

**Gedenksymposium**

**anlässlich des zehnten Todestages von Professor Ernst Assmann**

**Ernst Assmanns Wirken in München  
- Ein Rückblick zu seinem zehnten Todestag -**

**Dreizehn Fachbeiträge  
zusammengestellt und herausgegeben von  
Friedrich Franz und Heinz Utschig**

**Lehrstuhl für Waldwachstumskunde  
der Universität München**

**April 1990**

## Waldrandschäden in südbayerischen Fichtenbeständen

von  
H. Pretzsch

### Problemstellung

Bäume am Bestandesrand haben aufgrund der exponierten Stellung andere Struktur- und Wachstumsmerkmale als ihre Nachbarn im Bestandesinneren. Randbäume können beispielsweise aufgrund des höheren Lichtgenusses, geringerer Wurzelkonkurrenz oder eutrophierend wirkender Staubeinträge aus benachbartem Agrarland begünstigt sein. Die Randstellung bedeutet aber gleichzeitig eine erhöhte Anfälligkeit für Windbruch und Käferbefall. Außerdem können Bäume in der Waldrandzone durch Austrocknung und Bodenverlagerung standörtlich benachteiligt sein. Auf die randnahen Bestandespartien wirkt eine Vielzahl wachstumsfördernder, aber auch wachstumshemmender Faktoren ein, die miteinander in Wechselwirkung stehen können. Ihre Gesamtwirkung ist im Einzelfall stark von der Exposition des Waldrandes, der Baumart, den Standortverhältnissen und den Eigenschaften der angrenzenden Freifläche abhängig.

Natürlich entstandene Waldränder sind in diesem Zusammenhang völlig anders zu beurteilen als künstliche, die durch Auftrieb des Bestandes im Zuge waldbaulicher oder infrastruktureller Maßnahmen geschaffen werden. Denn Randbäume an natürlich entstandenen Waldrändern können sich allmählich den spezifischen Wachstumsbedingungen in der Randlage anpassen, während bei einem Trassenauftrieb durch einen geschlossenen Bestand solche Bäume in Randstellung geraten, die im Schutz des Bestandesgefüges erwachsen sind und sich allenfalls mit einer längeren Verzögerung auf die neuen Lebensbedingungen umzustellen vermögen.

Natürliche Waldränder und Randbäume an Trassenauftrieben entlang an Autobahnen, Stromleitungen und ähnlichen Trassen vermitteln seit einigen Jahren den Eindruck, als seien die randnahen Bestandespartien besonders stark von den Waldschäden betroffen und an Randbäumen besonders gravierende Schadmerkmale festzustellen. Die Vermutung, daß die exponierten Randbäume stärker von den Waldschäden betroffen sind, weil sie den Schadstoffen eine größere Angriffsfläche bieten, fügt sich scheinbar gut in unser Vorstellungen von den Walderkrankungen ein, wurde aber bisher noch nicht näher überprüft.

Über die Struktur- und Wachstumsmerkmale von natürlichen Waldrandzonen sind wir durch die Untersuchungen von SCHRETZENMAYR (1974) und TIIHONEN (1969) relativ gut informiert. Mit den Randschäden nach Trassenaufrieb haben sich BAADER (1952) und KRAMER (1958a, 1958b) näher befaßt; die Arbeiten von RIEBELING (1973) und WEIMANN (1979) behandeln in erster Linie die ökonomischen Aspekte der Problematik, während sich ASSMANN (1960, 1961) und PREUHSLER (1982, 1987) mit den waldwachstumskundlichen Grundlagen des Bestandeswachstums an Waldrändern auseinandersetzen.

Der vorliegende Bericht soll einen ersten Beitrag zur Untersuchung der Waldschadenseinflüsse auf natürliche und künstlich entstandene Waldrandzonen in Fichtenbeständen liefern.

## 2 Untersuchungsziel

Ziel der Untersuchung war es zu prüfen, ob Fichten an Waldrändern und in randnahen Zonen durch die Walderkrankungen stärker beeinträchtigt werden als Fichten in geschützter, randferner Lage. Untersucht wurden Waldränder mit unterschiedlicher Entstehungsgeschichte: Zwei Weiserflächenreihen wurden in Fichtenbeständen angelegt, die durch Trassenaufrieb für den Autobahnbau angeschnitten wurden. Eine Flächenreihe wurde in Beständen angelegt, durch die zum Bau einer Starkstromleitung eine Trasse geschlagen worden war; mit einem weiteren Flächenpaar sollten die Wachstums- und Vitalitätsverhältnisse an einem natürlich entstandenen Waldrand, der an eine Wiese grenzt, erfaßt werden. Im einzelnen sollten folgende Fragestellungen näher durchleuchtet werden:

1. Die Untersuchungsbestände werden anhand der spezifischen Strukturelemente ihres Waldmantels charakterisiert. Über eine ertragskundliche Vollaufnahme sollen der Zustand und die Bestandesstruktur auf den Weiserflächen näher analysiert werden.
2. Auf der Grundlage der Schadstufenansprache im Frühjahr 1988 wird der Gesundheitszustand auf den Weiserflächen dargestellt, und es wird geprüft, ob sich der Schadzustand in traufnahen Bestandeszonen von den Vitalitätsverhältnissen im Bestandesinneren unterscheidet. Außerdem soll untersucht werden, ob ein systematischer Zusammenhang zwischen den Vitalitätsverhältnissen und dem Baumabstand zum Waldrand besteht.
3. Es soll untersucht werden, ob die Schadausprägung - in verschiedenen Entfernungszonen vom Bestandesrand - abhängig ist von der Lage der Flächen, der Exposition des Bestandesrandes oder der flächenspezifischen Waldmantelform.

4. An Bäumen mit unterschiedlicher Schädigung soll die Zuwachsentwicklung in den letzten 30 Jahren analysiert werden. Für Bäume mit unterschiedlichen Nadelverlusten sollen schadstufenspezifische Zuwachsverluste errechnet werden.
5. Auf der Grundlage der Schadstufenansprache und der errechneten Zuwachsverluste sollen die Zusammenhänge zwischen Nadelverlusten und Zuwachseinbußen untersucht werden. Ferner soll geprüft werden, ob Lage und Exposition der Flächen einen Einfluß auf die Höhe der schadstufenspezifischen Zuwachsverluste ausüben.

Eine besondere Schwierigkeit der Untersuchungsfragestellung besteht darin, Schadeinflüsse, die noch Folge eines länger zurückliegenden Trassenaufhiebs sind (Rindenbrand, Rotfäule, Käferbefall), von Schädigungen infolge der Walderkrankungen zu trennen. In die Analyse der Zusammenhänge zwischen Walderkrankung und Randstellung wurden nur die Bestandsglieder der Baumklassen 1 und 2 einbezogen, wodurch der Einfluß konkurrenzbedingter Vitalitätsminderungen weitgehend ausgeschaltet werden kann. Außerdem wurden nur solche Bäume in die Auswertung miteinbezogen, die keine der oben genannten spezifischen Randschadensmerkmale aufwiesen.

### **3 Untersuchungsbestände und Bohrspanmaterial**

#### **3.1 Untersuchungsbestände**

Zur Untersuchung unserer Fragestellung wurde im Jahre 1985 an künstlich entstandenen Waldrändern zu Autobahnen und Stromleitungen und an natürlich entstandenen Waldrändern, die an eine Wiese grenzen, eine Reihe von Weiserflächen neu angelegt, wobei sich die untersuchten Bestandesränder in der Exposition, dem strukturellen Aufbau und der Entstehungsgeschichte unterscheiden.

Als Untersuchungsobjekte wurden sechs Fichtenbestände im Forstenrieder Park (FORI 1 bis 6) im Forstamtsbereich München ausgewählt und jeweils vier Fichtenbestände, die im Hofoldingener Forst (HOFO 1 bis 4) und Höhenkirchner Forst (HOKI 1 bis 4) im Forstamt Sauerlach gelegen sind (vgl. Abb. 1). Angelegt wurden T-förmige Weiserflächen mit einer Größe von 0,09 ha, die aus zwei gleichgroßen Teilflächen (je 15 m x 30 m) bestehen. Die eine Teilfläche liegt randparallel an der Bestandesperipherie, die zweite Teilfläche steht senkrecht dazu und erfaßt die randferneren Bereiche im Bestandesinneren. In Tab. 1 sind die wichtigsten Angaben zur Lage der Weiserflächen zusammengestellt:

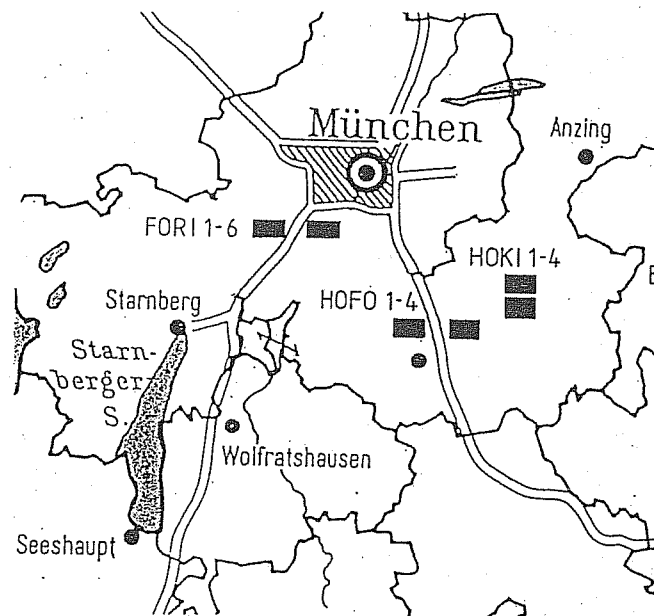


Abb. 1: Lage der Weiserflächen FORI 1 bis 6 (Forstenrieder Park), HOFO 1 bis 4 (Hofoldinginger Forst) und HOKI 1 bis 4 (Höhenkirchner Forst) in den Forstämtern München und Sauerlach.

Die Weiserflächen FORI 1 bis 4 im Forstenrieder Park liegen südöstlich bzw. nordwestlich exponiert parallel zur Trasse der Autobahn von München nach Garmisch-Partenkirchen. Die Randstellung ist auf einen Trassenauflieb im Zuge des Autobahnbaus in den Jahren 1960 bis 1965 zurückzuführen. Die Flächen FORI 5 und 6 liegen im Forstenrieder Park südlich exponiert an einem natürlich entstandenen Bestandesrand, der an eine Wiese grenzt.

Die Weiserflächen HOFO 1 bis 4 im Hofoldinginger Forst liegen an einem nach West-Süd-West bzw. Ost-Nord-Ost exponierten Bestandesrand, der in den Jahren 1973 bis 1974 durch Verbreiterung der Trasse für die Autobahn von München nach Salzburg entstanden ist.

Im Höhenkirchner Forst wurden die Weiserflächen HOKI 1 bis 4 am Ost- bzw. Westrand einer Starkstromleitungstrasse angelegt, die im Jahre 1959 entstanden ist.

Tab. 1: Übersicht über Lage, Standortverhältnisse und Randstellung der Weiserflächen.

Probe- fläche	Forstamt	Waldort	Standort- einheit	Randstellung zu	Expo- sition	Randstellung seit
FORI 1	München	XV 7b	16	Autobahn	SO	1960-1965
FORI 2	München	XVI 11b	16	Autobahn	SO	1960-1965
FORI 3	München	XII 5a	16	Autobahn	N W	1960-1965
FORI 4	München	XII 4f	16	Autobahn	N W	1960-1965
FORI 5	München	XII 2a	16	Wiese	S	Seit Begründung des Bestandes
FORI 6	München	XII 2a	16	Wiese	S	
HOFO 1	Sauerlach	VII 4c	31	Autobahn	WSW	1973-1974
HOFO 2	Sauerlach	VII 5c	31	Autobahn	ONO	1973-1974
HOFO 3	Sauerlach	VI 5a	15	Autobahn	ONO	1973-1974
HOFO 4	Sauerlach	VI 1e	15	Autobahn	WSW	1973-1974
HOKI 1	Sauerlach	XIII 2a	12	Autobahn	W	1959
HOKI 2	Sauerlach	XV 14a	12	Autobahn	O	1959
HOKI 3	Sauerlach	XIV 7a	12	Autobahn	W	1959
HOKI 4	Sauerlach	XIII 2a	12	Autobahn	W	1959

Alle Untersuchungsbestände sind dem Teilwuchsbezirk 13.2/1 Südliche Münchner Schotterebene zuzuordnen und liegen zwischen 590 und 620 m über NN. In dem Untersuchungsareal beträgt der Jahresniederschlag 950 bis 1000 mm, und in der Vegetationsperiode (April bis September) fallen 600 bis 650 mm Niederschlag. Die Temperatur liegt bei 7 bis 8 Grad im Jahresmittel und 14 bis 15 Grad in der Vegetationszeit. Aus Tab. 1 geht hervor, welchen Standorteinheiten die Weiserflächen nach dem Standorteinheitenschlüssel der Bayerischen Staatsforstverwaltung zuzuordnen sind:

**Standort-  
einheit 12:** Schotterstandort, mäßig trockene bis mäßig frische, stark steinig-sandige Lehme, 30 bis 40 Prozent Grobskelett, grobskelettfreie, schluffig-lehmige Auflage, lockere, gut durchlüftete Parabraunerden.

**Standort-  
einheit 15:** Schotterstandort, mäßig frische, kiesig-sandige Lehme, 0 bis 30 Prozent Grobskelett, schluffig-lehmige Auflage ohne Skelettanteil, mittel- bis tiefgründige, gut durchlüftete lockere Parabraunerden.

**Standort-  
einheit 16:** Endmoränen-Standort, mäßig frische, tiefgründige, sandige Lehme, 20 bis 30 Prozent Grobskelett, 60 bis 100 cm mächtige, gut durchlüftete Parabraunerden.

**Standort-  
einheit 31:** Schotterstandort, mäßig frischer Lehm, Skelettanteile 10 bis 20 Prozent, Feinlehmauflage, Parabraunerden aus schwach tonigen oder sandigen Lehmen.

### 3.2 Strukturmerkmale der untersuchten Waldrandzonen

Es ist festzuhalten, daß die Untersuchung bewußt auf solche Bestände beschränkt blieb, bei denen der Trassenauftrieb schon 15 bis 30 Jahre zurückliegt. Je länger der Trassenauftrieb zurückliegt, umso weiter ist die Anpassung des Bestandesrandes an die künstlich herbeigeführte Randstellung fortgeschritten (Sekundärtrauf-Bildung, Stabilisierung der Randbäume durch Minderung der Schlankheitsgrade, u.ä.) und umso leichter ist für uns die Unterscheidung zwischen den Schadeinflüssen, die eine primäre Folge des Trassenauftriebs sind, und den Sekundärschäden in der Randzone infolge der Walderkrankungen.

Um den Aufbau der Randzonen der Untersuchungsbestände näher zu charakterisieren, bedarf es zunächst einiger Begriffsdefinitionen (vgl. Abb. 2).

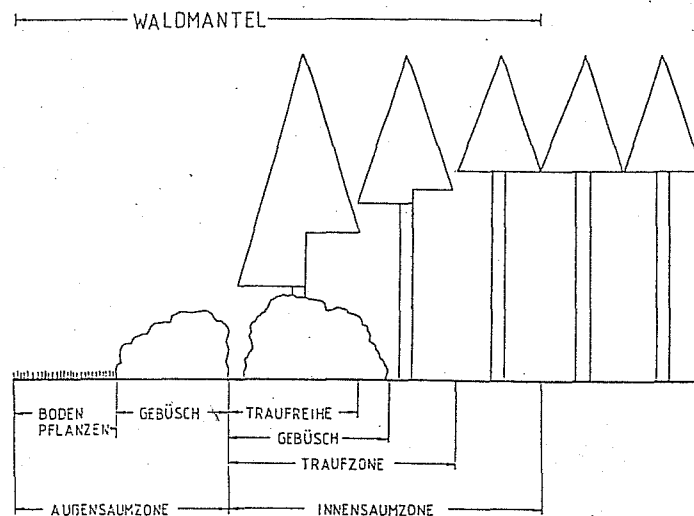


Abb. 2: Schematische Darstellung eines Waldmantels mit seinen wichtigsten Strukturelementen (Erläuterungen im Text).

**Traufreihe:** Darunter verstehen wir im folgenden die äußerste Baumreihe, die den Bestand nach außen hin abschließt. Bei den Bäumen der Traufreihe unterscheiden wir in Anlehnung an SCHRETZENMAYR (1974) zwischen:

- Hochtrauf :** Die Krone ist nur im oberen Drittel des Stammes ausgebildet.
- Mitteltrauf:** Die Krone reicht herab bis zum mittleren Stammdrittel.
- Tieftrauf :** Die Krone reicht bis in das untere Stammdrittel.

**Traufzone:** Die Traufzone reicht 10 bis 30 Meter in den Bestand. Wir verstehen darunter den Bereich des Bestandes, der sich vom Bestandesinneren wie folgt unterscheidet:

- durch eine geringere Bestandesdichte,
- durch eine tiefere Beastung und
- durch Auftreten von Bestandeslücken nach Stammausfällen infolge der Randschadenseinflüsse.

**Innensaum:** Als Innensaum bezeichnen wir das Gebüsch, unterständige Bäume und Bodenpflanzen im Bereich der Traufzone. Wir unterscheiden:

- **Innensaumgebüsch**
- **Innensaumbodenpflanzen**

**Außensaum:** Damit bezeichnen wir das Gebüsch, nachwachsende Bäume und Bodenpflanzen, die der Traufreihe vorgelagert sind. Der Außensaum kann sich zusammensetzen aus:

- **Außensaumgebüsch**
- **Außensaumbäumen**
- **Außensaumbodenpflanzen**

Auf der Grundlage dieser Begriffsdefinitionen sind in Tab. 2 alle Weiserflächen näher charakterisiert. Der strukturelle Aufbau eines Waldrandes ist in erster Linie abhängig von seiner Entstehungsgeschichte und von Maßnahmen zur Stabilisierung (Saumbepflanzung usw.). Aufgrund der Strukturmerkmale ihrer Waldrandzone lassen sich unsere Weiserflächen drei Waldmanteltypen zuordnen. Die unterschiedlichen Waldmanteltypen sind in Abb. 3 für einige Flächen beispielhaft fotografisch festgehalten.

Tab. 2: Angaben zum Aufbau des Waldmantels auf den Weiserflächen FORI 1 bis 6, HOFO 1 bis 4 und HOKI 1 bis 4 (Erläuterungen im Text).

Weiserflächen	FORI 1	FORI 2	FORI 3	FORI 4	FORI 5	FORI 6
Traufreihe*	M	M	T	T	M	T
Traufzone Breite in m	35	20	15	10	18	10
Innensaumzone*						
Schlußgrad (%)	40	5	5	20	5	-
Gebüsch						
Höhe (m)	6	3	4	5	2	-
Breite (m)	10	5	5	10	5	-
Bodenpflanzen						
Breite (m)	45	10	30	20	15	18



Weiserflächen	FORI 1	FORI 2	FORI 3	FORI 4	FORI 5	FORI 6
<b>Außensaumzone*</b>						
Schlußgrad (%)	-	100	10	10	20	-
Gebüsch						
Höhe (m)	-	8	5	5	6	-
Breite (m)	-	15	5	5	10	-
Bodenpflanzen						
Breite (m)	-	15	15	20	30	-
<b>Besonderheit*</b>	Vor- bäume	Vor- bäume	Vor- bäume	Vor- bäume	-	-
<b>Waldmantel-Typ*</b>	2	3	2	2	2	1

Weiserflächen	HOFO 1	HOFO 2	HOFO 3	HOFO 4	HOKI 1	HOKI 2	HOKI 3	HOKI 4
<b>Traufreihe*</b>	H	H	T	M	T	H	T	M
<b>Traufzone</b>								
Breite in m	35	30	20	40	35	8	10	45
<b>Innensaumzone*</b>								
Schlußgrad (%)	30	85	90	30	10	-	10	20
Gebüsch								
Höhe (m)	2	4	4	2	2	-	3	2
Breite (m)	10	17	12	15	5	-	5	5
Bodenpflanzen								
Breite (m)	40	51	27	25	45	15	10	45
<b>Außensaumzone*</b>								
Schlußgrad (%)	100	-	-	100	-	60	-	-
Gebüsch								
Höhe (m)	6	-	-	6	-	5	-	-
Breite (m)	20	-	-	10	-	50	-	-
Bodenpflanzen								
Breite (m)	10	-	8	4	-	40	-	-
<b>Besonderheit*</b>	aufge- rissen	Vor- bäume	-	-	-	Vor- bäume	-	aufge- rissen
<b>Waldmantel-Typ*</b>	3	2	1	3	1	3	1	1

\* **Traufreihe**

Hochtrauf : Betraufung der Randbäume nur im oberen Kronendrittel.

Mitteltrauf : Betraufung reicht herab bis ins mittlere Kronendrittel.

Tieftrauf : Trauf der Randbäume reicht bis ins untere Kronendrittel.

**Traufzone**

: Randnahe Bestandeszone, deren Struktur noch sichtbar von der Randstellung geprägt ist.

**Innensaumzone**

Schlußgrad : Prozentualer Anteil des Bestandesrandes, der mit einem Innensaum bewachsen ist.

Gebüsch : Höhe und Breite des Innensaumgebüschs.

Bodenpflanzen : Breite des Pflanzengürtels im Innensaum.

**Außensaumzone**

Schlußgrad : Prozentualer Anteil des Bestandesrandes, der mit einem Außensaum bewachsen ist.

Gebüsch : Höhe und Breite des Außensaumgebüschs.

Bodenpflanzen : Breite des Pflanzengürtels im Außensaum.

**Besonderheit**

Vorbäume : Höhere Bäume, die dem Bestandesrand 10 bis 30 Meter vorgelagert sind.

Aufgerissen : Bestandesrand, der durch Windeinwirkung oder Borkenkäferbefall aufgerissen wurde.

**Waldmantel-Typ**

Erläuterungen siehe Text.

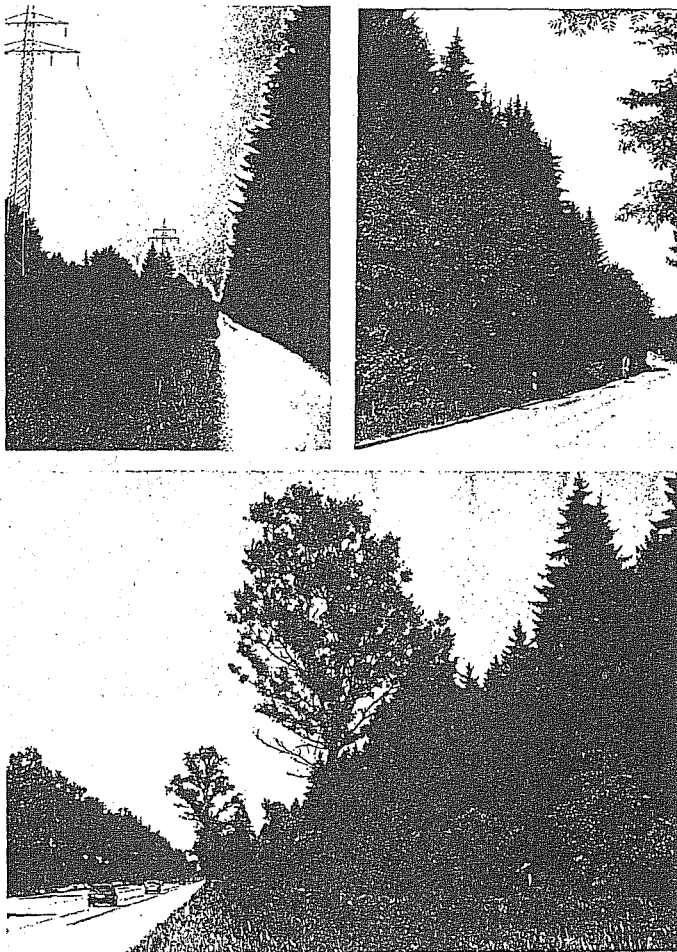


Abb. 3: Darstellung der unterschiedlichen Waldmantel-Typen der Weiserflächen:

- Fläche HOKI 3 Waldmantel-Typ 1 (oben links)
- Fläche FORI 3 Waldmantel-Typ 2 (unten)
- Fläche FORI 2 Waldmantel-Typ 3 (oben rechts).

Fotos: H. PRETZSCH

- Waldmantel-Typ 1:** Waldrand ohne Außensaumgebüsch und ohne Vorbäume; meist Tief- oder Mitteltrauf, überwiegend schwach entwickelter Innensaum (vgl. Abb. 3, oben links). Die Flächen, die diesem Typ zugeordnet wurden, stehen schon seit der Bestandesbegründung in Randstellung, oder die Randstellung liegt schon so lange zurück, daß sich ein Sekundärtrauf bilden konnte.
- Waldmantel-Typ 2:** Waldrand mit nur vereinzelt Außensaumgebüsch, aber mit Vorbäumen (Einzelbäume oder Baumreihe), die 10 bis 30 m vor dem Rand stehen; überwiegend Tief- oder Mitteltrauf, meist schwach ausgeprägter Innensaum (vgl. Abb. 3, unten). Charakteristisch für diesen Waldmantel-Typ ist, daß beim Trassenaufhieb Einzelbäume belassen wurden oder nach dem Aufhieb Vorbäume eingebracht wurden, die dem Bestandesrand Schutz bieten.
- Waldmantel-Typ 3:** Waldrand mit dichtem Außensaumgebüsch; überwiegend Hoch- oder Mitteltrauf, meist schwach ausgeprägter Innensaum (vgl. Abb. 3, oben rechts). Bei diesem Waldmantel-Typ sind die Traufbäume von einem dichten Außensaumgebüsch umschlossen, das entlang der Autobahn künstlich eingebracht wurde. Das Außensaumgebüsch wandelt den durch den Trassenaufhieb entstandenen Steilrand um in eine gestufte, abgeschrägte Randform.

### 3.3 Ertragskundliche Flächenaufnahme

Auf den Weiserflächen wurden im Jahre 1985 von allen Bäumen der Durchmesser, die Höhe und die Kronenansatzhöhe erhoben. Im Frühjahr 1988 erfolgte eine Schadstufenansprache durch Beurteilung der Nadelverluste nach Dezilen-Einheiten:

Schadstufe 0:	Nadelverlust 0 bis 9 Prozent
Schadstufe 1:	Nadelverlust 10 bis 19 Prozent
etc.	
Schadstufe 9:	Nadelverlust 90 bis 99 Prozent
Schadstufe 10:	abgestorben

Um die Flächenverteilung der Bäume zu dokumentieren und Distanzangaben zum Bestandesrand für den Einzelbaum zu gewinnen, wurden von allen Bäumen die Stammfüße eingemessen. Als Basisdaten für die Anfertigung von Kronenkarten wurden stichprobenweise von 20 Prozent der Bäume jeder Fläche die Kronenradien abgelotet, wobei die Stichprobennahmen gleichmäßig über den gesamten Durchmesserbereich verteilt wurden. Auf der Grundlage der Beziehungen zwischen Durchmesser und Kronenradien der Stichprobenbäume wurden über eine Regressionsstichprobe für alle Bestandesglieder mittlere Kronenradien ermittelt.

Zur retrospektiven Ermittlung des Zuwachsganges in den letzten 30 Jahren wurden im Frühjahr 1988 stichprobenweise an einem Teil der Bäume aus dem mittleren Durchmesserbereich jeweils zwei Bohrkerne entnommen. Das Ziel der Bohrkernentnahmen war es, flächenspezifische Aussagen über das Zuwachsverhalten von Bestandesgliedern mit unterschiedlichem Schädigungsgrad zu gewinnen.

Für die Zuwachsbohrung wurden nur Bäume aus dem  $\pm 1$ -Sigma-Bereich der Standardabweichung um den Durchmesser des arithmetischen Mittelstamms

vorgesehen, also aus dem Durchmesserbereich zwischen  $\bar{d} - s_d$  und  $\bar{d} + s_d$ . Von diesen Stämmen wurde jeder dritte der laufenden Numeration für Bohrkernentnahmen ausgewählt. Gehen wir nach PRODAN (1965) davon aus, daß in älteren Fichtenbeständen zwischen 60 und 70 Prozent des Kollektivs im  $\pm 1$ -Sigma-Abweichungsbereich um den Mitteldurchmesser liegen, so bedeutet das, daß wir mit unserer Stichprobe etwa 20 Prozent des Gesamtbestandes erfaßt haben.

#### 4 Ertragskundliche Zustandsdaten und Vitalitätsverhältnisse

##### 4.1 Ertragskundliche Zustandsdaten

Die ertragskundlichen Bestandeskennwerte der Weiserflächen in Forstenried, Hofolding und Höhenkirchen wurden jeweils gesondert für die randnah und randfern gelegenen Parzellen sowie für die Weiserfläche insgesamt errechnet. Die an der Bestandesperipherie gelegenen Parzellen der Weiserflächen sind in Tab. 3 mit der Kennung 1 (FORI 11, 21, 31, usw.) bezeichnet, die Parzellen im Bestandesinneren sind mit der Kennung 2 (FORI 12, 22, 23, usw.) benannt.

Aufgrund ihrer geringen Flächengröße (0,045 ha) repräsentieren die Parzellen nicht immer genau die Bestandessituation. Nach Hochrechnung der Aufnahmedaten auf hektarbezogene Größen ergeben sich darum in einigen Fällen sehr hohe bzw. niedrige Stammzahlen, Grundflächen und Vorräte.

Die Bestandesdaten in Tab. 3 geben einen Überblick über unsere Weiserflächen und liefern einige wichtige Hinweise zur untersuchten Fragestellung:

Tab. 3: Befunddaten der ertragskundlichen Aufnahmen auf den Weiserflächen  
FORI 1 bis 6 (oben), HOFO 1 bis 4 (Mitte) und HOKI 1 bis 4 (unten).

Probefläche Parzelle	Alter aus FE	Flächen- größe (ha)	Durchmesser dm do (cm) (cm)		Höhe hm ho		Stamm- zahl (N/ha)	Grund- fläche (qm/ha)	Bestandes- vorrat (VfmD/ha)
<b>FORI</b>									
11	65	0,045	30,7	38,2	24,4	25,2	600	44,50	521,94
12	65	0,045	30,9	43,8	25,9	29,1	711	53,28	670,62
ges.	65	0,090	30,8	42,0	25,2	27,9	656	48,88	596,59
21	72	0,045	32,0	52,2	24,7	29,4	733	59,05	709,01
22	72	0,045	38,0	53,9	26,7	28,4	444	50,42	627,74
ges.	72	0,090	34,4	54,0	25,7	29,9	589	54,73	676,51
31	95	0,045	32,9	43,1	25,0	27,9	978	83,17	1001,24
32	95	0,045	30,2	41,4	27,9	29,9	800	57,25	773,43
ges.	95	0,090	31,7	42,7	26,2	28,5	889	70,22	887,22
41	105	0,045	30,0	45,2	22,6	28,6	1200	85,03	951,60
42	105	0,045	30,8	44,1	27,1	30,2	978	72,85	954,93
ges.	105	0,090	30,4	45,1	24,6	30,0	1089	78,94	955,65
51	70	0,045	29,9	39,1	23,9	24,9	911	63,89	735,35
52	70	0,045	33,2	41,3	23,4	25,4	533	46,09	520,43
ges.	70	0,090	31,1	40,8	23,8	24,9	722	54,99	628,47
61	70	0,045	38,3	51,2	26,1	27,2	556	63,89	777,94
62	70	0,045	32,3	38,3	26,2	27,0	800	65,37	824,78
ges.	70	0,090	34,9	47,1	26,2	27,2	678	64,63	801,74
<b>HOFO</b>									
11	84	0,045	31,3	39,6	25,4	26,9	733	56,45	695,25
12	84	0,045	29,2	36,8	26,4	27,8	867	58,19	744,82
ges.	84	0,090	30,2	39,2	26,1	27,4	800	57,32	721,93
21	84	0,045	30,8	42,1	26,4	28,3	778	57,94	740,18
22	84	0,045	30,0	38,1	26,4	27,9	800	56,40	722,24
ges.	84	0,090	30,4	40,5	26,4	28,3	789	57,17	731,00
31	84	0,045	29,2	40,0	26,2	28,5	933	62,30	792,96
32	84	0,045	30,7	42,3	26,4	28,7	711	52,76	671,38
ges.	84	0,090	29,9	42,0	26,3	28,8	822	57,53	732,12
41	84	0,045	32,4	44,7	25,1	27,3	756	62,19	747,95
42	84	0,045	30,7	41,5	27,5	30,6	956	70,92	945,42
ges.	84	0,090	31,5	43,5	26,4	29,0	856	66,56	846,38
<b>HOKI</b>									
11	84	0,045	35,1	48,2	26,2	29,7	1111	107,78	1349,28
12	84	0,045	35,8	44,1	26,8	27,6	378	38,10	483,60
ges.	84	0,090	35,3	46,9	26,4	29,2	744	72,94	917,75
21	65	0,045	25,0	35,6	22,4	25,3	978	47,91	527,79
22	65	0,045	25,7	36,2	23,0	26,0	844	43,85	497,28
ges.	65	0,090	25,3	36,4	22,7	25,7	911	45,88	512,39
31	94	0,045	26,6	42,5	21,9	25,1	1178	65,66	702,23
32	94	0,045	24,4	36,7	23,1	27,3	1133	52,84	613,05
ges.	94	0,090	25,6	40,1	22,5	26,3	1156	59,25	658,73
41	84	0,045	35,4	47,3	24,2	27,0	422	41,45	480,64
42	84	0,045	32,5	42,0	26,8	28,8	533	44,37	570,26
ges.	84	0,090	33,8	45,5	25,7	28,1	478	42,91	526,61

Auf den Parzellen am Bestandesrand liegen die  $d_0$ -Werte (Durchmesser des Grundflächenmittelstammes der 100 stärksten Bäume pro Hektar) in den meisten Fällen um 2 bis 15 cm höher als im Bestandesinneren. Demgegenüber sind die randnah gelegenen Parzellen den Parzellen im Bestandesinneren in der Oberhöhe um 1 bis 4 m unterlegen. Die Stammzahlen, Grundflächen und Vorräte sind auf den Parzellenpaaren z.T. sehr unterschiedlich. Auf neun von 14 Flächen ist die Bestockungsdichte auf den randnahen Parzellen höher als auf den randfernen.

#### 4.2 Vitalitätsverhältnisse auf den verschiedenen Weiserflächenreihen

Für Abb. 4 wurden aus den Flächenserien in Forstenried 1 bis 4 (Autobahn), Forstenried 5 und 6 (Wiese), Hofolding 1 bis 4 (Autobahn) und Höhenkirchen 1 bis 4 (Stromleitungstrasse) jeweils zwei Flächen mit relativ gutem (links) bzw. schlechtem Gesundheitszustand (rechts) ausgewählt. Dargestellt ist die Stammzahlverteilung der vorherrschenden und herrschenden Bäume (Kraftklassen 1 und 2) auf Stufen gleicher Nadelverluste nach den Ergebnissen der Schadstufenansprache im Frühjahr 1988.

Auf allen Flächen liegt der Schwerpunkt der Stammzahlverteilung in dem Bereich zwischen 0 und 39 Prozent Nadelverlust. Auf den Flächen im Hofolding Forst (Autobahn) ist der Anteil von Bäumen mit mittlerer und stärkerer Schädigung relativ hoch, die anderen Flächenreihen weisen etwas günstigere Vitalitätsverhältnisse auf.

Durch die Zusammenfassung der Flächen innerhalb der eingangs unterschiedenen Flächenreihen (vgl. Abb. 5) zeichnen sich klare Unterschiede in ihrem Gesundheitszustand ab: Die Schadverteilungen für die Flächen in Autobahnnähe - FORI 1 bis 4 und HOFO 1 bis 4 - (vgl. Abb. 5, links) lassen einen relativ hohen Anteil von Bäumen mit mittlerer und stärkerer Schädigung erkennen, während auf den Flächen FORI 5 und 6 (Wiese) und HOKI 1 bis 4 (Stromleitung) die Schäden deutlich geringer sind (vgl. Abb. 5, rechts). Die günstigsten Vitalitätsverhältnisse ergeben sich demnach für die natürlich entstandenen Bestandesränder, die an eine Wiese grenzen (FORI 5 und 6). Die Flächen an dem künstlich geschaffenen Bestandesrand zur Stromleitungstrasse (HOKI 1 bis 4) weisen nur geringfügig höhere Nadelverluste auf. Die Randflächen entlang der Autobahn (FORI 1 bis 4), die in den Jahren 1960 bis 1965 entstanden sind, weisen wesentlich höhere Schäden auf, und die ungünstigsten Vitalitätsverhältnisse bestehen auf den Flächen an der Autobahn in Hofolding (vgl. Abb. 5).

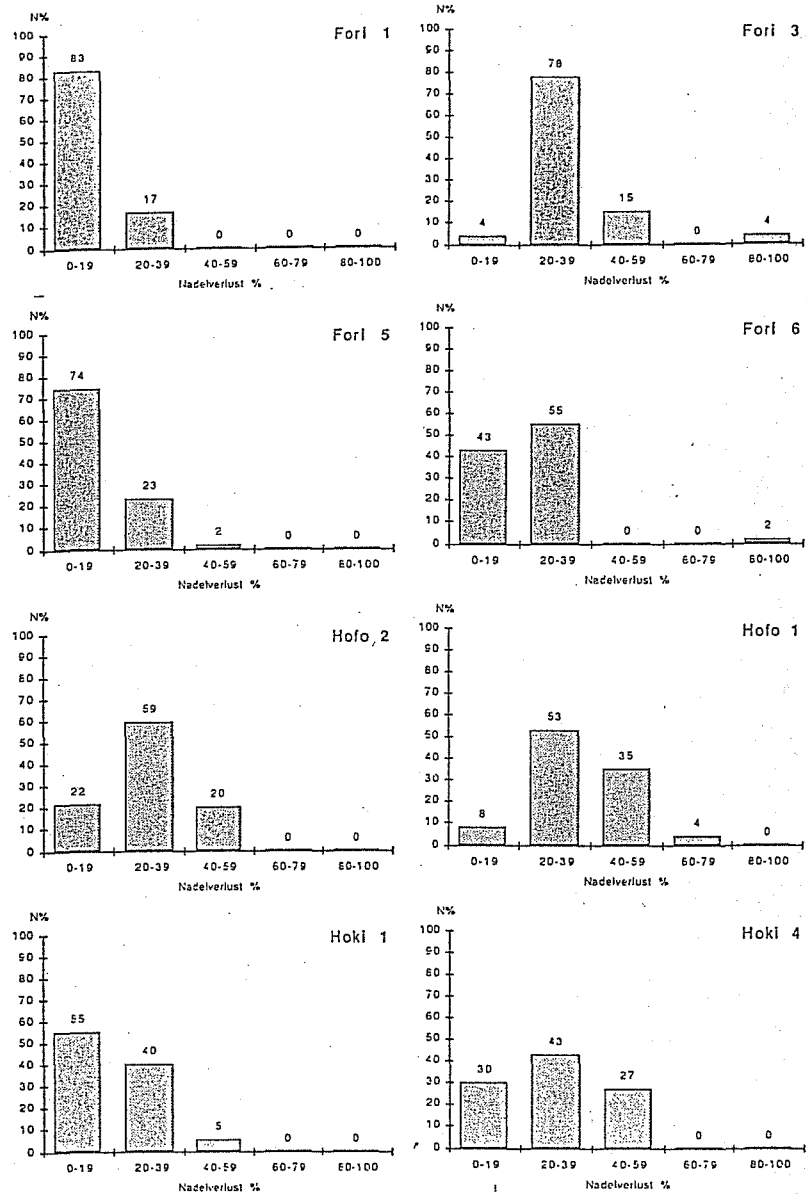


Abb. 4: Stammzahlverteilungen auf Stufen gleicher Nadelverluste für die Flächen FORI 1 und 3, FORI 5 und 6, HOFO 2 und 1 sowie HOKI 1 und 4 im Frühjahr 1988 (von oben nach unten). Erläuterungen im Text.

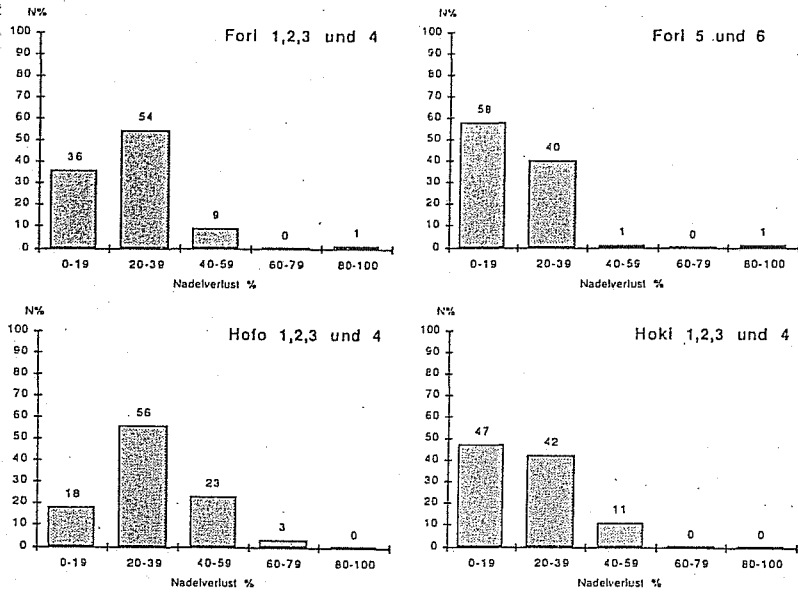


Abb. 5: Stammzahlverteilung auf Stufen gleicher Nadelverluste für alle Bäume der Flächenreihen FORI 1 bis 4 (Autobahn), FORI 5 und 6 (Wiese), HOFO 1 bis 4 (Autobahn) und HOKI 1 bis 4 (Stromleitung) nach der Aufnahme im Frühjahr 1988.

Die drei vorkommenden Waldmanteltypen (vgl. Abschn. 3.2) unterscheiden sich in ihrer Schutzfunktion für den Bestand. Es stellt sich die Frage, ob aus unserem Datenmaterial ein Zusammenhang zwischen dem Vitalitätszustand der Weiserflächen und dem Aufbau ihres Waldmantels abgeleitet werden kann. In Tab. 4 wurden die Flächen nach zunehmendem Schädigungsgrad geordnet; darunter ist jeweils der flächenspezifische Waldmanteltyp aufgetragen. Würde ein dichterer Waldmantel (Typ 2 oder 3) schadmindernd wirken, so müßten sich bei den vitalen Beständen (vgl. Tab. 4, links) die Waldmantel-Typen 2 und 3 konzentrieren und bei den stärker geschädigten (rechts) die Typenkennungen 1 und 2 vorherrschen. Aus Tab. 4 geht hervor, daß wider Erwarten kein systematischer Zusammenhang zwischen der Bestandesvitalität auf den Weiserflächen und dem strukturellen Aufbau ihres Waldmantels besteht.



Tab. 4: Ordnung der Flächen in den verschiedenen Flächenreihen nach dem Schadgrad und Angabe der flächenspezifischen Waldmantel-Typen (Erläuterungen im Text).

	Vitalitätsverhältnisse			
	günstig-----ungünstig			
FORI 1 bis 4	1	2	4	3
Waldmantel-Typ	2	3	2	2
FORI 5 und 6	5-----6			
Waldmantel-Typ	2			1
HOFO 1 bis 4	2	3	4	1
Waldmantel-Typ	2	1	3	3
HOKI 1 bis 4	1	2	3	4
Waldmantel-Typ	1	3	1	1

#### 4.3 Gesundheitszustand in verschiedenen Entfernungen zum Bestandesrand

Zur Untersuchung der Fragestellung, ob die Entfernung der Bestandesglieder zum Rand die räumliche Schadverteilung auf den Weiserflächen beeinflusst, wurde jede Weiserfläche in sechs randparallele Zonen unterteilt, und die Beurteilung des Gesundheitszustandes erfolgte dann gesondert für jede Zone. Die Zonen wurden nach folgendem Schema festgelegt: Durch die Anlage von drei 5-Meter-Zonen am Bestandesrand (Teilfläche 1) werden die Verhältnisse in den peripheren Bestandespartien genau erfaßt. Mit dem Übergang zu 10-Meter-Zonen ab einer Randentfernung von 15 m (Teilfläche 2) ist gewährleistet, daß in allen Zonen etwa gleich viele Bäume enthalten sind (was für die weiterführende statistische Auswertung von Bedeutung ist).

Auf der Grundlage unserer Meßdaten sollten folgende Fragestellungen näher analysiert werden:

1. Besteht ein Zusammenhang zwischen dem Gesundheitszustand der Bäume auf den Weiserflächen und ihrer Entfernung zum Bestandesrand? Für jede der vier Flächenreihen FORI 1 bis 4 (Autobahn), FORI 5 und 6 (Wiese), HOFO 1 bis 4 (Autobahn) und HOKI 1 bis 4 (Stromleitung) soll geprüft werden, ob sich der Gesundheitszustand in den oben angesprochenen Randzonen unterscheidet (vgl. Abschn. 4.3.2).
2. Unterscheiden sich die Flächengruppen an der Autobahn, Stromleitung und Wiese im Gesundheitszustand und in der Schadausprägung in den verschiedenen Randzonen (vgl. Abschn. 4.3.3)?

3. Sind die Vitalitätsverhältnisse auf den Weiserflächen abhängig von der Exposition des Waldrandes? Für die Flächenreihen an der Autobahn und in der Nähe der Stromleitung wird geprüft, ob sich östlich exponierte Waldränder von westlich exponierten in den Vitalitätsverhältnissen unterscheiden (vgl. Abschn. 4.3.4).
4. Für die Flächen, die an der Autobahn liegen, wird geprüft, ob sich die Flächen mit den Waldmantel-Typen 1, 2 und 3 im Vitalitätszustand und in der Schadausprägung in den sechs Abstandszonen voneinander unterscheiden.

#### 4.3.1 Zur mathematisch-statistischen Auswertung

Die Fragestellungen unter Punkt (1) wurden mit der einfachen Varianzanalyse geprüft. Für die Berechnung wurden alle vorherrschenden und herrschenden Bäume einer Flächenreihe in die eingangs erwähnten sechs Gruppen gleicher Randentfernung eingeteilt (Gruppen 1 bis 6: 0-5 m, 5-10 m, 10-15 m, 15-25 m, 25-35 m und 35-45 m); das Gruppierungskriterium ist die Entfernung zum Bestandesrand. Mit der Varianzanalyse wurde geprüft, ob sich die Randzonen im Schädigungsgrad (Nadelverlust im Frühjahr 1988) voneinander unterscheiden. In der Mehrzahl der Fälle ergab sich, daß das Baumalter einen signifikanten Einfluß auf den Schädigungsgrad ausübt; um den Einfluß von Altersunterschieden zwischen den Gruppen zu eliminieren, wurde das Baumalter als Covariate in die varianzanalytische Auswertung einbezogen. Die co-varianzanalytisch adjustierten Mittelwerte (mittlere Nadelverluste) für die verschiedenen Distanzgruppen können durch einen Polygonzug miteinander verbunden werden und veranschaulichen die Ergebnisse der Berechnung.

Die unter den Punkten (2 bis 4) aufgeführten Fragenkomplexe wurden mit dem Modell der zweifaktoriellen Varianzanalyse durchleuchtet. Mit diesem Rechenverfahren soll in unserem Fall geprüft werden, ob die Schadmerkmalsausprägung in den verschiedenen Randzonen von der Lage oder Exposition bzw. von dem jeweiligen Waldmanteltyp abhängig ist.

Faktor 1 ist die Entfernung der Bäume vom Bestandesrand; es wurden folgende sechs Distanzgruppen unterschieden (Gruppen 1 bis 6: 0-5 m, 5-10 m, 10-15 m, 15-25 m, 25-35 m und 35-45 m). Faktor 2 gruppiert die Bäume nach unterschiedlichen Lagen (Autobahn versus Stromleitung versus Wiese und Ostexposition versus Westexposition) und nach unterschiedlichen Waldmantel-Typen (Waldmanteltypen 1 versus 2 versus 3). Um den Einfluß der unterschiedlichen gruppenspezifischen Baumalter auf die Vitalitätsverhältnisse zu eliminieren, wurde das Alter als Covariate in die Rechnung mit eingeführt.

Die Aussagekraft der zweifaktoriellen Varianzanalyse liegt auf zwei Betrachtungsebenen: Einerseits wird die Globalhypothese überprüft, ob sich bei der zweifaktoriellen Betrachtung der Befunddaten überhaupt Gruppenunterschiede in der Vitalität abzeichnen. Andererseits werden zur Feinanalyse der Ergebnisse die varianzanalytisch adjustierten Vitalitätsstufen der verschiedenen Lage- und Waldmantel-Typen-Gruppen für die verschiedenen Abstandszonen durch Polygonzüge verbunden; diese bilden die Grundlage der Mittelwert-Profilanalyse.

Die Berechnungen wurden mit den BMDP-Programmen 1V und 2V durchgeführt. Die Prüfung der Voraussetzungen (Varianzhomogenität zwischen den Gruppen, zweidimensionale Normalverteilung innerhalb der Zellen) erfolgte mit den Programmen 6D und 9D derselben Programmbibliothek.

#### 4.3.2 Vitalitätsverhältnisse in verschiedenen Entfernungszonen vom Bestandesrand

Die Untersuchung der Vitalitätsverhältnisse der Meßbäume in unterschiedlichen Entfernungszonen vom Bestandesrand erfolgte gesondert für die Flächenreihen FORI 1 bis 4, FORI 5 und 6, HOFO 1 bis 4 und HOKI 1 bis 4. Eingangsdaten für die Berechnungen waren die Ergebnisse der Schadstufenansprache im Frühjahr 1988, das Baumalter und die Abstandswerte vom Bestandesrand.

Aus der Ergebnistafel für die Globalhypothese der Varianzanalyse geht hervor, daß sich nur auf den in Autobahnnähe gelegenen Flächen die Vitalitätsverhältnisse in den verschiedenen Entfernungszonen signifikant unterscheiden. Auf Abb. 6 sind die Ergebnisse der varianzanalytischen Auswertung in Form der Mittelwertprofile dargestellt. Signifikante Vitalitätsunterschiede (Niveau  $p=0.05$ ) zwischen den Gruppen sind jeweils unter der Entfernungachse durch Pfeile angedeutet. Die Berechnungen liefern uns folgende Hinweise für die untersuchte Fragestellung:

- Die mittleren Nadelverluste liegen in den einzelnen Gruppen zwischen acht und 35 Prozent und zeigen, daß wir es mit Beständen zu tun haben, die mittlere bis stärkere Schäden aufweisen.
- Wider Erwarten zeichnen sich auf allen Flächenreihen in der Randzone von 0 bis 5 m relativ günstige Vitalitätsverhältnisse ab (Nadelverluste 8 bis 23 Prozent).
- Besonders hohe Nadelverluste sind in den Zonen zwischen 10 und 15 m und 25 bis 45 m vom Rand festzustellen.

- Auf den Flächen FORI 1 bis 4 liegen die Nadelverluste in der Entfernung zwischen 10 und 15 m vom Rand signifikant höher als in den Zonen von 0 bis 10 und 15 bis 35 m. In der Entfernungszone von 35 bis 45 m steigen die Nadelverluste leicht an.
- Auf den Flächen HOFO 1 bis 4 liegen die Nadelverluste im randfernen Bereich ebenfalls signifikant höher als in den randnahen Zonen. In der Zone von 10 bis 15 m liegen die Nadelverluste etwas höher als in der äußersten Randzone.

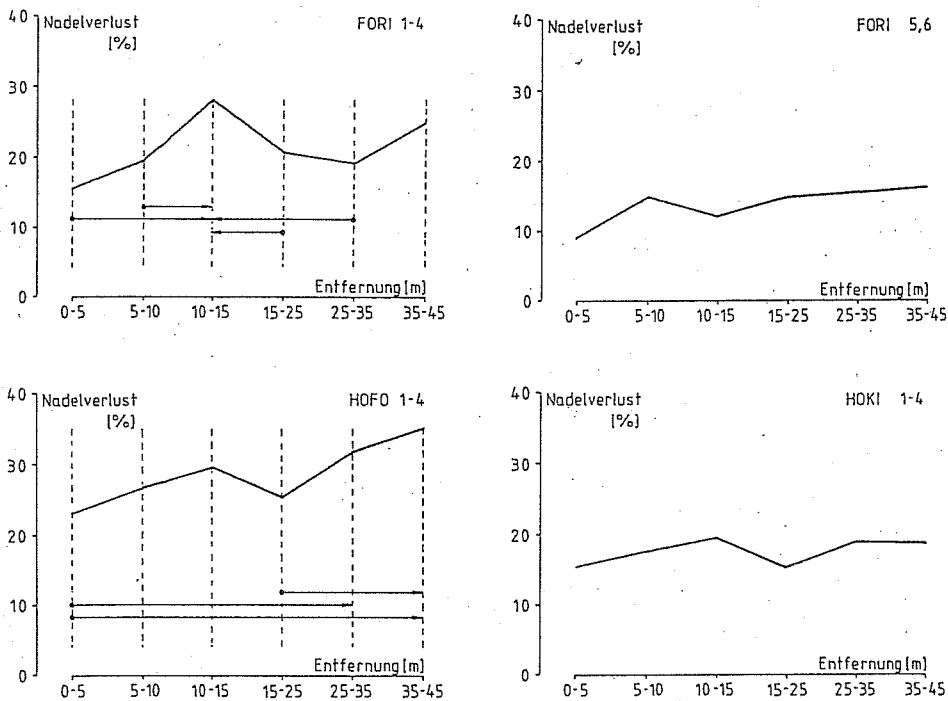


Abb. 6: Mittelwertprofile der varianzanalytischen Auswertung: Dargestellt sind die mittleren Nadelverluste nach der Schadansprache im Frühjahr 1988 (in Prozenten der Gesamtnadelmasse) in den unterschiedlichen Entfernungszonen vom Bestandesrand. Weiserflächen FORI 1-4, FORI 5 und 6, HOFO 1-4 sowie HOKI 1-4. Signifikante Gruppenunterschiede (Niveau  $p=0.05$ ) sind durch Verbindungs Pfeile hervorgehoben.

### 4.3.3 Vitalitätsunterschiede zwischen den Flächengruppen an der Autobahn, Stromleitung und Wiese

Für die Untersuchung der Fragestellung, ob die Schadmerkmalsausprägung in den verschiedenen Entfernungszonen von der Lage der Flächen abhängt, wurde das gesamte Meßbaumkollektiv nach den drei Lagen Autobahn, Stromleitung und Wiese stratifiziert. Mit der zweifaktoriellen Varianzanalyse wurde geprüft, ob sich zwischen den Bäumen bei unterschiedlicher Entfernung vom Bestandesrand und verschiedener Lage Vitalitätsunterschiede abzeichnen.

Die Ergebnisse der Berechnung zeigen, daß einen signifikanten Einfluß auf die Höhe der Nadelverluste sowohl der Faktor Lage (Signifikanzniveau  $p=0.001$ ) als auch der Faktor Entfernung ( $p=0.05$ ) ausüben. Die Covariate Alter hat einen signifikanten Einfluß auf den Vitalitätszustand. In Abb. 7 sind die covarianz-analytisch adjustierten Zellenmittelwerte in Form der Mittelwertprofile aufgetragen:

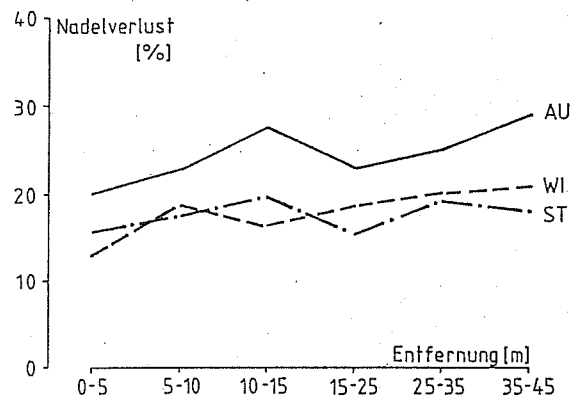


Abb. 7: Mittelwertprofile nach den Ergebnissen der zweifaktoriellen Varianzanalyse: Dargestellt sind die mittleren Nadelverluste auf den Flächenreihen an der Autobahn (AU), Stromleitung (ST) und Wiese (WI).

- Bei allen drei Flächengruppen sind die Vitalitätsverhältnisse am Bestandesrand am günstigsten; ein erstes Maximum an Schäden tritt in einer Bestandestiefe von 10 bis 15 m vom Rand auf, ein zweites in der Entfernungszone von 35 bis 45 m.
- Die Flächengruppe an der Autobahn weist in allen Entfernungszonen deutlich höhere Nadelverluste auf als die Flächen an der Stromleitung und Wiese.

- Die erwähnten Maxima an Schäden in den Zonen von 10 bis 15 m und 35 bis 45 m sind auf den Flächen in der Nähe der Autobahn stärker ausgeprägt als auf den Vergleichsflächen an der Stromleitung und Wiese.
- Die Nadelverluste auf den Flächen in der Nähe der Stromleitung und Wiese liegen etwa auf demselben Niveau und sind um 5 bis 10 Prozent geringer als auf den Flächen in Autobahnnähe.

#### 4.3.4 Einfluß der Exposition des Bestandesrandes auf die Vitalitätsverhältnisse

Um den Einfluß der Exposition des Bestandesrandes auf die Vitalitätsverhältnisse auf den Weiserflächen zu untersuchen, wurden die Flächen zu zwei Gruppen gleicher Exposition zusammengefaßt:

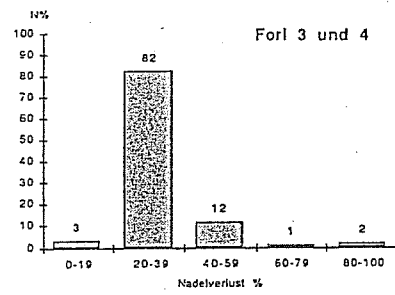
**Gruppe 1:** Flächen, deren Bestandesrand östlich, nordöstlich oder südöstlich exponiert liegt. Diese Bestandesränder befinden sich in Lee-Lage, und die Sonneneinstrahlung ist wesentlich geringer als an den Rändern der Gruppe 2.

**Gruppe 2:** Flächen, deren Bestandesrand nach Westen, Nordwesten oder Südwesten geöffnet ist. Diese Ränder befinden sich in windzugewandter Lage und unterliegen einer hohen Sonneneinstrahlung.

In Abb. 8 sind für die Flächen an der Autobahn in Forstenried (oben) und Hofolding (Mitte) sowie für die Fläche an der Stromleitung in Höhenkirchen (unten) die Stammzahlverteilungen auf Stufen gleicher Nadelverluste angegeben. Links sind die Vitalitätsverhältnisse bei westlicher Exposition dargestellt, rechts bei östlicher Exposition.

Auf allen Flächen ist der Gesundheitszustand in östlicher Exposition deutlich günstiger als in westlicher Exposition. Besonders ausgeprägt ist dieser Vitalitätsunterschied zwischen östlicher und westlicher Exposition auf den Flächen in der Nähe der Autobahn (vgl. Abb. 8, oben und Mitte). Der Schwerpunkt der Stammzahlverteilung liegt an den östlich exponierten Rändern bei Nadelverlusten von 0 bis 39 Prozent gegenüber 20 bis 59 Prozent bei den Flächen mit westlich exponierten Rändern.

## Exposition West



## Ost

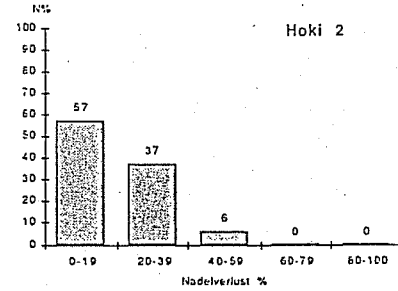
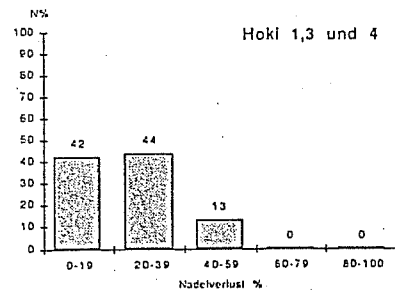
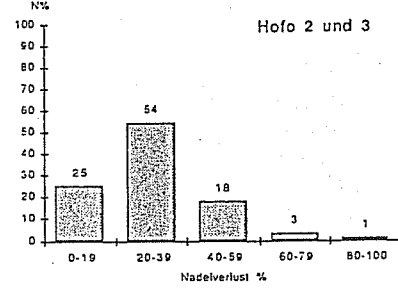
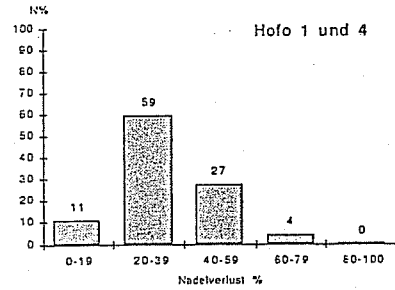
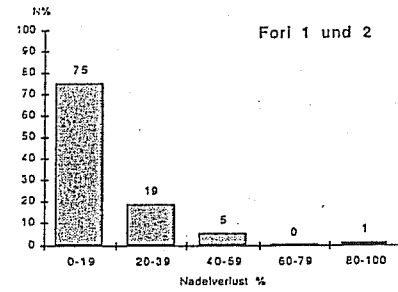


Abb. 8: Stammzahlverteilungen auf Stufen gleicher Nadelverluste für die Weiserflächen mit westlich exponiertem Bestandesrand (links) und östlich exponiertem Bestandesrand (rechts).

Für die Flächen in Autobahnnähe und am Rande der Stromleitungstrasse wurde in gesonderten Rechengängen mit der zweifaktoriellen Varianzanalyse (Faktor 1: Entfernung, Faktor 2: Exposition) geprüft, ob die Vitalitätsverhältnisse in den verschiedenen Entfernungszonen vom Bestandesrand (sechs Zonen, vgl. Abschn. 4.3.1) abhängig sind von der Exposition des Bestandesrandes.

Aus der Ergebnistafel der Varianzanalyse geht hervor, daß bei den Flächen in der Nähe der Autobahn sowohl die Entfernung zum Bestandesrand als auch die Exposition des Bestandesrandes einen signifikanten Einfluß (Signifikanzniveau  $p=0.01$ ) auf die Höhe des Nadelverlustes ausüben.

Demgegenüber ergeben sich für die Flächen an der Stromleitungstrasse keine statistisch gesicherten Unterschiede zwischen den Vitalitätsverhältnissen in den verschiedenen Entfernungs- und Lagegruppen. In beide Rechengänge wurde das Baumalter als Covariate einbezogen, da es einen signifikanten Einfluß (Signifikanzniveau  $p=0.001$ ) auf die Höhe der Nadelverluste hat.

Die wichtigsten Ergebnisse der Rechnung können den Mittelwertprofilen in Abb. 9 entnommen werden:

- Auf den Weiserflächen in der Nähe der Autobahn (vgl. Abb. 9, oben) liegen die Nadelverluste bei Westexposition in allen Entfernungszonen deutlich (um 5 bis 15 Prozent) über den Nadelverlusten in den Vergleichsbeständen in Ostlage.
- Das oben erwähnte Maximum an Schäden in der Entfernungszone von 10 bis 15 m ist nur an den westlich exponierten Bestandesrändern ausgeprägt. Die durchschnittlichen Nadelverluste betragen in dieser Bestandeszone etwa 35 Prozent.
- In Ost- und Westlage sind die Vitalitätsverhältnisse an der äußeren Bestandesperipherie (Zone 0 bis 5 m) günstiger als weiter im Bestandesinneren.
- In den Beständen nahe der Stromleitung (vgl. Abb. 9, unten) liegen die durchschnittlichen Nadelverluste niedriger als in Autobahnnähe. Es ergeben sich nur im mittleren Entfernungsbereich tendenzielle Gruppenunterschiede zwischen den Vitalitätsverhältnissen in West- und Ostlage, die aber statistisch nicht gesichert sind.
- Es fällt auf, daß auch bei dieser Flächenreihe das erwähnte Maximum an Schäden in der Entfernungszone von 10 bis 15 m nur an den westlich exponierten Rändern festzustellen ist.
- Die tendenzielle Veränderung des Gesundheitszustandes bei zunehmender Entfernung vom Bestandesrand ist an den westlich exponierten Rändern an der Autobahn und Stromleitung sehr ähnlich; die entsprechenden Mittelwertprofile unterscheiden sich aber in der absoluten Höhe der Nadelverluste. Demgegenüber ergeben sich für die Bestände mit Ostrand an der Autobahn und nahe der Stromleitung völlig unterschiedliche Mittelwertprofile.



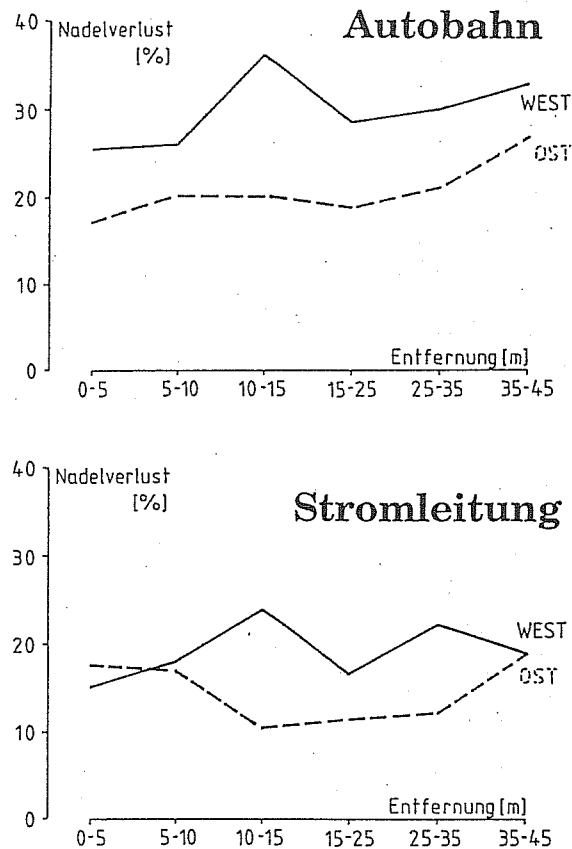


Abb. 9: Mittelwertprofile nach den Ergebnissen der varianzanalytischen Auswertung: Dargestellt sind die mittleren Nadelverluste nach der Schadansprache im Frühjahr 1988 (in Prozent) in den unterschiedlichen Entfernungszonen vom Bestandesrand bei verschiedener Exposition für die Flächen in der Nähe der Autobahn (oben) und in der Nähe der Stromleitung (unten).

#### 4.3.5 Vitalitätsverhältnisse an Bestandesrändern mit verschiedenen Waldmantel-Typen

Die Frage, ob der Aufbau des Waldmantels (vgl. Abschn. 3.2) einen Einfluß auf die Vitalitätsverhältnisse in den verschiedenen Randzonen hat, wird im folgenden für die Flächen in der Nähe der Autobahn untersucht. Nur in den Flächenreihen in Autobahnnähe sind die unterschiedlichen Waldmantel-Typen 1, 2 und 3 nebeneinander vertreten. Es wurde mit Hilfe der zweifaktoriellen Varianzanalyse (Faktor 1: Entfernung, Faktor 2: Waldmantel-Typ) geprüft, ob sich die Vitalitätsverhältnisse bei den verschiedenen Waldmantel-Typen unterscheiden.

Die Ergebnisse der varianzanalytischen Auswertung zeigen, daß sowohl der Waldmantel-Typ (Signifikanzniveau  $p=0.001$ ) und die Entfernung ( $p=0.001$ ) als

auch die Covariate Baumalter ( $p=0.05$ ) einen statistisch gesicherten Einfluß auf den Vitalitätszustand der Bestandesglieder ausüben. Aus der Darstellung der Mittelwertprofile (vgl. Abb. 10) geht hervor, daß in den Beständen mit den Waldmantel-Typen 2 (Mantel mit Vorbäumen) und 3 (Mantel mit Außensaum) die Schäden mit zunehmender Entfernung vom Bestandesrand tendenziell ähnlich zunehmen, wobei die Nadelverluste beim Waldmantel-Typ 3 aber in allen Distanzklassen um 5 bis 10 Prozent höher liegen als auf den Flächen mit dem Waldmantel-Typ 2. Das bereits mehrfach erwähnte Maximum an Schäden in der Entfernungszone zwischen 10 und 15 m ist nur bei den Typen-Gruppen 2 und 3 festzustellen, während die Bestände ohne Außensaum (Typ 1) eine völlig andere Schadverteilung aufweisen: Hier liegen die Schäden in den randnahen und randfernen Zonen besonders hoch.

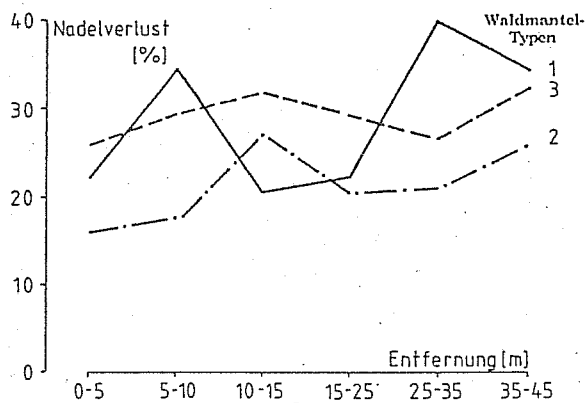


Abb. 10: Mittelwertprofile nach den Ergebnissen der varianzanalytischen Auswertung: Dargestellt sind die mittleren Nadelverluste nach der Schadansprache im Frühjahr 1988 (in Prozent) in den unterschiedlichen Entfernungszonen vom Bestandesrand für alle Flächen mit den Waldmantel-Typen 1, 2 und 3.

## 5 Ergebnisse der Bohrkernuntersuchungen

Die Analyse des Zuwachsverhaltens und die Beurteilung der schadbedingten Zuwachsminderung von Bäumen unterschiedlicher Schädigung erfolgten mit Hilfe eines Zuwachs-Referenzsystems, das sich für die Zuwachsdiaagnose in bayerischen Waldschadensgebieten mehrfach bewährt hat und am Lehrstuhl für Waldwachstumskunde entwickelt wurde (vgl. FRANZ, 1986; PRETZSCH, 1989; RÖHLE, 1987; UTSCHIG, 1989).

Für jeden Bestand wurde eine bestandesindividuelle Referenzkurve für den "normalen" Zuwachsverlauf, der unter ungestörten Verhältnissen zu erwarten wäre, aus dem Zuwachsgang der vitalen, ungeschädigten Bäume des Bestandes (Schadstufen 0 bis 2) hergeleitet. Die Analyse des Zuwachsverhaltens geschädigter Bäume erfolgte dann durch Gegenüberstellung ihrer Zu-

wachskurve mit der Referenzkurve. Die Berechnung von Zuwachsverlusten beruht auf dem Vergleich von tatsächlichem und "normalem" Zuwachsverlauf. Um eine Fehleinschätzung der Zuwachsverluste zu vermeiden, die dadurch zustande kommen könnte, daß die Referenzwachskurve und die Zuwachsentwicklung der zu beurteilenden Bäume schon vor Eintritt der Schädigung auf einem unterschiedlichen Niveau lagen, werden die beiden Kurvenverläufe so adjustiert, daß sie innerhalb einer Referenzperiode (1959 bis 1968) niveaugleich verlaufen.

Bei der Feinanalyse der Zuwachsentwicklung auf den Weiserflächen betrachten wir im folgenden nicht mehr die absoluten Zuwachsgrößen, sondern die prozentualen Abweichungen der Zuwachskurven geschädigter Bäume von der Referenzkurve für den "normalen" Zuwachsverlauf. Im Einzelnen sollen folgende Fragen untersucht werden:

1. Wie sieht auf den Weiserflächen die Zuwachsentwicklung von Bäumen unterschiedlicher Schädigungsgrade aus (vgl. Abschn. 5.1)?
2. Kann aus dem vorhandenen Datenmaterial ein Zusammenhang zwischen dem Schadgrad und dem Zuwachsgang diagnostiziert werden? Mit welchen durchschnittlichen Zuwachseinbußen ist bei bestimmten Nadelverlusten zu rechnen (vgl. Abschn. 5.2)?
3. Es soll überprüft werden, ob an geschädigten Bäumen mit gleichen Nadelverlusten die Flächenlage einen Einfluß auf das Zuwachsverhalten ausübt (vgl. Abschn. 5.3)?
4. Unterscheiden sich geschädigte Bäume an östlich und westlich exponierten Bestandesrändern bei gleichen Nadelverlusten in ihrer Zuwachsleistung (vgl. Abschn. 5.4)?

### 5.1 Zuwachsverhalten und schadbedingte Zuwachsverluste bei unterschiedlichen Schadgraden

In den Abb. 11 bis 14 sind beispielhaft für jeweils zwei Bestände pro Flächenreihe die Zuwachskurven der Bestandesglieder unterschiedlicher Schädigungsgrade in Relation zur Referenz-Zuwachskurve (0-Linie) dargestellt. Für die letzten 30 Jahre sind gesondert für Bäume mit Nadelverlusten von 20 bis 29 Prozent, 30 bis 39 Prozent und 40 bis 99 Prozent die Abweichungen des laufenden jährlichen Grundflächenzuwachses von der Referenzkurve (0-Linie) angegeben. Die Darstellungen enthalten außerdem Angaben darüber, aus wieviel Bäumen die Referenzkurve abgeleitet wurde (NREF), und wie hoch die Klassenbesetzung in den unterschiedlichen Schadstufen-Gruppen ist (N2, N3, N4).

In der Zuwachsentwicklung der Probebäume auf den Weiserflächen zeichnen sich Phasen mit einem unterschiedlichen Zuwachsverhalten ab: Zu Beginn des dreißigjährigen Untersuchungszeitraumes folgen die Zuwachskurven aller Probebäume - unabhängig vom Schadgrad - in etwa der Referenzentwicklung für den "normalen" Zuwachsverlauf. In den Jahren nach dem Trassenauftrieb ist im Zuwachsgang vieler Probebäume eine leichte Zuwachsdpression festzustellen. Unabhängig vom Zeitpunkt des Trassenauftriebs und von der Flächenlage macht sich auf der Mehrzahl der Flächen seit Beginn der achtziger Jahre ein weiterer Zuwachsrückgang bemerkbar. Klare Unterschiede zwischen dem Zuwachstrend von Bestandesgliedern mit unterschiedlichen Nadelverlusten zeichnen sich im allgemeinen erst in den letzten fünf Jahren ab.

Von diesem Grundmuster der Zuwachsentwicklung weichen die einzelnen Weiserflächen mitunter stärker ab:

Der längerfristige Zuwachstrend der Probebäume auf den Weiserflächen FORI 1 bis 4 (vgl. Abb. 11) spiegelt den Trassenauftrieb in den Jahren 1960 bis 1965 wider; seit Beginn der siebziger Jahre unterschreitet die Zuwachsentwicklung der geschädigten Probebäume die Referenzentwicklung für den "normalen" Zuwachsverlauf. Vieles deutet darauf hin, daß durch die Randstellung eine erste leichte Zuwachsdpression eingeleitet wurde (1970 bis 1980), die durch die Walderkrankungen seit Beginn der achtziger Jahre weiter verstärkt wurde. Heute unterschreiten die Bäume mit Nadelverlusten über 20 Prozent die Referenzentwicklung um 10 bis 30 Prozent. Die Zuwachskurven der gesunden und leicht geschädigten Bäume bewegen sich etwa auf dem Niveau der Referenzentwicklung. Der Trend der Zuwachsentwicklung der geschädigten Bäume ist gegenwärtig weiter rückläufig; demgegenüber verlaufen die Zuwachskurven der vitalen Bäume weitgehend parallel zur Referenzlinie oder nähern sich dieser seit einigen Jahren wieder an.

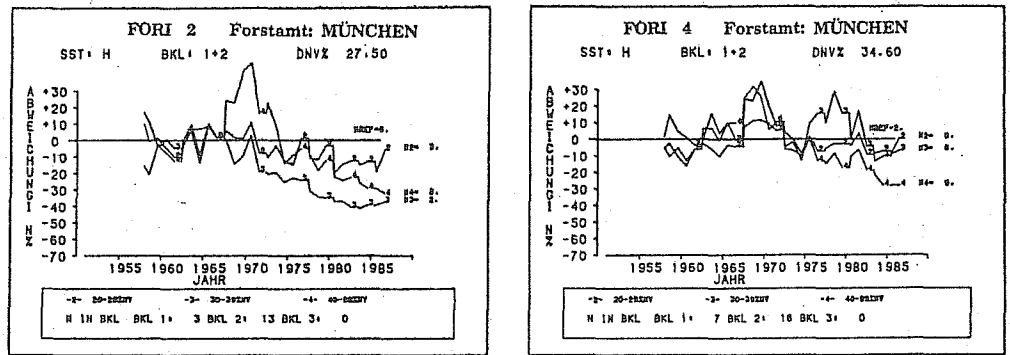


Abb. 11: Zuwachsentwicklung der Bäume mit unterschiedlicher Schädigung in Relation zur Referenz-Zuwachskurve (0-Linie) für die Weiserflächen FORI 2 (links) und FORI 4 (rechts).

An dem natürlichen Bestandesrand zur Wiese bei Forstenried (vgl. Abb. 12) verlaufen die Zuwachskurven der Bäume unterschiedlicher Schadstufen im gesamten Untersuchungszeitraum auf dem Niveau der Referenzentwicklung. Das Zuwachsniveau der Bäume der Schadstufe 3 liegt dabei etwas niedriger (5 bis 10 Prozent) als bei den gesunden Vergleichsbäumen.

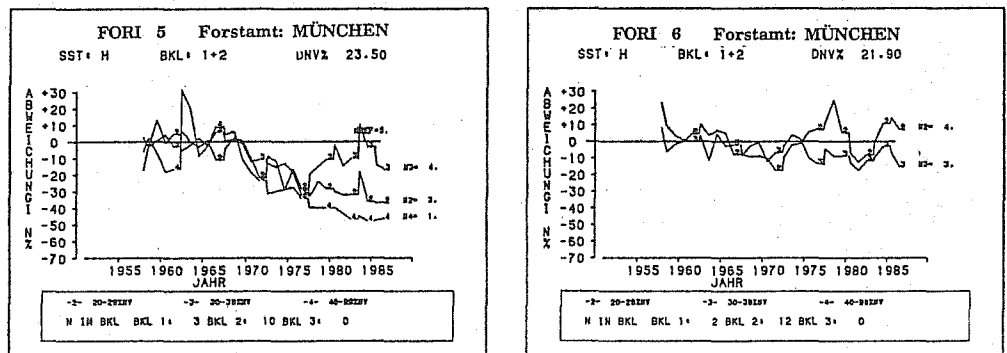


Abb. 12: Zuwachsentwicklung der Bäume mit unterschiedlicher Schädigung in Relation zur Referenz-Zuwachskurve (0-Linie) für die Weiserflächen FORI 5 (links) und FORI 6 (rechts).

Auf den Flächen an der Autobahn bei Hofolding (vgl. Abb. 13) zeichnen sich klare Unterschiede zwischen dem Zuwachsverhalten bei östlicher und westlicher Exposition des Bestandesrandes ab. Am östlich exponierten Bestandesrand (vgl. Abb. 13, oben) liegen die Zuwachsverläufe - unabhängig vom heutigen Schädigungsgrad - seit Beginn des Untersuchungszeitraumes etwa auf

Probebäume in Westexposition weisen schon seit den siebziger Jahren deutlich rückläufige Zuwächse auf; die Zuwachsverluste an stärker geschädigten Bäumen betragen 10 bis 25 Prozent.

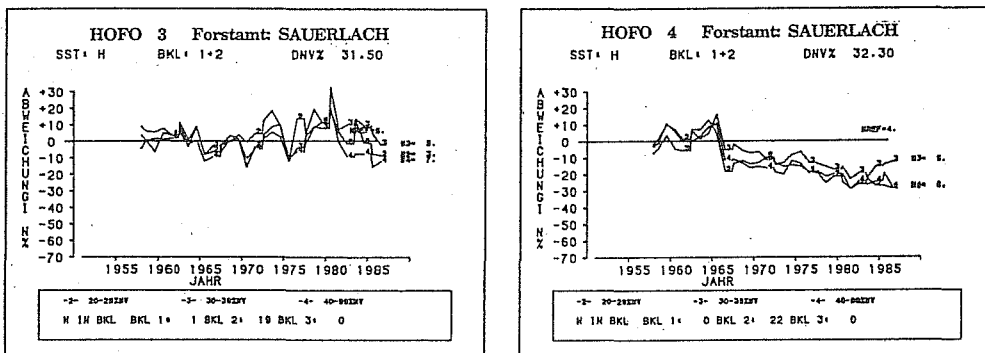


Abb. 13: Zuwachsentwicklung der Bäume mit unterschiedlicher Schädigung in Relation zur Referenz-Zuwachskurve (0-Linie) für die Weiserflächen HOFO 3 (links) und HOFO 4 (rechts).

Die Zuwachskurven der Probabäume vom Bestandesrand zur Stromleitung bei Höhenkirchen (vgl. Abb. 14) verliefen bis zum Beginn der achtziger Jahre etwa auf dem Niveau der Referenzentwicklung. Stärker geschädigte Bestandsglieder lassen erst in den letzten fünf Jahren einen leichten Zuwachsrückgang erkennen. Die langfristige Zuwachsentwicklung auf diesen Weiserflächen läßt keine klaren Zuwachsreaktionen auf den Trassenaufrieb im Jahre 1959 erkennen.

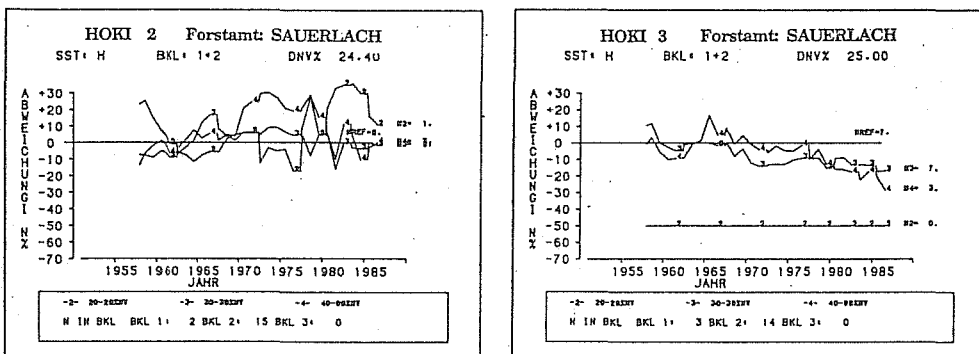


Abb. 14: Zuwachsentwicklung der Bäume mit unterschiedlicher Schädigung in Relation zur Referenz-Zuwachskurve (0-Linie) für die Weiserflächen HOKI 2 (links) und HOKI 3 (rechts).

## 5.2 Mittlere Zuwachsverluste für Bäume unterschiedlicher Schadgrade

Eingangsdaten für die Untersuchung der Frage, mit welchen Zuwachseinbußen im Durchschnitt bei einem bestimmten Nadelverlust zu rechnen ist, sind die errechneten Grundflächen-Zuwachsverluste (vgl. Abschn. 5.1) und die angeschätzten Nadelverluste der Stichprobenbäume für die Bohrkernanalysen ( $n=231$ ). Mit Hilfe der Varianzanalyse (Covariate: Baumalter und Durchmesser in der Höhe 1.3 m) wurden die mittleren Zuwachsverluste für vier Schadstufen-Gruppen errechnet (Gruppe 1 bis 4: Nadelverluste 0 bis 19 Prozent, 20 bis 39 Prozent, 40 bis 59 Prozent und 60 bis 100 Prozent), und es wurde geprüft, ob sich die Gruppenmittelwerte statistisch voneinander trennen lassen.

In Abb. 15 sind die covarianzanalytisch adjustierten Mittelwerte und die Standardfehler der prozentualen Zuwachsverluste (für das Jahr 1987) über dem Nadelverlust aufgetragen; signifikante Gruppenunterschiede (Signifikanzniveau  $p=0.05$ ) sind durch Verbindungspfeile hervorgehoben.

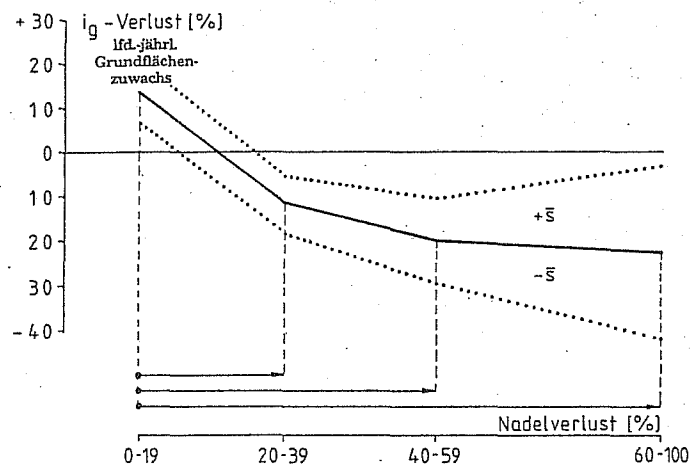


Abb. 15: Mittelwerte und Standardfehler der prozentualen Grundflächenzuwachsverluste im Jahr 1987 (in Prozent) für Bäume mit unterschiedlichen Nadelverlusten. Signifikante Gruppenunterschiede (Signifikanzniveau  $p=0.05$ ) sind durch Verbindungspfeile hervorgehoben; Stichprobenumfang  $n=231$ .

Im Jahr 1987 lagen die Zuwächse bei Nadelverlusten von null bis 19 Prozent um 13 Prozent über dem Referenzwert, bei Nadelverlusten von 20 bis 39 Prozent betragen die Zuwachseinbußen 12 Prozent, und bei fortgeschrittener Erkrankung nehmen die Zuwachseinbußen gegenüber der Referenzentwicklung bis auf 23 Prozent zu. Die Mittelwertdifferenzen zwischen der Gruppe 1 und den Gruppen 2, 3 und 4 sind statistisch gesichert (vgl. Abb. 15). Der Fehler des arithmetischen Mittels ist in allen Gruppen relativ hoch, und er steigt in der

Gruppe 4 (Nadelverluste 60 bis 100 Prozent) auf 19.7 Prozent an. Die hohen Standardfehler sind u. a. darauf zurückzuführen, daß an Bäumen mit gleichen Nadelverlusten die Höhe der Zuwachsverluste auch von der Lage (Autobahn, Wiese, Stromleitung) und Exposition (Ost- bzw. Westexposition des Bestandesrandes) abhängen.

### 5.3 Einfluß der Lage auf die Zuwachsminderung bei geschädigten Bäumen (Autobahn versus Stromleitung und Wiese)

Der Schluß vom Nadelverlust eines Baumes auf sein Zuwachsleistungsvermögen wird außer durch den normalen Schätzfehler (Fehler bei der Schadstufenansprache, Zuwachsmessfehler u.ä.) weiter dadurch erschwert, daß Bäume mit vergleichbarer Nadelmasse diese je nach Gunst bzw. Ungunst der Wachstumsbedingungen mit unterschiedlicher Effizienz für die Jahrringbildung nutzen können.

Die geschädigten Bäume mit Nadelverlusten über 30 Prozent, deren Zuwachsgang durch die Bohrkernanalysen erfaßt wurde ( $n=161$ ), wurden nach ihrer Lage zu zwei Gruppen zusammengefaßt:

**Gruppe 1:** Bäume auf den Flächen in der Nähe der Autobahn.

**Gruppe 2:** Bäume auf den Flächen in der Nähe der Stromleitung und Wiese.

Mit Hilfe der zweifaktoriellen Varianzanalyse (Faktor 1: Lage, "Autobahn" versus "Stromleitung und Wiese"; Faktor 2: Zeit, Jahresperioden 1958-1962, 1963-1967, 1968-1972, 1973-1977, 1978-1982, 1983-1987; Covariate: Nadelverlust) wurde geprüft, ob bei gleichen Nadelverlusten zwischen den Lagegruppen Unterschiede in der Zuwachsminderung festzustellen sind.

Die Prüfung der Globalhypothese der Varianzanalyse ergibt, daß die Lage (Faktor 1) bei gleichen Nadelverlusten (bei mittleren Nadelverlusten von 45 Prozent) keinen signifikanten Einfluß auf die Höhe der Zuwachsverluste ausübt. Der Einfluß der Zeit auf die Zuwachsentwicklung ist signifikant ( $p=0.001$ ): In den letzten 5 bis 10 Jahren lagen die Zuwächse in beiden Gruppen signifikant niedriger als in den Vorjahren. Aus den Mittelwertprofilen der varianzanalytischen Auswertung (vgl. Abb. 16) geht hervor, daß sowohl die Zuwächse in der Gruppe "Autobahn" (durchgezogene Linie) als auch in der Gruppe "Stromleitung und Wiese" (unterbrochene Linie) seit Mitte der siebziger Jahre rückläufig sind. In den Jahren 1983 bis 1987 lagen die Zuwachseinbußen auf den Flächen in Autobahnnähe bei gleichem Nadelverlust (45 Prozent) um etwa 5 Prozent höher als auf den Flächen an der Stromleitung und Wiese.



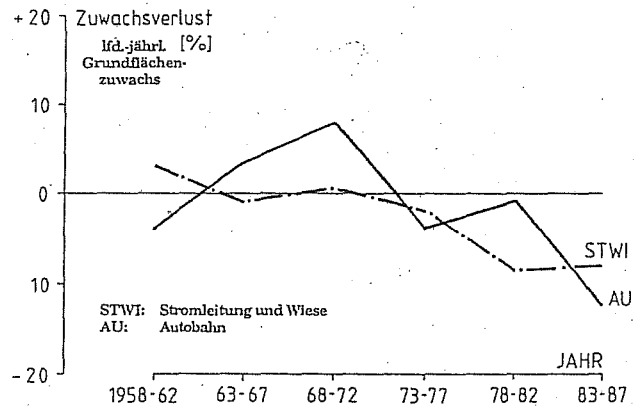


Abb. 16: Mittlere Zuwachsverluste in den Jahren 1958 bis 1987 für Bäume gleicher Nadelverluste auf den Weiserflächen in der Nähe der Autobahn (durchgezogene Linie) und in der Nähe der Stromleitung und Wiese (gestrichelte Linie); Stichprobenumfang  $n=231$ .

#### 5.4 Einfluß der Exposition auf die Zuwachsminderung geschädigter Bäume (Westexposition versus Ostexposition)

Führen wir in die Berechnung in Abschn. 5.3 als Gruppierungsvariable zusätzlich die Exposition des Bestandesrandes mit ein, so ergibt sich das folgende varianzanalytische Datendesign:

##### Kriteriumsvariable : Grundflächen-Zuwachsverlust

- Faktor 1:** Lage und Exposition  
(4 Stufen)
- Flächen an der Stromleitung und Wiese mit westlich exponiertem Bestandesrand
  - Flächen an der Stromleitung und Wiese mit östlich exponiertem Bestandesrand
  - Flächen an der Autobahn mit westlich exponiertem Rand
  - Flächen an der Autobahn mit östlich exponiertem Rand
- Faktor 2:** Zeit  
(6 Stufen)
- sechs 5-Jahresperioden (vgl. Abschn. 5.3)

**Covariate: Nadelverlust**

- Durch die Einbeziehung des Nadelverlustes als Covariate ist gewährleistet, daß die Zuwachsverläufe in den vier Lagegruppen für denselben mittleren Nadelverlust (45 Prozent) berechnet werden.

Diese Berechnungsvariante erlaubt eine Prüfung der Frage, ob an geschädigten Bäumen bei Unterstellung gleicher Nadelverluste die Zuwachsleistung abhängig ist von der Exposition und Lage der Weiserflächen. Besonders aufschlußreich ist wieder die Feinanalyse der varianzanalytischen Auswertung in Form der Mittelwertprofile. Abbildung 17 zeigt den mittleren Entwicklungsgang der Grundflächenzuwächse (in Relation zur Referenz-Zuwachskurve) für die vier unterschiedenen Lagegruppen über der Zeitachse.

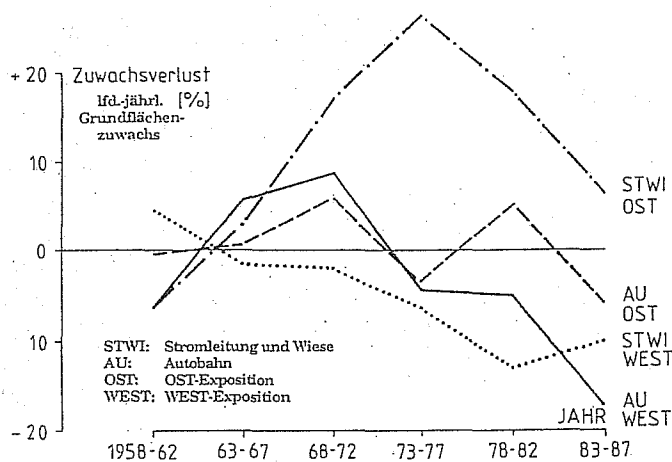


Abb. 17: Mittlere Zuwachsverluste in den Jahren 1958 bis 1987 für Bäume gleicher Nadelverluste auf den Weiserflächen in der Nähe der Autobahn (AU) und in der Nähe der Stromleitung und Wiese (STWI), jeweils gesondert für die Flächen mit westlich bzw. östlich exponiertem Bestandesrand; Stichprobenumfang n=231.

Es lassen sich daraus folgende Aussagen ableiten:

- Bei gleichen Nadelverlusten liegen die Zuwachseinbußen auf den Flächen in der Nähe der Autobahn um fünf bis 10 Prozent höher als bei der Flächen-  
gruppe "Stromleitung und Wiese".
- Bei Nadelverlusten von 45 Prozent ergeben sich für die verschiedenen Lagen folgende Abweichungen von der Referenzentwicklung (Periodenmittel 1983-1987):

Autobahn Westexposition	18 Prozent
Autobahn Ostexposition	-6 Prozent
Wiese/Stromleitung Westexposition	-10 Prozent
Wiese/Stromleitung Ostexposition	+6 Prozent

Das bedeutet, daß die Zuwachseinbußen an geschädigten Bäumen außer vom Nadelverlust auch stark von der Gunst bzw. Ungunst der Wachstumsbedingungen mitgeprägt werden: An den westlich exponierten Autobahnrändern, die in erhöhtem Maße den Abluftströmen des KFZ-Verkehrs ausgesetzt sind, liegen die Zuwachseinbußen deutlich höher als an den Bestandesrändern in östlicher Exposition. Vermutlich ist die Assimilationsleistung bei gleichem Benadelungszustand bei Bäumen an westlich exponierten Rändern aufgrund der höheren Luftbelastung geringer als bei den Vergleichsbäumen in östlicher Exposition. Ähnliche tendenzielle Unterschiede zwischen den Zuwachsverhältnissen bei unterschiedlicher Exposition ergeben sich für die Flächen-  
gruppe "Stromleitung und Wiese"; die Zuwachsverluste sind hier (bei gleichen Nadelverlusten) aber um durchschnittlich 5 bis 10 Prozent geringer als auf den Flächen in Autobahnnähe.

## 6 Zusammenfassung

In einem Teilprojekt der Waldschadensforschung wurden am Münchner Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Gesundheitszustand und das Wuchsverhalten von Fichtenbeständen an Waldrändern und in randnahen Bestandeszonen untersucht. Als Untersuchungsobjekte wurden in den Jahren 1985 bis 1987 in den Forstämtern München und Sauerlach 14 Weiserflächen neu angelegt; 12 Flächen liegen an Waldrändern zu Autobahn- und Stromleitungstrassen. Zwei Flächen befinden sich an natürlichen Waldrändern und grenzen an eine Wiese.

Die Basisdaten zur Strukturanalyse und Zuwachsdiagnose auf den Weiserflächen wurden durch eine ertragskundliche Vollaufnahme - kombiniert mit Vitalitätsansprache und Zuwachsbohrungen - gewonnen.

Nach dem strukturellen Aufbau ihres Waldmantels können bei den Weiserflächen drei unterschiedliche Waldmantel-Typen unterschieden werden: Waldmantel ohne Außensaum, Waldmantel mit Vorbäumen und Waldmantel mit Außensaum.

Auf der Grundlage der Erhebungsdaten wurden die Vitalitätsverhältnisse in verschiedenen Abstandszonen vom Bestandesrand untersucht, und es wurde geprüft, ob die Schadausprägung auf den Weiserflächen abhängig ist von ihrer Lage an der Autobahn, Stromleitung oder Wiese, von der Exposition des Bestandesrandes oder von dem flächenspezifischen Waldmantel-Typ.

- Auf allen Weiserflächen sind die Schäden an der äußersten Bestandesperipherie relativ gering und ein Schadmaximum ist in der Entfernungszone von 10 bis 15 m festzustellen, ferner in der Zone von 25 bis 45 m. Die Vitalitätsunterschiede zwischen den Abstandszonen sind auf den Flächen in der Nähe der Autobahn statistisch signifikant.
- Auf den Flächen in Autobahnnähe liegen die Nadelverluste in allen Entfernungszonen signifikant höher (um 5 bis 10 Prozent) als in den Beständen an der Wiese und Stromleitung.
- Auf den Flächen an der Autobahn hat die Exposition einen signifikanten Einfluß auf die Vitalitätsverhältnisse. An den westlich exponierten Rändern liegen die Nadelverluste um 5 bis 15 Prozent höher als auf den östlich exponierten Flächen.
- Die Bestände mit den Waldmantel-Typen 2 und 3 weisen ein Schadensmaximum bei mittlerer Entfernung vom Bestandesrand (10 bis 15 m) auf, während beim Waldmantel-Typ 1 höchste Schäden in den randnahen und randferneren Zonen festzustellen sind.

Die Ergebnisse der Bohrkernuntersuchungen bilden die Grundlage für die Zuwachsdiaagnose an Bäumen unterschiedlicher Schädigung und für die Herleitung schadbedingter Zuwachsverluste.

- In dem Zuwachsgang der meisten Probebäume lassen sich Phasen mit unterschiedlichem Zuwachstrend voneinander unterscheiden. Zu Beginn der dreißigjährigen Untersuchungsperiode folgten die Zuwachskurven der Probebäume - unabhängig vom Schädigungsgrad - etwa der Referenzentwicklung für den "normalen" Zuwachsverlauf. An den Bestandesrändern, die durch Trassenaufhieb entstanden sind, spiegelt sich dieser Eingriff im allgemeinen durch eine leichte Zuwachsdpression wider. Seit Beginn der achtziger Jahre macht sich auf der Mehrzahl der Flächen ein weiterer Zuwachsrückgang bemerkbar.

- Erst in den letzten fünf Jahren zeichnen sich zwischen den Bäumen mit unterschiedlichen Nadelverlusten deutliche Zuwachsunterschiede ab. Die Einbußen des laufend-jährlichen Grundflächenzuwachses betragen bei Bäumen leichter Schädigung (Nadelverluste 20 bis 39 Prozent) 12 Prozent, bei mittlerer Schädigung (Nadelverluste 40 bis 59 Prozent) 20 Prozent und bei stärkeren Schäden (Nadelverlust über 60 Prozent) im Durchschnitt 23 Prozent.
  
- An geschädigten Bäumen liegen die Zuwachseinbußen bei gleichen Nadelverlusten in Autobahnnähe signifikant höher als in der Nähe der Stromleitung bzw. Wiese und an westlich exponierten Bestandesrändern höher als an östlich exponierten. Diese Unterschiede im Zuwachsverhalten sind vermutlich darauf zurückzuführen, daß an den Bestandesrändern, die besonders stark den Abluftströmen des KFZ-Verkehrs oder sonstigen Schadstoffeinträgen ausgesetzt sind, die Assimilationsleistung geringer ist als an Bäumen mit gleichen Nadelverlusten in geschützter Lage.

## 7 Literatur

- X ASSMANN, E. 1960: Form- und Zuwachsveränderungen von Nadelbäumen an freigestellten Bestandesrändern. Mitt. a. d. Staatsforstverwaltung Bayern, H. 38, S. 16-31.
- ASSMANN, E. 1961: Waldertragskunde. BLV Verlag München. 490 Seiten.
- X BAADER, G. 1952: Untersuchungen über Randschäden. Schriftenr. d. Forstl. Fak. der Univ. Göttingen, Band 3, Sauerländer's Verlag, 73 Seiten.
- FRANZ, F. 1986: Forschungsprojekte zur Untersuchung der Auswirkungen der neuartigen Walderkrankungen auf Struktur und Wuchsleistung der Waldbestände in Bayern. Referat a. d. Querschnittseminar des BMFT in Göttingen, Manuskriptdruck, unveröff., 22 Seiten.
- X KRAMER, H. 1958 a: Forstwirtschaftliche Betrachtung von Wegebreite und Randwirkung. Forstw. Cbl., 77. Jg., S. 295-310.
- X KRAMER, H. 1958 b: Wegebreite und Zuwachs im angrenzenden Bestand. Allgem. Forst- u. Jagdztg., 129. Jg., S. 121-134.
- X PRETZSCH, H. 1989: Das "Zuwachstrend-Verfahren" für die Abschätzung krankheitsbedingter Zuwachsverluste auf den Fichten- und Kiefern-Weiserflächen in den bayerischen Schadgebieten. Sonderdruck aus Forstarchiv, 60. Jg., H. 5, S. 188-193.
- X PREUHSLER, T. 1982: Beobachtungen zum Durchmesser- und Höhenwachstum nach Trassenauftrieb auf einer Eichen- und einer Buchenversuchsfläche im Forstamt Marktheidenfeld, ehemals Forstamt Bischbrunn. Jahrestagung 1982 der Sektion Ertragskunde des DVFFA in Weibersbrunn, Tagungsbericht, S. 83-110.
- X PREUHSLER, T. 1987: Wachstumsreaktionen nach Trassenauftrieb in Kiefernbeständen. Forstliche Forschungsberichte München, Band 81, 200 Seiten.
- PRODAN, M. 1965: Holzmeßlehre. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., 644 Seiten.
- RIEBELING, R. 1973: Bewertung von Rauchschäden an Waldbeständen. Hessische Forsteinrichtungsanstalt, Gießen.
- RÖHLE, H. 1987: Entwicklung von Vitalität, Zuwachs und Biomassenstruktur der Fichte in verschiedenen bayerischen Untersuchungsgebieten unter dem Einfluß der neuartigen Waldschäden. Forstl. Forschungsberichte München, Band 83, 122 Seiten.
- X SCHRETZENMAYR, M. 1974: Zusammenhänge zwischen der Struktur des Waldrandes und dem Auftreten von Sturmschäden in der montanen Stufe des Ostharzes und sich daraus ergebende Hinweise zur Pflege der Waldränder. Die sozial. Forstwirtschaft., 24. Jg., S. 116-120.

- × TIIHONEN, P. 1969: Zuwachsverhältnisse an Waldrändern in Finnland. Mitt. d. Schweiz. Anst. f.d. forstl. Versuchswesen, Bd. 45, H. 3, S. 305-318.
- UTSCHIG, H. 1989: Waldwachstumskundliche Untersuchungen im Zusammenhang mit Waldschäden - Auswertung der Zuwachstrendanalyseflächen des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde für die Fichte (*Picea abies* KARST) in Bayern. Forstl. Forschungsberichte München, Band 97, 198 Seiten.
- × WEIMANN, H. J. 1979: Ein anpassungsfähiges Verfahren zur Ermittlung von Randschäden. AFZ, 24. Jg., S. 162-163.

**Anschrift des Verfassers:**

Dr. Hans Pretzsch  
Lehrstuhl für Waldwachstumskunde  
Amalienstraße 52  
8000 München 40