

Z U S A M M E N H Ä N G E   Z W I S C H E N   I M M I S S I O N S -  
B E D I N G T E N   K R O N E N S C H Ä D E N   A N   F I C H T E  
U N D   D E M   Z U W A C H S   V O N   E I N Z E L B Ä U M E N  
U N D   B E S T Ä N D E N

von

Hartmut Kenneweg

Institut für Forsteinrichtung und Er-  
tragskunde der Universität Göttingen

1. P r o b l e m s t e l l u n g

Die äußerst schwierige Zuwachsmessung in rauchgeschädigten Nadelholzbeständen, insbesondere die Problematik der Genauigkeit bei der Quantifizierung von Zuwachsverlusten, ist Gegenstand zahlreicher Abhandlungen der forstlichen Rauchschadensforschung. Wohl die meisten der dabei auftretenden Probleme, jedenfalls soweit sie meßtechnischer Natur sind, haben sich in der Theorie und auch bei umfangreichen wissenschaftlichen Untersuchungen durch verfeinerte Untersuchungsmethoden oder durch Intensivierung der Messungen als prinzipiell beherrschbar erwiesen; so können aufgrund der Datierung und Synchronisation von Jahrringen mit Methoden der Dendrochronologie fehlende Jahrringe festgestellt, und dadurch hervorgerufene Messfehler vermieden werden; eine Jahrringanalyse auf der Basis von Stammscheiben liefert bessere Ergebnisse als die Auswertung von Bohrspänen; die Bearbeitung einer hinreichend großen Anzahl richtig ausgewählter Probestämme führt zu Aussagen, die mittels statistischer Kenngrößen standardisierbar sind (vgl. ATHARI, 1980; POLLANSCHÜTZ, 1977 u. 1980; VINS, 1966).

Die danach noch verbleibenden Probleme liegen vor allem in der Natur des Untersuchungsobjekts begründet, des als äussere Schicht jährlich am Holzkörper der Waldbäume angelegten Zuwachsmantels, der zwar als empfindlicher Indikator und bleibend dokumentierender Messparameter für Veränderungen der Lebensbedingungen der Bäume angesehen werden kann, der jedoch unmittelbar keine Möglichkeit bietet, die Auswirkungen von Schäden zu trennen von den Auswirkungen normaler, hauptsächlich klimatisch bedingter Schwankungen der Umweltbedingungen. Es ist also immer auch zu definieren, welcher Zuwachs ohne den zu untersuchenden Schadeinfluß hätte geleistet werden können. Schon für den Einzelbaum ist wegen der stark streu-

enden und damit störenden individuellen Gegebenheiten (z.B. bestandessozioökologische Stellung, konkurrierende Nachbarbäume, etwaiger Lichtungszuwachs, Resistenzunterschiede gegen Schädigungen, unterschiedliche genetisch bedingte Reaktionsnormen auf Umwelteinflüsse usw.) eine saubere quantitative Trennung von individuellen Reaktionen und der gesuchten Information auch mit verfeinerten Methoden kaum möglich. Für den Bestand kommen weitere Schwierigkeiten hinzu, die daraus resultieren, daß der Produktionsrückgang einerseits auf schadbedingte vorzeitige Mortalität, andererseits auf die Zuwachsverluste im engeren Sinn zurückzuführen ist; diese beiden Einflußfaktoren werden nicht unabhängig voneinander wirksam, sie können sogar zu gegenläufigen Tendenzen führen.

Auf keinen Fall ist die absolute Zuwachsgröße eines geschädigten oder gedüngten Bestandes für sich aussagefähig. Man ist vielmehr bei der Untersuchung von Zuwachsverlusten auf Normalvergleiche angewiesen, die jeweils mit ihren spezifischen Schwierigkeiten und Unsicherheiten belastet sind:

#### a) Vergleichsbestände

Bestände außerhalb des Schadgebietes zu finden, die in jeder Hinsicht den Untersuchungsbeständen entsprechen - mit der einzigen Ausnahme des Schädigungseinflusses - ist erfahrungsgemäß schwierig. Völlige Standortgleichheit und wirklich gleiche Bestandesbehandlung in der Vergangenheit können kaum garantiert werden. Beim Heranziehen mehrerer Vergleichsbestände können die festgestellten Abweichungen zwischen diesen untereinander sehr groß sein, eventuell größer als der ermittelte Zuwachsverlust im Untersuchungsbestand. Die Quantifizierung der Zuwachsverluste wird entsprechend unsicher.

#### b) Zeitvergleich

Die Entwicklung jüngerer Bestände unter Schadeinfluß kann verglichen werden mit der früheren Entwicklung benachbarter heutiger Altbestände innerhalb des Schadgebietes vor Eintritt des schädigenden Einflusses. Auch hierbei kann wohl weder völlige Standortgleichheit, noch gleichartige frühere Bestandesbehandlung garantiert werden. Über die auf dem Durchforstungswege früher entnommenen Bestandeglieder ist i.d.R. wenig bekannt. Hinzu kommen weitere Unsicherheiten als Folge der Ungleichzeitigkeit der Vergleichsperiode. Jährlich wechselnde Witterungsbedingungen und periodische Klimaschwankungen führen bekanntlich zu erheblichen Zuwachsabweichungen innerhalb kürzerer Perioden.

Die Extrapolation von Wachstumstrends innerhalb derselben Bestände, beginnend in einer schädigungsfreien Periode bis nach dem Eintritt von Schädigungen zu Vergleichszwecken, erscheint aus ähnlichen Gründen problematisch und allenfalls für kurze Zeiträume erwägenswert.

#### c) Lokal- und Standortertragstafeln

Derartige Unterlagen existieren bisher nur für wenige Waldgebiete. Sie können als Vergleichsnorm bei Untersuchungen über einen längeren Zeitraum recht gut geeignet sein. Die jährlichen und periodischen Zuwachsschwankungen können bei

einem Vergleich mit Standortertragstafeln ebenfalls nicht berücksichtigt werden.

Die quantitative Bestimmung von Zuwachsverlusten wird also schon von den Untersuchungsobjekten her, auch bei Anwendung feinsten Methoden, mit Unschärfen und Unsicherheiten belastet bleiben.

Bei praktischen Untersuchungen mit dem Ziel der Feststellung von Zuwachsverlusten ist es schon aus ökonomischen Gründen völlig unmöglich, eine größere Anzahl von Stammanalysen in repräsentativer Anzahl für jeden Bestand durchzuführen. Die praktisch angewandten Verfahren der Zuwachsmessung beruhen dementsprechend meist auf der Differenzbildung zwischen zwei Volumensmessungen am stehenden Holz, oft ergänzt durch Zuwachsbohrungen. Wie STERBA (1980) auch an einem Beispiel darlegt, führen die in einer realistischen Größenordnung angenommenen unvermeidlichen Messfehler des Durchmessers und der Höhe zu derartigen Fehlerrahmen bei der Zuwachsmessung, daß man gesicherte Aussagen über Zuwachsverluste höchstens für längere Messperioden auf diese Weise herleiten kann.

Die Ermittlung von Zuwachsverlusten kann aus den dargelegten Gründen in der Praxis für große Flächen aus ökonomischen und methodischen Gründen den Aussagewert von begründeten Schätzungen kaum übertreffen, selbst wenn erheblicher Messaufwand getrieben wird.

Ein Versuch, derartige Schätzungen von Zuwachsverlusten teilweise auf eine andere Basis zu stellen, erscheint erwägenswert, insbesondere dann, wenn die Aussicht besteht, durch neue Methoden oder Methodenkomponenten Vereinfachungen und Kosteneinsparungen zu erreichen. Farb-Infrarot-Luftbilder, deren dokumentarischer Wert bei der Erkennung und Abgrenzung von Immissionsschäden seit langem bekannt ist und geschätzt wird, wie sich verschiedenen zusammenfassenden Darstellungen (z.B. KENNEWEG, 1980; MURTHA, 1978) oder Bibliographien (HENNINGER und HILDEBRANDT, 1980) entnehmen lässt, können darüber hinaus durch Stratifizierung der Bäume eines Bestandes nach luftbildsichtbaren Schädigungsmerkmalen zumindest den Schritt der Probebaumauswahl entscheidend verbessern. Erfolgt die Probebaumauswahl, wie bisher meist üblich, nur nach dendrometrischen Kriterien, so findet die Tatsache keine Beachtung, daß in immissionsgeschädigten Beständen sehr häufig offensichtlich schwerstens geschädigte Bäume unmittelbar neben anscheinend gesunden stehen. Mit Hilfe der Luftbilder kann einerseits erreicht werden, daß die ausgewählten Probebäume die Bestandesverhältnisse besser repräsentieren. Die zu erwartende verkleinerte Varianz der Messwerte für den Zuwachs nach der Stratifikation der Probebäume erlaubt es, die notwendige Mindestanzahl der Probebäume zu senken. Da aber auch unmittelbare Zusammenhänge zwischen schädigungsbedingten und luftbildsichtbaren Kronenmerkmalen (=Benadelungsgraden) einerseits und den Zuwachsreaktionen andererseits zu erwarten sind, könnte der Anteil der geschädigten Kronen (in gradueller Abstufung) an der Gesamtzahl der Kronen eines Bestandes direkt als Parameter für die Abschätzung der Zuwachsverluste verwendet werden. Einige Überlegungen, die sich aus diesem Ansatz ergeben, sollen in den nachfolgenden Abschnitten vorgestellt werden.

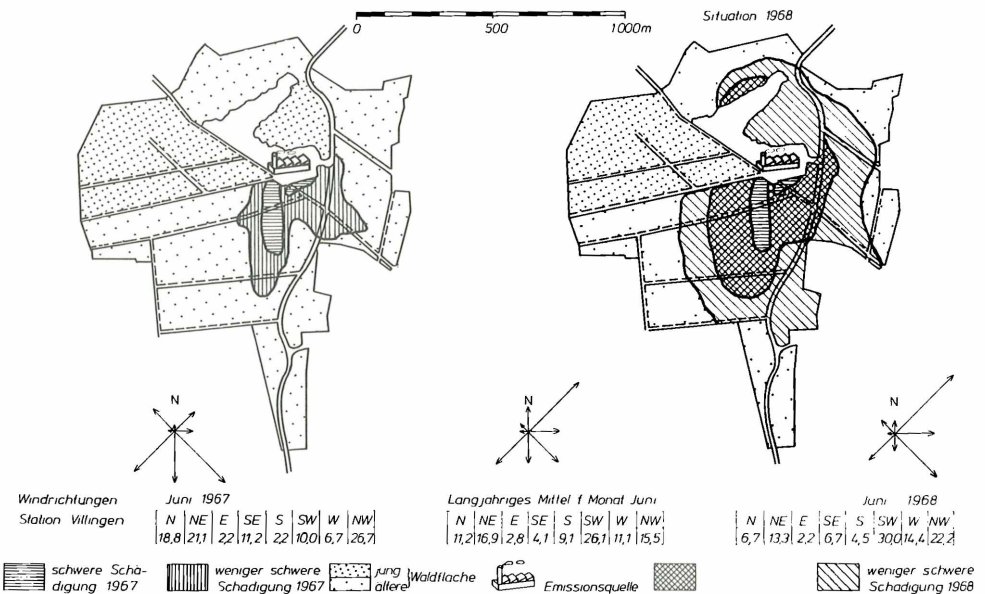
## 2. U n t e r s u c h u n g s g e b i e t

Als Untersuchungsgebiet wurde ein etwas über 100 ha großer Waldkomplex auf einer flachen Kuppe bei Villingen-Schwenningen in der Baar, einer flachen Senke zwischen Schwarzwald und Schwäbischer Alb ausgewählt. Die Bestockung besteht überwiegend aus Nadelholzbeständen; im nordwestlichen Teil herrschen Nachkriegs-Aufforstungen mit Fichte vor, im mittleren Teil etwa 40- bis 70-jährige Fichtenbestände mit einzelnen beigemischten Kiefern (Erstaufforstungen ehemaliger Hutungen). Nur der nordöstliche Zipfel des Waldkomplexes umfasst einen älteren Mischbestand aus Fichte, Tanne und Kiefer mit einzelnen Buchen; diese Form der Mischung ist charakteristisch für den Waldaufbau der Umgebung. Wegen der Höhenlage um 750 m und des rauen Klimas ist Nadel-Mischwald als standortgemäße Waldbestockung anzusehen. Die Böden, aus Kalk- und Dolomitverwitterung entstanden, sind sehr tonreich.

1966 wurde inmitten des Waldkomplexes ein Ziegelwerk errichtet, das seit 1967 schwere Immissions Schäden verursachte. Als Schadstoff wurde HF nachgewiesen. Von 1967 bis 1976 wurden von dem Gebiet in häufiger Folge großmaßstäbige Farb- und Infrarot-Farbluftbilder hergestellt, die es erlauben, die Entwicklung des Kronenzustandes während dieser Zeit zu beurteilen. Die Ergebnisse der nach verschiedenen Gesichtspunkten durchgeführten Luftbildauswertung wurden an anderer Stelle beschrieben (KENNEWEG, 1972 u. 1980). In Abb. 1 wird verdeutlicht, wie sich die Schädigung in den bis dahin normal erwachsenen Fichtenbeständen ausbreitet. Als "schwer geschädigte" Zonen wurden

Abb. 1 (aus KENNEWEG, 1980)

Windrichtungen und Schädigungszonierung in einem Immissionsgebiet mit akuten Rauchschäden



Bestandsbereiche mit 50 % und mehr geschädigten Kronen dargestellt. Die zweite noch gesondert ausgewiesene Zone umfasst die weniger, aber immer noch deutlich geschädigten Bestandesteile mit einem Anteil von 10 - 50 % geschädigten Bäumen. Die Emissionsquelle als Zentrum und Ausgangspunkt der Schädigung tritt in der Kartendarstellung ebenso wie in der Luftbilddarstellung unmittelbar hervor. Die Darstellung der prozentualen Windrichtungsverteilungen für den Monat Juni, in dem die meisten und schwersten akuten Schäden durch Fluor-Immissionen entstehen, lässt weitere Zusammenhänge erkennen. Die luftbildsichtbare Schädigung der Kronen nimmt nach den Rändern des Waldkomplexes, insbesondere nach Westen hin, rasch ab. Dies kann z.T. mit dem vom Ziegelwerk nach allen Seiten hin leicht abfallenden Gelände erklärt werden und hat zur Folge, daß auf engem Raum alle Schädigungsstufen nebeneinander vorkommen. Der Bereich des westlichen Waldrandes lässt bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes visuell keine Immissionsschäden mehr erkennen.

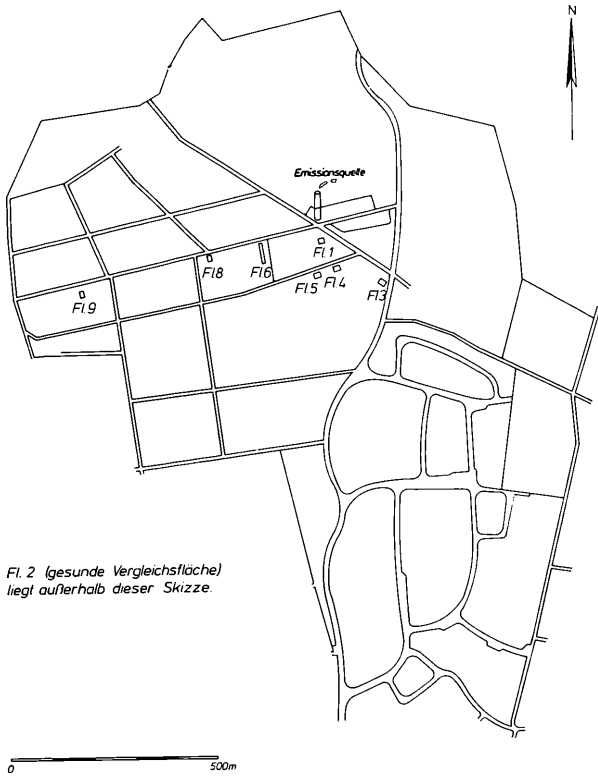
### E r t r a g s k u n d l i c h e T e s t f l ä c h e n

Mit ertragskundlichen Untersuchungen zur Ergänzung der Luftbildinterpretationsarbeiten wurde 1975 begonnen. Ein großer Teil der älteren Waldbestände in der Nähe des Werks war zu diesem Zeitpunkt entweder durch Immissionseinwirkungen abgestorben und geräumt oder für die Ansiedlung weiterer Industriebetriebe gerodet worden. Die Testflächen mußten in den verbliebenen Beständen angelegt werden. Da eine möglichst exakte Aussage über Zuwachsverluste sowohl für Einzelbäume, als auch für Bestände angestrebt wurde, kam als Messmethode nur die Stammanalyse in Betracht. Um eine möglichst realitätsnahe Aussage über den Zuwachsgang im Bestandesverband zu erhalten, möglichst frei von Fehlern, die sich zwangsläufig durch abstrahierende Annahmen und Modellvorstellungen ergeben (STERBA 1980), wurden in allen 9 Testflächen die Probebäume jeweils auf zusammenhängender Fläche entnommen und ihr Zuwachs analysiert. Besondere Schwierigkeiten ergaben sich u.a. daraus, daß dabei auch Zwiesel und ehemals durch Schneebruch geschädigte Bäume (Kronenbrüche) zu analysieren waren. Die Probleme der fehlenden Jahrringe werden durch ATHARI in diesem Band bereits ausführlich erörtert. Trotz der schweren Schädigungen wurden wegen der kurzen Schädigungszeit im Untersuchungsgebiet maximal nur 4 fehlende Jahrringe pro Stammscheibe und Messrichtung festgestellt. Dennoch erwies sich das Zusammenstellen der Daten von 174 nach 2 - m - Sektionen analysierten Stämmen aus dem Untersuchungsgebiet und zusätzlich 27 weiteren Stämmen einer Vergleichsfläche als zeitraubendes Puzzle. Die Lage der jeweils zwischen 100 u. 200 m<sup>2</sup> großen Testflächen innerhalb des Untersuchungsgebietes wird durch Abb. 2 veranschaulicht.

Die Bestandesbehandlung innerhalb des Untersuchungsgebietes war bis zum Beginn der Immissionsschäden allgemein durch sehr schwache Durchforstungseingriffe gekennzeichnet. Während des Untersuchungszeitraums wurde die Durchforstungstätigkeit wegen der Schäden absichtlich auf die Entnahme toter Bäume beschränkt.

Abb. 2

*Lage der ertragskundlichen Testflächen zur Emissionsquelle*



Übersicht 1 enthält einige Angaben zu den einzelnen Testflächen:

## Übersicht 1

### Testflächen

Fläche Nr.	Untersuchungszeitraum und Bestandesalter	Schadigungsgrad (generelle Beurteilung)	Bemerkungen
1	1966 - 1975 24 - 33	schwerste Schäd.	Bestandesdaten: vgl. KENNEWEG, 1978
2	1966 - 1975 23 - 32	gesunde Vergleichsflächen	Lage: außerhalb des Untersuchungsgebietes
3	1966 - 1975 34 - 43	sehr schwere Schäden	ähnliche Bestandesverhältnisse wie Fläch. 4 + 5
4	1966 - 1975 36 - 45	schwerste Schäden	Bestandesverhältnisse ähnlich wie Fläche 3 + 5
5	1966 - 1976 39 - 49	schwerste Schäden	Bestandesverhältnisse ähnlich wie Flächen 3 + 4
6	1966 - 1976 61 - 71	schwere Schäden	1973 - 1976: Bestandesrand
7	1966 - 1975 11 - 20	Werksnähe (nördlich v. Fl. 6); jedoch äußerlich keine schweren Schäd. erkennbar	Auswertung wegen Überlagerung mit Verbiß- und Spätfrostschäden aufgegeben
8	1966 - 1976 59 - 69	leichte bis mäß. Schäden	Bestandesverhältnisse ähnlich wie Fläche 9
9	1966 - 1976 61 - 71	fast schadigungs frei	alte Kronenbrüche

#### 4. Gegenüberstellung von Luftbildinterpretationsergebnissen und Zuwachsmessungen

Für einige der vorgestellten Flächen sollen die nachfolgenden Abbildungen eine Gegenüberstellung der Entwicklung des Bestandesschädigungsgrades aufgrund der Ergebnisse der Luftbildinterpretation mit dem Zuwachsverlauf veranschaulichen. Um eine Vorstellung über die Zuwachsverluste zu vermitteln, ist in den jeweils rechts wiedergegebenen Abbildungen

*Entwicklung des Bestandesschädigungsgrades*

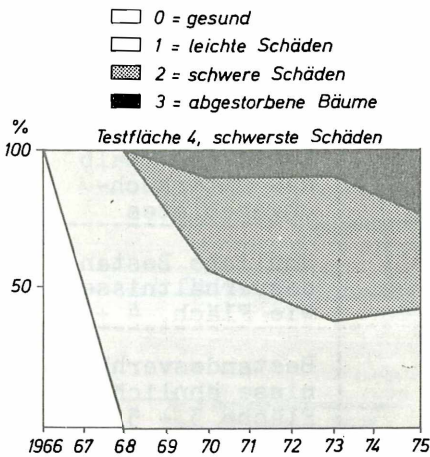


Abb. 3

*Tatsächlicher Volumenzuwachs im Vergleich zur Standortertragstafel*

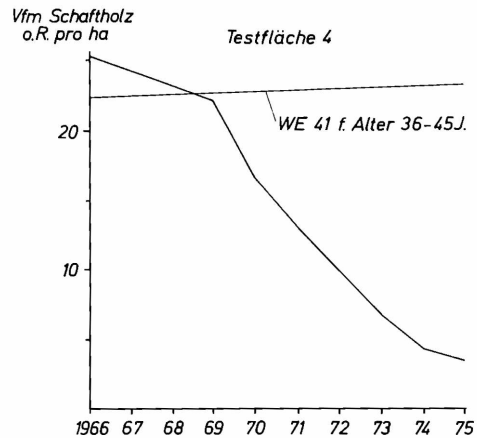


Abb. 4

4, 6, 8, 10 und 12 auch der zu erwartende Zuwachsverlauf für die jeweiligen "Wuchs-Einheiten" nach der lokalen Standortertragstafel (BECHTER, 1977) eingetragen. <sup>1)</sup> Die Kriterien für die Einstufung der Kronen als "leicht" oder "schwer" geschädigt bei der Luftbilddauswertung sind an anderer Stelle ausführlich dargestellt und diskutiert (KENNEWEG 1972, 1978, 1980). Die in Abb. 3 und 4 gegenübergestellten Ergebnisse für die Testfläche 4 (eine gleichartige Darstellung für die ähnlichen und vergleichbaren Flächen 3 und 5 würde fast gleich aussehen) lassen deutlich werden, daß die rasche Zunahme schwerer Schäden mit einer ebenso raschen Abnahme des laufenden jährlichen Volumenzuwachses parallel verläuft.

<sup>1)</sup> Diese Zuwachswerte wurden in den Darstellungen nicht um den Rindenanteil gekürzt.



Die gleichartige Gegenüberstellung für die Testfläche 1 in den Abbildungen 5 und 6 zeigt, daß dieser jüngere Bestand, obwohl er in unmittelbarer Nähe des Werkes liegt und als extrem immissionsexponiert angesehen werden muß, eine langsamere Zunahme der Kronenschäden und einen langsameren Zuwachsverfall zeigt. Diese Feststellung entspricht der häufig berichteten Beobachtung, daß jüngere Bestände weniger empfindlich auf Immissionen reagieren als mittelalte und ältere Bestände. Zusätzlich zur Testfläche 1 sind in Abb. 6 auch noch die Zuwachswerte der gesunden Vergleichsfläche (Testfläche 2) eingetragen.

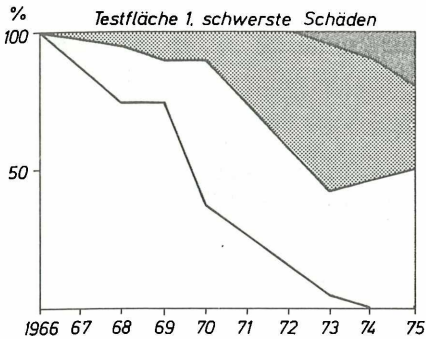


Abb. 5  
Entwicklung des Bestandeschädigungsgrades

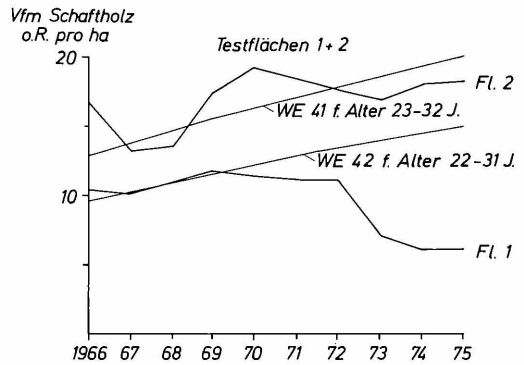


Abb. 6  
Jährlich laufender Volumenzuwachs im Vergleich zur Standortertragstafel für einen immissionsgeschädigten Jungbestand und einen ungeschädigten Vergleichsbestand

Beim Vergleich der nachfolgenden gleichartigen Darstellungen (Abbildungen 7 bis 12) für Flächen mit abnehmendem Schädigungsgrad fällt auf, daß sich einerseits die Differenz zur Standortertragstafel fortlaufend verringert und daß die Bestände zunehmend auf die normalen jährlichen Klimaschwankungen mit deutlichen Ausschlägen des Zuwachsverlaufs reagieren.

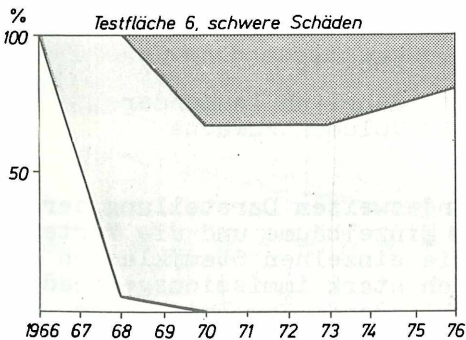


Abb. 7 Entwicklung des Bestandeschädigungsgrades

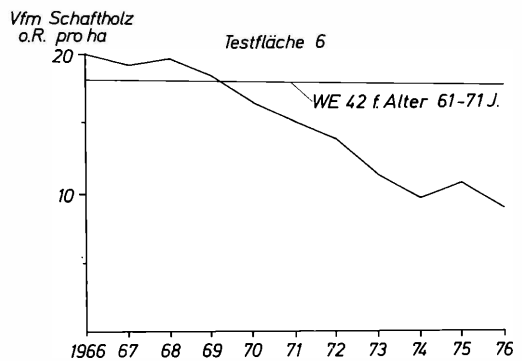


Abb. 8 Jährlich laufender Volumenzuwachs

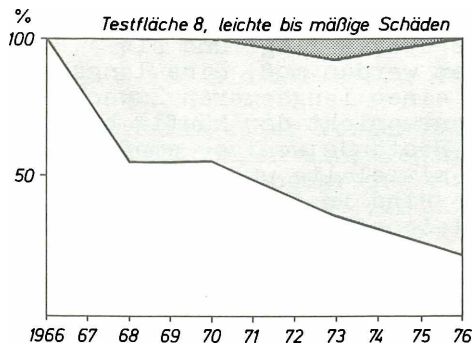


Abb. 9  
Entwicklung des Bestandes-schädigungsgrades

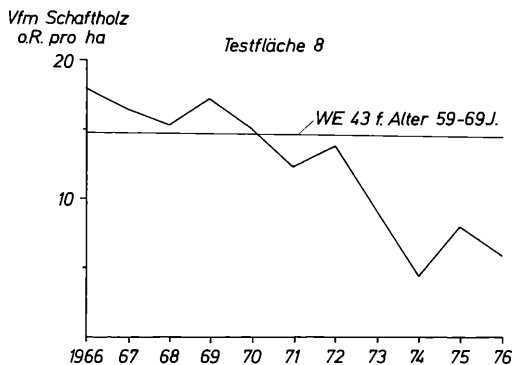


Abb. 10  
Jährlich laufender Volumenzuwachs

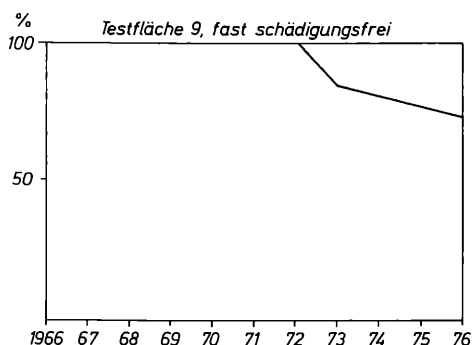


Abb. 11  
Entwicklung des Bestandes-schädigungsgrades

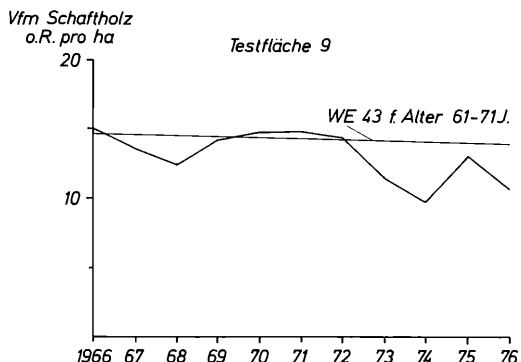


Abb. 12  
Jährlich laufender Volumenzuwachs

Außer der summarischen bestandesweisen Darstellung der Zuwachswerte ist die Reaktion der Einzelbäume und die Verteilung des Bestandeszuwachses auf die einzelnen Stammklassen und Schädigungsgrade in unterschiedlich stark immissionsgeschädigten Beständen von Interesse. Abschließende Ergebnisse von varianz- und regressionsanalytischen Untersuchungen an dem hier vorgestellten Material mit dem Ziel der Quantifizierung der Zusammenhänge zwischen Ergebnissen der Luftbildinterpretation

und der Zuwachsanalyse stehen noch aus und könnten auch an dieser Stelle nicht ausführlich dargelegt werden. Die Abbildungen 13 - 20, für die Testflächen 1, 4, 6 und 9, vermitteln jedoch einen Eindruck von der Dynamik, die durch die Schädigung in das Bestandesgefüge hineingetragen wird.

*Volumenzuwachs der Einzelbäume*

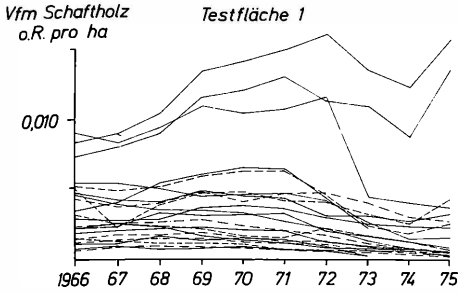


Abb. 13

*Volumenzuwachs nach Stammklassen und Schädigungsgrad*

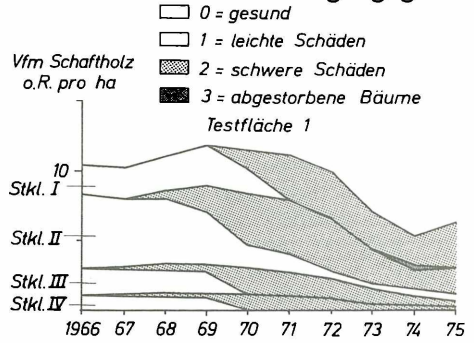


Abb. 14

Die Zuwachs-Entwicklung in der jungen Testfläche 1 wird im Untersuchungszeitraum stark beeinflusst durch anfänglich 3, später noch 2 vorherrschende Bäume, die, obwohl sie erhebliche Schädigungssymptome aufweisen, große Widerstandskraft gegenüber der Immissionswirkung zu besitzen scheinen. Nur drei der insgesamt 31 Bäume reagieren am Ende der Untersuchungsperiode auf eine Verringerung der Immissionen durch Einbau einer Abgas-Filteranlage (1974) im Werk, die begleitet wird durch ein günstiges Klima (1975)

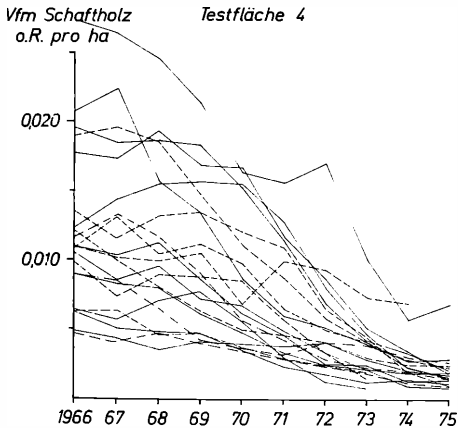


Abb. 15

Laufender Volumenzuwachs der Einzelbäume

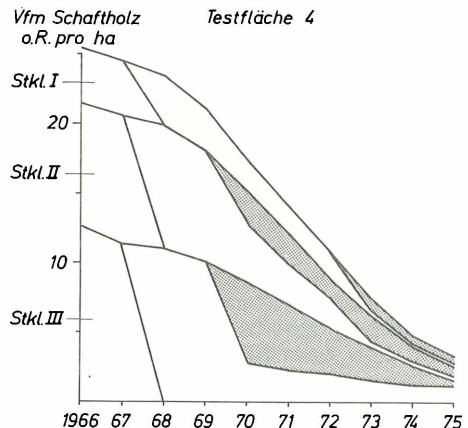


Abb. 16

Volumenzuwachs nach Stammklassen und Schädigungsgraden

In Fläche 4 ist ein allgemeiner Abwärtstrend des Zuwachses übersehbar. Nur ein einziger Baum vermag noch am Ende auf verbesserte Umweltbedingungen zu reagieren. Eine auffällige positive Veränderung der Rangfolge des Zuwachses, die als Hinweis

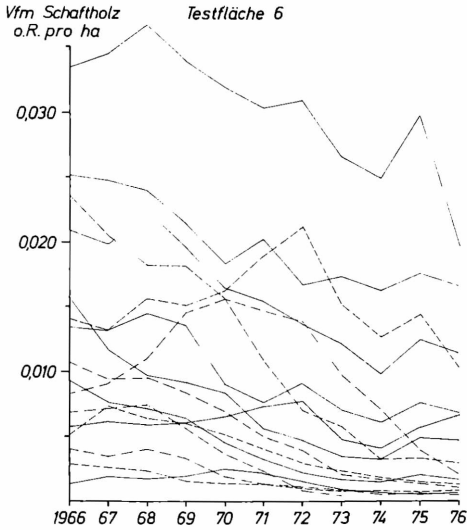


Abb. 17

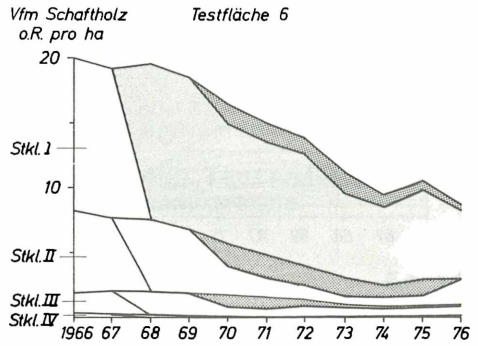


Abb. 18

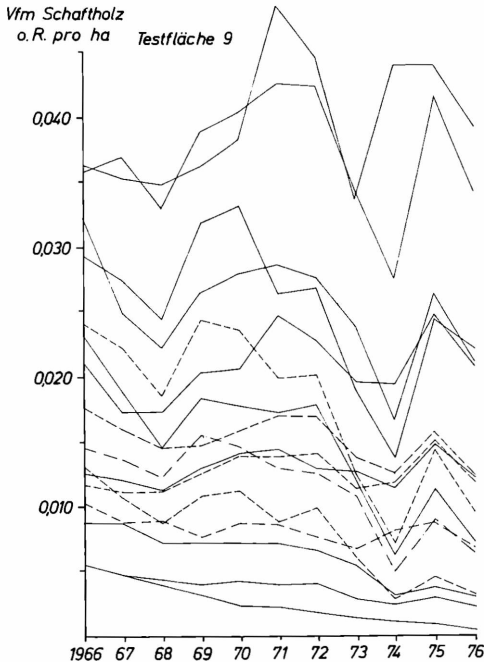


Abb. 19  
Laufender Volumenzuwachs der Einzelbäume

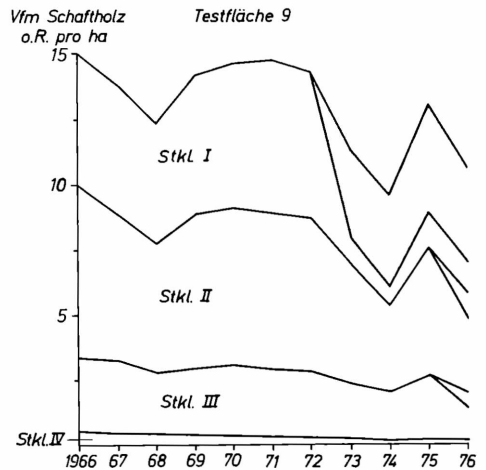


Abb. 20  
Volumenzuwachs nach Stammkl. und Schädigungsgraden

auf die Tendenz zum "Umsetzen" gewertet werden könnte, ist nur an einem Baum zu beobachten, der jedoch 1974 plötzlich abstirbt. Die Fläche 6 zeigt etwa die gleichen Tendenzen wie Fläche 4, jedoch, ihrem geringeren Schädigungsgrad entsprechend, in abgemilderter Form. Die Fläche 9 schließlich weist Tendenzen und Werte auf, die sich offenbar nicht grundsätzlich von denen in völlig ungeschädigten Beständen unterscheiden.

## 5. Formzahlveränderungen

In verschiedenen Untersuchungen wurde nachgewiesen, daß Vitalitätsänderungen, sei es positiver Art wie z.B. durch Düngung, oder sei es negativer Art wie z.B. Immissionsschäden, besondere Auswirkungen auf die Formzahl haben können (JOHANN 1980; SEIBT, o.J.; STERBA, 1980); es ergibt sich aus dieser Feststellung, daß Zuwachsuntersuchungen, die sich nur auf die Messung von Brusthöhendurchmesser und Höhe stützen, jedoch "normale" Formzahlfunktionen für die Volumensberechnung verwenden, zu verfälschten Ergebnissen führen können. SCHMID-HAAS (1976 und 1980) weist nach, daß eine zweite Durchmesser-Messung in 5 oder 7 m Baumhöhe solche Fehler weitgehend ausschaltet. Daß in rauchgeschädigten Beständen mit außergewöhnlichen Formzahlentwicklungen gerechnet werden muß, ergibt sich schon aus der Beobachtung, daß Jahrringe bevorzugt im unteren Stammteil schädigungsbedingt ausfallen, während die Zuwachsverluste in höheren Stammteilen noch nicht ganz so groß sind (ATHARI, 1980; POLLANSCHÜTZ, 1980). Da neben dem Zuwachs des Brusthöhendurchmessers auch der Höhenzuwachs in immissionsgeschädigten Beständen stark gebremst ist, sind positive Abweichungen der Formzahlen zu erwarten. Für einen sehr jungen Bestand unter starkem Schädigungseinfluß (Testfläche 1) des Untersuchungsgebietes konnten derartige Veränderungen nicht nachgewiesen werden (KENNEWEG, 1978), denn das Bestandesvolumen nach Stammanalysen unterschied sich nicht nennenswert von dem Volumen aufgrund einer Berechnung mit der Formzahlfunktion nach BERGEL (1973), obwohl für einzelne Bäume erhebliche Formzahlveränderungen im Untersuchungszeitraum festzustellen sind. Um etwaige schädigungsbedingte Formzahlveränderungen der einzelnen Bäume, zusammengestellt nach Testflächen, darstellen zu können, wurde auf der Abszisse einer Graphik jeweils für den Durchmesser in Brusthöhe und die Baumhöhe am Anfang der Schädigungsperiode (1966), und für dieselben Parameter am Ende des Untersuchungszeitraums (1975 bzw. 1976) die nach der BERGEL'schen Formzahlfunktion berechneten Formzahlen eingetragen. Die Berechnung erfolgte ohne Berücksichtigung der Rinde. Es ist jeweils Schaftholz berechnet. Auf die Ordinate wurden die entsprechenden Formzahlen aus den Ergebnissen der Stammanalyse eingetragen. Auf diese Weise werden für jeden Baum zwei Punkte bestimmt, die durch einen Pfeil miteinander verbunden wurden. Würden die nach der Formzahlfunktion berechneten "normalen" Formzahlen ideal mit den aus der Stammanalyse ermittelten übereinstimmen, so müssten alle Wertepaare als Punkte auf einer Geraden nach dem Typ  $y = x$  dargestellt werden; gäbe es keine schädigungsbedingten Formzahlveränderungen, so müssten sich auch alle Pfeile auf dieser Geraden befinden. Die tatsächlichen Entwicklungen sind in den Abbildungen 21 bis 27 dargestellt, wobei die Bäume der verschiedenen KRAFT'schen Stammklassen entsprechend ihrem

unterschiedlichen Gewicht durch unterschiedliche Strichstärken oder unterbrochene Linien kenntlich gemacht sind.

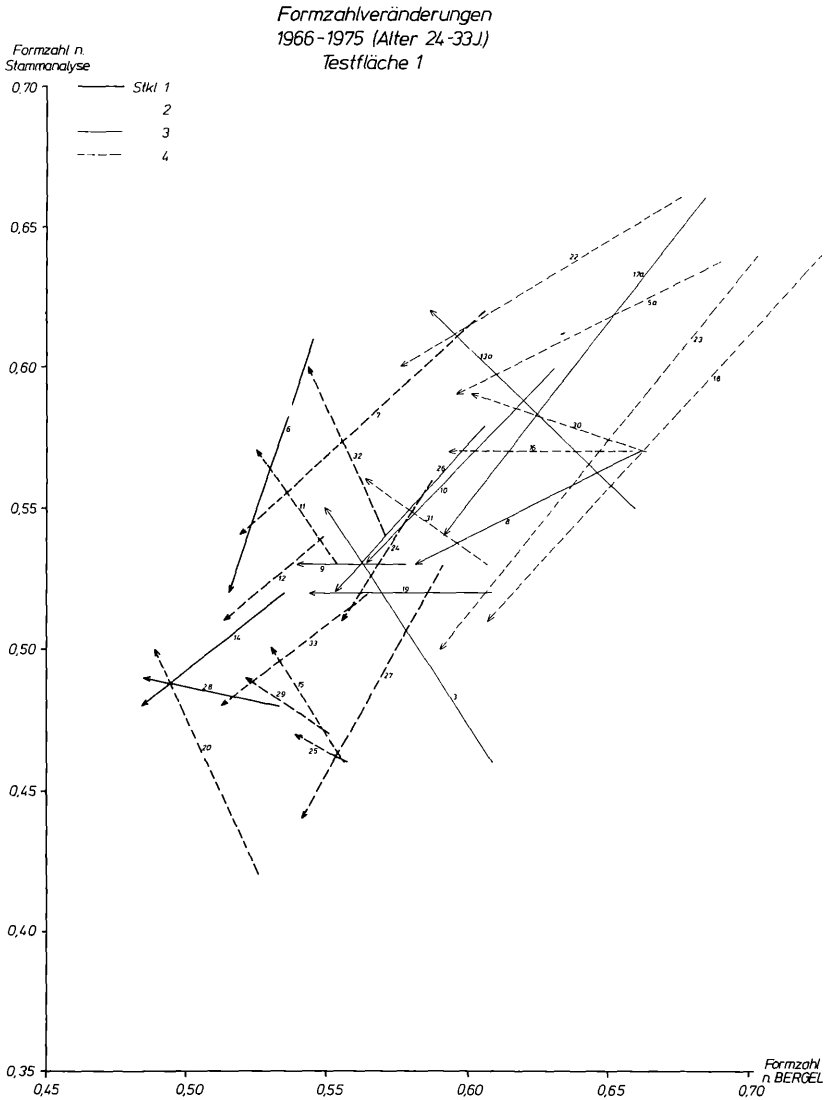


Abb. 21

Die starken Formzahlveränderungen bei den unterdrückten schwachen Stämmen sind darauf zurückzuführen, daß bei diesen zu Beginn des Untersuchungszeitraums große Anteile des Schaftholzes noch unterhalb der Höhe 1,3 m lagen.

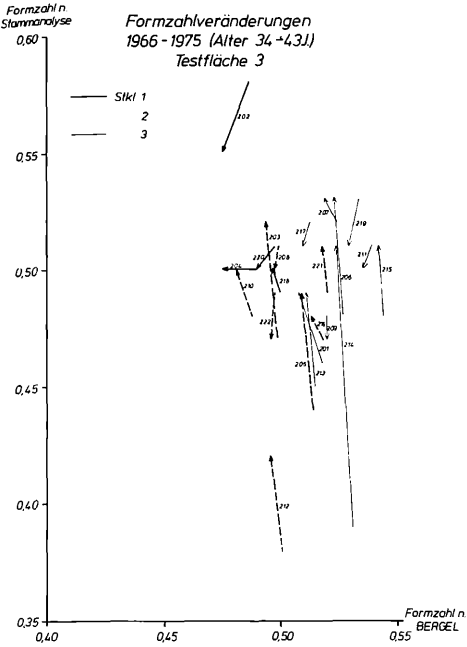


Abb. 22

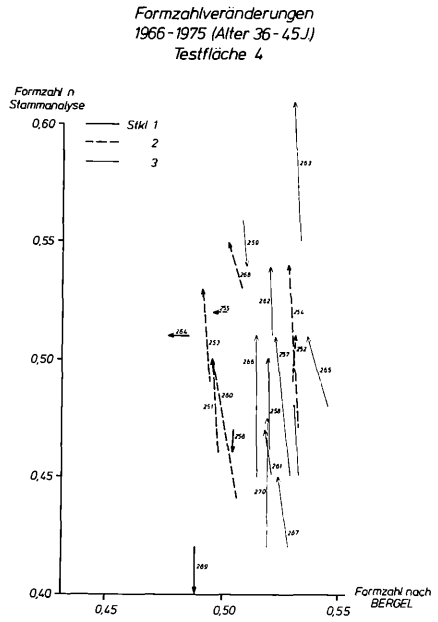
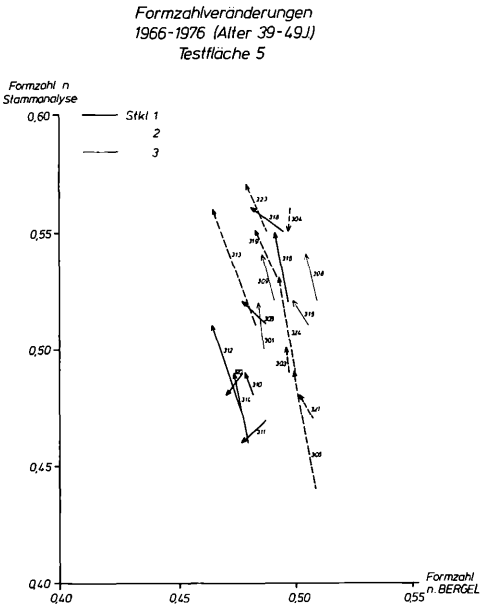
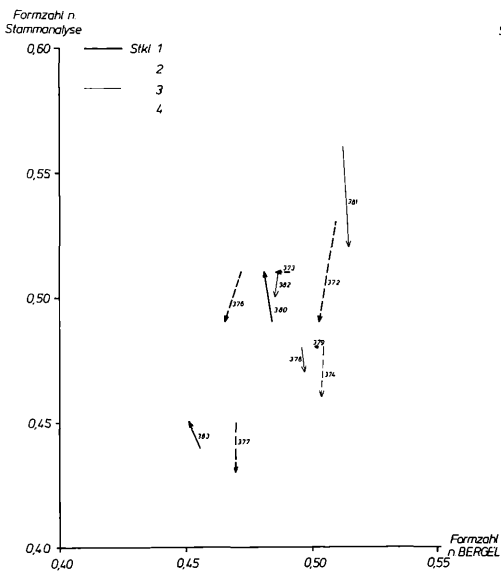


Abb. 23



Während bei den sehr stark geschädigten Testflächen Nr. 3, 4, 5, und in abgeschwächter Form auch bei Nr. 6 (Abb. 22 bis 25) erwartungsgemäß positiv abweichende Entwicklungen der tatsächlichen Formzahlen (Ergebnis der Stammanalyse) von den zu erwartenden (Berechnung nach BERGEL) zu beobachten sind, läßt sich bei dem ebenfalls schwer geschädigten Jungbestand (Testfläche 1, Abb. 21) kein so klarer Trend erkennen. Würde man in den stark geschädigten Beständen (Fl. 3 bis 6) Zuwachsverluste nur über Messungen des Brusthöhendurchmessers und der Höhe bei Unterstellung "normaler" Formzahlen abschätzen, so würde man den Zuwachs zu niedrig, die Zuwachsverluste zu hoch einschätzen.

Formzahlveränderungen  
1966-1976 (Alter 59-69J)  
Testfläche 8



Formzahlveränderungen  
1966-1976 (Alter 61-71J)  
Testfläche 9

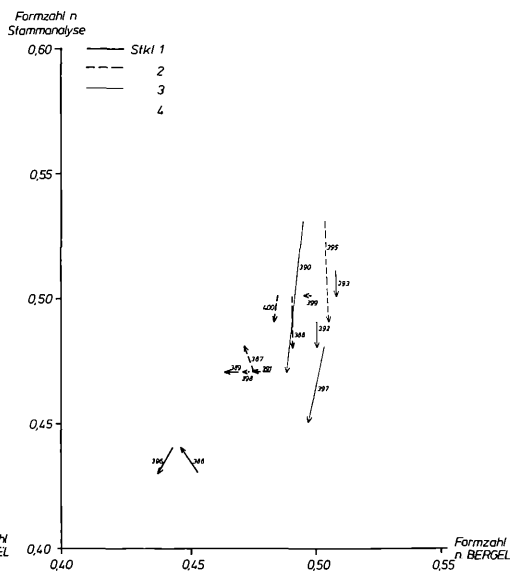


Abb. 26

Abb. 27

Die Formzahlentwicklung in dem weniger geschädigten Bestandesteil (Testfläche 8, Abb. 26) ebenso wie in der kaum geschädigten Testfläche 9 (Abb. 27) unterscheidet sich klar von der Tendenz in den stärker geschädigten Beständen. Es wird hier ein Trend zur Abnahme der Formzahlen deutlich, wie er für das betreffende Alter auch an den Bestandesformzahlen der Ertrags tafeln deutlich wird. Ob die BERGEL'sche oder eine andere Formzahlfunktion als Vergleichsgröße besser geeignet ist, war nicht Gegenstand einer Prüfung. Die BERGEL'sche Funktion wurde angewandt, weil ihre gute Übereinstimmung mit anderen Funktionen vom Autor betont wird (BERGEL, 1973).



## 6. S c h l u ß b e m e r k u n g

Die Untersuchung wurde mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert. Rechenarbeiten wurden auf der Großrechenanlage der Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung Göttingen durchgeführt.

## 7. Z u s a m m e n f a s s u n g

Eine Gegenüberstellung zwischen luftbildsichtbaren Schädigungsstufen von Fichtenkronen und durch Stammanalysen ermittelten Zuwachswerten derselben Bäume aus einem seit 10 Jahren immissionsgeschädigten Waldgebiet ist Gegenstand des Beitrages. Die insgesamt 170 nach 2-m-Sektionen am Eklund-Gerät vermessenen Bäume wurden auf zusammenhängenden Testflächen entnommen, um auf realistische Bestandes-Zuwachswerte zu kommen. Es wurden Stämme mehrerer Altersstufen und aller vorhandener KRAFT'scher Stammklassen untersucht. Eine deutliche Übereinstimmung zwischen der durch mehrere Bildflüge dokumentierten Entwicklung von Kronenschäden mit den ermittelten Zuwachsverlusten wird in Graphiken für Einzelbäume und Bestände veranschaulicht. Eine rechnerische Datenanalyse lässt weitere Aufschlüsse erwarten.

Die gewonnenen ertragskundlichen Messdaten veranschaulichen unabhängig von der zentralen Fragestellung der Arbeit Besonderheiten des Zuwachsgangs in Rauchschadensgebieten, insbesondere Formzahlentwicklungen, die von gesunden Beständen abweichen.

## S u m m a r y

A comparison of damage symptoms on crowns of Norway spruce which are visible on CIR-aerial photographs and data from increment measurements for the same trees is the main subject of this paper. 170 trees were analyzed in 2-m sections on the Eklund-machine. The analyzed trees were sampled as total volume on 9 small plots, in order to gain realistic values for stand volume increment. The analyzed trees belonged to different age-classes and all existing stem-classes. A good correlation between crown damage as interpreted from different sets of aerial photography and measured losses of volume increment can be seen from different graphs, both for single trees and for stands.

The collected data on increment show special developments in spruce stands which are damaged by industrial fumes. Particularly form factors show a different trend of development in damaged stands than in healthy stands.

## 8. L i t e r a t u r

- ATHARI, S. 1980: Untersuchungen über die Zuwachsentwicklung rauchgeschädigter Fichtenbestände.  
Dissertation Göttingen, 164 S.
- BECHTER, W. 1977: Das Wachstum der Fichte im Wuchsgebiet Baar-Wutach  
Schriftenreihe d. Landesforstverw. Baden-Württbg., Bd. 49, Stuttgart
- BERGEL, D. 1973: Formzahluntersuchungen an Buche, Fichte, europäischer Lärche und japanischer Lärche zur Aufstellung neuer Massentafeln  
Allg.Forst-und Jagd-Zeitung, 144 Jg., 5/6, S. 117-124
- HENNINGER, J.u.  
HILDEBRANDT, G. 1980: Bibliography of Publications on Damage Assessment in Forestry and Agriculture by Remote Sensing Techniques.  
Freiburg, 280 S.
- JOHANN, K. 1980: Zuwachs in verschiedenen Schafthöhen ausgewählter Analyseebäume nach Düngung.  
Mitt.d.forstl.Bundesversuchsanstalt Wien, 130, S. 109-127
- KENNEWEG, H. 1972: Die Verwendung von Farb-und Infrarot-Farb-Luftbildern für Zwecke der forstlichen Photo-Interpretation unter besonderer Berücksichtigung der Erkennung und Abgrenzung von Kronenschäden in Fichtenbeständen  
Dissertation Freiburg, 253 S.
- KENNEWEG, H. 1978: Luftbildsichtbare Kronenschäden als Mittel zur Quantifizierung von Zuwachsverlusten in Nadelholzbeständen.  
Forstarchiv, 49. Jg., 5, S. 89-94
- KENNEWEG, H. 1980: Luftbildinterpretation und die Bestimmung von Belastung und Schäden in vitalitätsgeminderten Wald- und Baumbeständen.  
Schriften a.d.Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Nieders. Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 62, 223 S.
- MURTHA, P.A. 1978: Remote Sensing and Vegetation Damage.  
In: Remote Sensing for Vegetation Damage Assessment. Falls Church; S. 19-52
- POLLANSCHÜTZ, J. 1977: Erfassung von Umweltschäden (mit kritischen Bemerkungen und Anregungen zu den ertragskundlichen Untersuchungspraktiken)  
Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde, Jahrestagung 1977 in Gießen, S. 167-199

- POLLANSCHÜTZ, J. 1980: Jahrringmessung und Referenzprüfung-  
Ein Beitrag zur Frage der Zuverlässigkeit bestimmter Verfahren der Zuwachsermittlung.  
Mitt.d.Forstl.Bundes-Versuchsanstalt  
Wien, 130, S. 263-271
- SCHMID-HAAS, P. 1976: Zur Anwendung von Schaftformfunktionen  
in der forstlichen Praxis.  
Mitt.d.Eidg.Anstalt f.d.forstl. Versuchswesen, Bd. 52, H.1
- SCHMID-HAAS, P. 1980: Wie kann die Effizienz einer Waldinventur verbessert werden ?  
Mitt.d. Forstl. Bundes-Versuchsanstalt  
Wien, 130, S. 23-34
- SEIBT, G.(o.J.)                   Schlußbericht zum Forschungsthema  
"Untersuchung von Formveränderungen der  
Waldbäume in verschiedenen Baumhöhen".  
Vervielf. Manuskript, 3 S.
- STERBA, H.                   1980: Beispiele für Wechselbeziehungen zwischen  
Zuwachsermittlungsmethoden und Waldwachstumsmodellvorstellungen.  
Mitt.d.Forstl.Bundes-Versuchsanstalt  
Wien, 130, S. 11-21
- VINŠ, B.                   1966: Störungen in der Jahrringbildung als  
Fehlerquellen bei der Zuwachsbohrung.  
Mitt.d.Eidgen.Anst.f.d.Forstl.Versuchswesen, Bd. 42, H. 4, S. 217-232

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien](#)

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: [139\\_1981](#)

Autor(en)/Author(s): Kenneweg Hartmut

Artikel/Article: [Zusammenhänge zwischen immissionsbedingten Kronenschäden an Fichte und dem Zuwachs von Einzelbäumen und Beständen 29-47](#)