

ASPEKTE WALDWACHSTUMSKUNDLICHER FORSCHUNG  
IN MÜNCHEN

zu seinem 60. Geburtstag

Herrn Professor Dr. Dr.h.c.

Friedrich FRANZ

gewidmet von

seinen Schülern

C.Th.BUES, K.von GADOW, E.KENNEL, A.van LAAR, B.NILLE,  
A.OLIVEIRA, H.PRETZSCH, T.PREUHLER, H.RÖHLE

Neun Fachbeiträge

zusammengestellt und herausgegeben von

Privatdozent Dr. Teja PREUHLER

5.August 1987

## Inhaltsübersicht

	Seite
Vorwort	1
Liste der Schüler von Prof. Dr. Dr.h.c. Friedrich FRANZ	2
Inhaltsübersicht	4
Claus-Thomas BUES Jugendwachstum, Holzqualität und Verwendungsmöglichkeiten Brasilianischer Pinus Elliottii	5
Klaus von GADOW Tradition und Innovation in der Forsteinrichtung	21
Eckhard KENNEL Erfahrungen bei der Durchführung der Bayerischen Waldinventur 1970/71	40
Anthonie van LAAR Durchforstungsstärke, Zuwachs und Kronenentwicklung - Untersuchungen an Einzelbäumen aus den Versuchen Freising und Göggingen:	56
Bernd NILLE Eine Schnellwuchsversuchsanlage mit besonders niedriger Stammzahlhaltung	72
Angelo M. MELO de CARVALHO OLIVEIRA Beobachtungen zur Jugendentwicklung der Sternkiefer (Pinus Pinaster Ait.) in Portugal	102
Hans PRETZSCH Zum Krankheitsbild und Wuchsverhalten geschädigter Kiefern in Nordostbayern	115
Teja PREUHLER Bonität und Ertragsniveau - zum Weiserwert der beiden zentralen ertragskundlichen Leistungsgrößen im Lichte neuerer waldwachstumskundlicher Untersuchungen	137
Heinz RÖHLE	

## Zum Krankheitsbild und Wuchsverhalten geschädigter Kiefern in Nordost-Bayern

Hans Pretzsch

### 1. Untersuchungsziel

Mit dem Ziel, nähere Informationen über das Wuchsverhalten erkrankter Kiefernbestände im südbayerischen Raum zu gewinnen, wurden in jeweils einem charakteristischen Kiefern-Schadbestand im Oberpfälzer Becken (Fläche 58) und Oberpfälzer Jura (Fläche 43) neben einer erweiterten ertragskundlichen Bestandesaufnahme detaillierte Analysen an insgesamt zwölf Probestämmen unterschiedlicher Schädigungsgrade vorgenommen. Unter Leitung des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde wurden diese Untersuchungen in Zusammenarbeit mit dem Münchner Lehrstuhl für Forstpflanzenzüchtung und Immissionsforschung, dem Lehrstuhl für Landschaftstechnik und dem Institut für Holzforschung durchgeführt.

Konzeption des Gemeinschaftsprojektes und Aufgabenverteilung:

Lehrstuhl für Waldwachstumskunde	- Stamm- und Astanalysen - Nadelmassenbestimmungen - Kronenformuntersuchungen - Erweiterte ertragskundliche Aufnahme der Probeflächen
Lehrstuhl f. Forstpflanzenzüchtung und Immissionsforschung	- Wurzeluntersuchungen - Nährelementanalysen
Lehrstuhl für Landschaftstechnik	- Scanner-Aufnahmen vom Flugzeug - Kronenuntersuchungen mit Hilfe eines Spezialkrans
Institut für Holzforschung	- Rohdichte und Festigkeit des Stammholzes, Faserlängen - Feuchtigkeit, prozentuale Wasserfüllung und Splintbreiten - Chemische Zusammensetzung und Holzstruktur

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind die Untersuchungen seitens der Beteiligten noch nicht ganz abgeschlossen. Im folgenden wird ausschließlich über die ertragskundlichen Ergebnisse dieser interdisziplinären Untersuchung berichtet.

### 2. Untersuchungsbestände und Probebaumaterial

Untersuchungsobjekte sind die Probeflächen 58 im Forstamt Bodenwöhr und 43 im Bereich des Forstamtes Amberg.

Tab. 1: Übersicht über die wichtigsten ertragskundlichen Kennwerte der Probeflächen 58 (Forstamt Bodenwöhr) und 43 (Amberg)

Fläche	Alter	Stamm-	Mittel-	Ober-	Mittel-	Grund-	Vorrat	Zuwachs/Jahr	
		zahl	höhe	höhe	durch-	fläche	VfmD/	1976F -	85II
		N/ha	m	m	messer	qm	ha	iqm/	iV
					cm			ha	ha
58	89	752	18.2	19.4	23.0	31.35	262.6	0.62	7.39
43	112	409	23.8	24.5	34.0	37.07	408.4	0.51	7.42

Die Entnahme von Probestämmen erfolgte im nachbarlichen Bestandesumfeld dieser Probeflächen. Die Probefläche 58 befindet sich in einem 89jährigen Kiefernbestand der Bonität III.2 nach WIEDEMANN (1948) m. Df. Der Bestand ist auf einer Verebnung im Bereich des Bodenwöhrer Beckens gelegen und stockt auf einer mäßig trockenen Podsol-Braunerde aus sandiger Kreideverwitterung. Es handelt sich um einen nährstoffarmen, flechten- und preißelbeerreichen Kiefernstandort, der durch Streunutzung herabgewirtschaftet wurde und mit einer sauren Rohhumusschicht bedeckt ist. Charakteristisch für diese Standortseinheit sind Kiefern mit geringster Wuchsleistung.

Die Bestockung der Fläche 43 bildet ein 112jähriger Kiefernbestand der Bonität II.4 nach WIEDEMANN (1948) m.Df. Der Untersuchungsbestand liegt - westlich exponiert - in mittlerer Hanglage im Bereich des Oberpfälzer Jura. Er stockt auf einer moderbedeckten, flachgründigen Parabraunerde aus schluffig-tonigem Albüberdeckungsmaterial. In einer Bodentiefe von 20-40 cm geht das Profil in eine Terra fusca aus Hangschutt des Malmkalkes über. Wir haben es mit einem frischen, vergleichsweise nährstoffreichen Boden zu tun, der mit Hangzugwasser versorgt ist. Auf solchen Standorten hat die Kiefer optimale Wuchsbedingungen, neigt aber zur Grobastigkeit. Im Unterstand des Kiefernbestandes befindet sich eine lockere Beimischung, bestehend aus Fichte, Eiche, Hollunder und Schneeball.

Beide Untersuchungsbestände weisen einen relativ hohen Anteil stärker entnadelter Bäume auf. Abbildung 1 zeigt die Stammzahlverteilung auf Schadstufen.

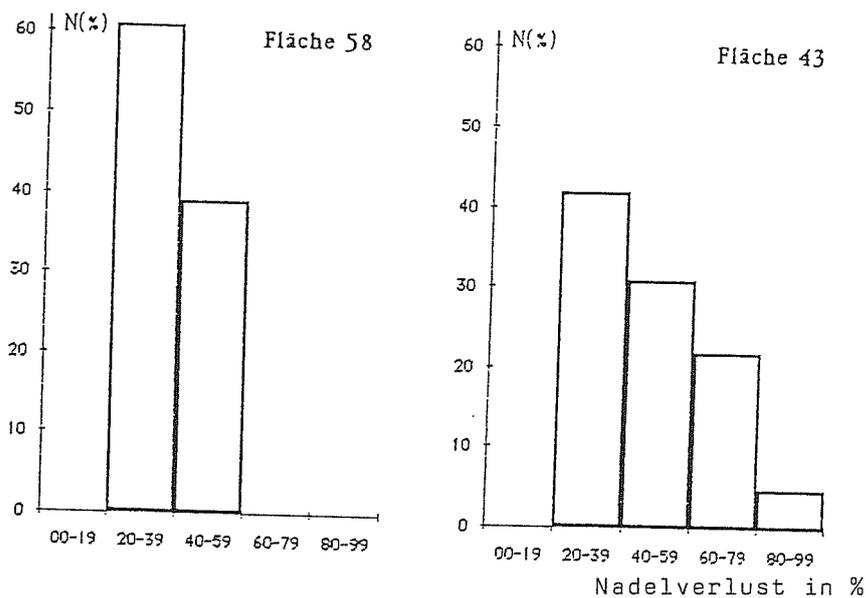


Abb. 1: Stammzahlverteilung der Bäume von Probefläche 58 (links) und Probefläche 43 (rechts) auf Stufen gleicher Nadelverluste

Die Befunddaten der ertragskundlichen Bestandesaufnahme auf den Probeflächen 58 und 43 sind Tabelle 2 zu entnehmen. Die Bestandesglieder auf Fläche 43 sind zum großen Teil durch Kalkchlorose geschädigt. Eigene Beobachtungen zeigten, daß die an diesen Jura-Hängen schon seit Jahren immer wieder festgestellten Gelbfärbungen der Nadeln im Winter und Frühjahr seit drei bis fünf Jahren - entgegen früher - nun das ganze Jahr über vorherrschen. Diese dauerhafte Verfärbung des Benadelungsmantels ins "Quittegelbe" fällt zeitlich zusammen mit einer Zunahme an Stammausfällen in diesen Beständen.

Tab. 2: Ertragskundliche Grunddaten der Probebäume von Fläche 58 im Forstamt Bodenwöhr

Probe- baum	Nadel- verlust %	Alter	BHD cm	Höhe m	Kronen- ansatz höhe m	Kronen- länge m	Kronen- schirm- fläche qm	h/d- Wert
2	0	78	19.8	19.1	13.2	5.9	11.6	0.96
4	0	84	21.1	19.2	12.7	6.5	17.0	0.91
6	0	82	18.7	18.7	11.3	7.4	13.9	1.00
1	50	81	20.0	19.4	12.1	7.3	14.4	0.97
3	30	78	20.3	21.2	12.7	8.5	9.0	1.04
5	70	85	23.6	18.0	13.8	4.2	11.0	0.76

Im Rahmen der Sonderuntersuchung wurden im Umfeld der Probeflächen Serien von jeweils 6 Probebäumen, bestehend aus drei vitalen und drei geschädigten Bäumen, aus der herrschenden Bestandesschicht entnommen und hinsichtlich ihrer Schaft-, Ast- und Kronenentwicklung sowie Benadelungsstruktur analysiert.

### 3. Krankheitsbilder

Die beiden untersuchten Kiefern-schadbestände sind durch völlig unterschiedliche Krankheitsbilder gekennzeichnet:

Die in dem Bodenwöhrer Kiefernbestand auftretenden Krankheitsbilder sind charakteristisch für die Mehrzahl der Kiefern-Schadbestände im Bereich des Oberpfälzer Beckens, des Oberpfälzer Waldes und des Bayerischen Waldes: Mit zunehmender Erkrankung verlieren die Kiefern immer größere Anteile ihrer Nadelmasse, wobei die Entnadlung der Krone vom Kronenansatz bis zum Gipfel und vom Kroneninneren nach außen fortschreitet. Gesunde Bäume tragen nach Abschluß der Vegetationsperiode in der Regel 3-4 Nadeljahrgänge, stark geschädigte Bäume nurmehr 1/2 bis 1 Nadeljahrgang im oberen Kronenbereich. Gleichzeitig treten zunächst im unteren und mittleren Kronenbereich, später auch in der Oberkrone, deutlich verkürzte Jahrestriebe auf. Die Nadelfarbe variiert zwischen mattgrün (bei geringen Schäden) und grün-grau bis grau-braun (bei stärkeren Schäden). Diese Krankheitsmerkmale sind, mit graduellen Unterschieden, an der überwiegenden Anzahl der Probebäume in dem Untersuchungsbestand in Bodenwöhr festzustellen.

Der Untersuchungsbestand 43 im Raum Amberg weist ein Krankheitsbild auf, das vermehrt auf flachgründigen Kalkstandorten im Jura auftritt und als Kalkchlorose der Kiefer bezeichnet wird (vgl. KREUTZER, 1978). Nachdem diese Erkrankung seit Mitte der siebziger Jahre im Bereich des Jura geradezu schubweise Bestände jeden Alters zur Auflösung bringt, ist nach KREUTZER (1978) davon auszugehen, daß es sich bei dieser Erkrankung nicht allein um die schon immer

im Fränkischen Jura verbreitete Ernährungsstörung der Kiefer handelt, sondern der Erkrankung vermutlich weitere neue Störungseinflüsse zugrundeliegen.

Das auffälligste Schadmerkmal auf der Fläche 43 ist die Gelbfärbung der Nadeln an den jüngsten Trieben im Winter und Frühjahr. Abgesehen von schwerkranken Bäumen, welche die Gelbfärbung während des ganzen Jahres beibehalten, ändert sich die Nadelfarbe im Frühsommer von gelb in Richtung grün. Mit Beginn des Winters nimmt der Vergilbungsgrad in der Regel wieder zu und erreicht im Spätwinter seinen Höhepunkt. Der Vergilbungsgrad und die Dauer der Vergilbung während des Jahres steigen mit Zunahme der Erkrankung. Die Randbäume leiden stärker unter der Erkrankung als Bäume im Bestandesinneren. In dem Bestand gibt es große Unterschiede in der graduellen Schadausprägung. In fortgeschrittenem Krankheitsstadium läßt das Höhen- und Astlängenwachstum nach, neben den jüngsten vergilben auch die älteren Nadeljahrgänge, und die Anzahl der Nadeljahrgänge und Gesamtnadelmasse nimmt ab. Häufig sterben Äste oder ganze Kronenpartien nesterartig ab, während andere Kronenteile geschwächt, aber noch lebensfähig sind. In vielen Fällen weisen die Schadbäume starken Mistelbefall auf.

Durch vermehrte Stammausfälle löst sich das Bestandesgefüge der Fläche 43 auf; in den Bestandeslücken wächst eine Unterschicht aus Bäumen und Sträuchern heran.

#### 4. Ergebnisse der Probestaumuntersuchungen im Forstamt Bodenwöhr

##### 4.1 Kronenkennwerte und Biomassen

In den Tabellen 2 und 3 sind die ertragskundlichen Grunddaten und die Befunddaten aus den Biomassenanalysen der Probestäume von Fläche 58 zusammengestellt. Es geht daraus hervor, daß ungeschädigte und geschädigte Probestäume etwa gleiche Brusthöhendurchmesser und Höhen aufweisen; die Kronenlänge und das h/d-Verhältnis nehmen erst bei stärkerer Schädigung - aufgrund des gebremsten Höhenwachstums - ab. Die Schlankheitsgrade von Kiefern ohne Schaden und leichter bis mittlerer Schädigung sind infolge des forcierten Höhenwachstums der Bestände in den letzten 10 bis 15 Jahren (vgl. PRETZSCH, 1987) relativ hoch. Die Vitalitätsminderung bei leichten und mittleren Schäden hat nur geringen Einfluß auf die Kronengrundfläche, denn in der Regel beginnt der Nadelverlust im Kroneninneren bzw. in der Wipfelregion, und der Kronenrand, welcher die Bezugslinie für die Bestimmung der peripheren Kronenmaße ist, bleibt bis in das fortgeschrittene Krankheitsstadium weitgehend unverändert.

Tab. 3: Befunddaten aus den Biomassenanalysen der Probebäume von Fläche 58

Probe- baum	Nadel- verlust %	Astgewicht mit Nadeln		Ast- gewicht trocken kg	Nadel- gewicht trocken kg	Astbasis- fläche qcm	Nadelgewicht pro Astbasis- fläche g/qcm
		frisch kg	trocken kg				
2	0	43.5	21.4	15.3	6.14	122	50.3
4	0	69.7	32.9	24.4	8.53	224	38.1
6	0	54.1	26.2	20.8	5.39	215	25.1
1	50	37.1	19.6	17.9	1.74	120	14.5
3	30	54.6	26.4	22.0	4.39	216	20.3
5	70	28.8	14.3	13.2	1.07	132	8.1

Sowohl in den absoluten Nadelgewichten als auch in den Verhältniswerten Nadelgewicht/Astbasisfläche - einem Weiserwert für die Kronenverlichtung, welcher die Beastungsdichte als morphologisches Merkmal in die Schadbeurteilung mit einbezieht - unterscheiden sich die Analysenstämme sehr deutlich voneinander. Die untersuchten Kiefern ohne Schaden tragen 5.5-8.5 kg Nadeln (trocken); mit Zunahme der Schädigung nimmt die Benadelungsdichte bis auf 10-20 % dieser Rahmenwerte ab. Der Verhältniswert Nadelgewicht pro Astbasisfläche bewegt sich bei den ungeschädigten Bäumen zwischen 25-50 g/qcm und sinkt mit zunehmender Schädigung auf 8 g/qcm ab. Die gemessenen Biomassendaten und die Befunddaten der okularen Schadstufenansprache decken sich weitgehend.

#### 4.2 Höhenwachstumsverläufe und Kronenentwicklung

Aus Abbildung 2 (umseitig) sind die Höhenwachstumsverläufe ungeschädigter (links) und geschädigter Bäume (rechts) zu entnehmen.

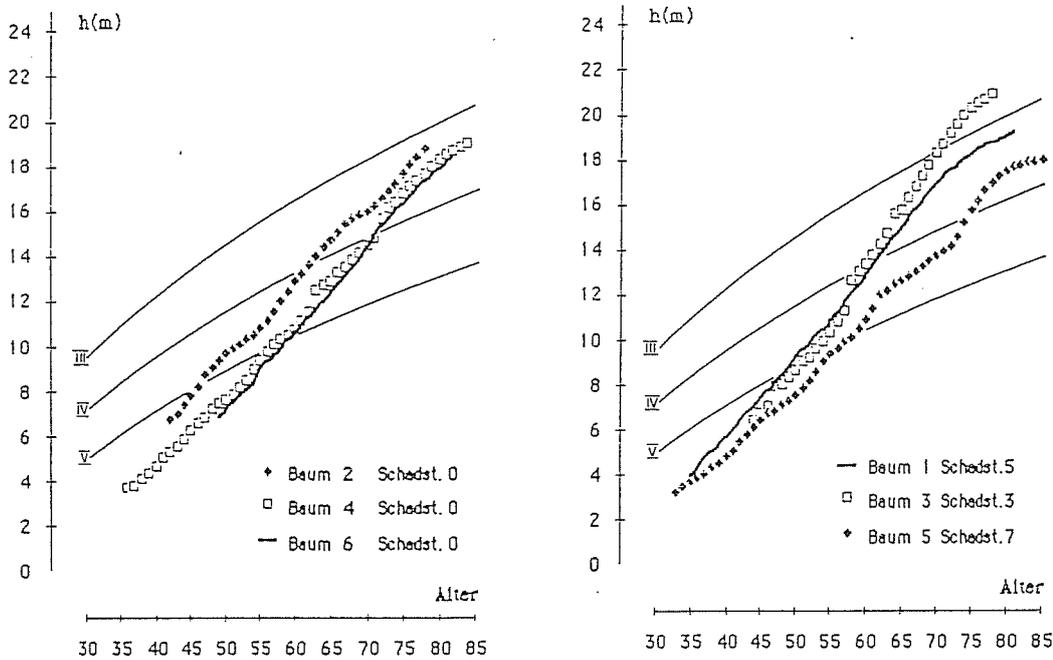


Abb. 2: Oberhöhenentwicklung ungeschädigter (links) und geschädigter Probestämme (rechts) von Fläche 58 im Vergleich zu den Oberhöhenverläufen nach FRANZ (1983a)

Dargestellt sind ferner die Oberhöhenverläufe nach FRANZ (1983a) in Anlehnung an die Ertragsklassen 1943 für die mäßige Durchforstung von WIEDEMANN. Im Höhenwachstumsgang aller Probestämme zeichnet sich seit Beginn der sechziger Jahre eine deutliche Bonitätsverbesserung um ein bis zwei Bonitätsstufen ab. Der Höhenwachstumsverlauf der Untersuchungsbestände entspricht seit 20-30 Jahren nicht mehr dem alterstypischen Entwicklungstrend, wie er in den Tafelwerken beschrieben wird. Die erwähnte Forcierung des Höhenwachstums spiegelt sich bis Ende der siebziger Jahre - unabhängig vom Schädigungsgrad - in den Höhenwachstumsgängen aller Probestämme wider. Seit circa 10 Jahren zeichnet sich aber bei den geschädigten Bäumen, im Gegensatz zu den vitalen Vergleichsbäumen, ein abrupter Einbruch ihrer Höhenentwicklung ab. Da in dem Untersuchungsbestand Bäume mittlerer und stärkerer Schädigung vorherrschen, ist davon auszugehen, daß die Bestandesbonität rückläufig ist.

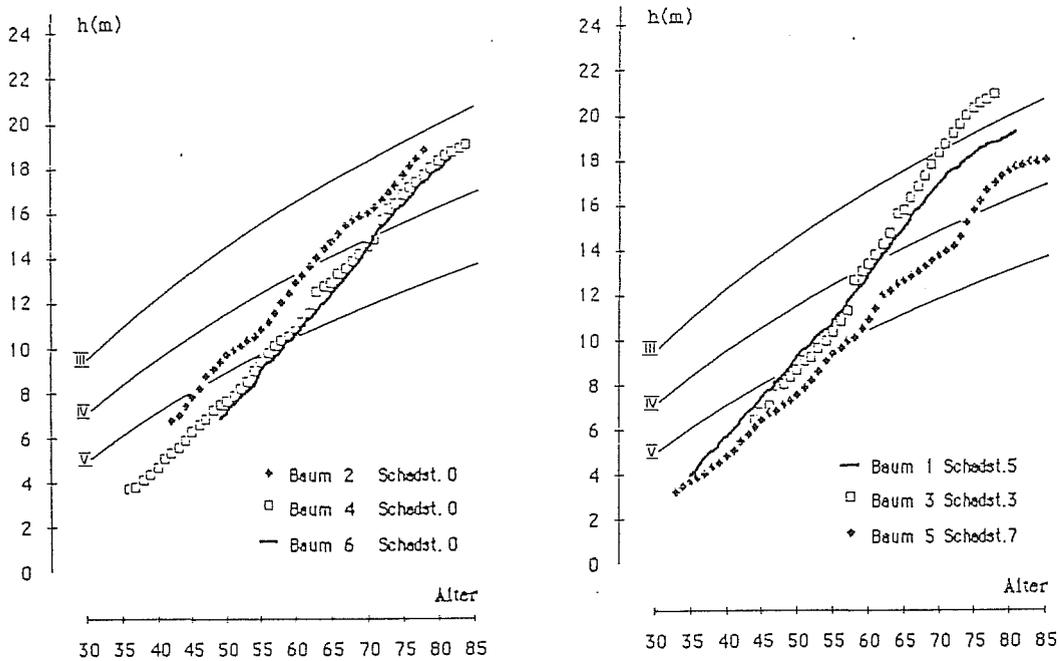


Abb. 2: Oberhöhenentwicklung ungeschädigter (links) und geschädigter Probestämme (rechts) von Fläche 58 im Vergleich zu den Oberhöhenverläufen nach FRANZ (1983a)

Dargestellt sind ferner die Oberhöhenverläufe nach FRANZ (1983a) in Anlehnung an die Ertragsklassen 1943 für die mäßige Durchforstung von WIEDEMANN. Im Höhenwachstumsgang aller Probestämme zeichnet sich seit Beginn der sechziger Jahre eine deutliche Bonitätsverbesserung um ein bis zwei Bonitätsstufen ab. Der Höhenwachstumsverlauf der Untersuchungsbestände entspricht seit 20-30 Jahren nicht mehr dem alterstypischen Entwicklungstrend, wie er in den Tafelwerken beschrieben wird. Die erwähnte Forcierung des Höhenwachstums spiegelt sich bis Ende der siebziger Jahre - unabhängig vom Schädigungsgrad - in den Höhenwachstumsgängen aller Probestämme wider. Seit circa 10 Jahren zeichnet sich aber bei den geschädigten Bäumen, im Gegensatz zu den vitalen Vergleichsbäumen, ein abrupter Einbruch ihrer Höhenentwicklung ab. Da in dem Untersuchungsbestand Bäume mittlerer und stärkerer Schädigung vorherrschen, ist davon auszugehen, daß die Bestandesbonität rückläufig ist.

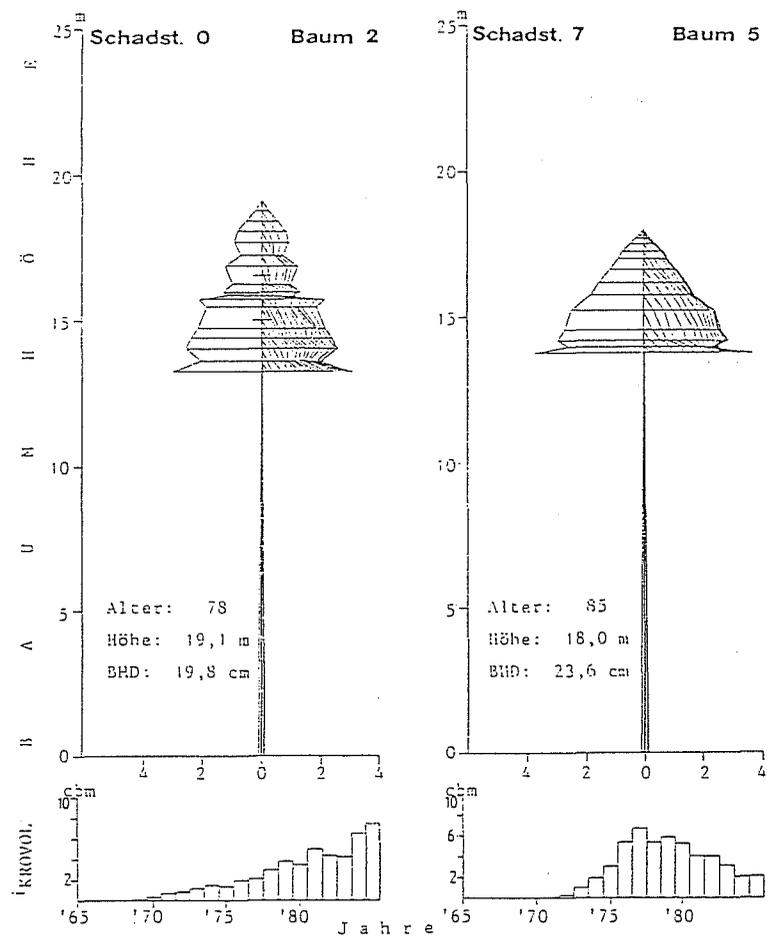


Abb. 3: Kronen-Strukturbilder (oben) und Kronen-Volumenzuwächse (unten) der Probestämme 2 (ungeschädigt) und 5 (geschädigt) von Probestfläche 58

Auf den Kronenstrukturbildern (vgl. Abb. 3) geben die geschichteten Linien in der rechten Kronenhälfte Auskunft über die jährliche Ausdehnung des Kronenmantels im zurückliegenden Wachstumszeitraum. Die horizontalen, kurz ausgezogenen Striche an der Stammachse symbolisieren Quirlstellen, die völlig entnadelte bzw. überhaupt keine Äste mehr tragen. Der altersuntypische Anstieg der Höhenzuwächse vitaler Bestandesglieder (links) spiegelt sich deutlich in deren Kronenentwicklung wider. Den runden, z.T. bereits abgewölbten, kuppelförmigen Kronen unserer Untersuchungsbestände sind in vielen Fällen neue langtriebige Spitzen aufgesetzt. In den Kronenstrukturbildern der Minusbäume zeichnet sich seit 5-10 Jahren eine schadbedingte Wuchsstockung ab, die rasch zum sozialen Abstieg dieser Bestandesglieder führt. Der Verlauf der

Kronenvolumenzuwächse (Abb. 3 unten), welcher Auskunft über das Expansionsvermögen des Assimilationsapparates der Probebäume gibt, läßt einen deutlichen Rückgang der Wuchsdynamik nach Schadeintritt erkennen.

#### 4.3 Stammanalysen

Infolge der Erkrankung vermindert sich das Durchmesserwachstum, und es kommt - bei fortgeschrittener Verlichtung der Krone - vermehrt zu Jahrringausfällen. Aus den Zuwachsuntersuchungen geht hervor, daß, mit Schwerpunkt im unteren Schaftbereich, zuweilen bis zu fünf Jahrringe fehlen.

In den Volumenzuwachsgängen der Probebäume zeichnet sich, ebenso wie bei der Höhenentwicklung, ein Zuwachsverhalten ab, das dem normalen, alterstypischen Zuwachstrend entgegengerläuft (vgl. Abb. 4). Seit Beginn der sechziger Jahre ergibt sich für alle Probebäume - unabhängig vom gegenwärtigen Schädigungsgrad - ein ungewöhnlich starker Anstieg der Volumenzuwächse; analog dazu zeichnet sich in diesem Wachstumszeitraum auch in der Durchmesser- und Grundflächenentwicklung ein Zuwachshoch ab. Während dieser Zuwachsanstieg bei den vitalen Bäumen (vgl. Abb. 4, Baum 2) bis heute andauert, spiegelt sich in dem Schaftwachstum der geschädigten Probebäume in den letzten 10 bis 15 Jahren eine zunehmende Schwächung der Wuchsdynamik wider. Es ist hervorzuheben, daß der abrupte Zuwachsrückgang der geschädigten Bäume an eine Zuwachshochphase anschließt, in welcher sich die Bäume auf einem äußerst hohen, zuvor nie erreichten Zuwachsniveau bewegten, und mehr als fünf Jahre vor dem Trockenjahr 1976 einsetzt. Bei den Bäumen mittlerer Schädigungsgrade stagniert der Zuwachsrückgang seit einigen Jahren, im fortgeschrittenen Krankheitsstadium leitet der Zuwachsabfall unmittelbar den Absterbeprozess der Bäume ein (vgl. Abb. 4, Baum 5).

Die Entwicklung der Schaftform kann anhand der Grundflächenzuwächse in unterschiedlichen Schaftbereichen zurückverfolgt werden. Die Nährstoffversorgung des Schaftes der geschädigten Bäume ist seit Schadensbeginn deutlich gestört, was zu charakteristischen Schaftformveränderungen führt. Die erkrankten Bäume sind im Vergleich zu den vitalen vollformiger. Mit Zunahme der Erkrankung gehen die Grundflächenzuwächse im unteren Schaftbereich zurück, während die Relativzuwächse im Kronenbereich erheblich ansteigen und erst seit wenigen Vegetationsperioden rückläufig sind.

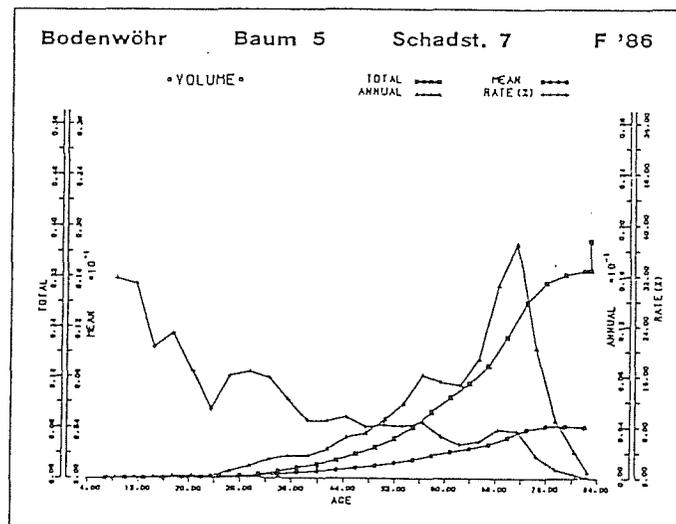
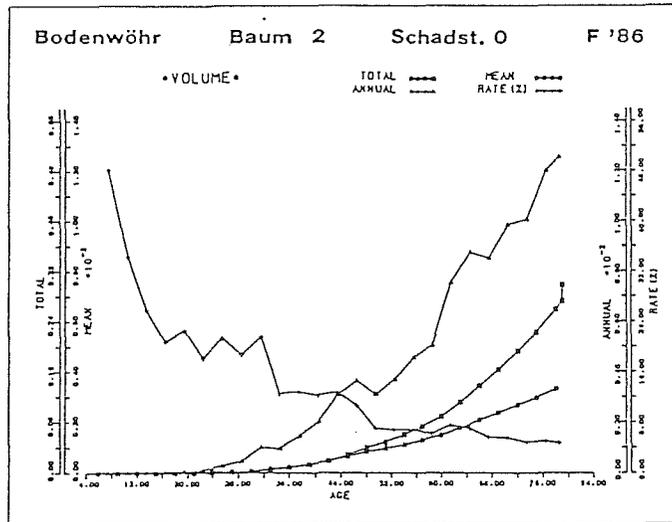


Abb. 4: Volumenentwicklung der Probestämme 2 (ungesch.) - oben -  
und 5 (stark gesch.) - unten - von Probestfläche 58  
im Forstamt Bodenwöhr  
Total: Gesamtwuchsleistung  
Annual: lfd. jährl. Zuwachs  
Mean: durchschn. Zuwachs  
Rate: Zuwachsprozent

## 5. Ergebnisse der Probebaumuntersuchungen im Forstamt Amberg

### 5.1 Kronenkennwerte und Biomassen

In diesem Untersuchungsbestand sind kaum noch ungeschädigte Bestandesglieder vorhanden; in die Serie der Plusbäume wurden daher leicht geschädigte Bäume (Schadstufe 1, Entnadelung 10-19%) mit aufgenommen (vgl. Tab. 4). Hinsichtlich der ertragskundlichen Grunddaten unterscheiden sich Plus- und Minusbäume erst bei stärkster Schädigung: Der Probebaum A1 weist eine nurmehr minimale Kronenlänge und Kronengrundfläche auf. Die Schlankheitsgrade liegen hier deutlich niedriger als auf der jüngeren Probefläche 58.

Tab. 4: Ertragskundliche Grunddaten der Probebäume von Fläche 43 im Forstamt Bodenwöhr

Probebaum	Nadelverlust %	Alter	BHD cm	Höhe m	Kronenansatzhöhe m	Kronenlänge m	Kronenschirmfläche qm	h/d-Wert
2	10	123	33.4	23.4	18.9	4.5	16.6	0.70
4	0	115	27.4	19.2	14.0	5.2	11.0	0.70
6	10	121	25.3	22.4	15.9	6.5	16.0	0.89
1	90	116	30.1	22.8	20.3	2.5	4.4	0.76
3	40	121	28.8	24.3	17.3	7.0	12.3	0.84
7	30	119	29.6	20.4	14.3	6.1	15.1	0.69

Tab. 5: Befunddaten aus den Biomassenanalysen der Probebäume von Fläche 43

Probebaum	Nadelverlust %	Astgewicht frisch kg	Astgewicht mit Nadeln trocken kg	Ast-Nadelgewicht trocken m	Astgewicht trocken m	Astbasisfläche pro qm	Nadelgewicht Astbasisfläche g/qcm
2	10	68.1	33.4	25.8	7.57	134	56.5
4	0	59.6	30.4	22.8	7.62	184	41.4
6	10	67.1	34.6	26.0	8.64	137	63.0
1	90	63.4	34.2	34.1	0.08	152	0.5
3	40	68.2	33.8	27.6	6.23	185	33.7
7	30	72.8	37.2	31.1	6.07	188	32.3

Die Ast- und Nadelgewichte sowie die Verhältnswerte Nadelgewicht pro Astbasisfläche (vgl. Tab. 5) liegen bei gleichem Schädigungsgrad noch deutlich höher als bei den Probestämmen der Fläche 58. Bei den Untersuchungsbäumen handelt es sich um relativ grobstilige Jura-Kiefern, deren Benadelungsmantel - weitgehend unabhängig vom Verlichtungsgrad - chlorotische Gelbfärbung sowie Nadel- und Triebverkürzungen aufweist. Die gemessenen Nadelgewichte und die Verhältnswerte Nadelgewicht pro Astbasisfläche lassen erkennen, daß sich der nach okularer Schätzung vermutete Entnadelungsgrad vielfach nicht bewahrheitet. Die höchsten Nadelmassen und Verhältnswerte Nadelgewicht/Astbasisfläche wurden an dem leicht geschädigten Baum A6 gemessen. Die als leicht und mittelmäßig geschädigt eingestuft Probestämme lassen sich hinsichtlich ihrer Biomassendaten kaum voneinander trennen. Erst im fortgeschrittenen Krankheitsstadium liefert die okulare, terrestrische Schadstufenansätzung zutreffende Befunde. Offensichtlich erhöht sich aufgrund der morphologischen Besonderheiten der Bäume auf Fläche 43 die Fehlerstreuung bei der Schadstufenansprache.

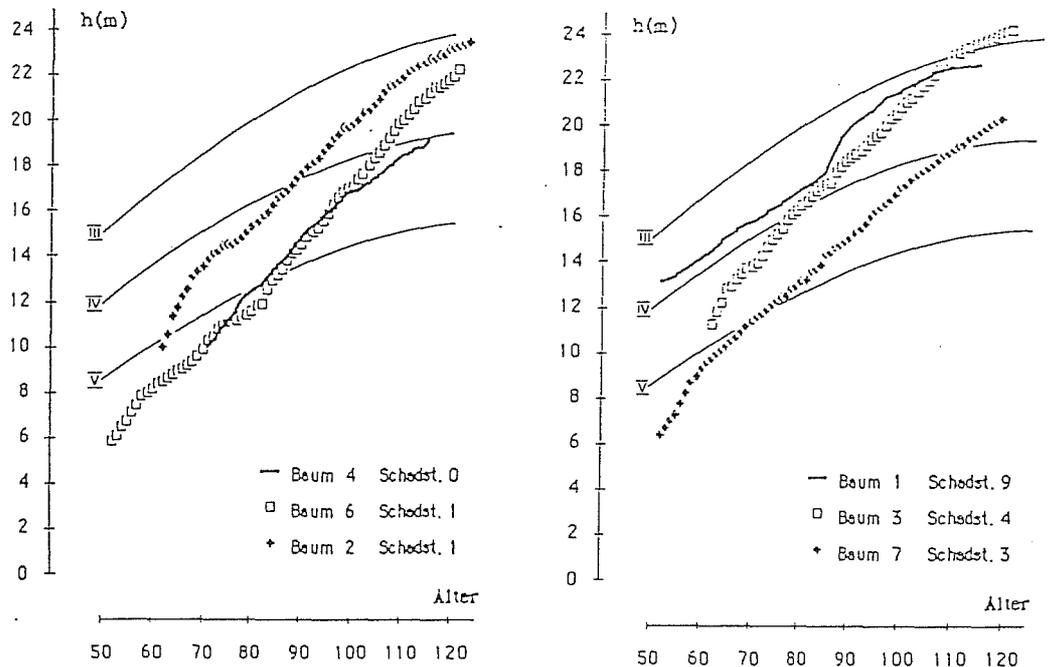


Abb. 5: Oberhöhenentwicklung ungeschädigter (links) und geschädigter Probestämme (rechts) von Fläche 43 im Vergleich zu den Oberhöhenverläufen nach FRANZ (1983a)

## 5.2 Höhenwachstumsverläufe und Kronenentwicklung

Eine ähnliche Höhenentwicklung wie auf Probefläche 58 - im Bereich des Oberpfälzer Beckens - zeigt sich, trotz deutlich abweichender regionaler und lokaler Standortsfaktoren, auf der um etwa 40 Jahre älteren Probefläche 43 im Oberpfälzer Jura (vgl. Abb. 5). Im Höhenwachstumsgang der Probestämme aller Schädigungsgrade zeichnet sich seit Beginn der sechziger Jahre eine starke Bonitätsverbesserung ab, angezeigt durch einen ungewöhnlichen Zuwachsanstieg. Die Höhenwachstumsverläufe von ungeschädigten bzw. nur leicht geschädigten Bäumen (links) und stärker geschädigten Bäumen (rechts) divergieren auch in diesem Bestand seit circa zehn Jahren.

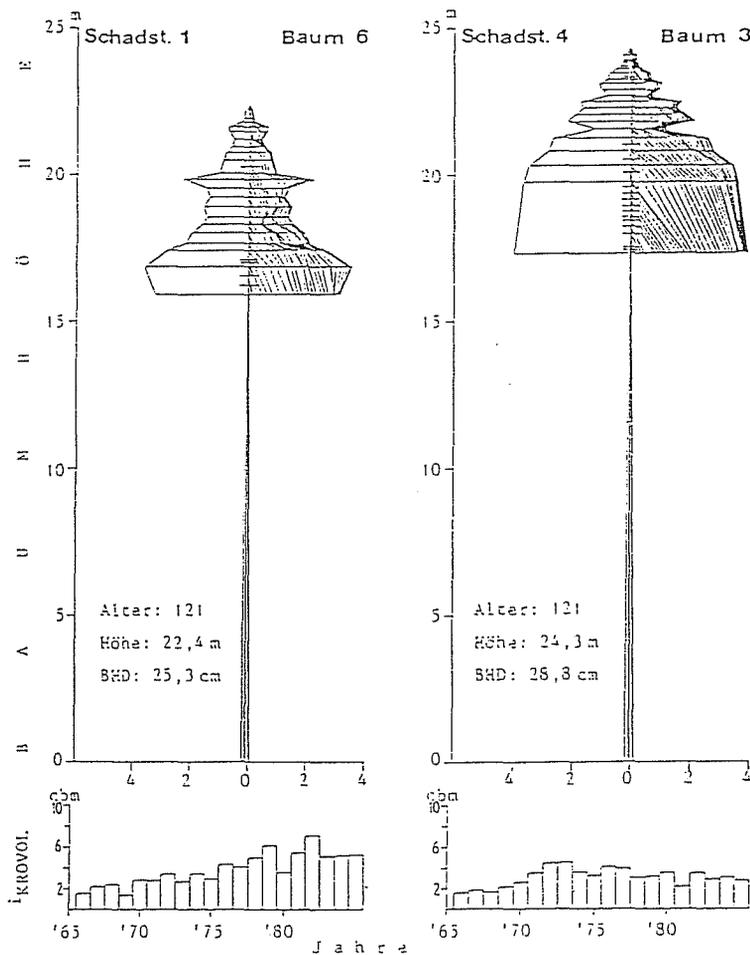


Abb. 6: Kronen-Strukturbilder (oben) und Kronenvolumenzuwächse (unten) der Probestämme 6 (kaum geschädigt) und 3 (geschädigt) von Probefläche 43

Während die Höhenwachstumskurven der Plusbäume gegenwärtig noch deutlich positive Trendabweichungen von den Kurvenverläufen der WIEDEMANN-Tafel zeigen, stagnieren die Höhenzuwächse bei mittlerer Schädigung (vgl. Abb. 5, Baum 3 und 1).

Die Krone des Baumes Nr.1 (Schadstufe 9) war bereits so weit aufgelöst, daß sie nicht mehr vermessen werden konnte. Die Kronen der weiteren Minusbäume weisen im gesamten Kronenraum, mit Schwerpunkt in der unteren Kronenhälfte, zahlreiche abgestorbene Äste auf (vgl. Abb. 6). Infolge der rückläufigen Höhen- und Astlängenzuwächse sind die Kronen der Schadbäume im oberen Kronendrittel besonders dicht beastet und abgewölbt. Die Plusbäume hingegen sind aufgrund ihrer ungebremsen Höhenentwicklung spitzkronig und verfügen über einen Benadelungsmantel, der im gesamten Kronenbereich relativ gleichmäßig ausgeprägt ist. Die untersuchten Probestämme hatten ausnahmslos einen - mit Zunahme des Schädigungsgrades dichter werdenden - Mistelbesatz.

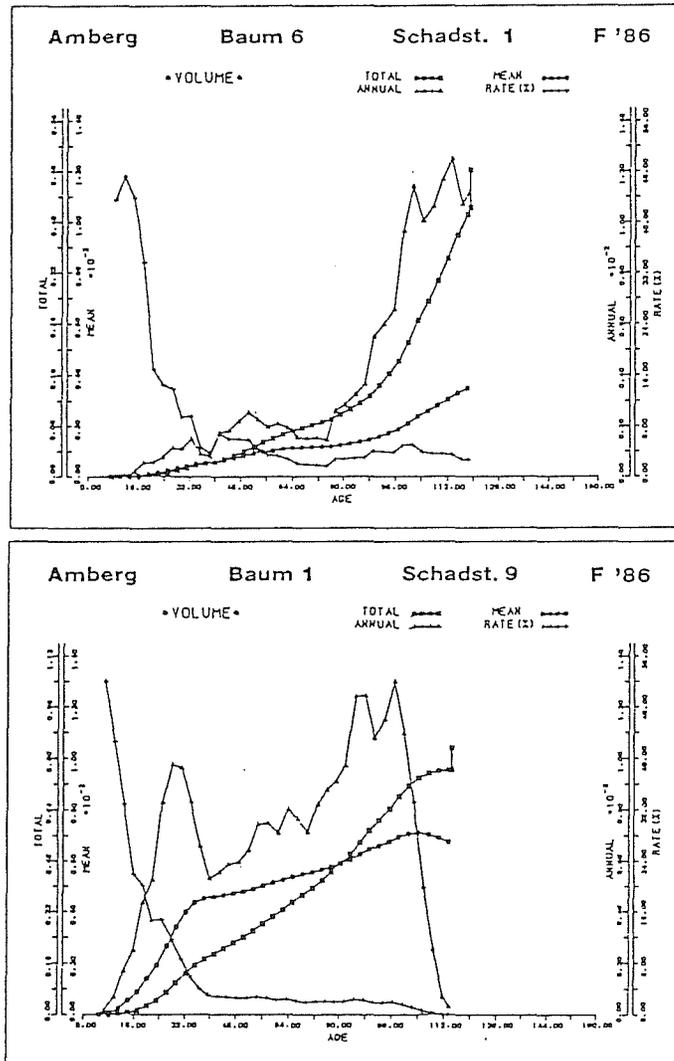


Abb. 7: Volumenentwicklung der Probestämme 6 (kaum geschädigt) oben - und 5 (stark geschädigt) - unten - von Probe-  
 fläche 43 im Forstamt Amberg  
 Total: Gesamtwuchsleistung Mean: durchschn. Zuwachs  
 Annual: lfd. jährl. Zuwachs Rate: Zuwachsprozent

### 5.3 Stammanalysen

Im unteren Schaftdrittel der stärker geschädigten Probestämme von Fläche 43 wurden durch Synchronisation von Meßreihen geschädigter und ungeschädigter Bäume und Berücksichtigung von Weiserjahren bis zu acht fehlende Jahrringe identifiziert. Aus Abbildung 7 geht hervor, daß sich in den Volumenzuwachsgängen - ähnlich wie in dem Untersuchungsbestand bei Bodenwöhr - seit Beginn der sechziger Jahre eine Zuwachshochphase abzeichnet. Entgegen den Befunden auf Fläche 58 schließt an diese Phase höchster Zuwachsleistung bei Bäumen geringer und mittlerer Schädigungsgrade seit 10 bis 15 Jahren eine Phase stagnierender Zuwachsleistung an, wobei das Zuwachsniveau auch bei schon deutlicher Kronenverlichtung noch relativ hoch ist.

Für Bäume stärkerer Schädigung, mit weit fortgeschrittener Kronenverlichtung, ergibt sich - ähnlich wie auf Fläche 58 - ein abrupter Zuwachseinbruch, der vor circa 15 Jahren eingesetzt und in Form einer stetigen Verminderung der Wuchsleistung den Absterbeprozess eingeleitet hat.

Auf beiden Untersuchungsflächen vollzieht sich der Absterbeprozess stark geschädigter Kiefern in einem Wachstumszeitraum von 10 bis 15 Jahren. Der aufgezeigte abrupte Zuwachseinbruch setzt in allen Fällen in einer Phase höchster Zuwachsleistung ein und hat einen drastischen Zuwachsabfall bis hin zur Letalphase des Baumes zur Folge.

Analog zu den Ergebnissen auf Fläche 58 spiegelt sich auch bei den hier untersuchten Altkiefern die Dynamik des Krankheitsverlaufes in der Schaftentwicklung dergestalt wider, daß bei den stärker geschädigten Bäumen die Zuwächse im bodennahen Schaftbereich seit Schadensbeginn rückläufig sind, während die Relativzuwächse im Kronenraum zunächst erheblich ansteigen und erst in den letzten Zuwachsperioden sinken. Die geschädigten Bäume werden infolgedessen zunehmend vollformiger.

### 6. Ergebnisse der Bohrkernuntersuchungen

Auf Abbildung 8 sind die schadstufenspezifischen Grundflächenzuwachsverläufe von geschädigten Bestandesgliedern in Relation zu dem unter ungestörten Verhältnissen zu erwartenden Zuwachsgang (100%-Linie) aufgetragen. Mit der Darstellung des Wachstumszeitraumes von 1965-85 bilden wir eine Zuwachsephase ab, in welcher erstmalig großregional verbreitete Waldschäden auftraten. Auf den Grafiken sind die mittleren Grundflächenzuwachsverluste von Baumkollektiven unterschiedlicher Schädigungsgrade aufgetragen. Durch die Zusammenfassung des ursprünglich 11stufigen Klassierungsschemas (0-9%, 10-19%, ..., 90-99%, abgestorben) in drei Stufen gleicher Schädigung erhöht sich die Klassenbesetzung, die mittleren Verlustkurven stabilisieren sich und die Kurvenschar bleibt überschaubar. Auch in Anbetracht der für die Kiefer typischen hohen Fehlerstreuung bei der Anschließung des Benadelungsgrades erscheint die zusammenfassende Betrachtung der geschä-

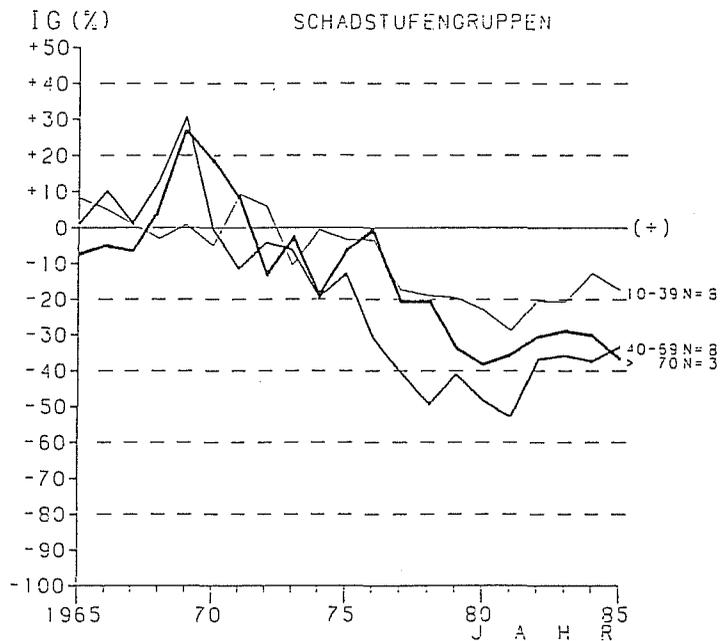
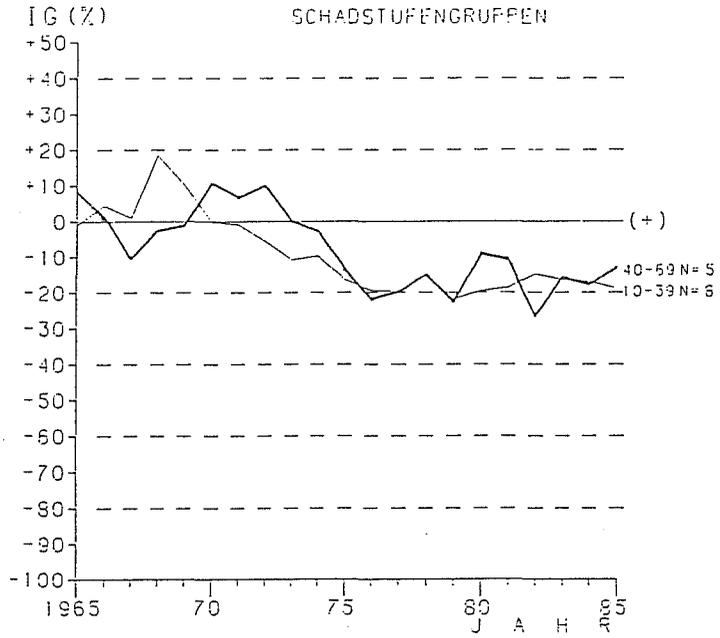


Abb. 8: Kurvenverlauf der Grundflächenzuwächse von Bäumen unterschiedlicher Schädigungsgrade (Nadelverluste 10-39% und über 70%) in Relation zur Referenzentwicklung für ungestörtes Wachstum (Nulllinie); dargestellt sind die prozentualen Abweichungen der Grundflächenzuwächse auf den Probestflächen 58 (oben) und 43 (unten) vom Referenzniveau

digten Bestandeglieder in 30% Stufen gleicher Entnadelung adäquat.

Die Berechnung der Zuwachsverluste erfolgte nach dem "Zuwachstrend-Verfahren", das im Rahmen größer angelegter Waldschadensuntersuchungen in der Oberpfalz entwickelt wurde und als FORTRAN-Programm (Programm ZUWVERL) vorliegt (vgl. PRETZSCH, 1986). Dieses Verfahren liefert bestandesindividuelle Referenzkurven für den "normalen" Zuwachsverlauf ungeschädigter Bäume. Das Kriterium für die Auswahl der Bäume, deren Zuwachsgang zur Referenzberechnung herangezogen wird, ist nicht der Entnadelungsgrad, sondern der Zuwachstrend der Bäume in den letzten zehn Jahren. Der mittlere Trendverlauf der Bäume (30% der Gesamtstammzahl) mit dem günstigsten Zuwachstrend liefert uns den bestandesindividuellen Trendverlauf für das Wachstum unter normalen, ungestörten Verhältnissen und dient zur Errechnung von Zuwachsverlusten.

Auf dieser Basis errechnet das Programm ZUWVERL Zuwachsverluste für Einzelbäume und - durch Aufsummation der Einzelbaumdaten - Zuwachsverluste für den Gesamtbestand.

#### 6.1 Grundflächenzuwachsverluste von Baumkollektiven unterschiedlicher Schädigungsgrade

Erste schadbedingte Zuwachsreaktionen und Zuwachseinbußen setzten in beiden Untersuchungsbeständen etwa zeitgleich in den Jahren 1970-75 ein. Seitdem weichen die Zuwachsverläufe von Bestandegliedern unterschiedlicher Schädigungsgrade voneinander ab und unterschreiten - in Abhängigkeit vom Schädigungsgrad - mehr oder minder deutlich das Niveau der Referenzentwicklung (vgl. Abb. 8).

Der Zuwachsrückgang ist in den ersten Jahren nach Beginn der Schädigung stärker ausgeprägt als in den Folgejahren. Der Zuwachsrückgang geschädigter Bäume beginnt mehrere Vegetationsperioden vor dem Trockenjahr 1976; diese Feststellung konnte auch aus den Stammanalysen abgeleitet werden.

Bäume unterschiedlicher Schadstufengruppen unterscheiden sich auf der Fläche in Bodenwöhr kaum im Zuwachsverhalten. Die Minderung des Grundflächenzuwachses von Bäumen mit Nadelverlusten von 10-39% und 40-69% betrug in den letzten fünf Jahren durchschnittlich 10-20%; es sind keine systematischen Unterschiede im Zuwachsgang von Bäumen unterschiedlicher Verlichtungsgrade festzustellen. Nach dem Zuwachseinbruch in den siebziger Jahren zeichnet sich bei den Bäumen aller Schadstufen seit Beginn der achtziger Jahre eine Stabilisierung des Gesundheitszustandes ab, angezeigt durch eine Stagnation des Zuwachsrückganges.

In dem Untersuchungsbestand bei Amberg bewegen sich die Kurvenverläufe zu Beginn des beobachteten Wachstumszeitraumes auf etwa gleichem Niveau und fächern sich in den Folgejahren zunehmend breiter auf. Stärker geschädigte Bestandesglieder unterschreiten die Referenz-Zuwachstleistung um 40-50%. Es ist hervorzuheben, daß der Wachstumstrend nach einem Wachstumstief Ende der siebziger Jahre seit Beginn der achtziger Jahre wieder steigende Tendenz aufweist, was auf einen Erholungseffekt hindeutet.

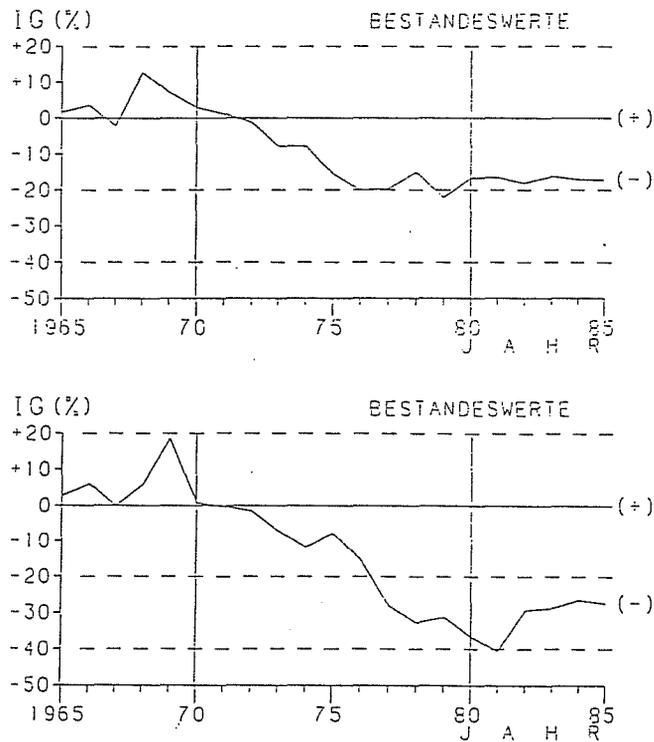


Abb. 9: Entwicklung der Bestandesgrundflächen-Zuwächse auf den Probeflächen 58 (oben) und 43 (unten) in Relation zum Referenzniveau für ungestörtes Wachstum (Nulllinie)

Ein Vergleich der Zuwachsverläufe der beiden Untersuchungsbestände läßt in dem kalkchlorotischen Kiefernbestand bei Amberg eine stärkere Differenzierung der schadstufenspezifischen Zuwachsentwicklung erkennen. Während in dem Kiefernbestand bei Bodenwöhr alle Bestandesglieder in ähnlichem Maß von einer allmählichen Zuwachsminderung betroffen sind, zeichnet sich in den Zuwachskurven der Amberger Fläche eine differenziertere Schädwirkung ab.

## 6.2 Entwicklung der Grundflächenzuwachsverluste für den Gesamtbestand

Durch Summation der Zuwachsverluste der Einzelbäume ergibt sich die Zuwachsminderung für den Gesamtbestand (vgl. Abb. 9). Die Grundflächenzuwachsverluste in Relation zur Referenzentwicklung betragen in den Untersuchungsbeständen in Bodenwöhr in den letzten fünf Jahren durchschnittlich 15% bzw. 35%. Dabei handelt es sich allein um die Zuwachsverluste am noch stehenden Bestand; in Wirklichkeit dürften die Zuwachsverluste noch um 5-10% höher liegen, da gleichzeitig schadbedingte Stammabgänge zu verzeichnen waren; das trifft besonders für Fläche 43 zu.

## 7. Wertung der Ergebnisse

Mit den Kiefern-Schadbeständen in den Forstämtern Bodenwöhr und Amberg werden die wichtigsten, klar unterscheidbaren Krankheitsbilder vorgestellt, die im Oberpfälzer Kieferngebiet aufgrund ihrer flächenmäßigen Ausdehnung von Bedeutung sind.

Die Untersuchungsbestände weichen in Alter und Bonität voneinander ab und stocken auf völlig verschiedenen Standorten. Beide weisen aber seit den Jahren 1970-75 - etwa zeitgleich - deutlich rückläufige Höhen- und Grundflächenzuwächse auf, wobei gewisse Unterschiede hinsichtlich der Dynamik des Erkrankungsprozesses bestehen. Der gegenwärtige Zuwachstrend und das Zuwachsniveau der Bestände können nur dann richtig beurteilt werden, wenn wir dabei das spezifische regional-typische Wuchsverhalten Oberpfälzer Kiefernbestände im Blickfeld behalten.

Aus einem größer angelegten Forschungsvorhaben ist bekannt, daß das Leistungsvermögen und der alterstypische Zuwachsgang Oberpfälzer Kiefernbestände in vielen Fällen schon seit den fünfziger Jahren von großregional wirksamen Störeinflüssen überprägt werden und die ertragskundlichen Zustands- und Leistungsgrößen mehr oder minder deutlich von den Erwartungswerten der Ertragstafel abweichen (vgl. PRETZSCH, 1985). Diese schon mehrfach beschriebene Trendabweichung von unseren Wuchsmodellen spiegelt sich auch in dem Wuchsverhalten der hier untersuchten Kiefernbestände wider.

In den Zuwachsverläufen aller Probestämme zeichnet sich ein Zuwachsverhalten ab, das dem normalen, alterstypischen Trend entgegenläuft: Seit den fünfziger Jahren ist im Zuwachsgang aller Probestämme - unabhängig vom Schädigungsgrad - ein ungewöhnlich starker Zuwachsanstieg nachweisbar. Dieses ausgeprägte Zuwachshoch dauert bei den vitalen Bestandesgliedern bis heute an, während sich in dem Wachstumsgang der geschwächten Bäume in den letzten 10 bis 15 Jahren eine Erkrankung abzeichnet.

Die Probefläche 58 befindet sich etwa 15 km östlich von Schwandorf in einer Lage, die in erhöhtem Maße der Abgasfahne des Braunkohlekraftwerkes Schwandorf ausgesetzt ist. Als Schadursache kommen daher in erster Linie die Immissionsbelastungen durch das Kraftwerk in Schwandorf in Betracht. Dafür sprechen neben den Ergebnissen der Ausbreitungsrechnungen und der Windstatistik die Untersuchungsergebnisse des Landesamtes für Umweltschutz, wonach in diesem Raum deutlich erhöhte Schwefelgehalte in Fichtennadeln gemessen wurden.

Die Kiefernkrankheit auf Kalkboden, wie sie auf der Fläche in Amberg festzustellen ist, kann nach Auffassung von KREUTZER (1978) primär auf Ernährungsstörungen zurückgeführt werden (Eisen- und Manganmangel). Die Feststellung, daß solche Ernährungsstörungen auf Jura-Standorten schon seit Jahrzehnten bekannt sind, daß die Krankheit aber erst in den letzten 5 bis 10 Jahren vermehrt ganze Bestände zur Auflösung bringt, legt die Vermutung nahe, daß in diesem Zeitraum neben den Ernährungsstörungen weitere, neue Störungseinflüsse wirksam geworden sind.

Möglicherweise wird die primär ernährungsbedingte Erkrankung der Kiefer auf diesen Standorten durch Immissionseinwirkung weiter verstärkt. Die in diesem Raum gemessenen Schwefelgehalte liegen zwar unter den Schwellenwerten für erkennbare Immissionsschäden, sind aber deutlich höher als in Reinluftgebieten.

Im fortgeschrittenen Krankheitsstadium fallen in den bodennahen Schaftbereichen vermehrt Jahrringe aus, und die Zuwachsanlagerung konzentriert sich auf die höheren Schaftbereiche. Die statische Belastbarkeit schwerkranker Bäume vermindert sich dadurch. Infolge des rückläufigen Höhenwachstums der Schadbäume und des altersuntypischen Höhermehrzuwachses der widerstandsfähigeren, noch vitalen Bestandglieder kommt es zu einer Aufräumung des Kronendaches, was gleichbedeutend mit einer steigenden Anfälligkeit für Wind- und Sturmschäden ist.

Infolge vermehrter Stammabgänge ist das natürliche Bestandesgefüge auf Fläche 43 schon so weit aufgelichtet, daß in Bestandeslücken eine Unterschicht aus Sträuchern, Fichte und Birke heranwächst. Es drängt sich die Frage auf, wie mit solchen Schadbeständen waldbaulich und forsteinrichtungstechnisch umzugehen ist.

## 8. Zusammenfassung

Unter Leitung des Lehrstuhles für Waldwachstumskunde wurde in Zusammenarbeit mit anderen Fachdisziplinen der forstlichen Fakultät München eine interdisziplinäre Untersuchung über das Wuchsverhalten erkrankter bayerischer Kiefernbestände durchgeführt. Vorgestellt werden die ertragskundlichen Ergebnisse dieser Untersuchung. Untersuchungsobjekte zwei Kiefernbestände in den Forstämtern Bodenwöhr und Amberg mit unterschiedlichen Krankheitsbildern.

Der Bestand in Bodenwöhr trägt die für den östlichen Teil der Oberpfalz charakteristischen Schadmerkmale:

Nadelmassenverluste, verkürzte Höhen- und Seitentriebe, grau-grüne Nadelfärbung und vereinzelte Stammabgänge. Die Probefläche bei Amberg leidet unter Kalkchlorose und zeigt ein Krankheitsbild, das im westlichen Bereich der Oberpfalz auf Jura-Standorten anzutreffen ist: Gelbfärbung der Nadeln, Nadelschütte, absterbende Kronenpartien und Bestandesauflösung infolge vermehrter Stammabgänge.

An Kiefern unterschiedlicher Befallsgrade wurden Biomassen- und Kronendimensionsanalysen durchgeführt, die Höhen- und Kronenentwicklung untersucht und Stamm- und Astanalysen vorgenommen. Die ertragskundlichen Daten der Schadbäume werden vorgestellt und mit den Merkmalsgrößen ungeschädigter Bäume aus demselben Bestand verglichen.

In den Zuwachsverläufen aller Probebäume zeichnet sich ein Zuwachsverhalten ab, das dem normalen, alterstypischen Trend entgegenläuft: Seit den fünfziger Jahren ist im Zuwachsgang aller Probebäume - unabhängig vom Schädigungsgrad - ein ungewöhnlich starker Zuwachsanstieg nachweisbar. Dieses ausgeprägte Zuwachshoch dauert bei den vitalen Bestandesgliedern bis heute an, während sich in dem Wachstumsgang der geschwächten Bäume in den letzten 10 bis 15 Jahren eine Erkrankung abzeichnet. Der Verlichtungsgrad der Kronen und die Dynamik des Krankheitsverlaufes zeichnen sich deutlich im Zuwachsgang der Schadbäume ab.

In einer abschließenden Wertung werden die denkbaren Schadensursachen diskutiert und die Bedeutung der Ergebnisse umrissen.

## 9. Literaturverzeichnis

- ATHARI, S und 1983: Erfassen des Holzzuwachses als Bioindikator  
KRAMER, H. beim Fichtensterben, Allgem. Forstzeitschr.,  
38.Jg., H.30, S.767-769
- FRANZ, F. 1983a: Zur Behandlung und Wuchsleistung der Kiefer,  
Forstw.Cbl., 102.Jg., S.18-36
- FRANZ, F. 1983b: Auswirkungen der Walderkrankungen auf Struk-  
tur und Wuchsleistung von Fichtenbeständen,  
Forstw.Cbl., 102.Jg., S.186-200
- KIENAST, F., 1981: Jahrringanalysen an Föhren (*Pinus*  
FLÜHLER, H. un *silvestris* L.) aus immissionsgefährdeten  
SCHWEINGRUBER, F.H. Waldbeständen des Mittelwallis (Saxon,  
Schweiz), Mitt.d. Eidgenöss. Anst.f.d. Forstl.  
Versuchsw., 57.Band, H.4, S.415-432
- KREUTZER, K. 1978: Bodenkundliche und ernährungsphysiologische  
Untersuchungen zum Kiefernsterben im Raum  
Ingolstadt-Kehlheim, Schriftenreihe Natur-  
schutz und Landschaftspflege, Bay. Landes-  
amt f. Umweltschutz, H.9, S.45-54

- PRETZSCH, H. 1985a: Wachstumsmerkmale süddeutscher Kiefernbestände in den letzten 25 Jahren, Schriftenreihe d. Forstwissenschaftl. Fak. d. Univ. München u.d. Bayer. Forstl. Vers.- und Forsch.-anst., Band 65, 183 S.
- PRETZSCH, H. 1985b: Wachstumsmerkmale Oberpfälzer Kiefernbestände in den letzten 30 Jahren; Vitalitätszustand-Strukturverhältnisse-Zuwachsgang, Allgem. Forst-Zeitschr., Nr. 42, S.1122-1126
- PRETZSCH, H. 1987: Zur Frage des "Normalwachstums" der Kiefer in der Oberpfalz, Der Forst- und Holzwirt, Nr.11, 42. Jg., S.286-293
- RÖHLE, H. 1985: Ertragskundliche Aspekte der Walderkrankungen, Forstw.Cbl., 104.Jg., S.225-242
- SCHMIDT, A. 1969: Der Verlauf des Höhenwachstums von Kiefern auf einigen Standorten der Oberpfalz, Forstw.Cbl., 88.Jg., S.33-40
- SCHMIDT, A. 1971: Wachstum und Ertrag der Kiefer auf wirtschaftlich wichtigen Standorteinheiten der Oberpfalz, Forschungsber.d. Forstl. Forsch.-anst. München, Band 1, 178 S.
- STERBA, H. 1984a: Theoretische Überlegungen zur ertragskundlichen Auswirkung von Waldschäden, Forstarchiv, 55.Jg., H.1, S.34-36
- STERBA, H. 1984b: Pärchenuntersuchungen in Österreich, Jahrestagung 1984 der Sektion Ertragskunde des DVFFA in Neustadt/Weinstrasse, Tagungsbericht, S.8/1-8/10
- WIEDEMANN, E. 1948: Die Kiefer 1948, Verlag Schaper, Hannover 1948, 337 S.

**Anschrift des Verfassers :**

Dr. Hans Pretzsch  
Wissensch. Mitarbeiter  
Lehrstuhl für Waldwachstumskunde  
Universität München  
Amalienstraße 52,  
8000 München 40