoren -
ISSN 0931 - 9662 | DM 12,-- |
| 29/1994 | FISCHER:
Untersuchung der Qualitätseigenschaften, insbesondere der Festigkeit von Douglasien-Schnittholz (<i>Pseudotsuga Menziesii</i> (Mirb.) Franco), erzeugt aus nicht-wertgeästeten Stämmen | DM 12,-- |