

ONLINE-BESTELLUNG dokumentUM



TUM-000010578

Bestelldatum: 2008-04-14 09:26:24

Benutzernummer 04000708503
Name Klemmt

Straße TU-Weihenstephan Hauspost
Postleitzahl 85350
Ort/Stadt Freising
E-Mail-Adresse stefan.stelzmueller@lrz.tum.de

Unter Anerkennung des Urheberrechtsgesetzes wird bestellt:

ISSN 0015-8003
Zeitschrift Forstwissenschaftliches Centralblatt
Aufsatz-Autor Franz
Aufsatz-Titel Auswirkung der Walderkrankungen auf Struktur u. Wuchsleistung von Fichten

Band/Heft 102(3)
Jahrgang 1986
Seiten 186-200

Signatur 1006/FOR 001z 20018

Vermerk der Bibliothek

- Jahrgang nicht vorhanden
- verliehen
- nicht am Standort
- beim Buchbinder
- vermißt
- Sonstiges

Auswirkungen der Walderkrankungen auf Struktur und Wuchsleistung von Fichtenbeständen¹

VON F. FRANZ

1 Einleitende Anmerkungen

Wissenschaftler verschiedenster Fachrichtungen haben sich in den vergangenen Monaten auf mehreren Konferenzen mit den wahrscheinlichen oder mutmaßlichen Ursachen der Walderkrankungen befaßt, die sich in unserem Lande seit einigen Jahren großflächig ausbreiten. Darüber hinaus standen die unterschiedlichen Erscheinungsformen der Walderkrankungen, verschiedene Annahmen über den zu erwartenden Krankheitsverlauf wie auch Wege zur Verhinderung weiterer Schadensausbreitung im Mittelpunkt der Erörterungen. Die Serie dieser wissenschaftlichen Konferenzen wurde mit einem größeren Symposium am 27. und 28. Januar 1983 in Jülich fortgesetzt, auf dem eine der Vortragsreihen Fragen der Auswirkungen der Walderkrankungen auf den praktischen Forstbetrieb gewidmet war.

2 Gliederung des Themas

In einem Beitrag zu dieser Vortragsreihe hat der Verfasser zu folgenden Fragen Stellung genommen:

1. Welche Auswirkungen haben die Walderkrankungen, die uns hier beschäftigen, auf das Wuchsverhalten der Waldbäume und ihrer Gemeinschaften, der Waldbestände?

¹Vortrag auf dem Symposium „Saurer Regen – Waldschäden“ in Jülich am 27. Januar 1983.

2. Welchen Einfluß üben sie auf die Struktur unserer Wälder aus, d. h. auf die räumliche Verteilung der Bäume im Bestand, ihr soziales Gefüge und die Gliederung ihrer Stammdimensionen?

Das natürliche Sozialgefüge eines Waldes gewährleistet, wenn es durch Schadeinflüsse nicht gestört wird und seine Bestandsglieder ausreichenden Wuchsraum haben, in der Regel eine hohe strukturelle Stabilität. Was passiert aber, wenn dieses sich selbst regulierende Sozialgefüge, das sich im Laufe des Bestandeslebens fortlaufend auf neue Gleichgewichtsebenen einpendelt – z. B. auch nach wuchsraumfördernden Durchforstungseingriffen – durch die hier angesprochenen Schadeinflüsse mehr oder minder tiefgreifend verändert wird?

3. Wie hat sich die Holzproduktion, der Volumenzuwachs unserer Bestände, in den zurückliegenden Jahrzehnten und insbesondere in der durch die Waldschäden geprägten jüngsten Zeitperiode entwickelt?

Zu diesem Aspekt liegen erst Auswertungen eines begrenzten Datenmaterials vor, die noch keine generalisierenden Aussagen für größere Waldareale zulassen.

Der jährliche Volumenzuwachs eines Waldbestandes ist bekanntlich eine außerordentlich stark schwankende Größe. Sie kann auch ohne Einflüsse von Schadensfaktoren von Jahr zu Jahr erheblich variieren. Wenn wir eine hinreichend gesicherte Trendaussage über schadensbedingte Veränderungen der Holzproduktion geben wollen, so können wir das nur tun,

- wenn wir einen ausreichend langen Produktionszeitraum überblicken können, in dem die produktionsverändernden Schadfaktoren voll zur Wirkung kamen und
- wenn wir über eine hinreichend große Anzahl von Erhebungen auf Flächen der verschiedensten Schadensgrade verfügen – Erhebungen, die es uns ermöglichen, aus den stark schwankenden Einzelwerten die schadensbedingte Trendänderung des Holzzuwachses einigermaßen zuverlässig abzuleiten und daraus die bereits eingetretenen und die unter bestimmten Vorgaben zu erwartenden künftigen Produktionsverluste abzuschätzen.

Beide Voraussetzungen sind zur Zeit noch nicht bzw. nur in begrenztem Rahmen gegeben. Unsere Aussagen über die mutmaßlichen schadensbedingten Produktionsverluste stützen sich einstweilen noch auf wenige Bestandesmessungen; ihr Informationswert ist dementsprechend begrenzt.

4. In welchem Maße können die praxisüblichen Durchforstungsverfahren in den geschädigten Waldbeständen noch angewandt werden und in welchem Umfange haben die Nutzungsansätze für diese Bestände noch Gültigkeit?

Wenn der Wachstumsgang unserer Waldbestände, ihre Struktur und ihre Holzproduktion durch Waldschäden eines solchen Ausmaßes, wie wir es jetzt erleben, großflächig verändert werden, so hat das natürlich auch Konsequenzen für den praktischen Waldbau, insbesondere für die Durchforstungstechnik.

Nicht minder weitreichend sind die Konsequenzen, die sich hieraus für die Planung der Holznutzung und für die langfristige Vorausschätzung der Holzträge ergeben. Die geltenden Nutzungsansätze sind ja durchwegs noch zu einer Zeit kalkuliert worden, in der die hier diskutierten Waldschäden noch nicht als wachstums- und produktionsändernder Einflußkomplex existierten bzw. als solcher noch nicht erkannt worden sind. Aus diesem Tatbestand ergeben sich nicht nur für unsere gesamte Forstwirtschaft, sondern auch für die holzverarbeitende Industrie wichtige Folgerungen.

5. Im abschließenden fünften Abschnitt sollen einige Forschungsschwerpunkte zum Komplex der Walderkrankungen aufgezeigt werden, deren Bearbeitung aus der Sicht der Waldwachstumsforschung besonders dringlich erscheint.

Die folgenden Ausführungen über die schadensbedingten Änderungen der Wachstumsabläufe in unseren Wäldern beziehen sich auf die Fichte – die nach der Tanne am stärksten

geschädigte Baumart – und beschränken sich im wesentlichen auf die in Bayern laufenden Arbeiten.

3 Wuchsmerkmale erkrankter Bäume

3.1 Untersuchungsstandorte und Probestamm-Material

Im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprogrammes mehrerer Lehrstühle der Münchner Forstwissenschaftlichen Fakultät, das im Jahr 1982 anlief, wurde zunächst das Wuchsverhalten geschädigter Bäume verschiedener Schadensgrade untersucht. Ziel dieser Untersuchungen war es herauszufinden, ob es charakteristische Wachstumsmerkmale gibt, in denen sich die geschädigten Bäume von vergleichbaren, äußerlich gesund erscheinenden Bäumen unterscheiden. Hierbei boten die zahlreichen, in den letzten Jahrzehnten erschienenen Arbeiten über den Einfluß von Immissionen auf das Baum- und Bestandeswachstum wertvollen methodischen Anhalt. Zu nennen sind hier insbesondere die Arbeiten von ATHARI (1980, 1981), EDER (1978), Th. KELLER (1982), KENNEWEG (1981 a, 1981 b), KNABE (1982), MÖHRING (1982, 1983), PELZ (1977), PFEILSTICKER (1983), POLLANSCHÜTZ (1966, 1975, 1977), REHFUESS (1981), ULRICH (1979), VINS u. POLLANSCHÜTZ (1977) und WENTZEL (1971, 1982).

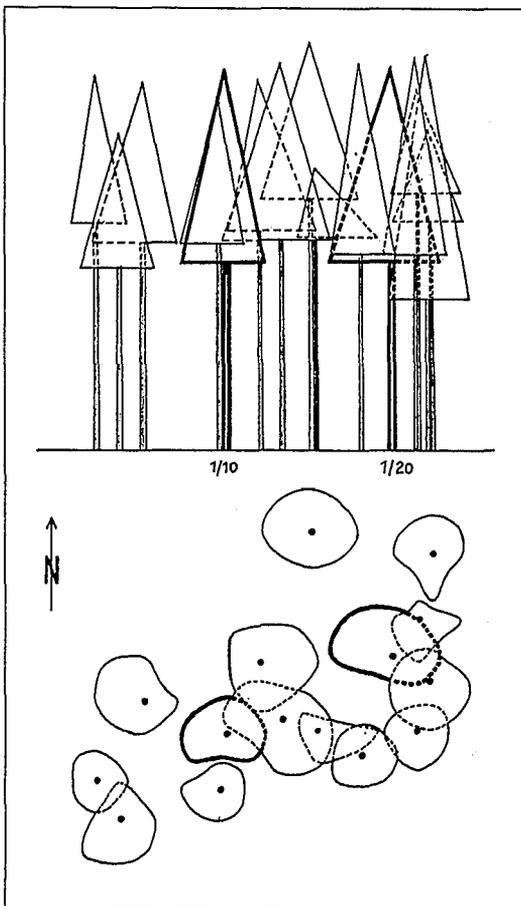


Abb. 1. Untersuchungsstandort Bodenmais. Biogruppenposition des Probestampaars (1/10: gesund, 1/20: krank)

Fig. 1. Research location Bodenmais. Bio-group position of paired sample trees (1/10: healthy, 1/20: diseased)

Für den Vergleich der Wuchsmerkmale wurde auf Untersuchungsstandorten im Bayerischen Wald (Forstamt Bodenmais) und in Südbayern (Forstamt Höhenkirchen), zwei Waldgebieten, in denen schon seit geraumer Zeit stärkere Schäden auf größerer Fläche auftreten, eine größere Anzahl von Baumpaaren (Vergleichspaaren) ausgewählt, bestehend jeweils aus einem erkrankten Baum und einem annähernd benachbart stehenden, äußerlich vitalen Vergleichsbaum aus der obersten Höhengschicht. Auf Abbildung 1 ist die Biogruppenposition eines untersuchten Probebaumpaares aus Bodenmais (Baumpaar 1/10 – 1/20) wiedergegeben. Die Aufnahmen wurden von cand. rer. silv. G. KASBERGER im Rahmen seiner Diplomarbeit (1982) ausgeführt.

Die Probebäume wurden gefällt; ihre Wuchsmerkmale wurden mit Hilfe von Stammanalysen detailliert erfaßt. Das Ergebnis der Analysen waren Stammwuchsbilder, die uns rückblickend ein genaues Bild vom Wachstumsgang der Bäume vermitteln.

Neben den Baumschäften wurden auch die Strukturen und Biomassenkomponenten der Baumkronen eingehend analysiert, worauf an dieser Stelle jedoch nicht näher eingegangen werden kann.

An den ausgewählten Baumpaaren wurden von anderen Arbeitsgruppen, die mit der Waldwachstumsforschung eng zusammenarbeiten, zahlreiche weitere Untersuchungen durchgeführt, insbesondere Untersuchungen am Rindenkörper sowie an den Wurzeln, den Nadeln und an repräsentativen Holzproben.

3.2 Erste Untersuchungsergebnisse

Die ersten Ergebnisse der Baumpaar-Untersuchungen sind bereits recht aufschlußreich. Sie sollen anhand von Analysendaten von vier rd. 100- bis 110jährigen, herrschenden Altfichten aus Bodenmais dargestellt werden, die von cand. rer. silv. KASBERGER in Zusammenarbeit mit meinen Mitarbeitern Forstoberrat H. FLURL und Dr. H. RÖHLE gewonnen wurden.

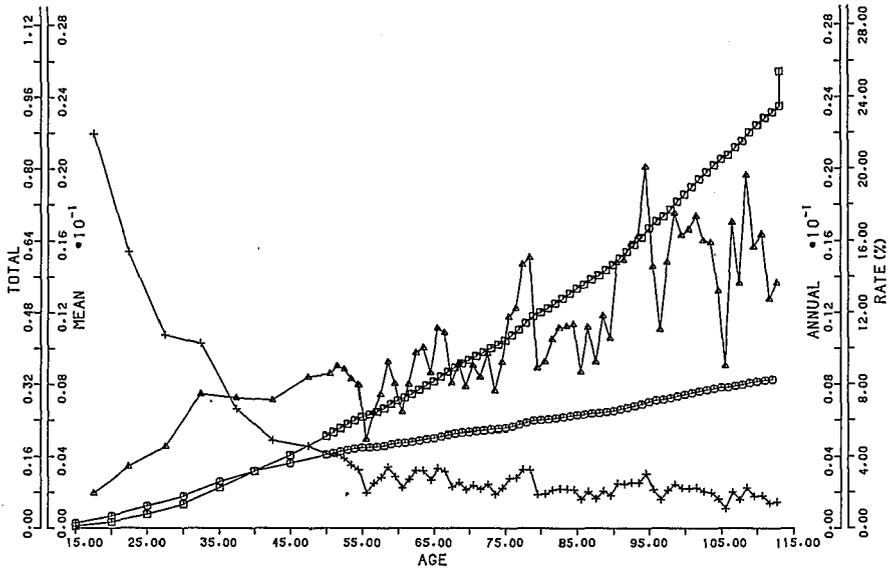
Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen (vgl. Abbildungen 2 a und 2 b):

1. Zwischen kranken und gesunden Bäumen bestehen charakteristische Unterschiede im jährlichen Wachstumsgang aller Dimensionsgrößen des Baumkörpers, vor allem – wie auf Abbildung 2 dargestellt – im Entwicklungsgang des Holzvolumens, dem laufenden Volumenzuwachs, wobei diese Unterschiede erwartungsgemäß um so stärker ausgeprägt sind, je mehr sich die kranken Bäume in ihren Vitalitätsmerkmalen von den gesunden Bäumen unterscheiden.
2. Während die äußerlich gesunden, vitalen Bäume einen annähernd gleichbleibenden oder – wie in unserem Beispiel – sogar noch einen stetig steigenden Zuwachstrend erkennen lassen, zeigen die jährlichen Wachstumsraten der erkrankten Bäume in den letzten Jahren einen steil abfallenden, vom Alter völlig unabhängigen Verlauf. Der Zuwachsabfall setzte abrupt ein, in einzelnen Fällen nach einer Vorlaufphase verminderter Zuwachsleistung. Eine Zuwachserholung ist nirgends erkennbar.
3. Die Differenzierung der Wachstumsabläufe hat ganz augenscheinlich nicht erst zu dem Zeitpunkt begonnen, zu dem äußere Schadmerkmale, z. B. beginnende Kronenverlichtungen, erkennbar wurden, sondern bereits viel früher. Die Trendabweichungen im Wachstumsgang haben schon vor mindestens 12 bis 15 Jahren eingesetzt, d. h. um die Jahre 1967 bis 1970 herum, zum Teil sogar noch davor.
4. Zu diesem Zeitpunkt und wohl auch lange danach dürften die heute kranken Bäume noch die gleichen Kronenmerkmale gehabt haben wie die vitalen Bäume, d. h. sich in ihrem äußeren Gesundheitszustand von den vitalen Bäumen wohl nicht erkennbar unterschieden haben (leider liegt darüber keine Dokumentation vor, die diese These stützen könnte). Mit anderen Worten: Diese Bäume müssen sich schon lange Zeit in einem ausgeprägten Schwächezustand befunden haben, bevor dieser äußerlich erkennbar wurde.

VFL 190/2 STAMM NR.10 FICHTE 1981/XI

* VOLUME *

TOTAL ANNUAL MEAN RATE (%)



VFL 190/1 STAMM NR.20 FICHTE 1981/XI

* VOLUME *

TOTAL ANNUAL MEAN RATE (%)

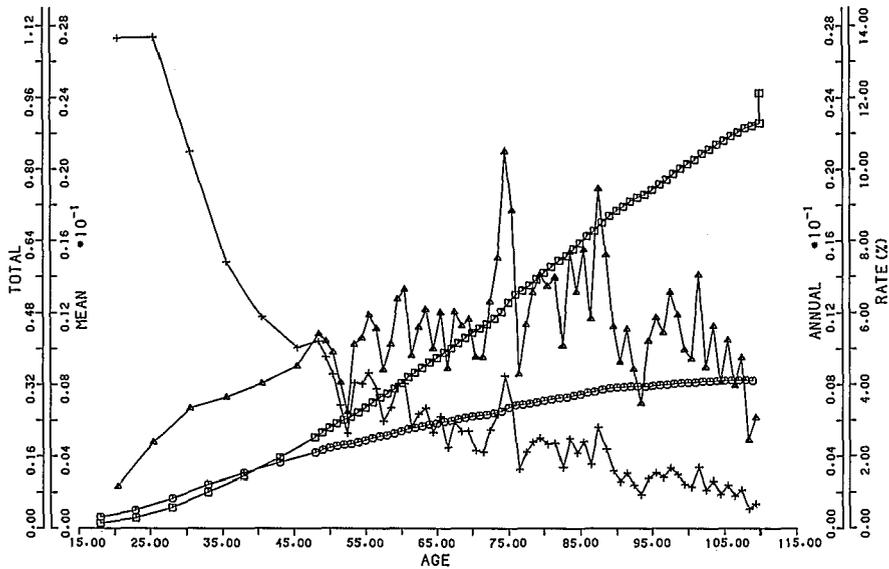


Abb. 2a. Wachstums- und Zuwachskurven des Schaftvolumens eines gesunden und eines leicht kränkelnden Probestammes aus dem Untersuchungsgebiet Bodenmais (nach Untersuchungsergebnissen von G. KASBERGER 1982). Probestamm 2/10: gesund (oben), 1/20: kränkelnd (unten). Zur Erklärung der Kurvenverläufe: TOTAL = Wachstumsgang des Volumens, ANNUAL = laufender Volumenzuwachs, MEAN = Altersdurchschnittszuwachs des Volumens, RATE = Volumen-Zuwachsprozent

Fig. 2a. Bole-volume growth of a healthy and a slightly affected sample tree from the Bodenmais research area (according to KASBERGER 1982). Sample tree 2/10: healthy (above), 1/20: declining (below). TOTAL = course of volume growth, ANNUAL = current volume increment, MEAN = mean annual volume increment. RATE = volume-growth percent

4 Zuwachsverlagerung am Schaft und Formveränderung als Folge abnehmender Vitalität

Nicht nur in der Wachstumsreaktion, dem Zuwachsverhalten insgesamt, sondern auch in der Art, wie der jährliche Zuwachs am Baumschaft angelegt wird, wie er sich auf die einzelnen Höhenbereiche des Baumschaftes verteilt, zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen erkrankten und gesunden Bäumen. Dies soll an einem besonders krassen Beispiel verdeutlicht werden.

Auf Abbildung 3 ist der Grundflächenzuwachs als Ausdruck für die Dimensionszunahme des Baumes in den verschiedenen Schafthöhen für einen gesunden Baum (ausgezogene Linie) und für einen stark geschwächten Vergleichsbaum (gestrichelte Linie) dargestellt. Wiedergegeben sind die Zuwachsverteilungen für die Zuwachsjahre 1965 und 1980. Der jeweils größte festgestellte Zuwachs wurde gleich 100 Prozent gesetzt. Aus der Abbildung geht folgendes hervor:

1. Die ausgezogene Kurve, die die Zuwachsverteilung am gesunden Baum beschreibt, spiegelt in beiden Bezugsjahren ein normales Zuwachsverhalten wider, wie wir es von vielen Analysen her kennen. Die vergleichsweise größten Zuwächse werden im Stammfußbereich angelegt. Im Mittelschaft sind die Zuwachsgrößen deutlich geringer; sie schwanken in diesem Schaftbereich auch nur wenig. Im obersten Teil der Baumkrone schließlich nimmt der Grundflächenzuwachs deutlich ab.
2. Ganz anders verlief die Zuwachsanlage am Schaft des erkrankten Baumes. Im Jahre 1965 zeigte sein Zuwachsverteilungsmuster noch eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Zuwachsbild des gesunden Vergleichsbaumes. Die größten Zuwächse wurden im Stammfußbereich, die geringsten in der Kronenspitze angelegt. In der Schaftmitte ist jedoch bereits eine merkliche Zuwachsverstärkung erkennbar, die allerdings noch nicht als anormal angesehen werden kann.
3. In den Folgejahren hat sich das Zuwachsverhalten des erkrankten Baumes nun zunehmend verändert. Der Zuwachs wurde immer mehr in die oberen Höhenbereiche verlagert. Im Jahre 1980 zeigt der kranke Baum schließlich ein völlig anomales Zuwachsbild: Die größten Zuwächse haben sich im Bereich der Kronenspitze, die geringsten im untersten Stammbereich angelegt.

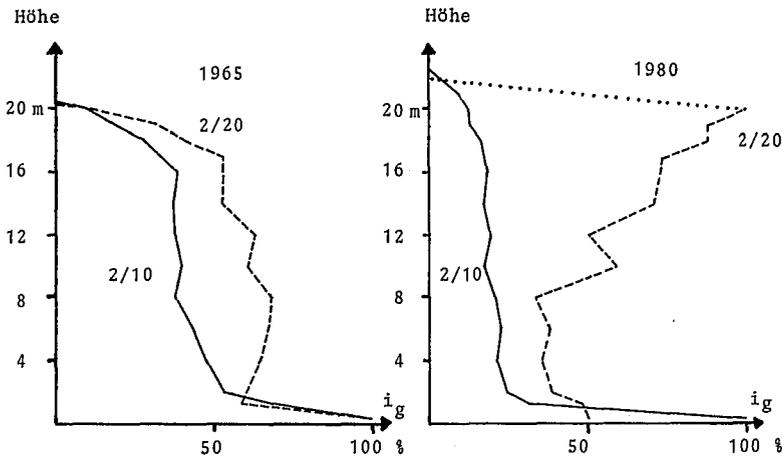


Abb. 3. Fichten-Probestämme Bodenmais 2/10 und 2/20. Relativer Grundflächenzuwachs 1965 und 1980 in den verschiedenen Schafthöhen (nach Untersuchungsergebnissen von G. KASBERGER 1982).

Fig. 3. Spruce sample trees Bodenmais 2/10 and 2/20. Relative basal area increment 1965 and 1980 at different heights on the bole (according to KASBERGER 1982)

4. In dem veränderten Zuwachsverhalten spiegeln sich tiefgreifende Umbildungsprozesse des Versorgungs- und Trägersystems des erkrankten Baumes wider. Dazu drei Anmerkungen:
- Mit fortschreitender Degeneration des Assimilationsapparates verringert sich auch die Kronenbiomasse, und damit vermindert sich auch das Gewicht der Baumkrone, das der Schaftkörper zu tragen hat.
 - Die verstärkte Zuwachsverlagerung nach oben hat zur Folge, daß der Stamm vollformiger, walzenförmiger wird.
 - Damit verändern sich auch die statischen Merkmale des Baumschaftes, und zwar in Richtung einer statischen Destabilisierung, einer verminderten Widerstandsfähigkeit gegen bestimmte von außen wirkende Belastungsmomente – ein Aspekt, der für die Technik der Waldbehandlung von herausragender Bedeutung ist.

5 Veränderung der Bestandesstruktur durch großräumig wirksame Schadeinflüsse

Das veränderte Wuchsverhalten der geschädigten Bäume hat natürlich auch unmittelbare Nachbarschaftswirkungen auf den Wachstumsgang der sie umgebenden Bäume und damit letztlich Auswirkungen auf die gesamte Dimensions- und Sozialstruktur der Waldbestände, denen sie angehören. Ist die Zahl der geschädigten Bäume gering, so wird der strukturverändernde Effekt wohl kaum ins Gewicht fallen. Bei hoher Schadensfrequenz, wie sie z. B.

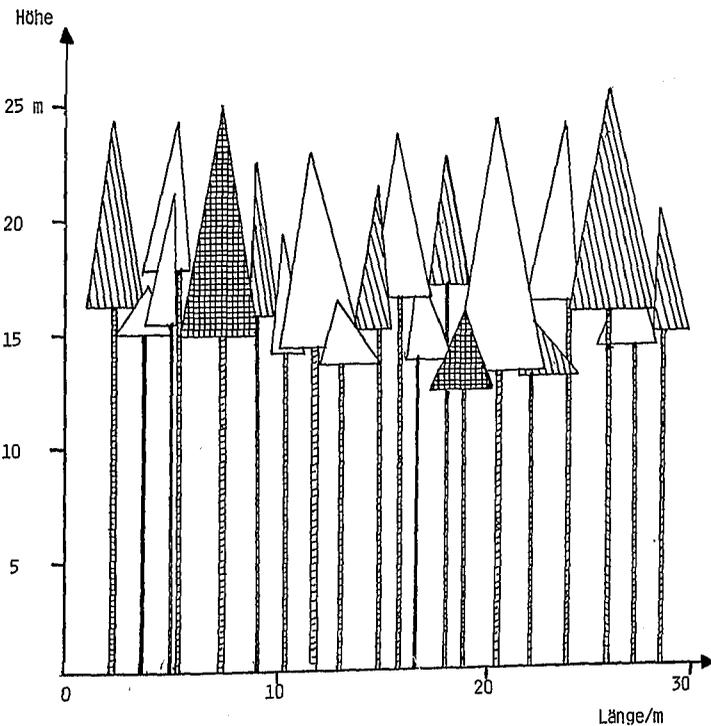


Abb. 4. Bestandesaufriß eines geschädigten Fichtenbestandes (kreuzschraffiert: stark geschädigter Baum, schrägschraffiert: deutlich erkrankter Baum)

Fig. 4. Vertical section of a damaged spruce stand (double cross-hatched: heavily damaged tree, single cross-hatched: distinctly declining tree)

im Bestandesaufriß auf Abbildung 4 zum Ausdruck kommt, müssen wir jedoch mit strukturellen Umschichtungsprozessen größeren Ausmaßes rechnen.

Dies ist besonders dann der Fall, wenn in erster Linie die vitalsten Bäume eines Waldbestandes, die der Forstmann in der Regel bevorzugt fördert und langfristig erhalten möchte, geschädigt werden oder gar gänzlich ausfallen.

Wie vor von vielen Erhebungen her wissen, ist der Anteil der bis dahin kräftigen, vitalen Stämme an der Gesamtheit der geschädigten Bäume allgemein recht hoch. Wenn aber die vitalen Bestandesglieder in größerer Zahl nachhaltig geschwächt werden oder gänzlich ausscheiden, dann verliert der Bestand die Hauptträger seines sozialen Stützsystems, die seine Stabilität gegenüber atmosphärischen Einflüssen, etwa gegenüber starker Windbelastung, maßgeblich gewährleisten. Die Folge ist eine tiefgreifende und in der Regel wohl lang anhaltende strukturelle Destabilisierung.

Das spezifische Merkmal dieses Schadefektes ist darin zu sehen, daß seine hohe Virulenz oftmals nicht sogleich erkennbar wird, weil auch in deutlich geschädigten Beständen häufig noch eine größere Anzahl äußerlich gesund erscheinender Bäume vorhanden ist und damit der Eindruck eines noch einigermaßen normal bestockten, hinreichend geschlossenen Waldbestandes fortbesteht.

6 Veränderung der Holzproduktion unter dem Einfluß großräumig wirksamer Schadfaktoren

Von besonderem Interesse ist die Frage, wie sich die Holzproduktion unserer Waldbestände unter den Einfluß der großräumig wirksamen Schadfaktoren verändert hat.

Der durch diese Schadfaktoren beeinflusste Produktionszeitraum, den wir hierbei zu-

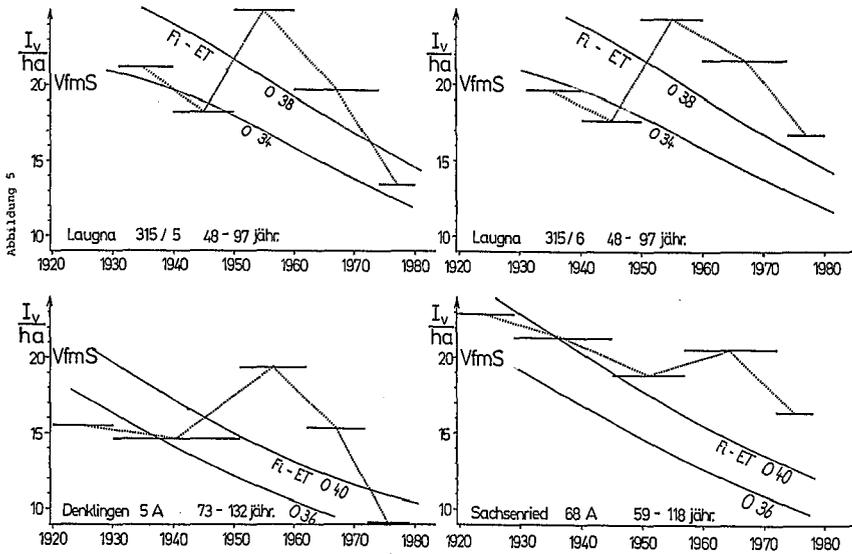


Abb. 5. Volumenzuwachsgang auf vier Fichten-Versuchsflächen in den letzten 5–6 Jahrzehnten (periodische Durchschnittszuwächse). Versuchsflächen Laugna 315/5 und 315/6: schwächere Schädigungen an einzelnen Bäumen; Versuchsflächen Denklingen 5A und Sachsenried 68A: keine erkennbaren Schädigungen

Fig. 5. Periodic average volume increment on four spruce experimental areas during the last 5 to 6 decades. Laugna 315/5 and 315/6: less severe damage on single trees; Denklingen 5A and Sachsenried 68A: no recognizable damage

grunde zu legen haben, ist schwer abzugrenzen. Seinen Beginn müssen wir – wie eingangs bereits erwähnt – sicher deutlich vor dem Zeitpunkt ansetzen, zu dem die Schadmerkmale erstmalig erkannt und als Symptome einer großflächigen Walderkrankung diagnostiziert worden sind – und auch dieser Zeitansatz ist sehr unsicher. Darum wollen wir einen etwas längeren Wachstumszeitraum in unsere Betrachtungen einbeziehen. Wir gewinnen damit zugleich auch einen besseren Überblick über das zeitraumtypische Wuchsverhalten unserer Waldbestände in der letzten, durch die Waldschäden besonders geprägte Wachstumsperiode.

Auf Abbildung 5 ist die Entwicklung der Holzproduktion, der bereits erwähnte Volumenzuwachs, von vier älteren Versuchsbeständen dargestellt, die ein zeitraumtypisches Wuchsverhalten zeigen, wie wir es auf zahlreichen Flächen gefunden haben. Auf zwei der Flächen haben wir in letzter Zeit (ab 1981) einige zwar deutliche, jedoch noch keineswegs gravierende Schädigungen festgestellt; die beiden anderen weisen bisher noch keine Schadsymptome auf. Der einbezogene Zuwachszeitraum umfaßt rund fünf Jahrzehnte. Er reicht damit deutlich über den Schadenszeitraum hinaus.

Die Kurvenverläufe zeigen, daß die Bestände in den letzten Jahrzehnten drei Phasen unterschiedlicher Zuwachsleistung durchlaufen haben:

1. eine Phase annähernd mittlerer Leistungshöhe, die in etwa dem langjährigen „normalen“ Alterstrend des Zuwachsganges folgt und vor rund 30 Jahren zu Ende ging,
2. eine daran anschließende Phase höchster Zuwachsleistung mit z. T. sehr starken, zuvor noch nicht festgestellten Zuwachsausschlägen, die dem normalen Alterstrend völlig zuwiderlaufen. Diese Phase erstreckte sich etwa über die Jahre 1950 bis 1970/75. Es ist anzunehmen, daß diese Phase ebenfalls durch großräumig wirksame Einflußfaktoren, hier allerdings mit zuwachs-förderndem Effekt, mitgeprägt worden ist, möglicherweise durch ein größeres CO₂-Angebot und durch erhöhten Nitrat-Eintrag.
3. Auf diese Phase hypertropher Zuwachsbildung folgte etwa ab 1970/75 ein deutlicher Zuwachsrückgang. Er zeigt sich in gleicher Weise auf geschädigten wie auch auf ungeschädigten Flächen.

Die drei zeitraumtypischen Zuwachsphasen sind, nach unseren bisherigen Feststellungen, nicht auf bestimmte Altersbereiche und Bonitäten beschränkt. Festzuhalten ist, daß es auch eine Reihe von Flächen gibt, die ein hiervon abweichendes Zuwachsverhalten zeigen. In der Regel sind dann trendüberdeckende Einflußfaktoren im Spiel, zum Beispiel stärkere Durchforstungen, Düngungen und ähnliches.

Zur dritten Zuwachsphase ist anzumerken, daß sich – nach unseren bisherigen Untersuchungsergebnissen – Unterschiede im Ausmaß des Zuwachsrückganges zwischen geschädigten und ungeschädigten Beständen noch nicht eindeutig feststellen ließen, sondern sich in einzelnen Fällen nur tendentiell andeuteten. Dieser Befund hat allerdings nur begrenzten Aussagewert, da die Untersuchungen erst auf wenigen und zudem auch geringer geschädigten Flächen durchgeführt werden konnten und, mit vereinzelt Ausnahmen, erst die Bestandesaufnahmen bis 1980 ausgewertet wurden. Ein wesentlich klareres Bild dürfte sich ergeben, wenn die Untersuchungen auf weitere Flächen, insbesondere auf stärker geschädigte Bestände, ausgedehnt und vor allem die letzten Zuwachsjahre 1981 und 1982 verstärkt einbezogen werden.

Allein schon aus dem eingangs geschilderten Wuchsverhalten geschädigter Einzelbäume und den beschriebenen Strukturveränderungen müssen wir folgern, daß wir längerfristig mit gravierenden Zuwachsrückgängen auf den Schadflächen zu rechnen haben.

7 Konsequenzen für die Durchforstungstechnik und die Hiebssatzplanung

Das Ausmaß der Walderkrankungen, die z. T. beängstigende Geschwindigkeit, mit der sie neue Flächen erfassen und in bereits geschädigten Beständen weiter um sich greifen, stellen den Waldbau in vielen Gebieten der Bundesrepublik vor Probleme von bisher nicht gekannter Dimension. Es gibt bereits jetzt eine große Zahl von Flächen, die inzwischen einen Grad der Schädigung erreicht haben, der jede weitere Anwendung unserer herkömmlichen Pflegekonzepte gänzlich illusorisch macht. Hier bestimmt inzwischen der Krankheitsverlauf, der Befallsfortschritt, wie sich der ausscheidende Bestand zusammensetzt. Der Forstmann kann hier nur noch nacharbeiten. Von aktiver, gezielt fördernder Durchforstung kann bei all dem keine Rede mehr sein. Der schadensbedingte Stammabgang hat selbst auf Flächen mittleren Schädigungsgrades oftmals schon ein Ausmaß erreicht, das die Größenordnung der üblichen ZE-Anfälle, d. h. der bei normalem Pflegebetrieb zu erwartenden Abgänge, um ein Mehrfaches übersteigt.

Ein besonders ungünstiger Aspekt dieser Problemsituation besteht darin, daß auch die Verfahren der intensiven Auslesedurchforstung mit ihrer gezielten Förderung der vitalsten Bäume – Verfahren, die maßgeblich auf eine Gewährleistung höchstmöglicher biologischer Stabilität ausgerichtet sind – die Widerstandsfähigkeit der Bestände gegenüber Schadeinflüssen mit einem so hohen Wirkungsgrad augenscheinlich nicht zu erhöhen vermögen. Soweit bisher übersehbar, sind die vitalen Ausleseebäume für die Erkrankung ebenso stark disponiert wie biologisch schwächere Bäume in vergleichbarer sozialer Stellung.

Ebenso ist nicht erkennbar, daß naturgemäß bewirtschaftete Bestände oder naturnahe Waldaufbauformen (Mischbestände, Plenterwälder) unter sonst gleichen standortgeographischen Bedingungen eine größere Resistenz gegenüber den Schadeinflüssen aufweisen als gleichaltrige Reinbestände.

Nun haben wir gottlob auf großer Fläche auch gesunde Waldbestände, für die sich die aufgezeigten Probleme nicht – oder noch nicht – stellen. Diese Bestände machen, nach unserem derzeitigen Kenntnisstand, bislang noch den größeren Teil unseres Waldareals aus.

Deutlich hiervon trennen müssen wir jene Bestände, die bereits erste Symptome einer Erkrankung erkennen lassen; sie dürften ebenfalls eine beachtliche Flächenverbreitung haben. Es besteht große Unsicherheit darüber, wie diese Bestände pflegetechnisch weiter zu behandeln sind, weil niemand weiß, wie es mit ihnen weitergeht. Sollen die geplanten Pflegemaßnahmen im vorgesehenen Umfang weitergeführt werden? Oder soll man aktive Durchforstung einstweilen gänzlich unterlassen und sich frühzeitig auf die zu erwartenden Zwangsnutzungen einstellen, deren Umfang ohnedies nicht abgeschätzt werden kann?

Waldbau und Forsteinrichtung haben für ein adäquates Vorgehen kein Konzept, sie können es auch gar nicht haben angesichts der Tatsache, daß die weitere Entwicklung der geschädigten Bestände letztlich von niemandem überblickt werden kann. Die Frage der waldbaulichen Behandlung erkrankter Waldbestände ist sicher zweitrangig gegenüber der Grundfrage, wie es um die weitere Existenz unserer Wälder schlechthin bestellt ist. Dennoch: Die Waldbau Praxis, die Forstwirtschaft insgesamt kann nicht in Ratlosigkeit verharren und nicht warten, bis sich die Dinge irgendwie klären. Sie muß „weitermachen“ und sich auf tiefgreifend veränderte Tatbestände einstellen, die wohl noch für lange Zeit ihre praktisch Maßnahmen und ihre betrieblichen und regionalen Planungen bestimmen werden. Das bedeutet: Sie muß Leitlinien für den Umgang mit den geschädigten Waldflächen entwickeln, gestützt auf modellmäßige Kalkulationen der Waldentwicklung für die zahlreichen möglichen Alternativen des weiteren Krankheitsprozesses, einschließlich der schwerwiegendsten. Diese Planungsoperation dürfte zu den wichtigsten Vorhaben gehören, die auf die Forstwirtschaft nunmehr zukommen.

8 Künftige Forschungsschwerpunkte aus der Sicht der Waldwachstumsforschung

Abschließend sollen in wenigen Stichworten noch einige Forschungsschwerpunkte aufgezeigt werden, deren Bearbeitung aus der Sicht der Waldwachstumsforschung besonders dringlich erscheint:

1. Vorrangig wichtig ist zunächst, daß wir den Prozeß der Vitalitätsminderung an Krone und Baumschaft und den Befallsfortschritt innerhalb des Bestandes in seiner ganzen Variationsbreite durch geeignete biometrische Parameter möglichst zuverlässig erfassen. Hier stellen sich schwierige biomathematische Probleme.

Neben speziell ausgewählten Probeständen sollten für die Untersuchungen auch Bestände herangezogen werden, die schon längere Zeit unter intensiver Beobachtung stehen und deren Wachstumsgrößen schon erfaßt worden sind, lange bevor erste Schadsymptome erkennbar wurden. Wir sind in der Bundesrepublik in der glücklichen Lage, über ein Netz langfristig beobachteter Versuchsflächen zu verfügen, die für diese Untersuchungen besonders geeignet sind. Dieses Versuchsflächenetz umfaßt mehrere tausend Einzelflächen. Die ältesten von ihnen sind schon seit über 100 Jahren in ihrem Entwicklungsgang verfolgt worden. Dieses Flächenmaterial sollte auch für weitere Forschungsschwerpunkte herangezogen werden, die eine hohe Priorität haben. Als solche sind zu nennen:

2. Eine möglichst breit angelegte Erfassung der schadensbedingten Bonitätssenkungen, Zuwachsverluste und Strukturänderungen und in Verbindung damit: Vorausschätzungen der zu erwartenden Produktionsausfälle in den nächsten Jahren bei Annahme bestimmter Alternativen des weiteren Krankheitsgeschehens. Alle diese Angaben werden von der forstlichen Praxis dringend benötigt.
3. Eine Gegenüberstellung der Schadensmerkmale verschiedener Waldaufbauformen und Durchforstungsgrade auf unterschiedlichen Standorteinheiten. Manches deutet darauf hin, daß der Krankheitsprozeß nicht unabhängig vom Durchforstungszustand abläuft, sondern daß vielmehr gewisse Beziehungen zwischen Durchforstungsgrad und Schadensgrad bestehen.
4. Eine Untersuchung des Einflusses von Düngungsmaßnahmen auf den Krankheitsverlauf. Hierfür stehen in der Bundesrepublik neben speziellen Probeständen zahlreiche Düngungsversuche, auch Kalk- und Kalimagnesia-Düngungsversuche zur Verfügung, auf denen die Bestandesentwicklung ebenfalls schon seit einigen Jahrzehnten verfolgt wird.
5. Abschließend sei hier noch ein Forschungsschwerpunkt genannt, der nicht nur für die Waldwachstumsforschung zentrale Bedeutung hat: eine Waldschadensinventur in kurz- oder mittelfristiger Turnusfolge, gekoppelt an Erhebungen bestimmter einrichtungs-technischer Zustandsgrößen. Eine solche Aufnahme sollte möglichst als bundesweite einheitliche Inventur (z. B. als Teil der geplanten Bundeswaldinventur) konzipiert werden, falls dies nicht erreichbar ist: als Ergänzungsinventur in den Ländern, die bisher noch keine immissionsökologische Waldzustandserfassung durchführen. Bei den genannten Vorhaben handelt es sich um Projekte von außerordentlichem Umfang. Zu ihrer Abwicklung bedarf es einer höchst effizienten Organisation der forstlichen Forschung, gestützt auf einen Stab langjährig erfahrener, hochqualifizierter Mitarbeiter. Die bestehenden Forschungskapazitäten müssen erheblich ausgebaut werden, um die auf uns zukommenden Forschungsaufgaben bewältigen zu können.

Zusammenfassung

Seit Mitte 1982 werden in Bayern auf mehreren Beobachtungsstandorten Untersuchungen über die Auswirkungen der großflächig auftretenden Waldschäden auf Struktur, Wachstumsgang und Ertragsleistung der Waldbestände durchgeführt.

1. In ersten Leituntersuchungen wurde das Wuchsverhalten geschädigter Bäume verschie-

dener Schadensgrade analysiert. Dabei wurde festgestellt, daß zwischen kranken und gesunden Bäumen besonders im laufend-jährlichen Volumenzuwachs charakteristische Unterschiede bestehen. Während die gesunden Bäume einen annähernd gleichbleibenden Zuwachstrend erkennen lassen, zeigen die erkrankten Vergleichsbäume in den letzten Jahren einen rapiden Zuwachsrückgang. Eine Zuwachserholung ist nirgends erkennbar. Die Differenzierung der Zuwachsabläufe hat augenscheinlich schon lange Zeit vor dem Auftreten erster äußerlich erkennbarer Schadmerkmale eingesetzt.

2. Auch in der Art der Zuwachsanlagerung am Baumschaft zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen kranken und gesunden Bestandesgliedern. Mit fortschreitender Erkrankung wird der Zuwachs zunehmend in die oberen Höhenbereiche verlagert. Die verstärkte Zuwachsanlagerung im oberen Schaftbereich hat gravierende Formveränderungen des Stammes zur Folge. Damit verbunden ist eine Veränderung der statischen Merkmale des Baumschaftes in Richtung einer statischen Destabilisierung.
3. Das veränderte Wuchsverhalten der geschädigten Bäume wirkt sich auch auf die Dimensions- und Sozialstruktur der Waldbestände aus, denen sie angehören. Bei hoher Schadensfrequenz ist mit strukturellen Umschichtungsprozessen größeren Ausmaßes zu rechnen. Dies ist besonders dann der Fall, wenn in erster Linie die vitalsten Bestandesglieder geschädigt werden oder gar gänzlich ausfallen. Der Bestand verliert damit die Hauptträger seines sozialen Stützsystems.
4. Der Volumenzuwachs unserer Fichtenbestände hat in den letzten Jahrzehnten drei Phasen unterschiedlichen Zuwachsniveaus durchlaufen:
 - a. eine Phase annähernd mittlerer Leistungshöhe, die in etwa dem langjährigen Alterstrend des Zuwachsganges folgt und vor rund 30 Jahren zu Ende ging,
 - b. eine daran anschließende Phase sehr hoher, dem normalen Alterstrend zuwider laufender Zuwachsleistung, die etwa 1970/75 ausklang,
 - c. eine Periode deutlichen Zuwachsrückganges ab 1970/75. Nach den bisher vorliegenden, noch sehr vorläufigen Untersuchungsergebnissen lassen sich Unterschiede im Ausmaß dieses Zuwachsrückganges zwischen geschädigten und ungeschädigten Beständen bislang noch nicht statistisch absichern. Es ist anzunehmen, daß die sich bereits andeutenden Zuwachsunterschiede in den nächsten Jahren erheblich zunehmen werden.
5. Das Ausmaß der Walderkrankungen stellt dem Waldbau in vielen Gebieten der Bundesrepublik vor Probleme von bisher nicht gekannter Dimension. Auf großer Fläche haben die Schädigungen inzwischen einen Grad erreicht, der jede weitere Anwendung unserer herkömmlichen Pflegekonzepte illusorisch macht. Auch hinsichtlich der künftigen waldbaulichen Behandlung von Flächen geringeren Schädigungsgrades besteht inzwischen verbreitete Unsicherheit, da ihre weitere Entwicklung nicht überblickt werden kann. Daher werden Leitlinien für den Umgang mit den geschädigten Waldflächen benötigt, gestützt auf modellmäßige Kalkulation der Waldentwicklung für eine Reihe möglicher Alternativen des weiteren Krankheitsprozesses.
6. Folgende Forschungsschwerpunkte haben aus der Sicht der Waldwachstumsforschung eine besondere Priorität:
 - a. Eine biometrisch zuverlässige Charakterisierung des Prozesses der Vitalitätsminderung an Krone und Baumschaft sowie des Befallsfortschrittes innerhalb des Bestandes für verschiedene Varianten des Krankheitsverlaufes.
 - b. Eine möglichst breit angelegte Erfassung der schadensbedingten Bonitätssenkungen, Zuwachsverluste und Strukturänderungen. An diese Untersuchungen sollten Voraussetzungen der zu erwartenden Produktionsausfälle in den nächsten Jahren bei Annahme bestimmter Alternativen des weiteren Krankheitsgeschehens angeschlossen werden.
 - c. Gegenüberstellungen der Schadensmerkmale verschiedener Waldaufbauformen und Durchforstungsgrade auf unterschiedlichen Standortseinheiten.

- d. Untersuchungen des Einflusses von Düngungsmaßnahmen auf den Krankheitsverlauf.
- e. Bundesweite Waldschadensinventur in kurz- oder mittelfristiger Turnusfolge, gekoppelt an Erhebungen bestimmter einrichtungstechnischer Zustandsgrößen.

Summary

Effects of the current forest decline on structure and yield of spruce stands

Since 1982, investigations have been conducted at several locations in Bavaria concerning the effects of large-scale damages to forests on the structure, development of increment, and total yield of forest stands.

1. First basic investigations were conducted to analyze the increment of trees that showed different degrees of damage. It has been found that there are characteristic differences, especially in current annual volume increment, between healthy and affected trees. Increment of healthy trees remains fairly stable; that of comparable affected trees on the other hand has been declining rapidly during the past years. A recovery cannot be found anywhere. Differentiation of the development of increment apparently has started already a long time before the appearance of first distinct damage symptoms.
2. There are also distinct differences between healthy and affected trees as far as the zones of increment along the bole are concerned. Increasingly, increment is shifted to the upper sections as the decline progresses. Increased growth at the upper bole will lead to serious changes in stem form. This in turn brings about static destabilization of the tree bole.
3. Change of the increment pattern of damaged trees will also affect the dimensional and social structure of the particular stand. High incidence of damage might bring about large-scale changes of stand structure. This is mainly the case when the most vital individuals are affected or even die. The stand thus loses the main basis of its social supporting system.
4. During the last decades, volume increment of our spruce stands went through 3 phases of different increment levels:
 - a. a phase, ending about 30 years ago, of approximately average performance which roughly followed the long-term trend as it is affected by age;
 - b. this phase was followed immediately by one of very high increment, lasting until about 1970/75;
 - c. a period of distinctly decreasing increment beginning 1970/75. Research results that are available today are still very preliminary. Therefore, differences in magnitude of this decrease between damaged and healthy stands cannot yet be confirmed statistically. It may be assumed that these indicated differences in increment may increase considerably in the years to come.
5. Due to the magnitude of the forest decline, silviculture in many parts of the German Federal Republic is confronted with problems of heretofore unknown dimensions. On large areas, damage in the meantime has reached proportions that prohibit any further applications of customary silvicultural concepts. In the meantime, there is also a degree of uncertainty concerning future silvicultural treatment of areas that show less damage, because further development cannot be predicted. Therefore, guidelines based on model calculations of forest development for several possible alternatives of the further course of the decline are needed for damaged forest areas.
6. From the viewpoint of growth and yield research, priority should be assigned to the following:
 - a. A biometrically reliable characterization of the process of vitality loss of tree crown and bole, and of the progress of the disease within a stand for different possible variations of its further course.

- b. Investigations, on a broad spectrum, of site quality changes, increment losses, and stand structure changes that have been caused by the decline. This investigation should include estimates of future production losses during the immediately following years, assuming certain alternatives of further development.
- c. Comparison of damage symptoms for differently structured forests and degrees of thinning on diverse site units.
- d. Investigations of the influence of fertilization on the course of the disease.
- e. Forest damage inventories at short-term or medium-term intervals, coupled with certain standard periodic measurement data, for the entire German Federal Republic.

Literatur

- ATHARI, S., 1980: Untersuchungen über die Zuwachsentwicklung rauchgeschädigter Fichtenbestände. Diss. Univ. Göttingen.
- ATHARI, S., 1981: Jahringausfall, ein meist unbeachtetes Problem bei Zuwachsuntersuchungen in rauchgeschädigten und gesunden Fichtenbeständen. Mitt. d. FBVA Wien Nr. 139, S. 7–27.
- EDER, R., 1978: Die Zuwachsdiaagnose von Waldbäumen als Möglichkeit zur Beurteilung der Immissionsbelastung im Raum Ingolstadt-Kelheim. Schr. R. Naturschutz und Landespflege H. 9, S. 55–67.
- KELLER, TH., 1982: Luftverunreinigungen und Wald, Überblick über die EAFV-Publikationen. Birnmensdorf, 1976–1981. EAFV-Bericht Nr. 242, 17 S.
- KASBERGER, G., 1982: Schaftaufbau, Wachstumsgang und Kronenstrukturmerkmale wuchsgeschädigter Fichten im Forstamt Bodenmais. Diplomarbeit Forstwiss. Fak. Univ. München.
- KENNEWEG, H., 1981a: Zusammenhänge zwischen immissionsbedingten Kronenschäden an Fichte und dem Zuwachs von Einzelbäumen und Beständen. Mitt. d. FBVA Wien Nr. 139, S. 29–47.
- KENNEWEG, H., 1981b: Luftbildinterpretation und eine großräumige Analyse forstlicher Immissionsschäden. Mitt. d. FBVA Wien Nr. 137, S. 61–72.
- KNABE, W., 1982: Immissionsökologische Waldzustandserfassung. Mitt. d. LÖLF-NRW, Sonderheft, S. 43–56.
- MOERING, K., 1982: Erfahren wir die Antwort der Natur? Beobachtungen und Gedanken zu einer noch namenlosen Waldkrankheit. FArch. 53, S. 122–128.
- MOEHRING, K., 1983: Wurzel-, Holz- und Kronenschäden sowie Vitalitätsschwund bei älterer Fichte in einem nordwestdeutschen Mittelgebirgsrevier. FArch 54, S. 8–13.
- PELZ, E., u. Mitarb., 1977: Rationelle Intensivinventuren des Schädigungszustandes rauchgeschädigter Fichtenbestände mit falschfarbigen Luftbildern. Beitr. f. d. Forstwirtschaft. 11, S. 1–7.
- PFEILSTICKER, K. H., 1983: Alarmierende Immissionsschäden an der Fichte auch in Oberschwaben. AFZ 38, S. 83–84.
- POLLANSCHÜTZ, J., 1966: Verfahren zur objektiven Abschätzung verminderter Zuwachsleistungen von Einzelbäumen und Beständen. Mitt. d. FBVA Wien Nr. 73, S. 129–191.
- POLLANSCHÜTZ, J., 1975: Zuwachsuntersuchungen als Hilfsmittel der Diagnose und Beweissicherung bei Forstschäden durch Luftverunreinigungen. Allg. Forstztg. Wien 86, 6 S.
- POLLANSCHÜTZ, J., 1977: Erfassung von Umweltschäden. DVFFA-Sekt. E.tragskunde, Tagungsber. Gießen 1977, S. 167–199.
- REHFUESS, K.-E., 1981: Über die Wirkungen der sauren Niederschläge in Waldökosystemen. Forstwiss. Cbl. 100, S. 363–380.
- RÖHLE, H., 1982: Bericht über die ertragskundlichen Untersuchungen im Rahmen des Forschungsvorhabens „Nadelholzerkrankungen“ (FV 190). München, unveröffentlicht.
- ULRICH, B., 1979: Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen im Solling. Schr. R. d. Forstl. Fak. d. Univ. Göttingen u. d. Nds. FVA Bd. 58, 291 S.
- VINS, B., POLLANSCHÜTZ, J., 1977: Erkennung und Beurteilung immissionsgeschädigter Wälder an Hand von Jahrringanalysen. Allg. Forstztg. Wien 88, S. 146–148.
- WENTZEL, K. F., 1971: Habitus-Änderung der Waldbäume durch Luftverunreinigung. FArch. 42, S. 164–172.
- WENTZEL, K. F., 1982: Ursachen des Waldsterbens in Mitteleuropa. AFZ 37, S. 1365–1368.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. F. FRANZ, Lehrstuhl für Wachstumskunde, Amalienstraße 52, D-8000 München 40