

# Untersuchungen zum Jahreszuwachs geschädigter Fichten in Südbayern

Von F. Franz, H. Pretzsch und W. Foerster

Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Universität München

## 1 Zur Einleitung

Die Zuwachsbestimmung in geschädigten Waldbeständen erfolgt auf temporären Beobachtungsflächen überwiegend an Bohrspänen und Stammscheiben und auf Dauerbeobachtungsflächen mittels periodischer Wiederholungsaufnahmen. Diese Verfahren vermögen recht genaue Aussagen über den laufend-jährlichen Zuwachs in zurückliegenden Jahren zu liefern, sie sind aber ungeeignet für eine feinere Analyse des Zuwachsganges im Verlaufe einer Vegetationsperiode.

Über die schadbedingten Änderungen des laufend-jährlichen Zuwachses in erkrankten Waldbeständen sind wir alles in allem inzwischen relativ gut informiert; es fehlen bislang aber Angaben über die krankheitsbedingte Veränderung des Jahreszuwachsanges. Verfeinerte Meßmethoden, mit denen der Zuwachs von Bäumen im Jahresablauf erfaßt werden kann, wurden bisher in der Waldschadensforschung aus Zeit- und Kostengründen kaum verwendet.

Die Meßverfahren zur Erfassung des Jahreszuwachsanges haben sich in einer Reihe von Untersuchungen in ungeschädigten Waldbeständen bereits gut bewährt. Unsere Kenntnisse über die Dynamik der Jahrringbildung im Jahresablauf gehen u. a. auf Arbeiten von FIEDLER und WENK (1973), FRIEDRICH (1897), WEIHE (1958 und 1968) und WIELER (1898) zurück. In der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts wurden von JAEGER und SEIBT (1983), KERN (1966), KERN und MOLL (1960), KRAMER (1981), KRAMER und KÄTSCH (1982), POPESCU et al. (1968) und SCHÖBER (1950/1951) systematische Untersuchungen über die Dynamik der Jahreszuwachsung bei verschiedenen Baumarten vorgenommen. Im Zuge dieser Untersuchungen wurden die Meßverfahren und -geräte verbessert und einige neue Methoden zur Jahreszuwachsmessung entwickelt (vgl. GEIBLER, 1970 und 1971; SCHELOW, 1966; SPELSBERG, 1986, und WILHELMI, 1956).

## 2 Untersuchungsziel

In den eingangs genannten Arbeiten wurde der Zuwachs der gesunden Bäume analysiert. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es zu prüfen, wie sich der Jahreszuwachs geschädigter Fichten unter dem Einfluß der Walderkrankungen verändert. An insgesamt 145 Fichten unterschiedlicher Schädigungsgrade wurden am Stamm verbleibende Kunststoffmeßbänder angebracht und in den Jahren 1985 bis 1987 nach einem festen Ableseplan unter Beobachtung gehalten. Durch Benutzung relativ preisgünstiger Umfangmeßbänder, die ohne großen Aufwand abgelesen werden können, war es möglich, eine größere Anzahl von Meßbäumen über drei Jahre hinweg bei vertretbarem Kosten- und Zeitaufwand zu beobachten.

Im einzelnen sollten folgende Fragestellungen untersucht werden:

- Läßt sich mit Hilfe der verwendeten Zuwachsmeßbänder aus Kunststoff der Zuwachs von Fichten in der Vegetationsperiode mit hinreichender Genauigkeit feststellen? Wenn ja: Wie verläuft der Jahreszuwachs an gesunden Vergleichsbäumen?
- Welche Meßfehler sind bei der verwendeten Meßmethode zu berücksichtigen?
- Wie groß ist innerhalb der Meßbaumkollektive die Streuung um den mittleren Zuwachs? Wie aussagefähig sind die Mittelwerte?
- Können mit der verwendeten Meßmethode an Fichten unterschiedlicher sozialer Stellung baumklassenspezifische Jahreszuwachsverläufe nachgewiesen werden?
- Gibt es einen systematischen Zusammenhang zwischen dem Schädigungsgrad der Meßbäume und ihrer Zuwachsleistung?
- Besteht ein Zusammenhang zwi-

schon dem Schädigungsgrad der Meßbäume und dem Rhythmus ihres Zuwachsverlaufs innerhalb der Vegetationsperiode? Im folgenden werden die ersten Ergebnisse einer noch laufenden Untersuchung vorgestellt.

## 3 Untersuchungsstandorte

Für die Untersuchung wurden Anfang des Jahres 1985 in den bayerischen Forstämtern Sauerlach, Anzing, München und Starnberg insgesamt sechs Fichtenbestände mit einem Mindestalter von 60 Jahren und einer möglichst breiten Schaddifferenzierung ausgewählt. Die unter Beobachtung gestellten Bäume verteilen sich auf insgesamt elf Meßgruppen (vgl. Tab. 1).

### Untersuchungsbestände im Forstamt Sauerlach

Höhenlage: 565–570 m NN  
 Lage nach der Wuchsgebietsgliederung:  
 Teilwuchsbezirk 13.2/1, *Südliche Münchner Schotterebene*  
 Mittl. Niederschlag:  
 1050 mm im Jahr, 620–650 mm in der Veg.-Zeit (April–Sept.)  
 Mittl. Temperatur:  
 7–8 Grad C, Jahr, 14–15 Grad C, Veg.-Zeit (April–Sept.)

Im Forstamt Sauerlach wurden die Meßbäume im Hofolding Forst in einem 81jährigen Fichtenbestand mit geringer Kiefernbeimischung ausgewählt (Oberhöhenbonität 33 [ASSMANN-FRANZ, 1963], mittleres Ertragsniveau = M 33). Der Bodentyp ist hier eine mäßig trockene bis mäßig frische Parabraunerde aus Niederterrassenschotter.

### Untersuchungsbestände im Forstamt Anzing

Höhenlage: 606–610 m NN  
 Lage nach der Wuchsgebietsgliederung:  
 Teilwuchsbezirk 14.4/2, *Inn-Jungmoräne*  
 Mittl. Niederschlag:  
 1100 mm im Jahr, 680–700 mm in der Veg.-Zeit (April–Sept.)  
 Mittl. Temperatur:  
 7–8 Grad C, Jahr, 14–15 Grad C, Veg.-Zeit (April–Sept.)

Die Meßbaumkollektive Anzing I, II und III liegen im Forstamtsbereich Anzing (Egmatinger Forst) in einem 109jährigen Fichtenreinbestand der Oberhöhenbonität 34 (ASSMANN-FRANZ, 1963), mittleres Ertragsniveau (M 34). Die Meßgruppe Anzing IV wurde in einem benachbarten 139jährigen Fichtenreinbestand der Oberhöhenbonität M 30 (prolongierter Wert) nach ASSMANN-FRANZ (1963) ausgewählt. Die Untersuchungsbestände stocken auf einer mäßig frischen Parabraunerde aus tiefgründig steinig-sandigem Verwitterungsmaterial der Jungmoräne.

### Untersuchungsbestände im Forstamt München

Höhenlage: 567–596 m NN  
 Lage nach der Wuchsgebietsgliederung:  
 Teilwuchsbezirk 13.2/1, *Südliche Münchener Schotterebene*

Tab. 1: Ertragskundliche Merkmale und Schädigungsgrade der Beobachtungsbäume in den 11 Meßgruppen für die Jahreszuwachsmessung in den Forstämtern Sauerlach, Anzing, München und Starnberg

Messgruppe	Zahl der Meßbäume n	Alter *) Jahre	Durchmesser		Höhe		Schadstufe		Kronenlänge		Kronengrundfläche	
			Mittel	min max	Mittel	min max	Mittel	min max	Mittel	min max	Mittel	min max
			(cm)		(m)				(m)		(qm)	
SAUERLACH I	10	81	42.4	29.1 49.2	28.2	24.6 30.9	3.0	0 6	17.3	13.4 19.8	30.5	13.9 44.8
SAUERLACH II	15	81	44.2	23.1 61.9	29.2	22.7 32.5	2.0	0 5	15.7	10.2 20.3	29.8	16.8 43.0
ANZING I	10	109	40.7	31.2 48.3	32.8	29.2 36.0	5.1	4 7	14.0	9.6 17.7	23.6	13.5 33.5
ANZING II	10	109	49.2	39.3 59.9	35.4	32.4 37.0	2.7	1 6	15.4	11.0 20.6	38.0	23.1 50.0
ANZING III	10	109	33.8	22.7 49.4	28.6	23.4 31.6	2.9	0 5	11.6	7.5 14.3	22.4	11.8 35.3
ANZING IV	20	139	42.7	25.7 65.9	29.4	24.0 35.0	2.0	0 5	13.7	2.0 21.6	28.2	10.2 52.5
MÜNCHEN I	10	68	32.1	25.8 42.1	27.4	25.4 30.3	2.5	0 6	13.8	7.6 23.3	15.1	10.6 27.8
MÜNCHEN II	10	68	31.5	22.2 41.3	25.9	23.1 29.6	3.1	0 6	11.5	8.5 14.4	18.7	11.8 36.9
MÜNCHEN III	20	85	37.6	25.5 49.6	30.5	27.5 34.0	3.5	1 7	14.4	7.1 20.0	23.2	7.6 35.3
STARNBERG I	15	110	44.6	27.2 61.6	27.6	23.3 31.4	2.8	0 6	18.5	14.3 22.9	31.5	9.9 75.1
STARNBERG II	15	110	43.5	26.8 64.0	28.5	23.9 33.0	3.1	0 6	17.9	12.0 21.1	31.7	14.2 43.9

\*) durchschnittliches Alter der Bäume in den Meßgruppen



Mittl. Niederschlag:  
900–950 mm im Jahr, 600–620 mm in der Veg.-Zeit (April–Sept.)  
Mittl. Temperatur:  
7–8 Grad C, Jahr, 14–15 Grad C, Veg.-Zeit (April–Sept.)

Im Forstamt München wurden im Perlacher Forst die Meßgruppen München I und II und im Forstenrieder Park die Meßgruppe München III angelegt. Die erstgenannten Meßgruppen liegen in einem 68jährigen Fichtenbestand der Oberhöhenbonität M 33 (nach ASSMANN-FRANZ, 1963). Der Untersuchungsbestand im Forstenrieder Park weist eine etwas günstigere Wuchsleistung auf (Oberhöhenbonität M 35). Beide Bestände stocken auf einer mäßig trockenen bis mäßig frischen flach- bis mittelgründigen Parabraunerde aus sandig-kiesigem Verwitterungsmaterial aus Niederterrassenschotter.

#### Untersuchungsbestände im Forstamt Starnberg

Höhenlage: 680–690 m NN  
Lage nach der Wuchsgebietgliederung:  
Teilwuchsbezirk 14.4/1, Westliche kalkalpine Jungmoräne  
Mittl. Niederschlag:  
950–1000 mm im Jahr, 680–700 mm in der Veg.-Zeit (April–Sept.)  
Mittl. Temperatur:  
6–7 Grad C, Jahr, 13–14 Grad C, Veg.-Zeit (April–Sept.)

Die Meßbäume im Forstamt Starnberg wurden im Rothenfelder Forst in einem 110jährigen Fichtenbestand mit geringer Kiefernbeimischung ausgewählt. Die Fichte (Oberhöhenbonität M 30 nach ASSMANN-FRANZ, 1963) stockt hier auf einer mäßig frischen Parabraunerde aus sandigem Lehm aus Verwitterungsmaterial der Jungmoräne.

## 4 Konzeption der Untersuchung

### 4.1 Einrichtung von Meßgruppen

In den Untersuchungsbeständen wurden 145 Fichten aus unterschiedlichen Schadstufen und sozialen Baumklassen für die Jahreszuwachsmessungen so ausgewählt, daß die Meßbäume innerhalb der Bestände gruppiert stehen. Im Frühjahr 1985 wurden die Baumgruppen eingemessen (Stammfußpunkte und Kronenkarten), und es erfolgten eine ertragskundliche Vollaufnahme und eine Schadansprache. Zur Schadstufenbestimmung<sup>1)</sup> wurde die Benadelungsdichte der Meßbäume nach 10-Prozent-Stufen eingeschätzt: Schadstufe 0 entspricht einem Nadelverlust von 0 bis 9 Prozent, Schadstufe 1 einem Nadelverlust von 10 bis 19 Prozent usw. Um die Meßgruppen herum wurde eine Umgebungszone ausgeschieden und nach demselben Verfahren eingemessen und aufgenommen, um die Nachbarschaftsverhältnisse der Meßbäume zu dokumentieren.

Die einzelnen Meßgruppen umfassen Bäume mit sehr unterschiedlichen Schadstufen; der durchschnittliche Schädigungsgrad schwankt zwischen 20 Prozent Nadelverlust (Meßgruppe Sauerlach II) und 50 Prozent Nadelverlust (Meßgruppe Anzing I) (vgl. Tab. 1). Die Meßbäume weisen Kronenlängen zwischen 2,0 und 23,3 Metern auf; ihre Kronengrundflächen liegen zwischen 7,6 und 75,1 qm.

### 4.2 Das Verfahren der Jahreszuwachsmessung mit Meßbändern aus Kunststoff

Gleichzeitig mit der Einrichtung der Meßgruppen im Frühjahr 1985 wurden die Untersuchungsbäume mit Zuwachsmeßbändern versehen. Die verwendeten Meßbänder aus temperaturunempfindlichem Kunststoff wurden von WEIHE in Anhalt an finnische Metall-Zuwachsmeßbänder entwickelt und von WEIHE (1968) und SPELSBERG (1986) mit gutem Erfolg zur Messung des laufend-jährlichen Zuwachses auf Versuchsflächen in Nordrhein-Westfalen verwendet. Das Meßband wird hierbei in Brusthöhe um den Baum gelegt und mit seinem Ende durch eine am Bandanfang befindliche Schlaufe gezogen (vgl. Abb. 1). Mit Hilfe einer Feder wird das Bandende gegen den Bandanfang gespannt, so daß das Meßband den Baum elastisch umfaßt und während der Beobachtungszeit an derselben Stelle liegenbleibt (vgl. WEIHE, 1968). Dem Meßband ist ein Maßstab für die Durchmesserablesung aus Umfangmessung ( $\pi$ -Teilung) aufgedruckt.

Mit den Meßbändern wird wie bei allen Meßgeräten, mit denen der Zuwachs durch Abgreifen an der Stammpерipherie ermittelt wird, nicht der wirkliche Durchmesserzuwachs gemessen, sondern die Dimensionsänderung des Baumes insgesamt, an der neben dem „echten“ Zuwachs auch reversible Quellungsvorgänge beteiligt sind. Bei der Fichte sind die quellungsbedingten Durchmesseränderungen im Vergleich zur Tanne und Buche besonders hoch; so kann der Durchmesserzuwachs an heißen Tagen bis zu 0,5 mm betragen (vgl.

KERN, 1966). Dieser Wert entspricht dem Durchmesserzuwachs von vierzehn Tagen in der Zeit höchster Zuwachsleistung (Mai bis Juli). KERN hat in seinen Untersuchungen nachgewiesen, daß die quellungsbedingten Durchmesseränderungen im wesentlichen durch Quellungsvorgänge in der Baumrinde hervorgerufen werden und die Beteiligung des Holzkörpers daran vernachlässigt werden kann. Diese Feststellung ist für unsere Untersuchung wichtig, denn sie besagt, daß die quellungsbedingten Dimensionsschwankungen weitgehend unabhängig von der erreichten Dimension des Holzkörpers sind; daß also bestimmte Witterungseinflüsse an Fichten unterschiedlicher Dimension in etwa gleiche Dimensionsänderungen hervorrufen.

Die Messung des Jahreszuwachsganges sollte in wöchentlichem Turnus über die gesamten Vegetationsperioden 1985, 1986 und 1987 erfolgen. In der Vegetationsruhe war eine monatliche Kontrolle vorgesehen. Von diesem festen Zeitplan mußte in einigen Fällen um mehrere Tage abgewichen werden. An den Ablesetagen wurden die Meßbäume, morgens um neun Uhr beginnend, immer in derselben Reihenfolge kontrolliert, so daß die aufeinanderfolgenden Messungen an einem Baum etwa zur selben Tageszeit erfolgten. Hierdurch wird, unabhängig von der Ablesezeit, für alle Meßbäume eine weitgehend identische Meßperiodenlänge gewährleistet (vgl. KERN, 1966, und KRAMER, 1981).



Abb. 1: Jahreszuwachsmessung mit Zuwachsmeßbändern aus Kunststoff, Erläuterung im Text.

### 4.3 Fehlerkontrolle und Ausreißerprüfung

Die wahren Zuwachswerte eines Meßbaumes können bei der angewendeten Meßmethode u. a. von folgenden Fehlern beeinträchtigt werden:

1. Die witterungsbedingte Tagesschwankung des Durchmessers ist bei der Fichte besonders groß und kann bis 0,5 mm betragen. Das kann dazu führen, daß die tatsächlichen Zuwachswerte von der Durchmesserschwankung überprägt werden (vgl. KERN, 1966).
2. Fehler beim Ablesen des Meßbandes waren relativ selten, weil die Kontrollen während des gesamten Beobachtungszeitraumes von demselben Sachbearbeiter durchgeführt wurden.
3. In einigen Fällen kam es zu Meßfehlern, die auf Störungen der Meßeinrichtung zurückzuführen waren:
  - Die Lage des Meßbandes wurde von Tieren oder Waldbesuchern verändert.
  - Durch Ablösung von Rindenschuppen kann sich der angezeigte Durchmesserwert sprunghaft verändern.
  - Infolge von Harzabsonderungen hafteten Baum und Zuwachsmeßband in einigen Fällen so aneinander, daß die Meßanzeige erst bei größerer Federspannung auf Dimensionsänderungen reagierte.
  - Es ist noch nicht bekannt, wie stark die Spannfeder am Meßband sein muß, so daß einerseits jede Dimensionsveränderung auch bei Verklebungen zwischen Stamm und Meßband registriert wird, andererseits aber der Saffluß im Phloem nicht behindert ist.

Bei der Überprüfung der Meßreihen auf Fehler lassen sich die genannten Fehlerquellen in der Regel nicht klar voneinander unterscheiden. Daher wurde lediglich eine summarische Ausreißerprüfung durchgeführt.

### 4.4 Erzeugung vollständiger Zeitreihen

Aus den überprüften und fehlerbereinigten Original-Meßreihen wurden Zeitreihen mit äquidistanten Zeitintervallen erzeugt. Über Inter-

<sup>1)</sup> Für diese Untersuchungen ist eine andere Schadstufeneinteilung gewählt worden als für die bundeseinheitliche Waldschadenserhebung.



polation zwischen den einzelnen Ablesetagen wurde für jeden Kalendertag des laufenden Jahres der tägliche Durchmesserzuwachs errechnet. Durch Zusammenfassung der Tageswerte (Durchmesserzuwachs pro Tag) konnten dann durchschnittliche periodische Zuwächse für beliebige Zeitintervalle für die weitere Auswertung bestimmt werden (mittlere periodische Durchmesserzuwächse pro Woche, Monat oder Vierteljahr).

Durch Zusammenfassung mehrerer wöchentlicher Zuwachswerte, die bei verschiedenen Witterungsverhältnissen abgelesen wurden, zu längeren Periodenmittelwerten (Monat, Vierteljahr) können kurzperiodische Störungen durch Quellungserscheinungen weitgehend ausgeschaltet werden (vgl. KRAMER und KÄTSCH, 1982). Als Eingangsdaten für die weiterführende statistische Analyse der Jahreszuwachskurven wurden aus diesem Grunde Monatsmittelwerte verwendet.

## 5 Untersuchungsergebnisse

### 5.1 Mittlere Jahreszuwachsverläufe und ihre Streuung

Auf Abbildung 2 (oben) sind beispielhaft für zwei herrschende Bäume in Anzing, die annähernd gleiche Dimensionen aufweisen, sich aber im Gesundheitszustand deutlich voneinander unterscheiden, die Jahreszuwachsverläufe für die Jahre 1985, 1986 und 1987 dargestellt. Eingangsgrößen für diese Darstellungen sind die fehlerbereinigten und vervollständigten Zeitreihen der Jahreszuwachsmessung.

Auf allen Untersuchungsstandorten zeichnen sich an den gesunden und auch an den geschädigten Bäumen im Jahresablauf starke Zuwachsschwankungen ab, wobei die stärkeren Zuwachsausschläge im gesamten Untersuchungsareal nahezu synchron verlaufen. Vermutlich handelt es sich bei den stärkeren Ausschlägen im wesentlichen um Quellungs- und Entquellungserscheinungen, die in allen Untersuchungsbeständen ähnlich ausgeprägt sind, weil die Bestände sehr ähnlichen Klimaeinflüssen unterliegen. Zu Beginn und am Ende der Vegetationszeit wirken sich Quellungsvorgänge besonders stark auf den Kurvenverlauf aus, da sie dann in Relation zur tatsächlichen Durchmesserzunahme besonders groß sind (in diesem Zeitraum unterschreiten die Kurvenverläufe auf Abbildung 2 mitunter die 0-Linie). In allen Fällen kulminieren die Jahreszuwachskurven in den Monaten Mai bis Juli. Die Tageszuwächse betragen in diesem Zeitraum im Mittel 0,04 bis 0,05 mm, und die gemessenen Durchmesseränderungen erreichen Spitzenwerte von 0,15 mm pro Tag.

Aus den Zuwachsmeßreihen wurden Jahreskurven des Durchmesserwachstums für die Jahre 1985, 1986 und 1987 hergeleitet. Im unteren Teil der Abbildung 2 sind die jährlichen Durchmesserwachstumsverläufe in Relation zum Jahres-Gesamtwuchs (Endwert des entsprechenden Jahres = 100 Prozent) über der Zeitachse

aufgetragen. Diese Art der Betrachtung eignet sich besonders gut dafür, den Rhythmus der Jahringbildung im Jahresablauf zu analysieren. Abgesehen von quellungsbedingten Schwankungen haben die abgebildeten Entwicklungsgänge die Form von Wachstumskurven. Aus den Darstellungen geht hervor, daß im September bzw. Oktober im allgemeinen die maximale Jahringbreite erreicht wird und die Wachstumskurven in der Folgezeit durch Entquellungs Vorgänge wieder abnehmen können; zu ähnlichen Ergebnissen kamen KRAMER und KÄTSCH (1982), SCHÖBER (1950/1951) und POPESCU et al. (1968).

Tabelle 2 enthält die monatlichen Tagesmittel und die Streuungskennwerte des Durchmesserzuwachses für alle Meßbäume im Untersuchungsareal. In den Monaten mit höheren Zuwachsleistungen sind die errechneten Mittelwerte im allgemeinen aussagekräftiger als in Perioden mit geringen Durchmesseränderungen. In den Monaten Mai bis Juli liegen die Variationskoeffizienten der Zuwachsmeßwerte (48 bis 90 Prozent) und der prozentuale Standardfehler der Mittelwert-schätzung (4 bis 7,6 Prozent) wesentlich niedriger als in den zuwachsschwächeren Monaten (Variationskoeffizient bis zu 386 Prozent, prozentualer Standardfehler bis 33,2 Prozent).

Die Ursachen für die hohen Streuungen um die Zuwachsmittelwerte sind sicher u. a. in den witterungsbedingten Durchmesser-

Tab. 2: Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient, Standardfehler und prozentualer Standardfehler des arithmetischen Mittels für den täglichen Durchmesserzuwachs (in 0,01 mm) aller Meßbäume in den Jahren 1985 bis 1987 (Stichprobenumfang n = 145)

Monat	Mittel (1/100 mm)	Standard- abweichung (%)	Variations- koeffizient (1/100 mm)	Standard- fehler (%)	Standardfehler in Prozent des arith.Mittels
1985					
Mai	2.97	2.29	77	0.19	6.4
Jun.	4.03	2.21	55	0.19	4.6
Jul.	2.79	2.51	90	0.21	7.6
Aug.	3.16	1.88	59	0.16	4.9
Sept.	0.24	0.62	261	0.05	22.2
Okt.	0.31	0.38	124	0.03	10.7
1986					
Mai	3.06	2.19	72	0.19	6.0
Jun.	3.66	1.77	48	0.15	4.0
Jul.	2.58	1.75	68	0.15	5.6
Aug.	2.34	1.95	83	0.16	7.0
Sept.	0.22	0.84	386	0.07	33.2
Okt.	0.78	0.76	97	0.06	8.2
1987					
Mai	2.23	1.19	53	0.10	4.4
Jun.	3.87	2.39	62	0.20	5.2
Jul.	5.56	3.07	55	0.26	4.6
Aug.	2.17	1.84	85	0.15	7.0
Sept.	1.30	0.99	76	0.08	6.4
Okt.	0.31	0.18	58	0.02	5.1

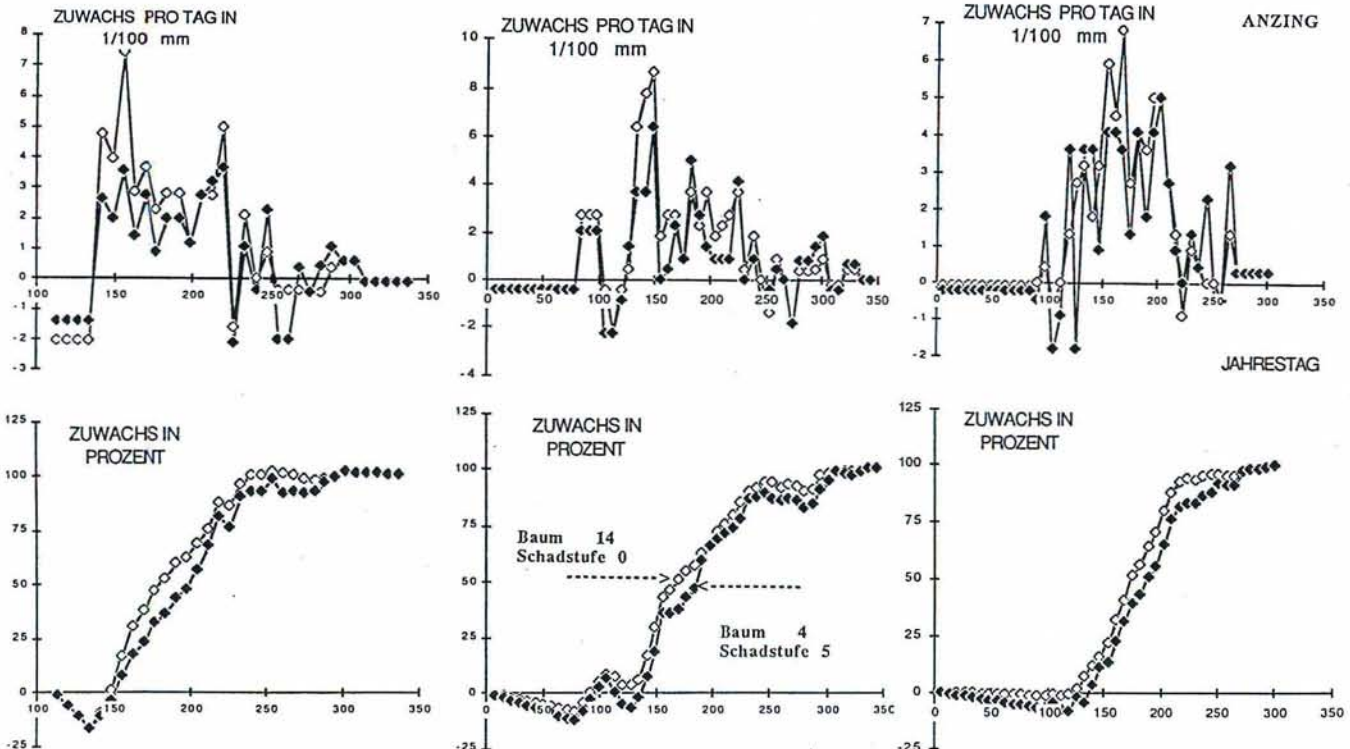


Abb. 2: Jahringbildung in den Jahren 1985, 1986 und 1987 (von l. n. r.), dargestellt für die Meßbäume 14 (Schadstufe 0) und 4 (Schadstufe 5) aus der Meßgruppe ANZING IV; oben: mittlerer täglicher Durchmesserzuwachs; unten: Durchmesserwachstumsverlauf in Relation zum Jahresgesamtwuchs.



schwankungen in Zeiten geringer Zuwachsleistung (Anfang und Ende der Vegetationszeit) begründet, die sich auch durch Zusammenfassung der Einzelmessungen zu periodischen Mittelwerten nicht völlig aufheben lassen. Weiter streuen die Zuwachswerte innerhalb der Meßbaumkollektive aufgrund der unterschiedlichen Vitalität und verschiedenen sozialen Stellung der Meßbäume. Für die Feinanalyse wurden darum die Meßbaumkollektive nach Schadstufen und Baumklassen stratifiziert betrachtet.

Der Zuwachsrhythmus der Meßbäume kann durch die Zeitpunkte beschrieben werden, zu denen sie einen bestimmten Prozentsatz des Jahreszuwachses erreicht haben. Zur Charakterisierung des Wachstumsverlaufs der verschiedenen Meßbaumkollektive wurden die Jahrestage errechnet, an welchen 5, 25, 50, 75 und 95 Prozent vom Jahresgesamtzuwachs erreicht werden; zusätzlich wurde die Streuung um diese Datumswerte bestimmt. Verstehen wir unter der Wachstumszeit in Anhalt an KRAMER und KÄTSCH (1982) diejenige Zeitspanne, die zwischen den Tagen liegt, an denen 5 Prozent und 95 Prozent des Gesamtjahreszuwachses erreicht werden, so ergeben sich für die Jahre 1985, 1986 und 1987 für unsere Meßbäume durchschnittliche Wachstumszeiten von 109, 157 bzw. 135 Tagen (vgl. Tab. 3). In den drei Beobachtungsjahren lag nach dieser Definition der Beginn der Wachstumsperiode (5 Prozent-Schwellenwert) am 21. Mai, 25. April bzw. 7. Mai und das Ende der Wachstumszeit (95-Prozent-Schwellenwert) am 7. September, 25. September bzw. 19. September.

Tab. 3: Kennwerte für den mittleren Durchmesser-Wachstumsgang aller Meßbäume in den Jahren 1985 bis 1987 (n = 145)  
Übersicht über die Tage, an welchen 5, 25, 50, 75 und 95 Prozent vom Jahresgesamtzuwachs erreicht werden (M) und die einfache Standardabweichung um diese Zeitpunkte (S)

Jahr	Vom gesamten jährlichen Durchmesserzuwachs werden erreicht										Wachstumszeit in Tagen
	5%		25%		50%		75%		95%		
	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	
1985	21.5.	10	7.6.	9	4.7.	15	1.8.	12	7.9.	31	109
1986	25.4.	24	28.5.	12	27.6.	18	30.7.	26	25.9.	41	157
1987	7.5.	25	8.6.	19	7.7.	10	29.7.	10	19.9.	19	135

### 5.2 Zur mathematisch-statistischen Auswertung

In einer weiterführenden statistischen Auswertung des Datenmaterials sollten folgende Fragen untersucht werden:

1. Ist der Jahreszuwachsverlauf abhängig von der sozialen Stellung eines Baumes? Lassen sich die Zuwachsverläufe der Meßbäume aus den Baumklassen 1, 2 und 3 statistisch voneinander trennen?
2. Unterscheiden sich die ungeschädigten und geschädigten Bäume der einzelnen Meßgruppen im Jahreszuwachsverlauf voneinander? Lassen sich die Zuwachskurvenverläufe ungeschädigter und erkrankter Bäume statistisch voneinander trennen? In welchen Monaten der Jahre 1985, 1986 und 1987 zeigen die Zuwächse dieser Gruppen deutliche Unterschiede?
3. Ergeben sich bei einer zusammenfassenden Betrachtung aller Meßbäume Unterschiede im Jahreszuwachsverlauf zwischen Bäumen mit geringer, mittlerer und stärkerer Schädigung? In welchen Monaten lassen sich gegebenenfalls die Kurvenverläufe dieser Gruppen statistisch gesichert voneinander trennen?

Die Fragestellungen unter Punkt (1.) und Punkt (3.) wurden mit dem Modell der multivariaten Varianzanalyse (mit Covariate) durchleuchtet; die unter Punkt (2.) aufgeführten Fragenkomplexe wurden mit dem multivariaten T-Test nach HOTELLING geprüft.

Werden an zwei oder mehreren Meßgruppen die gleichen Sätze von Variablen erhoben, so kann mit Hilfe des HOTELLING T-Tests bzw. mit der multivariaten Varianzanalyse geprüft werden, ob sich die Mittelwertvektoren dieser Meßgruppen voneinander unterscheiden und welche Variablen des Variablensatzes die Gruppenunterschiede verursachen. Die Aussagekraft der Verfahren liegt auf zwei verschiedenen Betrachtungsebenen: In einem Rechengang wird die Globalhypothese überprüft, ob sich bei gleichzeitiger Betrachtung des gesamten Variablensatzes Unterschiede zwischen den Gruppen abzeichnen. Bei der Feinanalyse der Ergebnisse wird simultan geprüft, welchen Beitrag die einzelnen Variablen zur Gruppentrennung leisten. Die Ergebnisse der Feinanalyse lassen sich in Form von Mittelwertprofilen grafisch veranschaulichen (vgl. Abb. 3 bis 7).

### 5.3 Jahreszuwachsverlauf der Meßbäume in Abhängigkeit von ihrer sozialen Stellung

#### Durchmesserzuwachsleistung

Zur Untersuchung des Zuwachsverhaltens von Meßbäumen unterschiedlicher sozialer Stellung wurden die ungeschädigten Meßbäume (Schadstufen 0 bis 2) nach den Baumklassen 1, 2 und 3

stratifiziert; es wurde varianzanalytisch geprüft, ob sich gruppenspezifische Unterschiede im Zuwachsverlauf abzeichnen. Eingangsdaten für die Berechnungen waren die mittleren Tageszuwächse (Durchmesserzuwachs in 1/100 mm pro Tag, berechnet als monatlicher Periodenmittelwert) der ungeschädigten Meßbäume (n = 44) in den Jahren 1985, 1986 und 1987. Für jedes Beobachtungsjahr wurde gesondert geprüft, ob sich Gruppenunterschiede im Kurvenverlauf nachweisen lassen.

Aus der Ergebnistafel für die Globalhypothese der Varianzanalyse geht hervor, daß sich die mittleren Zuwachsverläufe von Bäumen unterschiedlicher sozialer Stellung statistisch nicht voneinander trennen lassen. Die Zuwachsleistung vermindert sich erwartungsgemäß mit abnehmender sozialer Stellung: Die vorherrschenden Bäume (Baumklasse 1) haben den höchsten und die mitherrschenden Bäume (Baumklasse 3) den geringsten Durchmesserzuwachs (vgl. Mittelwertprofile der Varianzanalyse auf Abb. 3). Die Streuung innerhalb der Gruppen ist aber so groß, daß sich sowohl bei der globalen Prüfung für das ganze Jahr, als auch bei Prüfung der einzelnen Monatswerte keine signifikanten Zuwachsunterschiede zwischen den Bäumen unterschiedlicher sozialer Stellung nachweisen lassen.

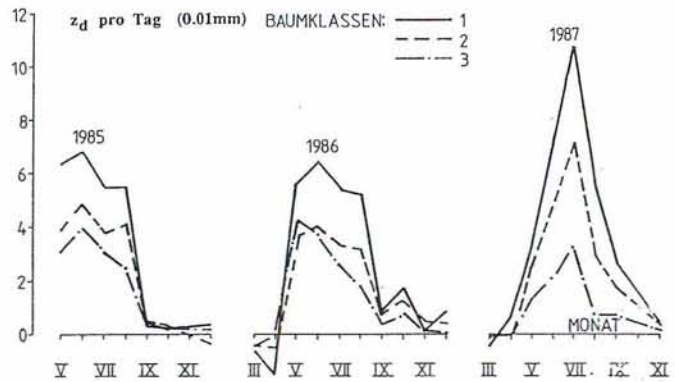


Abb. 3: Mittelwertprofile der varianzanalytischen Prüfung auf Zuwachsunterschiede zwischen den ungeschädigten Bäumen der Kraftklassen 1, 2 und 3 (Stichprobenumfang n = 44)  
Dargestellt ist der mittlere Tageszuwachs (Durchmesserzuwachs in 0,01 mm, monatlicher Periodenmittelwert) für alle vorherrschenden, herrschenden und mitherrschenden Meßbäume.

Die gleichen Berechnungen wurden auch für jeden Untersuchungsstandort gesondert durchgeführt. Ohne auf die Ergebnisse näher einzugehen, soll hier festgehalten werden, daß sich auch bei diesen Berechnungsvarianten nur tendenzielle Zuwachsunterschiede zwischen den Baumklassen nachweisen lassen, die aufgrund der großen Streuungen innerhalb der Gruppen in keinem Fall statistisch gesichert sind.

#### Rhythmus des Durchmesserzuwachsverlaufs

Zu ähnlichen Ergebnissen führte die Prüfung der Frage, ob sich die Meßbäume unterschiedlicher sozialer Stellung im Zuwachsrhythmus voneinander unterscheiden. Es wurde untersucht, ob die Zeitpunkte, zu denen die Bäume die Schwellenwerte von 5, 25, 50, 75 bzw. 95 Prozent des Jahreszuwachses erreichen, von der sozialen Position (Baumklasse) abhängen.

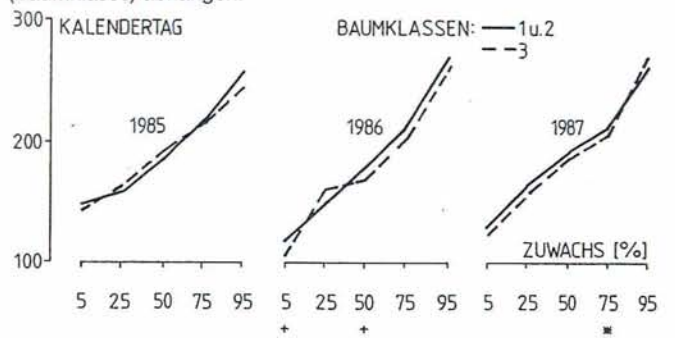


Abb. 4: Mittelwertprofile der Prüfung auf Wachstumsrhythmus-Unterschiede zwischen den ungeschädigten Bäumen der Kraftklassen 1 und 2 gegenüber den Bäumen der Kraftklasse 3 (Stichprobenumfang n = 44)  
Dargestellt sind die mittleren Wachstumsverläufe über den Zeitpunkten, zu denen 5, 25, 50, 75 und 95 Prozent des Jahresgesamtzuwachses erreicht werden.  
Unterhalb der Zeitachse sind für die einzelnen Monate die Signifikanzgrade der Mittelwertunterschiede mit folgenden Kennungen angegeben:  
\* p < 0,1 \* p < 0,05 \*\* p < 0,01 \*\*\* p < 0,001



Aus den Mittelwertprofilen (vgl. Abb. 4) ist zu entnehmen, daß sich für den Wachstumsgang von Bäumen der Kraftklassen 1 und 2 gegenüber der Klasse 3 nur geringfügige Unterschiede ergeben, die mit wenigen Ausnahmen statistisch nicht signifikant sind. Die Zuwachsrhythmus-Verschiebungen zwischen den Baumklassen haben in den Jahren 1985 bis 1987 jeweils unterschiedliche Tendenzen, so daß sich keine weiterführenden Aussagen daraus ableiten lassen.

Die Wachstumszeit beginnt beim Durchmesser in Brusthöhe unabhängig von der sozialen Stellung der Bäume im April bis Mai und beträgt bei vorherrschenden Bäumen maximal 136 Tage (Wert für 1987), während die Wachstumszeit der herrschenden und mit herrschenden Fichten ca. 14 Tage länger dauern kann (vgl. Tab. 4). Weiter geht aus der Tabelle 4 hervor, daß nicht nur der mittlere Wachstumsgang bei Bäumen verschiedener Baumklassen im wesentlichen gleich ist, sondern auch die Streuungen um die betrachteten Zeitpunkte unabhängig von der sozialen Stellung sind. Vergleichen wir diese Zusammenhänge mit den Befunden von KRAMER und KÄTSCH (1982) und von SCHÖBER (1950/1951) für die Buche, so ist zu erkennen, daß der Zuwachsrhythmus der Buche im Gegensatz zur Fichte wesentlich stärker von der sozialen Stellung geprägt wird.

Tab. 4: Angaben zum Wachstumsrhythmus aller Meßbäume, gegliedert nach den sozialen Baumklassen 1, 2 und 3  
Zusammenstellung der Zeitpunkte, zu denen 5, 25, 50, 75 und 95 Prozent des Jahresgesamtzuwachses erreicht werden (M) und einfache Standardabweichung (S) um diese Zeitpunkte (in Tagen)

Jahr	Baumklasse	Vom gesamten jährlichen Durchmesserzuwachs werden erreicht										Wachstumszeit in Tagen
		5%		25%		50%		75%		95%		
		M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	
1985	1	18.5	9	3.6	5	3.7	9	31.7	4	27.8	6	101
1985	2	21.5	7	8.6	8	6.7	12	4.8	7	13.9	30	116
1985	3	22.5	13	9.6	11	9.7	19	3.8	10	1.9	25	102
1986	1	10.5	17	29.5	6	25.6	16	24.7	18	10.9	49	123
1986	2	25.4	26	27.5	12	27.6	13	31.7	22	25.9	38	153
1986	3	13.4	11	31.5	10	18.6	12	22.7	11	18.9	32	158
1987	1	30.4	34	12.6	7	30.6	5	1.8	5	14.9	11	136
1987	2	8.5	23	14.6	5	10.7	5	31.7	8	24.9	10	139
1987	3	3.5	23	5.6	20	5.7	9	24.7	3	27.9	11	147

#### 5.4 Jahreszuwachs in Abhängigkeit vom Schädigungsgrad Durchmesserzuwachsleistung

Für die Meßbaumkollektive in Sauerlach, Anzing, München und Starnberg wurde jeweils in gesonderten Rechengängen für die Jahre 1985, 1986 und 1987 mit einem multivariaten T-Test geprüft, ob sich die vitalen Bäume (Schadstufen 0 bis 2) hinsichtlich ihrer Zuwachsleistung von erkrankten Bäumen (Schadstufen 3 bis 9) unterscheiden. Die wichtigsten Ergebnisse der Analysen können aus den Mittelwertprofilen auf Abbildung 5 entnommen werden: In den meisten Fällen spiegelt sich der Nadelverlust in signifikanten Zuwachsverlusten wider, wobei die schadbedingten Zuwachseinbußen besonders klar in den Monaten höchster Zuwachsleistung (Mai, Juni und Juli) in Erscheinung treten. Auf Abbildung 5 sind unterhalb der Zeitachse für die einzelnen Monate die Signifikanzgrade der Mittelwertunterschiede angegeben.

Die Zuwachskurven haben in den verschiedenen Beobachtungsjahren sehr unterschiedliche Verlaufsformen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die jahrestypischen Witterungsverhältnisse zurückzuführen sind. Bemerkenswert ist, daß die Relationen zwischen den Gruppenmitteln in den verschiedenen Jahren und auf allen Untersuchungsstandorten sehr ähnlich sind. Offensichtlich besteht – unabhängig von Untersuchungsstandort und Beobachtungsjahr – ein relativ enger Zusammenhang zwischen Nadelverlust und Jahreszuwachsleistung.

Weiter wurde varianzanalytisch geprüft, ob sich die Jahreszuwachsleistung der Schadstufen 0 bis 1, 2 bis 4 und 5 bis 9 bei einer zusammenfassenden Betrachtung aller Meßbäume (n = 145) und bei Berücksichtigung ihrer unterschiedlichen Ausgangssituation statistisch voneinander trennen lassen. Zur Charakterisierung der unterschiedlichen Ausgangssituation wurden Durchmesser, Höhe, Kronenlänge und Alter auf ihren covariaten Einfluß auf die Zuwachsentwicklung überprüft. Von den genannten Größen hat nur der Durchmesser einen signifikanten Einfluß auf die Zuwachsleistung; er wurde daher als Covariate in die Rechnung einbezogen.

Für die drei Beobachtungsjahre ergibt sich ein hochsignifikanter Zuwachsunterschied zwischen den Baumkollektiven mit unterschiedlicher Schädigung. Aus der Profilanalyse (vgl. Abb. 6) geht hervor, daß diese Gruppenunterschiede im wesentlichen auf Zuwachsdifferenzen in den Monaten Mai bis August zurückzuführen

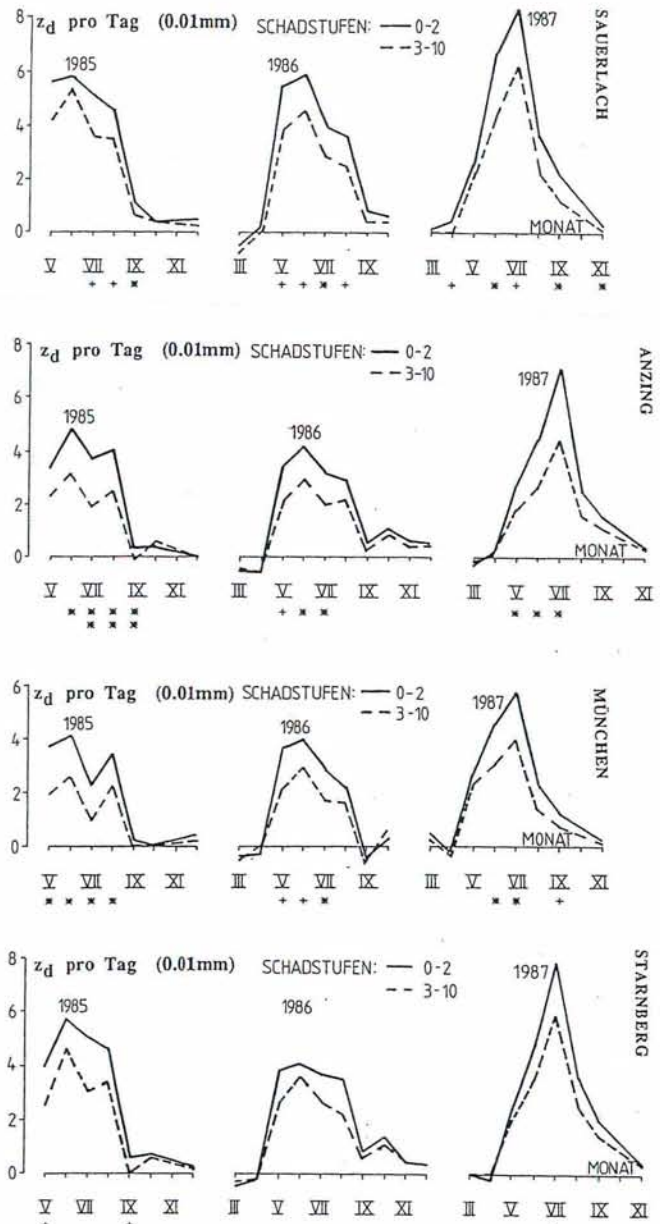


Abb. 5: Mittelwertprofile des multivariaten T-Testes auf Unterschiede im Durchmesser-Zuwachsverlauf der gesunden und geschädigten Bäume auf den Untersuchungsstandorten in Sauerlach (n = 25), Anzing (n = 50), München (n = 40) und Starnberg (n = 30) (von oben nach unten). Unterhalb der Zeitachse sind für die einzelnen Monate die Signifikanzgrade der Mittelwertunterschiede mit folgenden Kennungen angegeben: \* p < 0,1 \*\* p < 0,05 \*\*\* p < 0,001

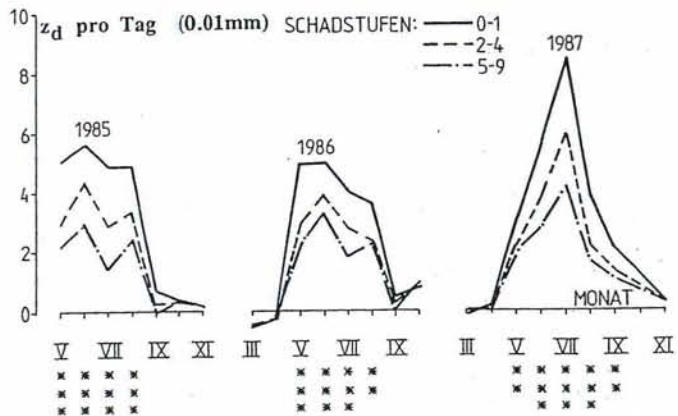


Abb. 6: Mittelwertprofile der varianzanalytischen Prüfung auf Zuwachsunterschiede (Durchmesserzuwachs in 0,01 mm pro Tag) zwischen den Schadstufen 0 bis 1, 2 bis 4 und 5 bis 9 zusammenfassend für alle Meßbäume (n = 145). Unterhalb der Zeitachse sind für die einzelnen Monate die Signifikanzgrade der Mittelwertunterschiede mit folgenden Kennungen angegeben: \* p < 0,1 \*\* p < 0,05 \*\*\* p < 0,001



sind. Besonders hervorzuheben ist die ausgeprägte Schichtung der Zuwachskurven von Bäumen mit unterschiedlicher Schädigung; sie wird im gesamten Untersuchungszeitraum im wesentlichen beibehalten.

### Rhythmus des Durchmesserzuwachgangs

Mit dem Modell der multivariaten Varianzanalyse wurde geprüft, ob der Wachstumsverlauf der Meßbäume, den wir durch die Zeitpunkte charakterisieren, zu denen die Bäume die Schwellenwerte von 5, 25, 50, 75 bzw. 95 Prozent des Jahreszuwachses erreichen, vom Grad der Schädigung abhängt.

Dargestellt werden hier die Ergebnisse einer Berechnung, bei welcher für alle Meßbäume der Baumklassen 1 und 2 ( $n = 126$ ) geprüft wurde, ob zwischen den Bäumen der Schadstufen 0 bis 1, 2 bis 4 und 5 bis 9 Unterschiede im Wachstumsrhythmus bestehen. Die Berechnung zeigte, daß sich der Wachstumsrhythmus von Bäumen unterschiedlicher Schädigung nur geringfügig (statistisch nicht signifikant) unterscheidet; die Mittelwertprofile der verschiedenen Gruppen liegen fast deckungsgleich (vgl. Abb. 7). Die Rhythmusverschiebungen sind jedoch in den Jahren 1985, 1986 und 1987 jeweils unterschiedlich gerichtet.

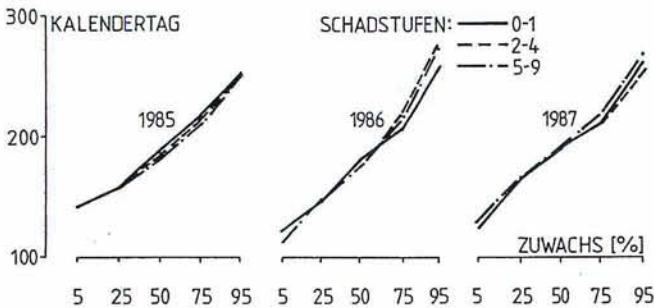


Abb. 7: Mittelwertprofile der Prüfung auf Wachstumsrhythmus-Unterschiede zwischen den Bäumen der Schadstufen 0 bis 1, 2 bis 4 und 5 bis 9 (Stichprobenumfang  $n = 126$ ).

Dargestellt sind die mittleren Wachstumsverläufe über den Zeitpunkten, zu denen 5, 25, 50, 75 und 95 Prozent des Jahresgesamtzuwachses erreicht werden.

Bei den ungeschädigten Bäumen ist die Streuung um die Zeitpunkte, zu denen die Bäume die Schwellenwerte von 5, 25, 50, 75 bzw. 95 Prozent des Jahreszuwachses erreichen, deutlich geringer als bei den Bäumen mit mittleren und stärkeren Schäden. Das bedeutet, daß der Wachstumsrhythmus ungeschädigter Bäume im Vergleich zu geschädigten relativ einheitlich ist. Etwa zwei Drittel der ungeschädigten Bäume erreichen die 25- und die 75-Prozent-Schwelle in einem Zeitraum von 7 bzw. 6 Tagen (vgl. Tab. 5). Mit zunehmender Schädigung nimmt die Übereinstimmung der Wachstumskurven ab. Der Wachstumsrhythmus geschädigter Bäume wird besonders in der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode von Störeinflüssen überprägt, wodurch sich die Streuung um die Schwellenwerte vergrößert. Die geschädigten Bäume schließen ihr Durchmesserwachstum im Durchschnitt ein bis zwei Wochen später ab.

Tab. 5: Angaben zum Wachstumsrhythmus aller Meßbäume, gegliedert nach den Schadstufen 0 bis 1, 2 bis 4 und 5 bis 9. Zusammenstellung der Zeitpunkte, zu denen 5, 25, 50, 75 und 95 Prozent des Jahresgesamtzuwachses erreicht werden (M) und einfache Standardabweichung (S) um diese Zeitpunkte (in Tagen)

Jahr	Schadstufen	Vom gesamten jährlichen Durchmesserzuwachs werden erreicht										Wachstumszeit in Tagen
		5%		25%		50%		75%		95%		
		M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	
1985	0-1	20.5	6	6.6	7	5.7	10	2.8	6	7.9	25	110
1985	2-4	20.5	9	8.6	8	3.7	13	3.8	8	8.9	29	111
1985	5-9	21.5	11	7.6	8	1.7	16	30.7	16	4.9	34	106
1986	0-1	29.4	24	27.5	10	25.6	14	25.7	18	15.9	37	139
1986	2-4	24.4	26	29.5	10	26.6	13	30.7	26	28.9	41	157
1986	5-9	23.4	20	26.5	15	27.6	17	31.7	27	29.9	47	159
1987	0-1	5.5	24	13.6	4	10.7	5	31.7	7	20.9	10	138
1987	2-4	9.5	26	14.6	9	10.7	7	31.7	7	21.9	17	135
1987	5-9	6.5	27	13.6	11	11.7	10	5.8	15	26.9	16	143

## 6 Zusammenfassung

In einer Reihe südbayerischer Fichtenbestände wurde untersucht, ob der Jahreszuwachs von Fichten mit Hilfe von am Baum verbleibenden Zuwachsmeßbändern aus Kunststoff hinreichend zuverlässig gemessen werden kann. Weiter wurde untersucht, wie sich Unterschiede in der sozialen Stellung und im Grad der Schädigung der Meßbäume in deren Jahreszuwachs-Dynamik widerspiegeln. Für die Untersuchung wurden im Bereich der Forstämter Sauerlach,

Anzing, München und Starnberg in sechs Fichtenbeständen 145 Meßbäume mit unterschiedlicher sozialer Stellung und verschiedenem Schädigungsgrad ausgewählt, mit Meßbändern versehen und in den Jahren 1985 bis 1987 nach einem festen Ableseplan wöchentlich kontrolliert.

Das angewendete Verfahren der Jahreszuwachsmessung mit Zuwachsmeßbändern wird genauer beschrieben, und es werden die wichtigsten Besonderheiten und Probleme dieser Meßmethode, wie die Überlagerung der Meßwerte durch witterungsbedingte Quellungserscheinungen, der Ablesezeitplan, die Bereinigung der Meßreihen durch Fehlerkorrektur und Ausreißerprüfung sowie die Erzeugung vollständiger Zeitreihen aus den Original-Meßwerten näher diskutiert.

An ausgewählten Meßbäumen werden charakteristische Eigenschaften der Durchmesserzuwachskurven und Durchmesserwachstumsverläufe (BHD) im Jahresablauf erläutert. Für die Meßbäume der verschiedenen Untersuchungsstandorte werden mittlere Jahreszuwachskurven berechnet und die Streuungen um die Mittelkurven beschrieben. Aufbauend auf dieser Datengrundlage wurde mit Hilfe multivariater statistischer Verfahren analysiert, ob die Zuwachsleistung und der Wachstumsrhythmus von der sozialen Stellung und/oder dem Schädigungsgrad der Meßbäume abhängig sind.

Es zeichnen sich tendenzielle Zusammenhänge zwischen der Zuwachsleistung und der sozialen Stellung der Meßbäume ab, die aber aufgrund der großen Streuung um die Gruppenmittel statistisch nicht gesichert sind. Die soziale Stellung und der Schädigungsgrad der Bäume haben nur einen geringen Einfluß auf den Wachstumsrhythmus der Meßbäume. Es zeigt sich eine deutliche Zunahme der Streuung der Durchmesserzuwächse um die Mittelwerte mit Zunahme der Schädigung. Ein Zusammenhang zwischen dem Schädigungsgrad und der Zuwachsleistung ist klar erkennbar; in den Monaten mit höchster Zuwachsleistung (Mai bis Juli) sind die Unterschiede zwischen den Bäumen mit unterschiedlicher Schädigung in den meisten Fällen statistisch gesichert.

### Literaturverzeichnis

- FIEDLER, F., und G. WENK (1973): Der jahreszeitliche Ablauf des Dickenzuwachses von Fichten und Kiefern und seine Abhängigkeit von meteorologischen Faktoren. *Wissenschaftl. Zeitschr. d. Techn. Univ. Dresden*, 22. Jg., Heft 3, S. 531-535. - FRIEDRICH, J. (1897): Über den Einfluß der Witterung auf den Baumzuwachs. *Mitt. aus dem Forstl. Versuchswesen Österreichs*, Heft 22, S. 1-160. - GEISLER, H. (1970): Instrumente zur Messung des Dickenwachstums von Waldbäumen im Jahresablauf. *Wissenschaftl. Zeitschr. d. Techn. Univ. Dresden*, 19. Jg., Heft 6, S. 1589-1596. - GEISLER, H. (1971): Vorläufige Ergebnisse von Mikrodendrometermessungen an Eichen und Buchen. *Wissenschaftl. Zeitschr. d. Techn. Univ. Dresden*, 20. Jg., Heft 4, S. 1175-1182. - JAEGER, W., und G. SEIBT (1983): Austreiben und Stärkenwachstum von Douglasie im Vergleich zu Buche und Fichte. *Forst- und Holzw.*, 38. Jg., Heft 4, S. 80-86. - KERN, K. G., und W. MOLL (1960): Der jahreszeitliche Ablauf des Dickenwachstums von Fichten verschiedener Standorte im Trockenjahr 1959. *Allg. Forst- u. Jagdztg.*, 131. Jg., Heft 5, S. 97-116. - KERN, K. G. (1966): Wachstum und Umweltfaktoren im Schlag- und Plenterwald. *Schriftenr. der Forstl. Abt. der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.*, BLV-Verlag München, Basel, Wien, 232 S. - KRÄMER, H. (1981): Kurzfristige Zuwachsreaktionen bei Buche in Abhängigkeit von Witterung und verschiedenen Baummerkmalen, Jahrestagung 1981 der Sektion Ertragskunde des DVFFA in Soest, Tagungsbericht S. 61-79. - KRÄMER, H., und C. KÄTSCH (1982): Zum jahreszeitlichen Ablauf des sekundären Dickenwachstums im Kalkbuchenwald. *Forstarchiv*, 53. Jg., S. 87-93. - POPESCU, O., D. PARASCAN und M. MARCU (1968): Beiträge zur Kenntnis der Dynamik des Radialzuwachses der Buche im Laufe der Vegetationsperiode. *Allg. Forst- u. Jagdztg.*, 139. Jg., S. 190-195. - SCHELOW, I. (1966): Eine Methode zur Ermittlung des Durchmesserzuwachses während der Vegetationsperiode. *Archiv für Forstwesen*, Heft 8, Band 15, S. 811-815. - SCHÖBER, R. (1950/1951): Zum jahreszeitlichen Ablauf des sekundären Dickenwachstums. *Allg. Forst- u. Jagdztg.*, 122. Jg., S. 81-96. - SPELSBERG, G. (1986): Grundflächenzuwachs in Fichten-Dauerbeobachtungsflächen im Jahr 1985. *Forst- und Holzw.*, 41. Jg., Heft 12, S. 329-331. - WEIHE, J. (1958): Die Schwankungen des Durchmesserzuwachses in badischen Fichtenbeständen in der Zeit von 1945 bis 1954. *Allg. Forst- u. Jagdztg.*, 129. Jg., Heft 11/12, S. 233-241. - WEIHE, J. (1968): Der Einzelbaumdüngerversuch. Jahrestagung 1968 der Sektion Ertragskunde des DVFFA in Münster, Tagungsbericht S. 24-28. - WIELER, A. (1898): Über die jährliche Periodizität im Dickenwachstum des Holzkörpers der Bäume. *Tharandter Forstl. Jahrb.* 1898, S. 39-139. WILHELM, T. (1956): Untersuchungen mit einem schwedischen Mikrodendrometer über das Dickenwachstum an Bäumen. *Forstarchiv*, 27. Jg., Heft 11, S. 241-246.

Professor Dr. Dr. h. c. Friedrich FRANZ ist Inhaber des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde der Universität München, Dr. Hans PRETZSCH und Dipl.-Forstwirt Wolfgang FOERSTER sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Lehrstuhl.