

DIE ERTRAGSKUNDLICHEN MESSMETHODEN ZUR ERKENNUNG UND BEURTEILUNG VON FORSTLICHEN RAUCHSCHÄDEN

von

Josef POLLANSCHÜTZ

Institut für Ertrag und Betriebswirtschaft
der Forstlichen Bundesversuchsanstalt
Wien - Österreich

Z u s a m m e n f a s s u n g

Es wird die Bedeutung ertragskundlicher Untersuchungen im Vergleich zu anderen Methoden der Rauchschadensfeststellung erläutert. Besonders hervorgestrichen wird die Jahrringbreite als ein wesentlicher Indikator der ökologischen Bedingungen des Wuchses der einzelnen Bäume. Das Hauptgewicht wird folglich auf die Erläuterung intensiver Bohrkernauswertungen gelegt. Die möglichen Kategorien von forstlichen Rauchschäden werden beschrieben und die damit im Zusammenhang stehenden Komponenten des forstlichen Produktions- bzw. Zuwachsausfalles aufgezählt und charakterisiert. Anschließend an die Erläuterung der möglichen Verfahren der Zuwachsbestimmung, insbesondere der Ermittlung der verminderten Zuwachsleistung von Einzelbäumen, werden die beiden grundsätzlich verschiedenen Methoden ertragskundlicher Untersuchungen hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit beschrieben. Es handelt sich im ersten Falle um jene Methode, die sich in periodischen Abständen wiederkehrender Messungen auf Dauerbeobachtungsflächen bedient. Die zweite Methode stützt sich auf temporäre Erhebungen, in die intensive Bohrkernuntersuchungen einbezogen sind.

IDENTIFICATION AND EVALUATION OF SMOKE DAMAGED
FORESTS BY YIELD AND INCREMENT INVESTIGATIONS

Josef Pollanschütz

Institut of Yield Research and Forestry Economies
of the "Forstliche Bundesversuchsanstalt"
Vienna - Austria

A b s t r a c t

The importance of yield and increment investigations is explained in comparison with different methods of identification of smoke damages caused by air pollutants. The width of annual ring as essential indicator of ecologic conditions of single tree's growth is particularly emphasized. Therefore the main accentuation will be on the illustration of intense increment (boring) core interpretation. The possible categories of forest smoke damages are described and the components that are connected with the forest yield or increment losses are enumerated and characterized. In addition to the description of possible methods of increment determination, especially the research of diminished increment production of single trees are illustrated. In this case two fundamental different methods of yield research are distinguished with regard to their utilization. The first method is based on permanent sample plots and periodic measurements, the second on temporary samples connected with intense increment core investigations.

DIE ERTRAGSKUNDLICHEN MESSMETHODEN ZUR ERKENNUNG UND BEURTEILUNG VON FORSTLICHEN RAUCHSCHÄDEN

von

Josef POLLANSCHÜTZ

Institut für Ertrag und Betriebswirtschaft
der Forstlichen Bundesversuchsanstalt
Wien - Österreich

1. Bedeutung und Grenzen der er- tragskundlichen Untersuchun- gen im Vergleich zu anderen Methoden

Für die Erkennung und Beurteilung von Rauchschäden ist es von grundsätzlicher Bedeutung, daß nicht ein einzelnes Kennzeichen alleine für die zu stellende Diagnose und Beurteilung, sowie für eine gegebenenfalls geforderte Schadenskalkulation, maßgebend sein kann. Nur eine Reihe zusammenpassender Erscheinungen und aus verschiedenen Ermittlungsmethoden resultierende Ergebnisse vermögen die Grundlage für einen eindeutigen Nachweis zu bilden. Je mehr Merkmale, die auf eine Schädigung durch Immissionen schließen lassen, in einem Falle zutreffen, um so sicherer ist die Diagnose zu stellen. Weisen letztlich alle in methodischer Hinsicht verschiedenartigen Unterlagen und Untersuchungsergebnisse in dieselbe Richtung, dann kann, sofern dies erforderlich, an einem Indizienbeweis nicht mehr gezweifelt werden.

Wenn im Rahmen dieses Referates von S c h ä d i g u n - g e n die Rede ist, dann soll dieser Begriff mehr auf die physiologischen Reaktionen der Bäume hinweisen, während das Wort S c h a d e n auf die wirtschaftlich bedeutsamen Folgen dieser Schädigungen, somit auf die quantitativen und qualitativen Verluste Bezug nimmt.

Das Auftreten bestimmter sichtbarer Schädigungsmerkmale alleine ist zunächst nur als Hinweis, aber noch nicht als Beweis für etwa entstandene Rauchschäden zu werten. Einerseits können Frost, Hitze, Trockenheit und Nährstoffmangel in ihrer Wirkung bisweilen die selben Symptome oder den selben Habitus der Bäume hervorrufen wie phytotoxische Immissionen. Es konnten andererseits aber - wenn auch nur relativ geringe-Zuwachsverluste in solchen Beständen nachgewiesen werden, in denen zum Zeitpunkt der Untersuchung visuell noch keine Schädigungen mit Sicherheit feststellbar waren.

Erst in Verbindung mit meteorologischen Beobachtungen, mit den Ergebnissen von Luftanalysen und chemischen Analysen der Assimilationsorgane oder den Resultaten biologischer Untersuchungsmethoden und ertragskundlichen - insbesondere den jahrringchronologischen - Untersuchungen gewinnt das unterschiedliche Auftreten sichtbarer Schädigungsmerkmale wieder an Bedeutung. Die sichtbaren Schädigungsmerkmale können sogar für die Kartierung und Zonierung eines Schadensgebietes ein wertvolles Kriterium darstellen oder für die Stratifizierung eines sehr heterogenen Untersuchungsmaterials, so etwa von Bohrkernproben, im Rahmen einer Rauchschaadensuntersuchung herangezogen werden.

(Pollanschütz, 1966 a)

Bei Untersuchungen in einem Immissionsgebiet ist es aus wirtschaftlicher und sozialer Sicht letztlich von ausschlaggebender Bedeutung festzustellen, ob die zu verschiedenen Zeiten innerhalb bestimmter lokaler Bereiche registrierten Schadstoffkonzentrationen (Luftanalysen oder biochemische Analysen) einerseits ausgereicht haben, um die Wuchs- bzw. Zuwachsleistung der noch lebenden Bäume und somit der im Einflußbereich erhalten gebliebenen Bestände zu vermindern, oder andererseits in bestimmten Bereichen für das Absterben von Einzelbäumen oder ganzer Bestände verantwortlich gemacht werden können.

An die Rauchscheidensdiagnose, nämlich an die Beantwortung der Frage, ob die festgestellten Immissionen als Ursache für die an den Waldbeständen in Form von Produktionsausfällen entstandenen Schäden anzusehen sind, schließt sich im Falle der Bejahung im Zuge einer Rauchscheidensfeststellung unmittelbar die Frage nach der genauen Ausdehnung und zweckmäßigen Zonierung des Schadensgebietes an. Ihr folgt die kardinale Frage nach der Höhe des innerhalb der letztlich ausgewiesenen Zonen oder Bestände entstandenen wirtschaftlichen Schadens.

Der Forstschutzspezialist, der Biologe, der Chemiker und der Meteorologe haben gemeinsam die möglichen Ursachen zu eruieren, der Ertragskundler hat in genau auf die anderen Untersuchungen abgestimmter Arbeitsweise die wirtschaftlich bedeutungsvollen Auswirkungen bzw. Folgen hinsichtlich Flächenausdehnung und Umfang festzustellen.

Fällt es dem Ertragskundler vor allem zu, Zuwachsverluste regional gegliedert möglichst genau festzustellen, so müssen der Forstchemiker und mit ihm die anderen Spezialisten die Hinweise für die ursächlichen Zusammenhänge zwischen den entstandenen Schäden und den in Frage kommenden Schadensquellen abiotischer und biotischer Natur erbringen. Hierbei ist zu bedenken daß etwa die Auswirkungen pathogener Stoffe einmal von ihrer Art und Konzentration, aber ebenso von der Krankheitsdisposition des betroffenen Waldes bzw seiner Einzelbäume entscheidend beeinflusst werden

2. Die Jahrringbreite eine wertvolle phytometrische Kenngröße

Das Zusammenwirken der vielen Umweltfaktoren gemeinsam mit genetisch verankerten und artspezifischen Eigenschaften entscheidet darüber, ob eine Pflanze, ein Baum, innerhalb einer bestimmten Zeitperiode eine große oder kleine Wachstums- bzw. Zuwachsleistung erbringt. Ob positive oder negative innere oder äußere Einflußkomponenten die Oberhand behalten, ist schließlich ausschlaggebend für die Menge an organischen Stoffen, die von den Assimilationsorganen gebildet werden können und dem Organismus Baum in allen seinen wachsenden Teilen, allen voran dem Kambium, das den jährlich im Schnitt als Jahrring erkennbaren Zuwachsmantel bildet, zugute kommen. Büsgen's (1926) Formulierung, "Die Jahrringbreite hängt offenbar davon ab, wieviel organische Bildungsstoffe in den Blättern erzeugt und dem wachsenden Kambium zugeführt werden können", stellt in anschaulicher Weise den Zusammenhang zwischen den bedingten Leistungen der Assimilationsorgane und den meßbaren Jahrringbreiten her.

Die Bäume haben somit die für unsere Zwecke unschätzbar nützliche Eigenschaft, das Resultat des Zusammenwirkens der diversen Einflußfaktoren auf ihre Assimilations- und Synthesetätigkeit innerhalb einer bestimmten Zeitperiode - Vegetationszeit - als Zuwachsmantel dauerhaft am bereits in vorausgegangenen Jahren gebildeten Holzkörper anzulegen. Den geeignetsten phytometrischen Wert stellt bei den diversen ertragskundlichen Untersuchungen und somit auch bei der Erkennung und Beurteilung von Rauchschäden die Jahrringbreite bzw. der Radialzuwachs als ein wesent-

l i c h e r I n d i k a t o r d e r ö k o l o - g i s c h e n B e d i n g u n g e n d e s W u c h - s e s d e r e i n z e l n e n B ä u m e d a r

Je besser es uns bei der Analysierung der Aufeinanderfolge der Jahrringbreiten gelingt, Zuwachsunterschiede zu erkennen und zu erfassen, die auf nicht gefragte oder störende Einflüsse zurückzuführen sind, um so sicherer werden wir jene Änderungen der Jahrringbreiten erkennen, die auf den negativen Einfluß von Immissionen zurückgehen. Soweit wir nicht bereits durch sorgfältige Probenahme bestimmte Einflüsse z.B. Durchforstungs- oder Auflichtungseffekte oder durch mechanische Beschädigungen verursachte Unregelmäßigkeiten im Zuwachsverlauf von vorneherein auszuschließen in der Lage sind, müssen wir durch geeignete und vergleichende Berechnungsverfahren die durch die zu untersuchende Komponente bedingten Zuwachsunterschiede von jenen Unterschieden abtrennen, die auf den Einfluß anderer Faktoren und deren Wechselwirkungen zurückgehen.

Das Hauptgewicht dieses Referates wird daher auf die Erläuterung jener Verfahren gelegt, die es gestatten, den Einfluß von Immissionen auf den Wachstumsablauf eines Baumes oder einer bestimmten Teilgesamtheit von Bäumen aus Jahrringdiagrammen bzw. Jahrringkurven (Abschnitt 5) abzulesen, somit erkennen und beurteilen zu können. Die möglichst genaue Erfassung der Jahrringbreiten bzw. des jährlichen oder periodischen Durchmesserzuwachses ist eine der wesentlichen Voraussetzungen für eine objektive "Abschätzung" der durch Immissionen verminderten Zuwachseleistung von Einzelbäumen und der letztlich zu beurteilenden Bestände (P o l l a n s c h ü t z 1966 b). Bevor dieser wesentliche Fragenkomplex einer Diskussion unterzogen wird, seien die bei ertragskundlichen Untersuchungen im wesentlichen zu unterscheidenden Schadenskategorien und Komponenten des Produktionsausfalles umrissen.

3. S c h a d e n s k a t e g o r i e n u n d K o m p o - n e n t e n d e s f o r s t l i c h e n P r o - d u k t i o n s a u s f a l l e s

Hinsichtlich Intensität der Schädigungen und der in Abhängigkeit von der Zeit angerichteten Schäden kann man bei der Bemessung des Produktionsausfalles, grob gesprochen, drei Schadenskategorien unterscheiden, welche gleichzeitig als generelle Richtschnur für eine Auscheidung nach Schadenszonen in jedem konkreten Falle gelten können.

Die e r s t e K a t e g o r i e bilden jene Schäden, bei welchen es innerhalb kurzer Frist infolge sehr hoher Immissionskonzentrationen mitunter flächenmäßig deutlich abgegrenzt zum Absterben aller oder des größten Teils der Bäume kommt. Hinsichtlich Feststellung des entstandenen langfristigen Produktionsausfalles, ausgedrückt in Festmetern pro Jahr und Hektar, ergeben sich bei dieser Gruppe von Schäden, die auf akute oder starke chronische Schädigungen zurückgehen, in der Regel keine unüberwindlichen technischen Schwierigkeiten.

Die z w e i t e K a t e g o r i e bilden jene chronischen Schäden an Waldbeständen, welche durch erheblich v e r m i n d e r t e Z u w a c h s l e i s t u n g der Einzelbäume gekennzeichnet sind, zu welcher im Laufe der Zeit ein beachtlicher weiterer Produktionsausfall durch das sukzessive Absterben von Einzelbäumen, ihrer individuellen und teils durch Umweltseinflüsse bedingten Widerstandskraft entsprechend, hinzukommt. Bei dieser Schadenskategorie wird also auch die zweite Komponente des Produktionsausfalles, nämlich die B e s t o c k u n g s - v e r m i n d e r u n g wirksam, die einen beachtlichen Teil des gesamten Zuwachsverlustes bewirkt.

Die d r i t t e K a t e g o r i e bildet die Gruppe von leichten chronischen Schäden, welche nur durch in unterschiedlichem Maße verminderte quantitative Zuwachseleistung der Einzelbäume bestimmter Bestände gekennzeichnet ist. Der Ausfall von Einzelbäumen, also von Zuwachsträgern bzw. Produktionsgliedern ist bei dieser Kategorie innerhalb des Bemessungszeitraumes so gering, daß er kaum ins Gewicht fällt.

Welcher der drei Hauptkategorien ein Bestand, eine Gruppe von Beständen, eine Zone zum Zeitpunkt der Erhebung dem Zustand entsprechend zuzuordnen ist, hängt zwar ursächlich, aber nicht nur alleine von der Konzentration und der Dauer der Immissionen, sondern auch von einer Vielfalt anderer einflußnehmender Faktoren und deren Wechselwirkungen ab.

Im Rahmen dieses Referates wollen wir uns nun aber nicht mit dem Zusammenspiel aller erfaßbaren Faktoren auseinandersetzen, welche die Intensität, aber auch die Geschwindigkeit des Fortschreitens der Schädigungen bewirken, oder uns etwa gar mit der theoretisch möglichen mathematischen Formulierung der zwischen diesen variablen Werten bestehenden Beziehungen befassen, sondern der möglichst objektiven Feststellung der infolge von toxischen Immissionen unter den verschiedensten Umständen eingetretenen Ausfälle in der Holzmassenproduktion, und hiebei vor allem der verminderten vornehmlich quantitativen Zuwachseleistung der Einzelbäume und der daraus resultierenden verminderten Ertragsleistung der Bestände unser Augenmerk zuwenden.

Wir können uns, da wir vor allem die Schadenskomponente v e r m i n d e r t e Z u w a c h s l e i s t u n g im Auge behalten wollen, grob gesprochen, auf die zweite und dritte der vorhin erwähnten Schadenskategorien beschränken.

Im Normalfall leistet ein Bestand oder ein Bestandesverband (Betriebsklasse) innerhalb einer bestimmten Zeiteinheit (Jahr oder Periode) einen Zuwachs an Holzvolumen, der sich aus der Differenz des Vorrates am Ende der in Frage stehenden Periode, minus Vorrat am Anfang, plus der gegebenenfalls während dieser Periode planmäßig erfolgten Nutzungen ergibt:

$Z = V_E - V_A$, oder gegebenenfalls $Z = (V_E - V_A + N)$
 Ergibt sich jedoch während dieser zu begutachtenden Periode infolge eines schädigenden Einflusses eine verminderte Zuwachsleistung für die Gesamtheit der stockenden Einzelbäume ($Z - ZV$), also ein $Z u w a c h s v e r l u s t$ im eigentlichen Sinne von der Größe $- ZV$ - und außerdem ein außerplanmäßig notwendig gewordener $M e h r e i n - s c h l a g$ (Schadholznutzung) an abgestorbenen und absterbenden Stämmen mit der Gesamtsumme $- ME$ -, so ergeben diese beiden Komponenten zusammengenommen den gesuchten gesamten $q u a n t i t a t i v e n P r o d u k t i o n s a u s f a l l$, nämlich die Differenz $- D$ - zwischen dem tatsächlichen "Ist"-Vorrat und dem "Soll"-Vorrat, welcher sich bei ungeschmälertem Zuwachs $- Z$ -, sowie normaler Nutzung $- N$ - am Ende der gefragten Periode ergeben hätte:

$$(V_{E(soll)} - V_{E(ist)}) = D = (ZV + ME)$$

(Siehe diesbezüglich $E n d e r l e i n$ 1964; $P o l l a n s c h ü t z$ 1966 b). Um den "Soll"-Vorrat ermitteln zu können, müßte zunächst der Anfangsvorrat festgestellt werden:

$$V_A = V_{E(ist)} - (ZV + ME),$$

sofern eine einzelstammweise Normalnutzung (Durchforstung) unterblieben ist. Der "Soll"-Vorrat ergibt sich dann aus:

$$V_A + Z_{(normal)} = V_{E(soll)};$$

und bei erfolgter zwischenzeitlicher Normalnutzung aus:

$$V_A + Z_{(normal)} - N = V_{E(soll)}.$$

(Wenn der quantitative Produktionsausfall nicht durch eine direkte ertragskundliche Untersuchung bestimmt wird, sondern unter Zuhilfenahme einer Ertragstafel geschätzt wird, dann ist zu berücksichtigen, daß jede Ertragstafel eine zwischenzeitliche Normalnutzung unterstellt und somit allgemein gilt:

$$V_A + Z - N = V_E, \quad V_E - V_A = \Delta_V, \quad Z - N = \Delta_V \quad \text{oder} \quad \Delta_V + N = Z.)$$

V_A = Anfangsvorrat

V_E = Endvorrat

Z = periodischer Gesamtzuwachs

ZV = Zuwachsverlust

N = zwischenzeitliche Normalnutzung (Durchforstung)

ME = außerplanmäßiger Mehreinschlag

Δ_V = Vorratsdifferenz

Die als Produktionsausfall oder Gesamtzuwachsverlust bezeichnete Differenz - D - umfaßt demnach zwei grundlegend verschiedene Komponenten, einerseits die **verminderte Zuwachslleistung** der Einzelbäume und andererseits die durch Mehreinschlag eingetretene **Bestockungsverminderung**, (Verringerung der Zahl der Produktionsglieder), folglich den insgesamt pro Flächeneinheit eingetretenen Produktionsausfall. Während mit dem Zuwachsverlust - ZV - ein **quantitativer** und erst in sekundärer Hinsicht ein qualitativer Verlust erfaßt wird, stehen bei der Komponente Mehreinschlag - ME - zunächst **qualitative Verluste** im Vordergrund, welche hinsichtlich einer allenfalls geforderten Bewertung nicht zuletzt als erzwungener vorzeitiger Kapitalabbau im Rahmen der Wirtschaftseinheit, also im Rahmen des Forstbetriebes, zu betrachten sind. Erst in der Folgezeit treten quantitative Verluste in Erscheinung, die aus der durch Mehreinschlag bedingten Bestockungsverminderung resultieren.

Die beiden Komponenten - ZV - und - ME - werden nicht nur gesondert ermittelt, sondern sind demnach insbesondere mit Rücksicht auf eine nachfolgende Bewertung getrennt und nicht etwa der "Einfachheit" halber als die Differenz - D - zwischen "Ist"- und "Soll"-Vorrat zu verbuchen.

Die mengenmäßige Feststellung der Größe - ME -, also des außerplanmäßigen notwendigen Mehreinschlages der infolge Immissionseinwirkung abgestorbenen Stämme, wird am zweckvollsten und wohl auch fehlerfreiesten bestandesweise an Ort und Stelle als Schlagabmaß im Zuge der jeweiligen Kalamitätsnutzung bestimmt. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Komponente Mehreinschlag bzw. die Bestockungsverminderung aus periodischen Erhebungen zu schätzen, die auf in geeigneter Weise über das Untersuchungsgebiet verteilt ausgelegten Dauerbeobachtungsflächen oder Weiserflächen vorgenommen wurden.

Für die Ermittlung des Zuwachsverlustes -ZV- (im engeren Sinne), bzw. der verminderten Zuwachsleistung (Z - ZV), ist es notwendig, periodisch wiederkehrende Messungen auf permanenten Probestflächen (Dauerbeobachtungsflächen, ausreichende Zahl nummerierter Probestämme je Fläche wird vorausgesetzt) durchzuführen, oder eine umfangreiche temporäre Ertragskundliche Stichprobennahme und eine eingehende Bohrkernuntersuchung (jahrringchronologische Untersuchungen) anzustellen.

4. Allgemeine Notizen zur Zuwachsbestimmung

Da es nicht unbedingt Ertragskundlern vorbehalten ist, Zuwachsberechnungen anzustellen, sondern mitunter auch Rauchschadensexperten anderer Fachdisziplinen sich damit

zu befassen haben, werden einige einfache Formeln in Erinnerung gerufen.

Der jährliche oder der periodische Zuwachs eines Bestandes (im engeren Sinne) resultiert, der vorausgegangenen Formulierung entsprechend, aus der Summe der jährlichen oder periodischen Volums- bzw. Massenzuwächse der am Ende des Untersuchungszeitraumes vorhandenen Einzelstämme:

$$Z = \sum z_v$$

Ein etwa durch Bestockungsrückgang eingetretener Zuwachsverlust bleibt hiebei unberücksichtigt.

Den Volumszuwachs des Einzelstammes, der sich jährlich als Zuwachsmantel in der Regel am ganzen Stamm anlegt, können wir als Differenz des Volumens am Ende einer Vegetationsperiode - v_e -, minus Volumen am Anfang der Vegetationsperiode - v_a - beschreiben:

$$z_v = v_e - v_a$$

In analoger Weise gilt diese Formel für mehrere Jahre, also für eine bestimmte Periode.

Das Volumen des Einzelstammes ergibt sich nach der allgemeinen Formel:

$$v = g \quad h \quad f = g \quad (hf)$$

wobei g = Kreisfläche mit Rinde (Grundfläche), h = Baumhöhe und f = Formfaktor bzw. (hf) = Formhöhe bedeutet.

Stehen periodische Messungen zur Verfügung, dann resultiert der Zuwachs des Einzelstammes aus:

$$z_v = (g_e \cdot h_e \cdot f_e - g_a \cdot h_a \cdot f_a) \quad \text{oder}$$

$$z_v = g_e \cdot (hf)_e - g_a \cdot (hf)_a$$

Liegt eine einmalige (bzw. temporäre) ertragskundliche Untersuchung vor, dann lauten die Zuwachsgleichungen für den Einzelbaum:

$$z_v = [g_e \cdot h_e \cdot f_e - (g_e - z_g) \quad (h_e - z_h) \quad (f_e - z_f)] \quad \text{oder}$$

$$z_v = [g_e \cdot (hf)_e - (g_e - z_g) \quad (hf_e - z_{hf})]$$

Die Größe $-g_e$ - (Grundfläche mit und ohne Rinde am Ende der Periode) erhalten wir durch die Kluppierung und Rindenmessung, $-h_e$ - durch die Höhenmessung, $-\hat{f}_e$ - oder $-(hf)_e$ - indirekt mit Hilfe einer für das betreffende Gebiet geltenden oder allgemeinen Formfunktion ($f = F(d, h)$), oder im zweiten Falle einer Formhöhenfunktion. Die Messung eines oder mehrerer oberer Durchmesser als weitere Variable neben d und h gestatten eine wesentliche Verbesserung der Schätzung von $\hat{f}$ und $\hat{hf}$. (Siehe P o l l a n - s c h ü t z 1965).

Von den drei Zuwachswerten ist der bei weitem bedeutungsvollste und gewichtigste der Grundflächenzuwachs $-z_g$ - zunächst ohne Rinde, welchen wir auf Grund der Zuwachsbohrungen aus dem Radialzuwachs $-z_r$ - berechnen können:

$$z_g = g_e - g_a \qquad g_e = r_e^2 \cdot \pi,$$

$$g_a = r_a^2 \cdot \pi \qquad r_a = r_e - z_r$$

$$z_g = \pi \cdot (2r_e \quad z_r - z_r^2) \quad \text{oder}$$

$$z_g = \pi \cdot (d_e \quad z_r - z_r^2)$$

Die analogen Werte mit Rinde erhalten wir unter Verwendung geeigneter Rindenfaktoren $-Rf$ - oder Rindenfaktorfunktionen von der allgemeinen Form: $Rf = F(d)$.

Wenn wir die Jahrringbreiten- bzw. Radialzuwachsmessungen der Grundflächenzuwachsermittlung zugrund legen, setzen wir allerdings bereits voraus, daß die Bohrkerne in einer dem zur Anwendung gelangenden Berechnungsverfahren entsprechenden Weise und in entsprechender Anzahl pro Stamm und Bestand gewonnen worden sind, und die Ausmessungen mit geeigneten optischen Hilfsmitteln, frei von groben Meßfehlern, erfolgt sind (siehe unter anderem A b e t z

1960, S i o s t r o z o n e k 1958, M a t e r n 1956,
1961, P o l l a n s c h ü t z 1963).

Wurde die Höhe am Anfang und Ende der Periode gemessen, ergeben sich die $- z_h -$ aus den Differenzen dieser Höhenmessungen:

$$z_h = h_e - h_a$$

Um die in der Regel (insbesondere bei bereits gedämpften Höhenwachstum) unvermeidlichen Höhenmeßfehler auszuschalten, empfiehlt es sich, einerseits jedes beobachtete z_h um einen konstanten Betrag zu erhöhen, um Minuszuwächse in Bezug auf die Rechnung zu beseitigen, und dann diesen Wert als Funktion von d ,

$$z_h = F(d)$$

für die einzelnen Bestände (gleichwertige Probeflächen-gruppen) oder allgemeiner als Funktion von d , h und A :

$$z_h = F(d, h, A)$$

zu beschreiben und erst die mit Hilfe derartiger Beziehungsgleichungen berechneten, ausgeglichenen und um den vorhin erwähnten konstanten Betrag wieder verminderten $\hat{z}_h$ -Werte für weitere Berechnungen zu verwenden. Ähnlich verfahren wir, wenn am Ende der Periode nicht von allen untersuchten Stämmen, sondern nur von einer begrenzten Anzahl von Probestämmen mit Hilfe optischer Geräte die Höhenzuwächse gemessen wurden. Wurden die Baumhöhen nur am Ende der Periode gemessen, dann wird nicht z_h , sondern zweckvollerweise gleich z_{hf} , also die Formhöhenveränderung, indirekt ermittelt.

Die Formzahlveränderungen $- z_f -$, bei sehr kurzen Perioden meist vernachlässigbar, oder die Formhöhenveränderungen z_{hf} können wir indirekt über die in Brusthöhe gemessenen Radius- bzw. Durchmesseränderungen und die gemessenen Höhenänderungen mit Hilfe entsprechender Beziehungsgleichungen errechnen (siehe diesbezüglich P o l l a n s c h ü t z, 1966 b).

Gewisse Korrekturen werden an den Schätzwerten $\hat{z}_f$ bzw. $\hat{z}_{hf}$ für einzelne Probestammgruppen gegebenenfalls dann angebracht, wenn sich bei der Auswertung gefällter Analysenstämme in bestimmten Schaftabschnitten systematische Störungen oder Unregelmäßigkeiten bei dem im Untersuchungszeitraum gebildeten Zuwachsmantel nachweisen lassen. (So etwa Jahrringausfall in bestimmten Schaftbereichen bei stark geschädigten Stämmen, oder gegenüber normaler Entwicklung stärkere Zuwachsverluste in den oberen Teilen als in der unteren Hälfte des Schaftes, oder auch umgekehrt.)

Ein anderes (und einfacheres) Berechnungsverfahren strebt die Ermittlung von Schätzwerten für $\hat{h}_e$ und $\hat{h}_a$ sowie für $\hat{f}_e$ und $\hat{f}_a$ an; es wird somit auf die Berechnung der z_h - und z_f -Werte verzichtet und der Zuwachsverlust aus

$$z_v = v_e - v_a$$

ermittelt. Bei Vorliegen periodischer Messungen werden für die einzelnen Weiserflächen bzw. für gleichwertige Gruppen von Probeflächen aus den vorliegenden Meßdaten Schätzfunktionen $h = F(d)$ sowohl für den Anfang wie für das Ende der Periode ermittelt. Die zugehörigen Formfaktoren werden aus einer allgemeinen Schätzfunktion $f = F(d, h)$ ermittelt, wobei der Berechnung der Schätzwerte $\hat{f}$ die gemessenen d -Werte und die Schätzwerte $\hat{h}$ jeweils für den Anfang und das Ende der Periode unterstellt werden. Bei Vorliegen temporärer Erhebungen werden die Probeflächen einerseits nach Standortseinheiten gruppiert und andererseits den Schadenszonen entsprechend geordnet (schadensfreie Zone, schwache Schädigung, starke Schädigung) und für diese (relativ gleichwertigen) Gruppen aus den vorliegenden Meßwerten Schätzfunktionen für $\hat{h}$ in Abhängigkeit von d (Brusthöhendurchmesser) und A (Alter) je Holzart hergeleitet:

$$h = F(d, A)$$

Diese Vorgangsweise setzt voraus, daß für jede Gruppe eine hinreichende Anzahl von Probeflächen (respektive Pro-

bestämme) vorhanden ist, die möglichst gleichmäßig über alle gefragten Altersstufen verteilt sind.

5. Wesen und Bedeutung der Bohrkernauswertungen und der jahrringchronologischen Untersuchungen

Insbesondere bei temporären (einmaligen) Rauchschadensuntersuchungen ist es notwendig, daß Bohrkern e (- auch die Bezeichnung Bohrspäne ist gebräuchlich -) entsprechender Länge (Anzahl der Jahre des gefragten Untersuchungszeitraumes plus 30 - 40 Jahre vor Schadenseintritt gibt die wünschenswerte Zahl an Jahrringen) verfügbar sind. Damit ergibt sich die Einschränkung, daß in eingehende jahrringchronologische Untersuchungen bzw. Bohrkernauswertungen erst Bestände ab der III. oder IV. Altersklasse einbezogen werden. Bei chronischem Schädigungsverlauf ist dies kein Nachteil, denn in der Regel sprechen (Fichten- oder Kiefern-) Bestände erst ab der III. Altersklasse (also nach der Kulmination des laufenden Massenzuwachses) in entscheidendem Maße auf Rauchgaseinwirkungen an (siehe auch S t e i n 1965 und L u x 1965).

Die Ausmessung der Bohrkern e erfolgt getrennt nach den einzelnen Jahresringen mit Hilfe eines Jahrringmeßgerätes. In der Regel wird dafür eine E k l u n d ' s c h e Jahrringmeßmaschine (E k l u n d 1950) eingesetzt, die mit einem IBM-Locher gekoppelt ist (Abb. 1 aus K e n n e l 1968), oder eine Jahrringmeßmaschine, an die ein Aufzeichnungsadapter nach V i n š - H á j e k (Abb. 2, siehe auch V i n š , 1962, 1965, 1966 a) angeschlossen ist. (Die Abb. 2 zeigt das alte Modell eines Aufzeichnungsadapters; in der ČSSR wird nunmehr ein wesent-

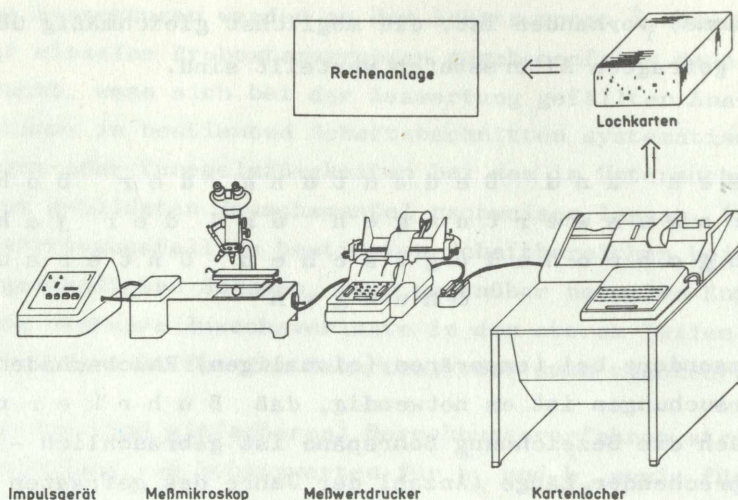


Abb. 1

Jahrringmeßgerät nach Eklund mit abgeschlossenem Kartenlocher zur automatischen Übertragung der gemessenen Jahrringbreiten in Lochkarten

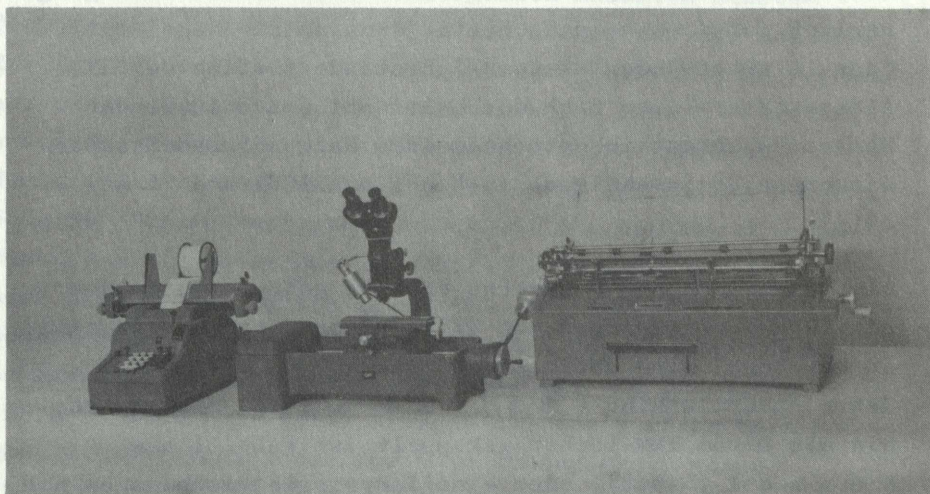


Abb. 2

Eklund'sche Jahrringmeßmaschine mit angeschlossenem Aufzeichnungsadapter nach Vinš - Hájek.

lich verbessertes Modell hergestellt.) Dieses an die Jahrringmeßmaschine angeschlossene Gerät dient der automatischen graphischen Registrierung der gemessenen Jahrringbreiten in der Form von Punktdiagrammen. Es wird sowohl das Punktdiagramm der Jahrringkurve als auch der zugehörigen Wachstumskurve bzw. Summenkurve ausgedruckt.

War an die Eklund'sche Jahrringmeßmaschine ein IBM - Locher gekoppelt, dann kann die Darstellung des Punktdiagrammes der Jahrringkurve mit Hilfe eines Computers durchgeführt werden (siehe z.B. Abb. 4). Nur in Ausnahmefällen, - wenn sehr wenige Bohrkerne zu bearbeiten sind -, wird man die mit Hilfe der an jeder Jahrringmeßmaschine angeschlossenen Addo-Maschine registrierten Meßwerte von Hand aus auftragen.

Tragen wir die jährlichen Radialzuwächse, respektive die Jahrringbreiten, eines Einzelstammes oder die jährlichen Mittelwerte bestimmter Stammgruppierungen über dem Alter oder eben der zugehörigen Jahreszahl (von Hand oder mit dem Aufzeichnungsadapter oder mit einem Computer) auf, so bilden die Punkte ein Streuband oder eine Streubandkurve, welche eine bestimmte Tendenz aufweist.

Die graphische Darstellung einer Punkteschar in einem Koordinatensystem erlaubt nun eine Analyse der Daten. Sie gibt uns Anhaltspunkte für die analytische Form des Zusammenhanges (Prodan 1961). Wenn wir die jährlichen Jahrringbreiten über dem Alter auftragen, können wir die Übersichtlichkeit dadurch erhöhen, daß wir die Punkte des Diagrammes manuell miteinander verbinden. Diese Arbeit läßt sich auch automatisch durchführen, und zwar mit Hilfe eines "Plotters" (automatisches Zeichengerät), das an eine EDV-Anlage angeschlossen ist (Eckstein und Bauch 1969). So entsteht eine gebrochene Linie, welche wir als Jahrringdiagramm bezeichnen (z.B. Abb. 3 und 4).

Beispiel einer Jahrringkurve von der Form

$$y = a \cdot t^m \cdot e^{-k \cdot t}$$

(verallg. Zuwachskurve von HUGERSHOFF)

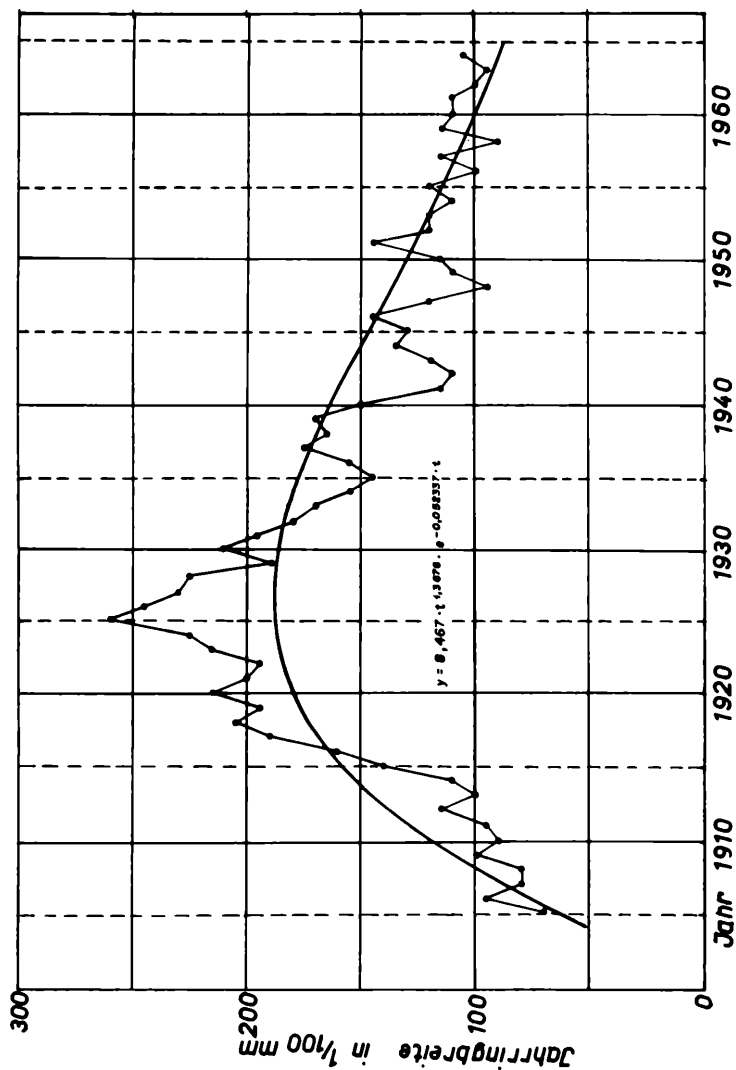


Abb. 3

J A H R R I N G D I A G R A M M H O C H F I L Z E N 1964

PR-NR: 41 HOEHE: 0 HOLZART: 1 KRAFTKL: ZONE: 204 VARIABLENKOMBINATION: 3 2 6

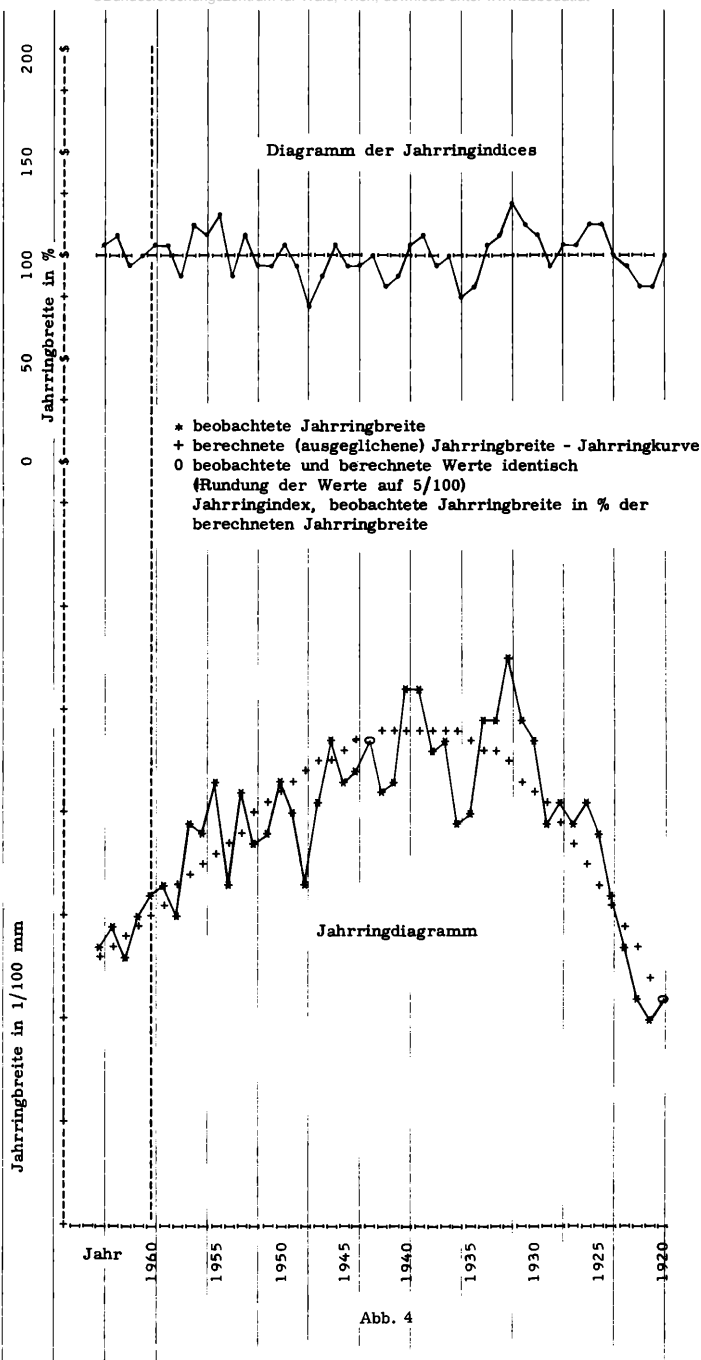


Abb. 4

Berechnet und dargestellt mit IBM 1440

Vergleichen wir nun die Jahrringdiagramme der Einzelbäume oder die Mittelwerstdiagramme ganz bestimmter Stammgruppierungen einzelner Bestände miteinander, so fallen uns sofort spezifische Gesetzmäßigkeiten in den Bildern dieser Diagramme auf. Zuerst interessiert uns einmal die bei allen Diagrammen feststellbare Grundtendenz.

Es besteht demnach zwischen den Jahrringbreiten und dem Alter eines Baumes oder ganz bestimmter Baumgruppierungen ein wahrscheinlichkeitstheoretischer oder stochastischer Zusammenhang. Diese zeitbedingte Tendenz in der Bildung der Jahrringbreiten bezeichnen wir als **Alterstrend**.

Im allgemeinen und insbesondere bei gleichaltrig erwachsenen Beständen läßt sich dieser Trend sowohl bei Einzelbäumen als auch bei Stammgruppierungen oder Beständen über die verschiedenen Altersphasen hinweg, etwa nach der verallgemeinerten Zuwachskurve von **H u g e r s h o f f**

$$y = a \quad t^m \quad e^{-kt}$$

(siehe **P r o d a n** 1961) oder allgemein durch asymmetrische, eingipfelige Kurven beschreiben, welche den Eigenschaften der charakteristischen Zuwachskurve oder, in speziellen Anwendungsfällen, einzelnen Abschnitten derselben nicht widersprechen (siehe Abb. 3 und 4). Wir beschreiben mit einer derartigen kontinuierlichen Ausgleichskurve den Zyklus des Grundwachstums mit den typischen Hauptphasen des Baumlebens, nämlich Entfaltung, Reifung, Alterung und Absterben. Der rechnerische Ausgleich (oder der mechanische Ausgleich mit dem BAI-Gerät) hat hierbei gegenüber einem graphischen Ausgleich den Vorteil der Objektivität.

Die verschiedenen Umwelteinflüsse können nun die charakteristische Form der Zuwachskurve wesentlich verändern. So entscheiden etwa die Standortsgüte und die Bestandesdichte darüber, wie früh oder wie spät der Zuwachs den

Kulminationspunkt erreicht, auf welchem durchschnittlichen Niveau die Zuwachskurve verläuft, oder darüber, wie steil oder wie flach der abfallende Ast der Kurve verläuft.

Durch eine geeignete Ausgleichskurve wird ein gewisser Teil der durch diese und andere Faktoren bedingten Gesamtstreuung von der Kurve übernommen oder erklärt. Es verbleiben also noch Abweichungen von der durch das Alter, die Standortsgüte und die Bestandesdichte geprägten Zuwachskurve. Ein erheblicher Teil der jährlichen oder auch periodischen Schwankungen läßt sich nun aber auf die summarische Wirkung oder das Wechselspiel der makroklimatischen Einflüsse zurückführen.

Ein anderer Teil der jährlichen und insbesondere der periodischen Schwankungen geht aber auch auf Änderungen der Lebensbedingungen der Einzelbäume, bewirkt durch Durchforstung, Auflichtung, Düngung, Schädlingsbefall, Rauchgas einwirkung usw., zurück. Meist bewirken solche Faktoren ab dem Eintritt ihres Einflusses einen ganz anderen Verlauf der Zuwachskurve als bei unter allgemeinen Umweltsbedingungen erwachsenen Bäumen eines in normalem Schluß gehaltenen Bestandes. Diese Tatsache ist nun für alle jene Zuwachsuntersuchungen von größter Bedeutung, welche auf Jahrringmessungen und vergleichende Analysen dieser Meßwerte aufbauen.

Bei der Verwertung von Zuwachskurven müssen wir stets darauf Bedacht nehmen, daß die Entwicklung eines in Gemeinschaft lebenden und eines ungehindert entwickelten Baumes sich wesentlich voneinander unterscheidet. Abgesehen von Alter und Bonität, spielt bei den Einzelbäumen somit das Nachbarschaftsverhältnis (grob gesprochen etwa die Abhängigkeit zu den nächststehenden Nachbarstämmen), also der Standraum und die Veränderungen desselben, eine entscheidende Rolle in bezug auf die allgemeine Tendenz und

bestimmte einseitige Abweichungen in der Bildung der Jahrringbreiten ganzer Gruppen von Jahren.

Wenn wir durch Erhöhung der Beobachtungszahl oder durch Bildung von Stammgruppierungen (z.B. Baumklassen) vergleichbarer Einzelstämme eine gewisse Glättung der Ausgleichskurve anstreben, haben wir der oben erwähnten Tatsache besonderes Augenmerk zu widmen.

Nach diesen grundsätzlichen Betrachtungen wollen wir uns nun mit dem eigentlichen Thema der Ermittlung vermindelter Zuwachsleistung befassen.

Gelingt es uns bei der Auswahl der Weiserflächen oder der Probeflächen, Bestände mit annähernd gleichem allgemeinem Wachstumsverlauf bzw. Zuwachsverlauf derselben Altersphase im eigentlichen Untersuchungsgebiet, als auch in unbeeinflussten Vergleichsgebieten zu finden, dann können wir die Quotienten, gebildet aus dem periodischen Zuwachs nach dem kritischen Zeitpunkt - also nach Eintritt des Einflusses jenes Faktors, dessen Wirkung wir untersuchen wollen - und aus dem periodischen Zuwachs vor diesem Zeitpunkt, gegeneinander in Vergleich stellen bzw. ins Verhältnis setzen.

Finden wir etwa bei zwei gleichalten, standortsentsprechenden und vor dem kritischen Zeitpunkt in ihrer Bestandesbehandlung gleichwertigen Beständen, daß im Falle des nicht beeinflussten Bestandes der mittlere Radialzuwachs im Untersuchungszeitraum 91 % des Zuwachses der vorausgegangenen Periode beträgt, im Falle des beeinflussten - z.B. geschädigten - Bestandes die analoge Zahl nur 70 % ausmacht, dann bedeutet dies, daß die Stämme des geschädigten Bestandes in der Untersuchungsperiode im Durchschnitt nur

$$\frac{0,70}{0,91} \cdot 100 = 77 \%$$

BEISPIEL EINER GEGENÜBERSTELLUNG
VON JAHRRINGBREITEN GESCHÄDIGTER FICHTEN
IM VERGLEICH ZU
JAHRRINGBREITEN UNGESCHÄDIGTER FICHTEN
(alters- und standortgleicher Bestand)

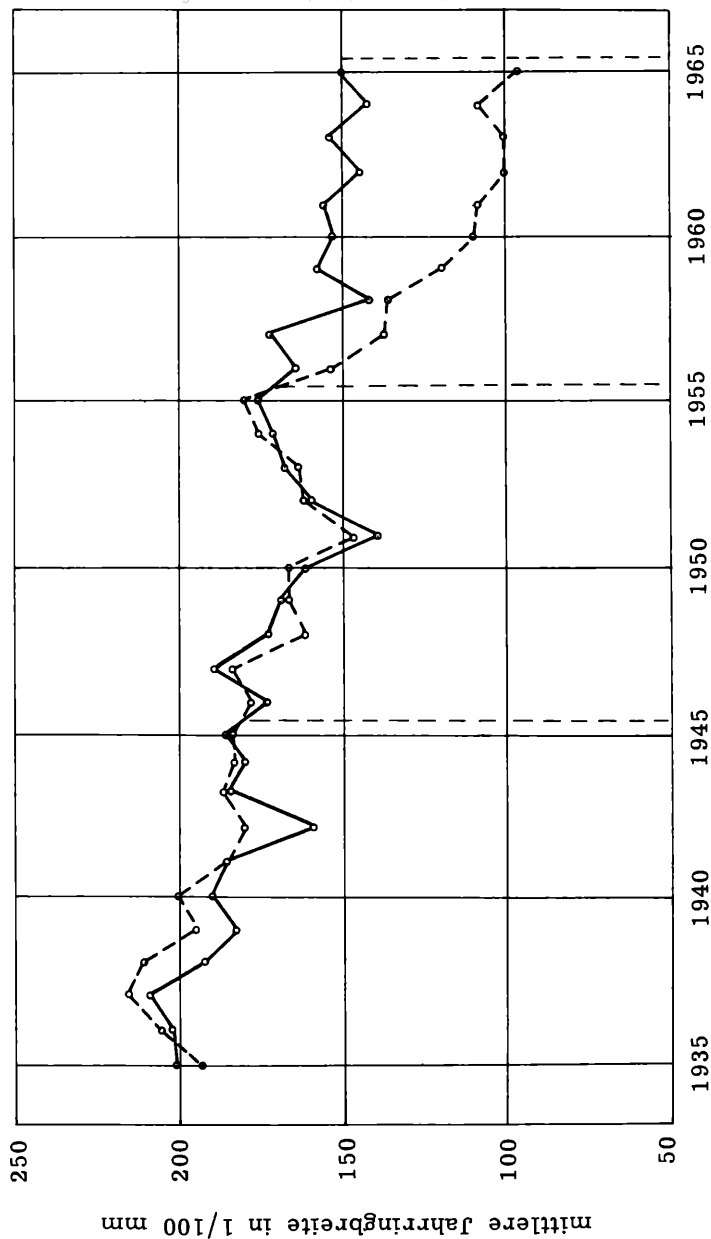


Abb. 5

an Radialzuwachs gegenüber den ungeschädigten Bäumen geleistet haben (siehe Abb. 5).

Dieser einfachen Berechnungsweise liegt folgende Überlegung zugrunde: Da wir in beiden Fällen für die Zeit vor dem kritischen Zeitpunkt einen beinahe identischen Zuwachsverlauf - gleichen Trend - festgestellt hatten, hätten wir auch nach diesem Zeitpunkt im Normalfalle für beide Bestände annähernd gleiche Jahrringbreiten oder Radialzuwächse erwarten können. In Wirklichkeit betrugen die durchschnittlichen Jahrringbreiten beim geschädigten Bestand nur mehr 77 % des ungeschädigten Bestandes, womit einerseits der Einfluß des untersuchten Faktors und andererseits in bezug auf den speziellen Bestand auch das Ausmaß der Wirkung nachgewiesen erscheint. Eine Vielzahl analoger Vergleiche ergäbe dann die Möglichkeit, so etwa im Rahmen einer Schadensuntersuchung für ein Gebiet oder eine Zone, den durchschnittlichen Zuwachsverlust inklusive des Stichprobenfehlers anzugeben.

Die oben beschriebene Berechnungsweise entspricht dem Verfahren, wie es Abetz, Merkel und Schairer (1964) bei der Auswertung von Düngungsversuchsflächen, in diesem Falle also zur Feststellung von Zuwachsgewinnen, angewendet haben.

Wie können wir nun aber verfahren, wenn die notwendige Gleichwertigkeit der Bestände oder der Probeflächen nicht gegeben ist, wenn die Bilder der Jahrringdiagramme auf Unterschiede im allgemeinen Trend der Jahrringbildung bereits für die Zeit vor dem Untersuchungszeitraum hindeuten? In diesem Falle müssen wir uns dazu entschließen, für die Zeit vor Eintritt des Einflusses des zu untersuchenden Faktors mit Hilfe einer Ausgleichsfunktion die durchschnittlich erwarteten Jahrringbreiten zu berechnen. Wir werden

also einen möglichst langen Abschnitt der Zuwachskurve rechnerisch definieren und diese Kurve dann in den Untersuchungszeitraum hinein verlängern bzw. extrapolieren (siehe Abb. 6 a und 6 b, sowie die folgenden Abb).

Für jeden Einzelbaum oder jede Probe berechnen wir die mittleren Jahrringbreiten der Probestämme für die einzelnen Jahre des gewählten Ausgleichszeitraumes, der in der Regel nicht kürzer als 30 bis 40 Jahre sein soll. Diese jährlichen Mittelwerte legen wir nun der Berechnung einer einfachen Ausgleichskurve zugrunde, welche in der Lage ist, die Grundtendenz der Zuwachs- bzw. Jahrringbreitenbildung der in Frage stehenden Altersphase entsprechend zu beschreiben. (Welche Art der Zuwachskurve man als zweckvollste Ausgleichskurve betrachten kann, hängt vor allem von der Altersphase ab, für welche der Trend der "ungestörten" Zuwachsentwicklung zu berechnen ist.) Als Beispiele seien angeführt:

$$y = a + b \frac{1}{x} \quad (\text{N ä s l u n d, 1942}); \quad y = a + b \cdot x + c \frac{1}{x};$$

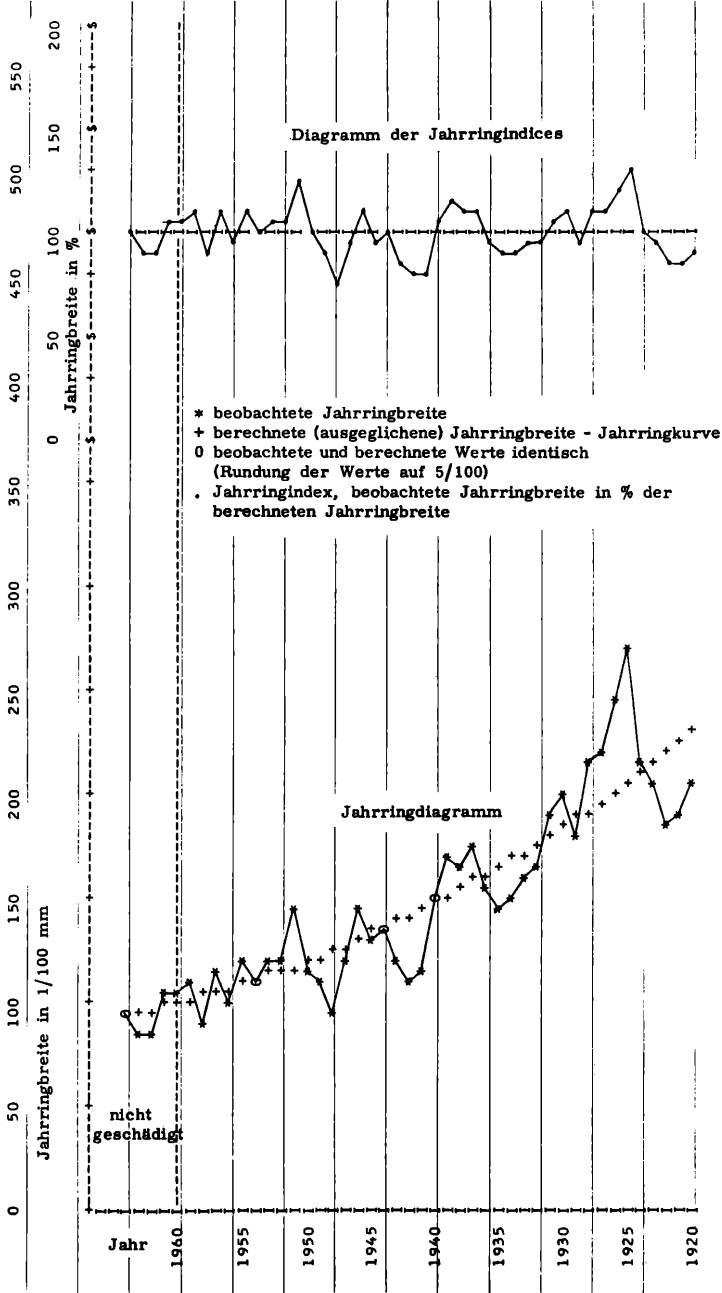
$$y = a \cdot x^b \qquad y = a \cdot x^b \cdot c^x$$

Hiebei bedeuten y = Jahrringbreite, x = Alter oder Jahreszahl, a , b , c sind Koeffizienten mit positiven oder negativen Vorzeichen. (Weitere Beispiele von zum Teil komplizierteren Funktionen siehe etwa bei G r o s e n b a u g h 1965).

Sind nur wenige Zuwachskurven zu ermitteln, dann ist aus Gründen der Wirtschaftlichkeit gegenüber der Berechnung von Ausgleichskurven der m e c h a n i s c h e n Bestimmung der i d e a l e n Zuwachskurven mit dem BAI-Gerät (B i t t e r l i c h 1965, 1966) der Vorzug zu geben. Bezüglich der notwendigen Extrapolation über den Ausgleichszeitraum (Zeitraum vor Schadenseintritt) hinaus bestehen bei diesem Verfahren keine Bedenken, wenn der allgemeine Trend (Alterstrend) vom Typ des in abnehmendem

J A H R R I N G D I A G R A M M H O C H F I L Z E N 1984

PR-NR: 80 HOEHE: 0 HOLZART: 1 KRAFTKL: ZONE: 109 VARIABLENKOMBINATION: 1 2 5



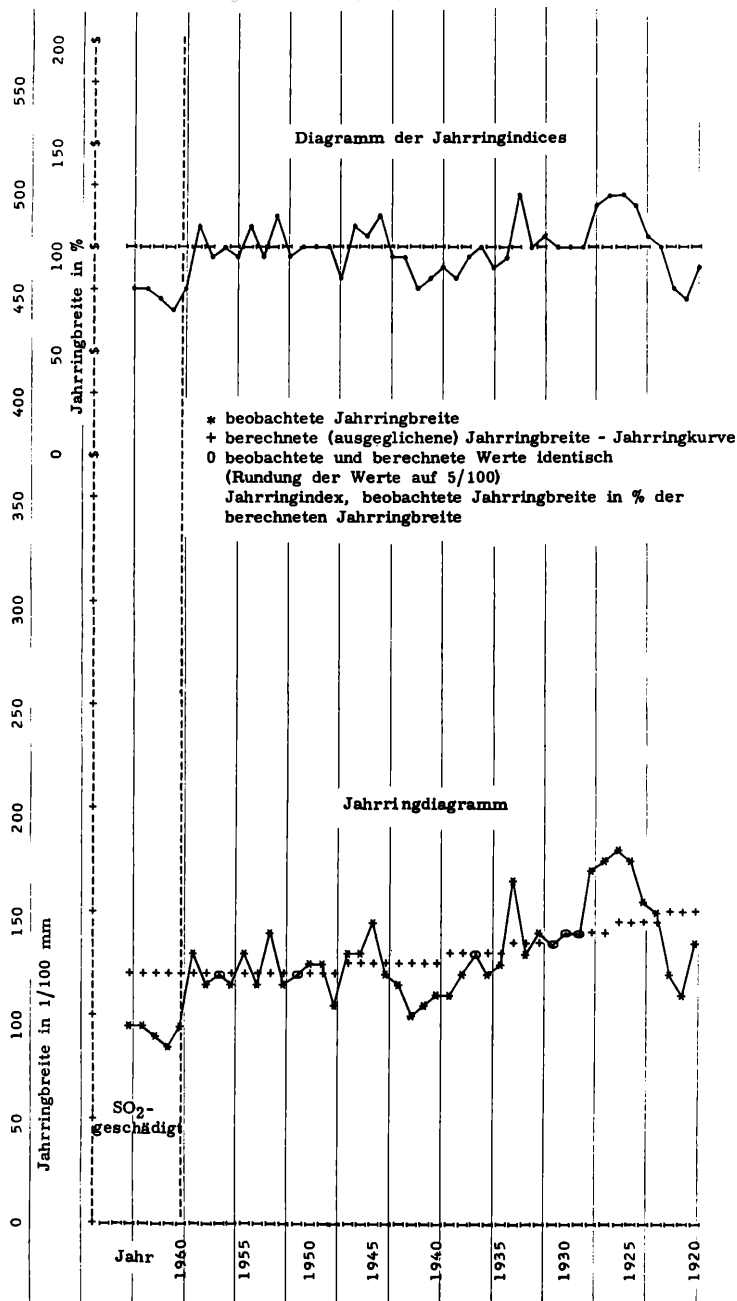
Berechnet und dargestellt mit IBM 1440

Abb. 6 a

JAHRRINGDIAGRAMM HOCHFILZEN 1964

PR.-NR: 13 HOEHE: HOLZART: 1 KRAFTKL: 2 ZONE: 134

VARIABLENKOMBINATION: 1 2 5



Berechnet und dargestellt mit IBM 1440

Abb. 6 b

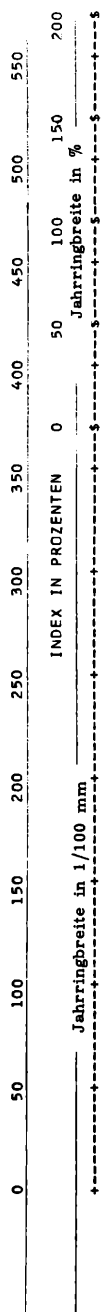
J A H R R I N G D I A G R A M M H O C H F I L Z E N 1969

PROBE NR: 1061

HOLZART: 1

VARIABLENKOMBINATION: 5

J A H R R I N G B R E I T E I N 5/100 M M



Jahrringdiagramm

Jahrringbreite in 1/100 mm

nicht geschädigt

Jahr

Abb. 7 a

Berechnet und dargestellt mit IBM 1440

1969

J A H R R I N G D I A G R A M H O C H F I L Z E N

PROBE NR: 531

1

VARIABLENKOMBINATION

J A H R I N G B R E I T E I N 5/100

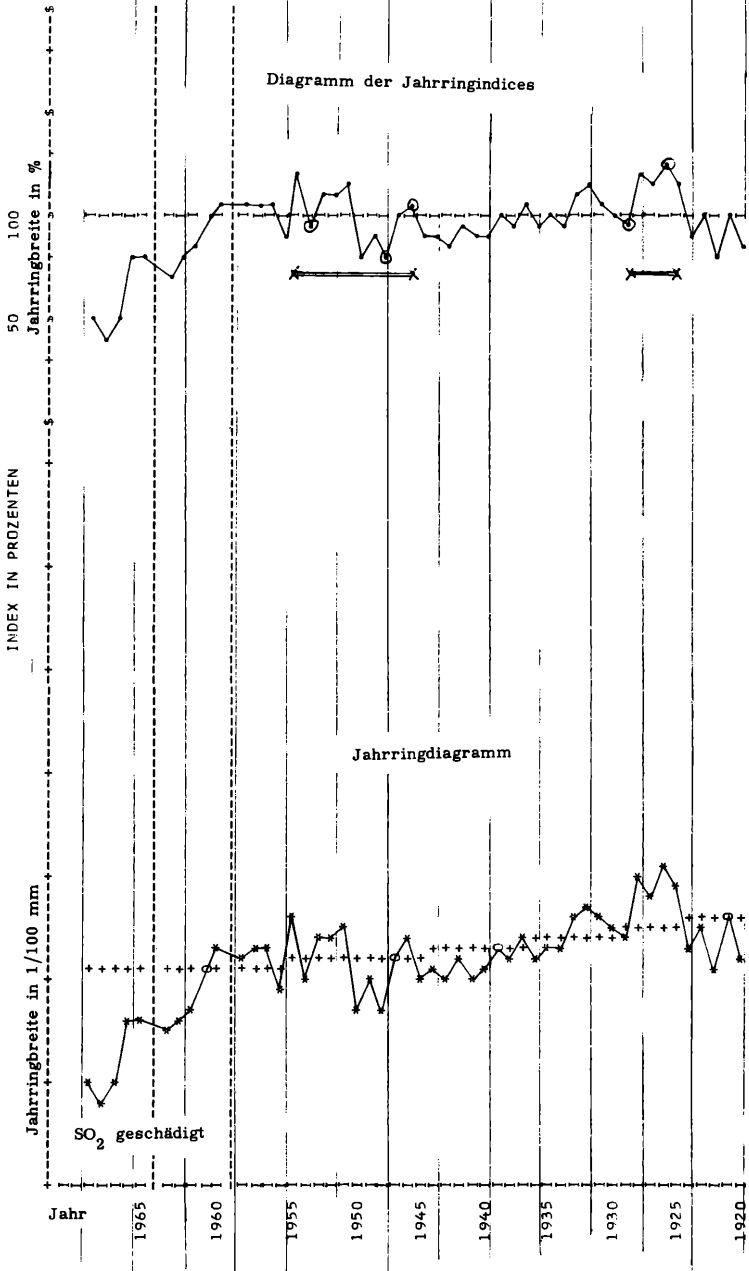


Abb. 7b

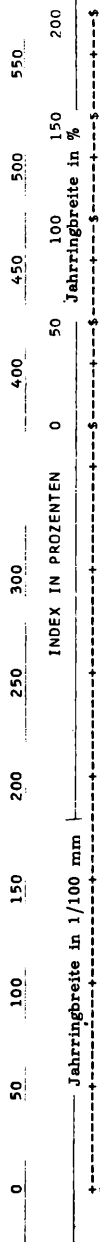
JAHRRINGDIAGRAMM HOCHFILZEN 1969

VARIABLENKOMBINATION: 5 6 2

HOLZART: 1

PROBE NR: 1131

JAHRRINGBREITE IN 5/100 MM



Jahrringdiagramm

nicht geschädigt

Jahrringbreite in 1/100 mm

Jahr

Abb. 8 a

Berechnet und dargestellt mit IBM 1440

J A H R R I N G D I A G R A M M H O C H F I L Z E N 1969

PROBE NR: 742

HOLZART: 1

VARIABLENKOMBINATION: 5

0

J A H R R I N G B R E I T E I N 5/100 M M

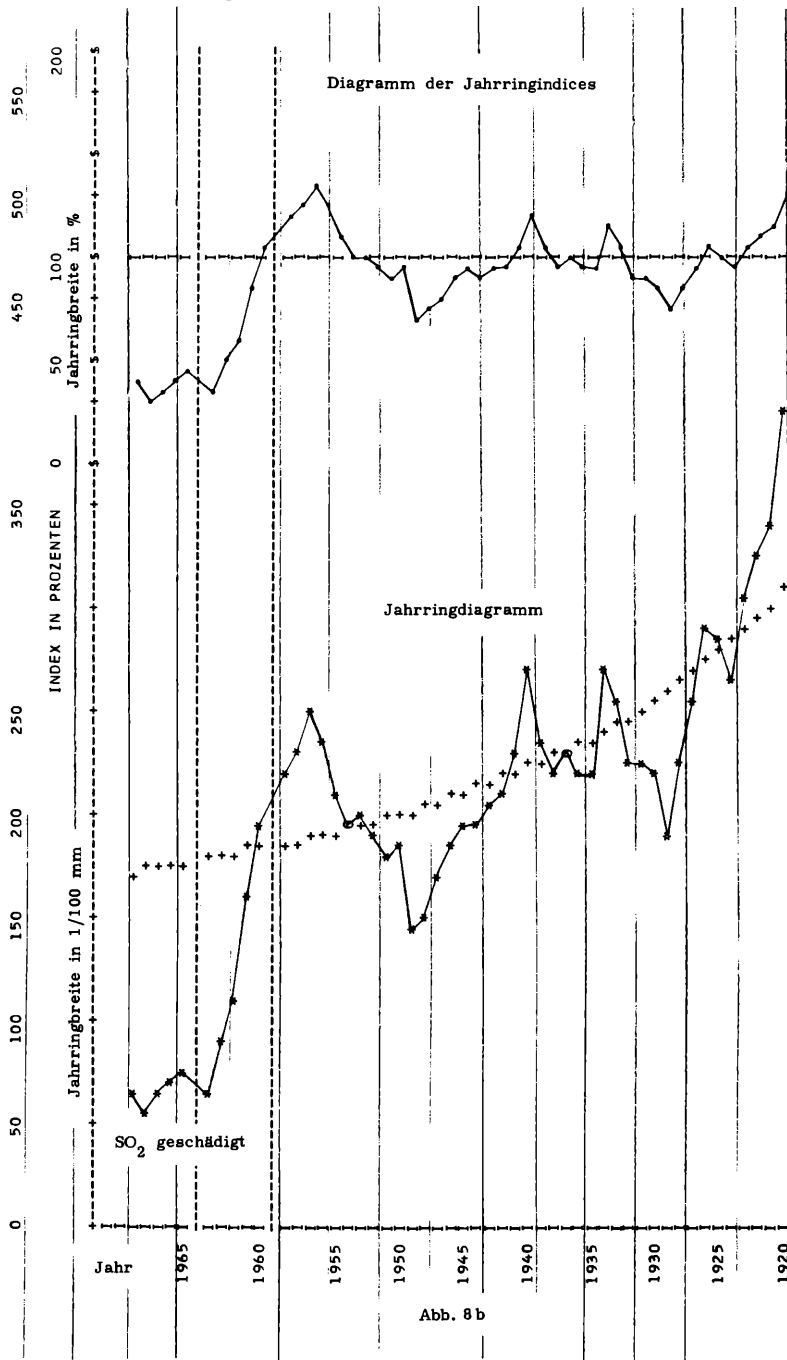


Abb. 8 b

Berechnet und dargestellt mit IBM 1440

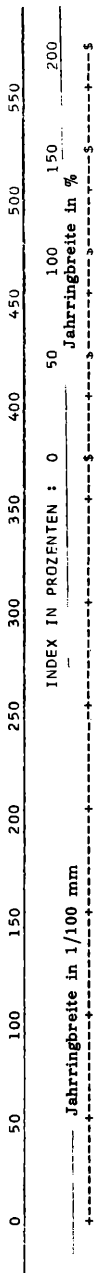
JAHRRINGDIAGRAMM HOCHFILZEN 1969

PROBE NR: 461

HOLZART: 1

VARIABLENKOMBINATION: 1 2

JAHRRINGBREITE IN 5/100 mm



Jahrringbreite in 1/100 mm

nicht geschädigt

Jahrringdiagramm

Berechnet und dargestellt mit IBM 1440

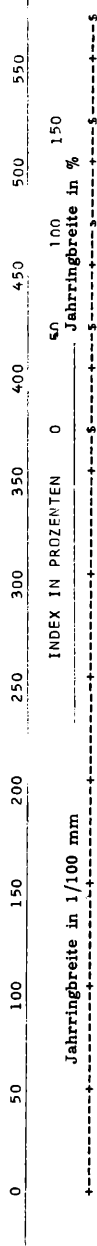
JAHRRINGDIAGRAMM HOCHFILZEN 1969

PROBE NR: 611

HOLZART: 1

VARIABLENKOMBINATION: 1 2 4

JAHRRINGSBREITE IN 5/100 MM



Jahrringdiagramm

Jahrringbreite in 1/100 mm

SO₂ geschädigt

Jahr

Abb. 9 b

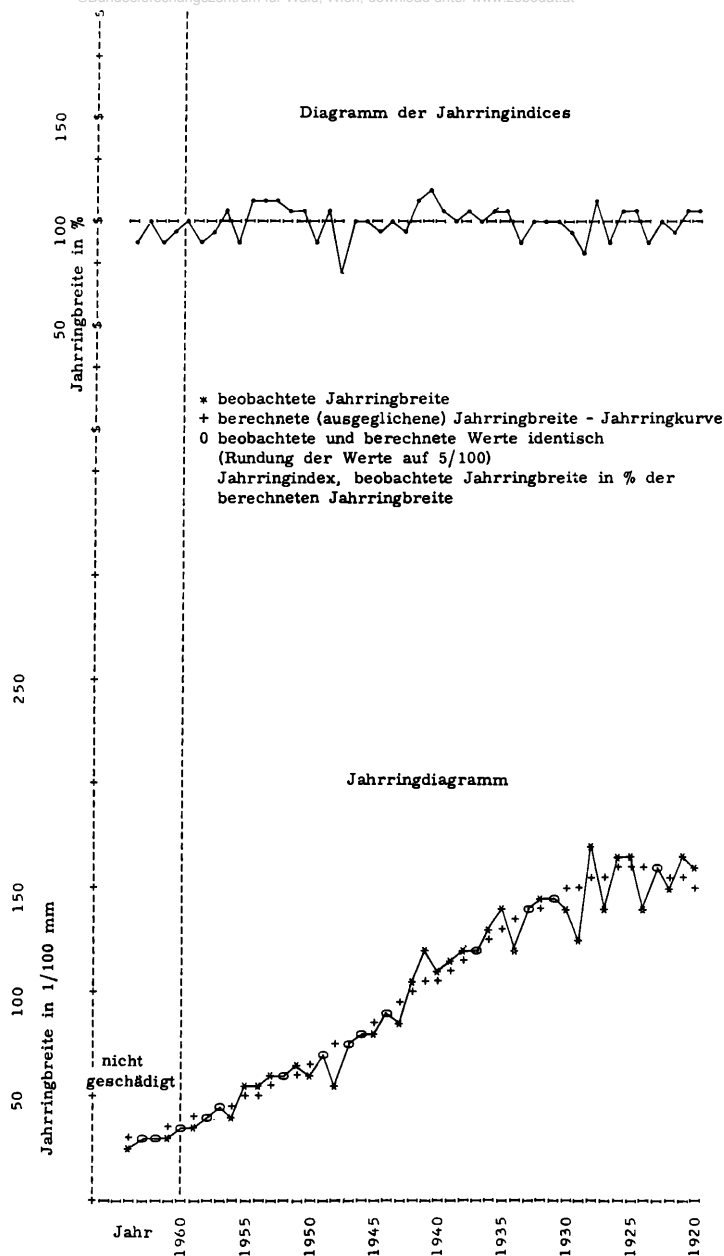
Berechnet und dargestellt mit IBM 1440

J A H R K N G D I A G R A M M H O C H F I L Z E N 1964

VARIABLENKOMBINATION:

ZONE: 143

HÖHE: HULZART:



Berechnet und dargestellt mit IBM 1440

Abb. 10 a

J A H R R I N G D I A G R A M M H O C H F I L Z E N 1964

HOLZART: ZONE:

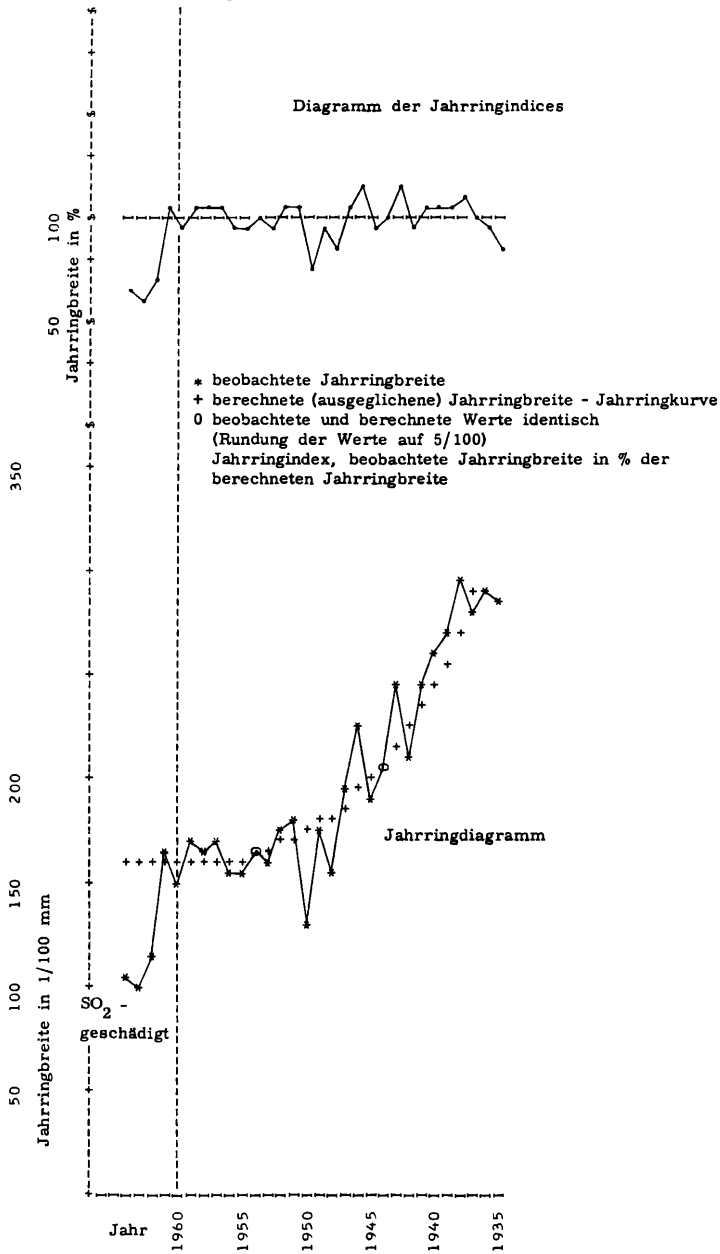


Abb. 10 b

Berechnet und dargestellt mit IBM 1440

Maße "gedämpften Wachstums" ist, sich etwa mit der Gleichung

$$y = a + b \frac{1}{x}$$

beschreiben läßt.

Wir berechnen in weiterer Folge jahrweise oder für Perioden die Verhältniszahlen "gemessene Jahrringbreiten zu den durchschnittlichen, berechneten, also erwarteten Jahrringbreiten". Diese relativen Jahrringbreiten, $V i n \acute{s}$ (1961, 1962, 1963, 1966 a) bezeichnet sie wie $N \ddot{a} s l u n d$ (1942) als $J a h r r i n g i n d i c e s - I -$, sind nun weitestgehend unabhängig von Alter und Standort, Bestandesstruktur, daher von Baum zu Baum oder von Baumklasse zu Baumklasse ($V i n \acute{s}$, 1966 a) und im weiteren Sinne von Bestand zu Bestand direkt miteinander vergleichbar (siehe diesbezüglich die "Diagramme der Jahrringindices" Abb. 4, Abb. 6a - Abb. 10b).

Setzen wir in Analogie zum vorhin beschriebenen einfachen Verfahren nun diese Jahrringindices beeinflusster Bestände ins Verhältnis zu den Indices der Vergleichsbestände, bilden wir also sogenannte $r e l a t i v e \ I n d i c e s - R I -$, dann haben wir damit das gesuchte Maß für die eingetretene Minderleistung an Radialzuwachs gefunden.

Dividieren wir nun den an geschädigten Stämmen festgestellten Radialzuwachs z_r (oder den Durchmesserzuwachs z_d) durch den zugehörigen relativen Index - RI -, dann erhalten wir auf diese Weise berechnet eine brauchbare Schätzung für den Radial- oder Durchmesserzuwachs ohne Rinde, welchen wir bei normaler Entwicklung, also ohne schädigenden Einfluß zu erwarten gehabt hätten.

$$z_{rb} = \frac{z_{rt}}{RI}$$

Sind uns diese Zahlen bekannt, können wir die "tatsächlich" ermittelten (z_{gt}) und die "erwarteten" bzw. "berech-

neten" werte (z_{rb}) für den Grundflächenzuwachs und in weiterer Folge die Grundflächenzuwachsverluste (oder -gewinne, so etwa nach Düngung) berechnen:

$$(z_{gt} - z_{gb}) = \frac{1}{2} \Delta z_g = \pi \cdot [d_e \cdot (z_{rt} - z_{rb}) - z_{rt}^2 + z_{rb}^2]$$

$$z_{gt} = \pi (d_e \cdot z_{rt} - z_{rt}^2)$$

$$z_{gb} = \pi (d_e \cdot z_{rb} - z_{rb}^2)$$

wobei d_e = Durchmesser ohne Rinde am Ende der Periode, z_{rt} = tatsächlich ermittelter Radialzuwachs ohne Rinde und z_{rb} = erwarteter bzw. berechneter Radialzuwachs ohne Rinde bedeuten. Die analogen Werte mit Rinde erhalten wir unter Verwendung geeigneter Rindenfaktoren oder Rindenfaktorfunktionen.

Dieses bisher vor allem von V i n š und dann von P o l l a n s c h ü t z (1966 b, 1967) bei Rauchscha- densuntersuchungen verwendete Verfahren gestattet Ver- gleiche der Zuwachsleistung unterschiedlicher Bestände (Unterschiede in bezug auf Standort, Alter, Bestandes- struktur) und kann somit als ein allgemeines Verfahren zur Ermittlung erhöhter oder verminderter Zuwachsleistung an- gesehen werden. Bei der Anwendbarkeit dieses Verfahrens müssen allerdings zwei Voraussetzungen gegeben sein:

- 1) Der Zeitraum für die Berechnung der Zuwachskurve soll möglichst lange sein, in der Regel 30 bis 40 Jahre (oder auch mehr).
- 2) Mit Rücksicht auf die sich durch die Extrapolation vergrößernden Unsicherheiten soll der Untersuchungs- zeitraum möglichst kurz sein, in der Regel nicht mehr als 10 bis 15 Jahre umfassen.

Die Voraussetzung Nr. 2) allerdings verliert umso mehr an Bedeutung, je mehr die zu vergleichenden Bestände sich hinsichtlich der grundsätzlichen Wachstums- bzw. Zuwachs- tendenzen entsprechen. (Dieser Fall tritt dann ein, wenn

es bei der Auswahl der Probeflächen oder Weiserflächen gelingt, im Untersuchungsgebiet ebenso wie im unbeeinflussten Vergleichsgebiet für die gewählten Straten (annähernd gleichwertige Probeflächen der verschiedenen Zonen, die zu einer Vergleichsgruppe zusammengefaßt wurden) Bestände zu finden, die nur relativ geringe Standorts-Bestandesstruktur- und Altersunterschiede aufweisen. Für Fälle mit länger als 15 Jahre zurückliegendem Beginn des Schadenseinflusses ist dieser Umstand von besonderer Bedeutung. Daß in solchen Fällen die Untersuchungen nur in älteren Beständen durchgeführt werden können, ist kein entscheidender Nachteil, denn die Bäume oder Bestände würden nach so langer Zeit nicht mehr existieren, wenn es sich nicht um einen mäßig starken oder schwachen chronischen Schädigungsverlauf gehandelt hätte, somit die jüngeren Bestände bisher entweder nicht meßbar oder nur unwesentlich beeinflusst worden sind.

Bei der Anwendung des geschilderten Verfahrens ist es überdies empfehlenswert, für alle Proben, die eine Vergleichsgruppe bilden, nur einen Typ einer Ausgleichsfunktion zu verwenden, denn jede der in Frage kommenden Kurvengleichungen stellt nur eine mehr oder minder gute Annäherung an eine ideale hypothetische Zuwachskurve dar und führt insbesondere in den Randbereichen, zumal bei einer Extrapolation, zu geringen Über- oder Unterschätzungen. Da wir jedoch nicht die mit Hilfe der Ausgleichsfunktion berechneten Werte als solche verwenden, sondern wie in unserem Falle die relativen Jahrringbreiten, die "Indices" berechnen und diese zueinander ins Verhältnis setzen, also "relative Indices" ermitteln, heben sich derartige systematische Abweichungen zum größten Teil auf, da sie bei Verwendung eines einzigen Kurventyps innerhalb einer Vergleichsgruppe von Proben gleichsinnige Tendenz aufweisen.

Den in diesem Abschnitt geschilderten Berechnungen muß in allen Fällen eine **V e r i f i k a t i o n** der Jahrringdiagramme der einzelnen Bohrkerne vorangehen. Die Überprüfung der Jahrringfolgen ist insoferne unbedingt notwendig, weil Immissionseinwirkungen dazu führen können, daß in einzelnen Jahren bei manchen beherrschten Bäumen, insbesondere im unteren Schaftbereich, die Jahrringbildung unterbleibt. Bei eigenen Untersuchungen in österreichischen Rauchschadensgebieten konnte bisher innerhalb 10-jähriger Zuwachsperioden in einzelnen Fällen bis zu 5 fehlende Jahresringe registriert werden. **V i n š** (1961, 1966 a) hatte im Rauchschadensgebiet des Erzgebirges (ČSSR) bei unterständigen Bäumen insgesamt bis zu 15 fehlende Jahresringe registriert! Das Ausbleiben des Dickenwachstums hängt offensichtlich vom Behinderungsgrad der physiologischen Funktionen des Baumes ab, der umso stärker ist, je ungünstiger die ökologischen Bedingungen sind. (Der Standort, die soziologische Stellung des Baumes, die Stärke und Dauer der Immissionseinwirkung zusammen mit ungünstigen Klimaeinflüssen, sind die maßgeblichsten Faktoren, die zu derartigen Störungen führen.)

Die Entdeckung fehlender Jahresringe kann nur durch einen Vergleich der Jahrringdiagramme geschädigter Bäume mit Standard- bzw. Vergleichsdiagrammen ungeschädigter Bäume erreicht werden. Der Vergleich der Diagramme erfolgt manuell durch zeitgleiche Zuordnung charakteristischer Jahrringfolgen (abnehmende, gleichbleibende, zunehmende Jahrringbreiten) unter besonderer Berücksichtigung von extrem engen oder auch breiten **W e i s e r j a h r e s - r i n g e n** (diagnostic rings). Zur Veranschaulichung wurden auf den Abb. 7 a und 7 b zwei charakteristische Jahrringfolgen und einzelne Weiserjahresringe bei den Jahrringindexkurven markiert. Diese Art der Überprüfung und Synchronisierung ist leider sehr zeitraubend, läßt sich aber im Gegensatz zu jahrringchronologischen Unter-

suchungen, die beispielsweise der Altersbestimmung historischer Objekte dienen (E c k s t e i n und B a u c h 1969), bisher nicht in befriedigender Weise alleine mit Hilfe einer elektronischen Rechananlage bewerkstelligen.

Erst nach erfolgter Überprüfung und Korrektur der für die Einzelproben registrierten Werte (Synchronisierung der gemessenen Werte und Einfügung der Werte "Null" für fehlende Jahresringe) können die jahrweisen Mittelwerte der Jahrringbreiten für bestimmte Gruppierungen der Proben gebildet und diese den vorhin beschriebenen Berechnungen unterstellt werden. Die Zusammenfassung von Proben und Mittelung der Jahrringbreiten bringt nicht nur eine arbeitserleichternde Reduktion des umfangreichen Zahlenmaterials mit sich, sondern hat auch eine entsprechende praktische Bedeutung.

Im Gegensatz zu Witterungseinflüssen, auf die Bäume verschiedener Baumklassen innerhalb eines Bestandes in der Regel mit r e l a t i v gleich großen Zuwachsreaktionen ansprechen, werden beispielsweise durch SO_2 -Immissionen meist bei beherrschten Bäumen stärkere relative Zuwachsrückgänge hervorgerufen als bei herrschenden Bäumen. Außerdem erfährt die Variabilität der Jahrringbreiten bei allen Baumklassen eine merkliche Erhöhung. Aus diesen Gründen kann es von Vorteil sein, wenn die Zuwachsuntersuchungen nicht nur an Bestandesmittelstämmen, sondern für alle Baumklassen erfolgen. Die Berechnungen werden dann zweckmäßigerweise getrennt für die einzelnen Baumklassen durchgeführt. Sofern bei den Außenerhebungen der Schädigungsgrad der Einzelbäume angesprochen wurde, bildet dieses qualitative Merkmal ein weiteres Kriterium für eine sinnvolle Gruppierung des Probenmaterials. Durch die jahrweise Mittelung der Jahrringbreiten derartiger Gruppen von Proben wird erreicht, daß individuelle und vom Kleinststandort sowie vom lokalen Bestandesschluß geprägte Unterschiede

ausgeschaltet und die Variabilität der Jahrringbreiten entscheidend verringert wird. Die Jahrringdiagramme gewinnen dadurch an Übersichtlichkeit, und die Wahl einer jeweils geeigneten Ausgleichskurve zur Ermittlung der durchschnittlich erwarteten Jahrringbreiten wird erleichtert.

6. Bedeutung der Ergebnisse von Zuwachsuntersuchungen im Ver- gleich zu biochemischen und anderen Untersuchungen

Während uns Luftanalysen darüber Bescheid geben, in welchen Konzentrationen Schadstoffe zu ganz bestimmten Zeiten - registrierende Verfahren der Luftuntersuchung - an einen bestimmten Ort gelangten, oder uns angeben, welche Mengen an Schadstoffen innerhalb einer Zeitperiode in Summe an einen bestimmten Ort gelangten - Langzeitmethoden z.B. bei SO_2 Barytlappenmethode -, geben uns biochemische Methoden, z.B. Blatt- oder Nadelanalysen Hinweise dafür, welche Mengen an Schadstoff in den Assimilationsorganen bei chronischem Schädigungsverlauf akkumuliert wurden.

Wir wissen aus diesen beiden Untersuchungen nun zwar, daß eine Immissionseinwirkung stattgefunden hat, kennen aber im Falle eines chronischen Schädigungsverlaufes den effektiven Immissionseinfluß auf die Produktions- bzw. Zuwachseleistung, der je nach Disposition, Klimaeinfluß und Standort in unterschiedlichem Maße betroffenen Bäume, noch nicht. Über die effektiv entstandenen Zuwachsverluste können uns somit nur gewissenhaft durchgeführte ertragskundliche Untersuchungen brauchbare Ergebnisse liefern. Hierbei verschaffen uns aber gerade die Ergebnisse von Nadel- und Luftanalysen wertvolle Hinweise hinsichtlich der lokalen Intensität der Immissionen und geben uns somit die nötigen Anhaltspunkte bezüglich Abgrenzung und Zonierung eines Schadensgebietes.

Die Schätzung von Zuwachsverlusten an Hand allgemeiner nach okular feststellbaren Schädigungsgraden gegliederten Tabellen kommt wegen der großen Unsicherheiten für eine Beurteilung von Rauchschäden nicht in Betracht. Okular feststellbare Schädigungsgrade können aber sowohl bei der Verwertung der Ergebnisse von Nadelanalysen, als auch bei Zuwachsuntersuchungen als sehr wertvolle Gliederungsmerkmale dienen.

Ertragskundliche Untersuchungen können ganz erheblich erleichtert werden, wenn für das zu untersuchende Gebiet ein mit Infrarotfarbfilm durchgeführter Bildflug vorhanden ist (P o l l a n s c h ü t z 1968).

Während es mit Luft- und Nadelanalysen gelingt, Immissionen e i n d e u t i g nachzuweisen, geben uns sichtbare Schädigungsmerkmale und Infrarotfarbbilder Hinweise bezüglich der Schädigungsintensität. Über das effektive Ausmaß des eingetretenen Schadens können dagegen nur intensive Zuwachsuntersuchungen zweifelsfreie Auskunft geben. Durch Zuwachsuntersuchungen gefundene Wachstumsdepressionen können nur dann einwandfrei als Immissionsfolgen erkannt werden, wenn bei der Gewinnung des Probenmaterials (Bohrkernproben) auf andere abiotische oder biotische Schädigungen geachtet wird, und durch chemische Untersuchungen der Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung hergestellt wurde. Die einwandfreie Erkennung und Beurteilung von Rauchschäden setzt somit die gleichzeitige Anwendung chemischer wie ertragskundlicher Methoden voraus.

7. M ö g l i c h e M e t h o d e n d e r e r t r a g s - k u n d l i c h e n R a u c h s c h a d e n s f e s t - s t e l l u n g u n d d e r e n A n w e n d b a r k e i t

Wie den vorausgegangenen Ausführungen zu entnehmen ist, kommen für ertragskundliche Rauchschadensfeststellungen zwei grundsätzlich verschiedene Methoden in Betracht. Die

M e t h o d e A bedient sich D a u e r b e o b a c h -
t u n g s f l ä c h e n oder Weiserflächen, auf denen in
periodischen Abständen entsprechende Erhebungen und Mes-
sungen (vor allem Durchmesserbestimmungen und auch Höhen-
messungen) vorgenommen werden. Die M e t h o d e B
basiert auf t e m p o r ä r e n E r h e b u n g e n, die
auf alle Fälle mit B o h r k e r n u n t e r s u c h u n -
g e n verbunden sind. In beiden Fällen ist es von ent-
scheidendem Vorteil, wenn die Untersuchungen durch Ana-
lysen gefällter Probestämme untermauert und abgesichert
werden. Die Anwendung der einen oder der anderen Methode
hängt vom Zweck der Untersuchung und von der Art des Rauch-
schadensfalles ab.

Geht es darum, bei einer Industriegründung etwa in einem
bisher rauchschadensfreien oder bisher nur mäßig belaste-
tem Gebiet die möglichen künftigen Auswirkungen hinrei-
chend genau zu erfassen, dann sollte unbedingt der Methode
A der Vorzug gegeben werden. Durch die Auslegung einer ge-
nügenden Anzahl von Probeflächen (systematische oder an-
nähernd systematische Verteilung) innerhalb und außerhalb
des zu erwartenden Rauchschadensgebietes ist es möglich,
die Ausgangslage genau zu fixieren, und in weiterer Folge
gelingt es, beide Zuwachskomponenten (verminderte Zuwachs-
leistung der Einzelbäume und Bestockungsverminderung durch
Ausfall von Produktionsgliedern, siehe Abschnitt 3) rela-
tiv einfach und in Abhängigkeit von der Dichte des Proben-
netzes mit der gewünschten Genauigkeit zu wählbaren Zeit-
punkten zu erfassen. Da eine Prognose über die künftige
Ausdehnung eines Immissionsgebietes, selbst bei Vorliegen
entsprechender meteorologischer Voruntersuchungen und be-
kannter Emissionskennwerte, insbesondere bei Vorliegen
stark differenzierter orographischer Verhältnisse, mit
großen Unsicherheiten behaftet ist, wird man das Netz der
Probeflächen von Anfang an soweit ausdehnen, daß mit gros-
ser Sicherheit eine genügende Zahl von Vergleichsproben

aus unbeeinflussten Bereichen in die Beobachtung einbezogen sind (S t e f a n und P o l l a n s c h ü t z 1967).

Für die Methode A wird man sich auch dann entscheiden, wenn es darum geht, in einem älteren Rauchschadensgebiet einerseits den gegenwärtigen Zustand zu erfassen und andererseits die weitere Entwicklung unter Kontrolle zu bringen. In diesem Falle ist es zweckmäßig, wenn man sich etwa an Hand eines mit Infrarotfarbfilm durchgeführten Bildfluges, oder durch Nadelanalysen, oder zumindest durch eine Kartierung des Schadensgebietes nach okular feststellbaren Schädigungsmerkmalen, einerseits über die momentane Ausdehnung Anhaltspunkte und andererseits für eine mögliche Zonierung die nötigen Unterlagen beschafft. Die Auswahl der Probeflächen oder der Weiserflächen erfolgt in diesem Falle nicht systematisch, sondern im Anhalt an die gewählten Straten subjektiv. Hierbei wird getrachtet in allen Zonen hinsichtlich Standort, Alter, Baumartenmischung und Bestandesaufbau vergleichbare Bestände zu finden (siehe S t e i n 1965).

Derartige langfristige Untersuchungen können in sinnvoller Weise durch einmalige Bohrkernuntersuchungen unterstützt werden. Zu beachten ist jedoch, daß die Bohrkernmethode nicht im Bereich der eigentlichen Probe- oder Weiserflächen zur Anwendung gelangen darf, wenn die periodischen Durchmesserbestimmungen fortgesetzt werden sollen. Denn durch die Bohrung entstehen Verletzungen, die den weiteren Zuwachsverlauf entscheidend beeinflussen.

In alten Rauchschadensgebieten (der Beginn der nachteiligen Beeinflussung liegt mehr als 10 - 15 Jahre zurück) können auch temporäre Erhebungen (Methode B) zur Anwendung gelangen, wobei den Bohrkernauswertungen zentrale Bedeutung zukommt (L u x 1965 und V i n š 1962, 1965). Hin-

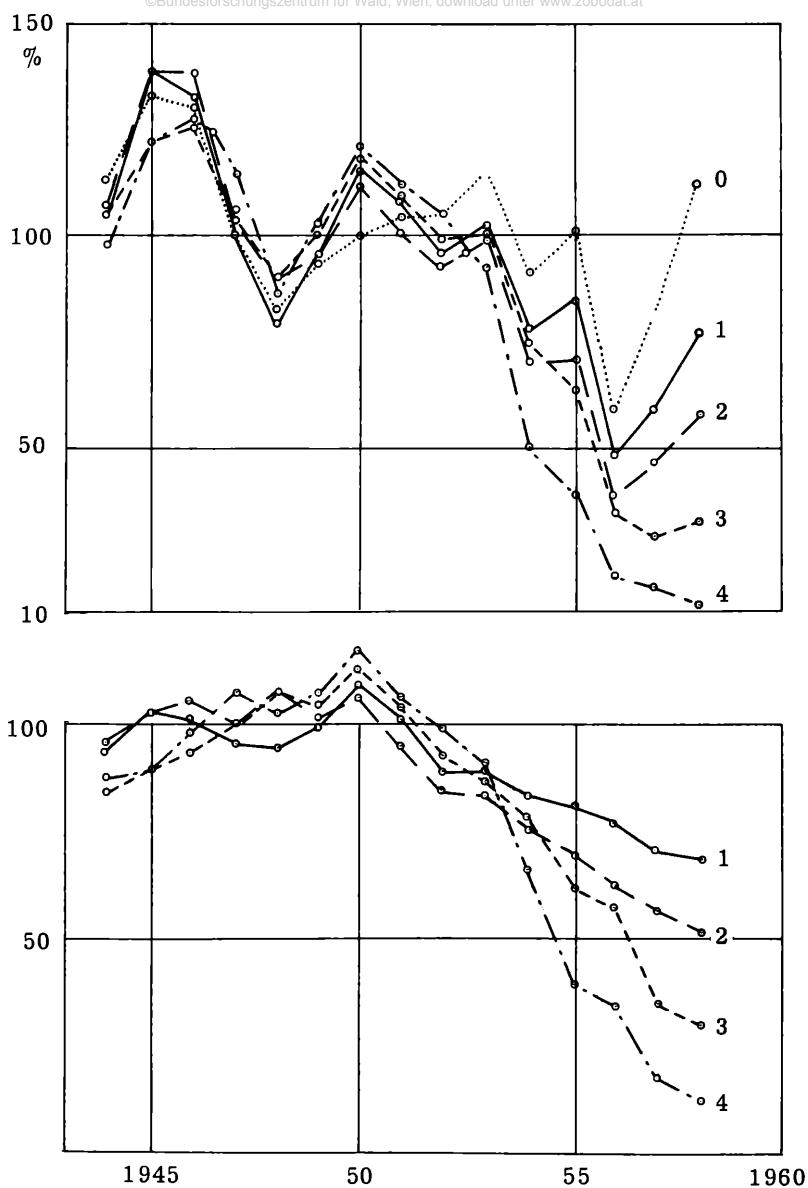


Abb. 11

Durchschnittliche Jahrringindexkurven (oben) und relative Werte der durchschnittlichen Jahrringindices (relative Indices - RI -) einzelner Schadensstufen, bezogen auf Jahrringindices ungeschädigter Bestände (unten).

sichtlich Zonierung und Auswahl der Probeflächen gelten die vorhin geschilderten Prinzipien in analoger Weise. Bei entsprechend gezielter Auswahl der zu untersuchenden Bestände (respektive der Probeflächen) geben die ermittelten Jahrringindexkurven die ausschlaggebende Basis für die Beurteilung der Rauchsäden (siehe Abb. 11, nach V i n s ́, 1962).

Bei sehr alten Rauchsadensgebieten können, insbesondere wenn innerhalb verschiedener Zeitperioden unterschiedliche oder aussetzende Immissionsbeeinflussungen gegeben waren, zunächst einmal jahrringchronologische Untersuchungen wesentliche Hinweise über den Schädigungsverlauf vermitteln (P o l l a n s c h ü t z 1962). Bei sehr lange zurückliegendem Schädigungsbeginn wird man - sofern dies gewünscht ist - aus einer Gegenüberstellung der Jahrringbreitenentwicklungen ausgewählter alter Bestände Anhaltspunkte für die Schätzung des Ausmaßes der Beeinträchtigung der Produktions- bzw. Zuwachsleistung herleiten können. In solchen Fällen wird man auch Daten einer für das Gebiet geeigneten Ertragstafel für Vergleichszwecke zu Rate ziehen.

Die Methode B und das damit verbundene in Abschnitt 5 eingehend beschriebene Verfahren der intensiven Bohrkernauswertung kann bei Rauchsadensfällen zur Anwendung gelangen, wenn zwischen Erhebung und Beginn der Schädigung 10 bis maximal 15 Jahre verstrichen sind, oder wenn nur Zuwachsbeeinträchtigungen gefragt sind, die innerhalb dieser Zeitspanne von 10 - 15 Jahren ohne Rücksicht auf die bereits vorausgegangenen Zuwachsdepressionen eingetreten sind. Diese zeitliche Beschränkung steht damit im Zusammenhang, daß bei diesem Verfahren eine Extrapolation der berechneten Jahrringkurven vorgenommen wird. Die ebenfalls im Abschnitt 5 beschriebene einfache Berechnung der relativen Zuwachsver-

luste (bzw. der verminderten relativen Zuwachsleistung) kann im Rahmen der Methode B nur dann zur Anwendung gelangen, wenn der Trend der Jahrringbreiten (Alterstrend) des jeweiligen geschädigten Bestandes bis zum Zeitpunkt des Schadenseintrittes mit dem Trend der Jahrringbreiten des zugeordneten Vergleichsbestandes übereinstimmt (siehe Abb. 5). Es wird in solchen Fällen somit vorausgesetzt, daß die Auswahl der zu untersuchenden Bestände sehr kritisch unter Bedachtnahme auf analoge Standorts- und Bestandesverhältnisse getroffen wird.

Während bei Anwendung der Methode A außer der verminderten Zuwachsleistung der Einzelbäume auch die zweite Zuwachskomponente (Bestockungsverminderung) mit hinreichender Genauigkeit erhoben werden kann, ist man bei Anwendung der Methode B auf bestandesweise Aufzeichnungen über die Schadholzanfälle und auf vergleichende Untersuchungen gleichwertiger Probeflächen der verschiedenen Zonen und auch auf Vergleiche mit Ertragstafeln angewiesen.

Die Zahl der im Rahmen der Methode A oder B zu untersuchenden Probeflächen und die Anzahl der Probestämme pro Fläche kann nur in jedem einzelnen Falle fixiert werden. Je homogener die Standorts- und Bestandesverhältnisse im Untersuchungsgebiet und je einfacher die orographischen Gegebenheiten sind, um so geringer wird man die Zahl der Probe- der Weiserflächen wählen, um so größer werden diese in ihrer Flächenausdehnung festgelegt, so daß pro Probe zumindest 50 Bäume vorhanden sind. Wenn sehr differenzierte Verhältnisse vorliegen, dann wird man einer großen Anzahl kleiner Probeflächen den Vorzug geben. Die Probeflächen sollen in diesem Falle jedoch zumindest so groß gewählt werden, daß 20 Bäume pro Probe untersucht werden können.

Abschließend sei nochmals in Erinnerung gerufen, daß es notwendig ist, verschiedenartige Methoden der Rauchscha-

densuntersuchung in entsprechender Koordination zur Anwendung zu bringen, wenn die Ursachen und die Wirkungen in befriedigender Weise bestimmt werden sollen. Sehr vorteilhaft ist es, eine biochemische Methode - Nadelanalysen - mit einer ertragskundlichen Methode zu kombinieren, in der Art, daß der Chemiker seine Probebäume im Bereich der ertragskundlichen Probeflächen auswählt. Unter dieser Voraussetzung ist es möglich die festgestellten Schadstoffmengen zu den registrierten Zuwachsverlusten in Beziehung zu setzen. Die Rauchschadensdiagnose gewinnt dadurch ganz erheblich an Aussagekraft und Informationsgehalt.

8. L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

- ABETZ, P., 1960: "Die Genauigkeit der Radialzuwachs- und Jahrringbreitenmessung mit der Eklund'schen Jahrringmeßmaschine".
Allg. Forst- u. Jagdztg., 131, 4, 74-80.
- ABETZ, P., MERKEL, O. und SCHEIRER, E., 1964: "Düngungsversuche in Fichtenbeständen Südbadens".
Allg. Forst- u. Jagdztg., 135, 10, 247-262.
- BITTERLICH, W., 1965: "Das Biegelinien-Ausgleichs- und Interpolationsgerät".
Allg. Forstzeitung, 76. Jg./Heft 8.
- 1966: "Trendlinien weisen in die Zukunft".
Holz-Kurier, XXI. Jg., Nr. 35.
- BÜSGEN, M., und MÜNCH, E., 1926: "Bau und Leben unserer Waldbäume". 3. Aufl. (Jena)
- ECKSTEIN, D., und BAUCH, J., 1969: "Beitrag zur Rationalisierung des dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit".
Forstwiss. Centralbl. 88. Jg./Heft 4.

- EKLUND, B., 1950: "Skogsforskningsinstitutes
arsringmättningsmaskiner" (the Swedish
Forest Research Institutes machines for
measuring annual rings).
Medd. fran Statens SSFI 38,5, 1-77.
- ENDERLEIN, H., 1964: "Beispiel einer Ermittlung und Be-
wertung von Zuwachsverlusten an rauch-
geschädigten Kiefern, dargestellt an
Hand einer 1959 wiederholt durchgeführ-
ten Inventur im Emissionsgebiet des
Kunstfaserwerkes "Wilhelm Pieck" Schwar-
za". Archiv f.Forstwesen, Bd.13, H. 2.
- GROSENBAUGH, L.R., 1965: "Generalization and Repara-
meterization of Some Sigmoid and Other
Nonlinear Functions".
Biometrics, Sept. 1965.
- KENNEL, R., 1968: "Die Auswertung eines Praxisdüngungs-
versuches als einfaches Beispiel inte-
grierter Datenverarbeitung in der Forst-
wirtschaft".
Forstwiss.Centralbl., 87.Jg./Heft 5.
- LUX, H., 1965: "Ergebnisse von Zuwachsuntersuchungen
(Bohrspananalysen) im Rauchschadensge-
biet Dübener Heide".
Archiv f. Forstw., Bd.14/Heft 10.
- MATÉRN, B., 1956: "On the Geometrie of the Cross-Section
of a Stem".
Medd. fran SSFI, 46.

1961: "On the Precision of Estimates of
Diameter Growth". IUFRO-Referat.
- NÄSLUND, M., 1942: "Den gamla norrlandska granskogens
reaktionsförmaga efter genomhuggning".
Medd.Stat.skogsförsöksanst., H.33 1.

POLLANSCHÜTZ. J., 1962: "Rauchschadensfeststellung unter besonderer Berücksichtigung von Bohrkernanalysen".

Allg. Forstzeitung, 73.Jg., Folge 7/8.

1963: "Zuwachsmessungen und Bohrkernanalysen - Meßmethoden und Genauigkeit".

Allg. Forstzeitung, 74.Jg., Folge 15/16 und 17/18.

1965: "Eine neue Methode der Formzahl- und Massenbestimmung stehender Stämme - Neue Form- bzw. Kubierungsfunktionen und Ihre Anwendung".

Mittlg.d.Forstl.Bundesversuchsanst.Maria-brunn, 68.Heft.

1966 a: "Methodik der Rauchschadensfeststellung, wie sie gegenwärtig von der Forstlichen Bundesversuchsanstalt angewandt wird".

Mittlg.d.Forstl.Bundesversuchsanstalt Heft 73.

1966 b: "Verfahren zur objektiven "Abschätzung" (Messung) vermindelter Zuwachsleistung von Einzelbäumen und Beständen".

Mittlg.d.Forstl.Bundeversuchsanstalt Heft 73.

1967: "Objektive Ermittlung der Auswirkung äußerer Einflüsse auf die Zuwachsleistung".

Mittlg.d.Forstl.Bundesversuchsanstalt Heft 77/1.

1968: "Erste Ergebnisse über die Verwendung eines Infrarot-Farbfilmes in Österreich für die Zwecke der Rauchschadens-

feststellung".

Centralbl.f.d.ges.Forstw., 85.Jg./Heft 2.

PRODAN, M., 1961: "Forstliche Biometrie".

BLV Verlagsgesellschaft München,Bonn,Wien.

SIOSTRZONEK, E., 1958: "Radialzuwachs und Flächenzuwachs".

Forstwiss.Centralbl., 77, 237-253.

STEFAN, K., und POLLANSCHÜTZ, J., 1967: "Entstehung und
Entwicklung eines Rauchschadensgebietes
in der Umgebung eines Magnesitwerkes".
Allg.Forstzeitung, 78.Jg./Folge 3.

STEIN, G., 1965: "Der forstliche Zustandsvergleich -
Eine Diagnosemethode in rauchgeschädig-
ten Waldgebieten".

Wiss. Zeitschr. d.techn.Uni.Dresden,
Jg.14/Heft 4.

VINŠ, B., 1961 a: "Struktura a Vývoj Přizozených Porostů
s Jedlí (Příspěvek k metodice výzkumu
pralesu)".

Práce býzkumných ústavu lesnických,
ČSSR, svazek 23.

1961 b: "Störungen der Jahrringbildung durch
Rauchschäden".

Naturwissenschaften 48.

1962 a: "Verwendung der Jahrringanalysen zum
Nachweis von Rauchschäden".

Ústav Vědeckotechnických Informací
Mzlvh, Ročník 8, (XXXV), Cislo 4.

1962 b: "Die Auswertung jahrringchronologischer
Untersuchungen in rauchgeschädigten
Fichtenwäldern des Erzgebirges".

Wiss.Zeitschr.d.techn.Uni.Dresden,
Jg.11/Heft 3.

1963: "Pokles Tloušťkového Přírůstu Lesních

Porostů v Oblastech Poškozených
Kouřovými Exhalacemi".
Práce výzkumných ústavu lesnických, ČSSR.
zvazek 26.

- VINŠ, B., 1965: "A method of smoke injury evaluation -
determination of increment decrease".
Comm.Inst.For.Čechosloveniae: 235-245.
- 1966 a: "Die Jahrringbreite im gleichaltrigen
Fichtenreinbestand und ihre Veränderun-
gen".
Wiss.Zeitschr.d.techn.Uni.Dresden, Jg.15/
Heft 2.
- 1966 b: "Störungen in der Jahrringbildung als
Fehlerquellen bei der Zuwachsbohrung".
Mitt.d.Schweiz.Anst.f.d.forstl.Versuchs-
wesen 42, 4: 217-232.