

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

von Said ATHARI

Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde
der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen

E I N L E I T U N G

Der Schädigungsgrad der durch Immission in Mitleidenschaft gezogenen Waldbäume kann u.a. mittels ertragskundlicher Zuwachsuntersuchungen definiert werden. Diese liefern uns Informationen über die Auswirkung der Immission auf den Zuwachs, die als Entscheidungshilfe bei umwelt- und wirtschaftspolitischen Problemen dienen können.

Zahlreiche Forschungsergebnisse haben bewiesen, daß der Einfluß von vegetationswirksamen Luftverunreinigungen sich besonders deutlich bei der Jahrringbildung der Einzelbäume bemerkbar macht. Zur Untersuchung der Zuwachsentwicklung der Bäume können Holzproben in Form von Bohrspänen oder Stammscheiben entnommen und ausgewertet werden. Bei der Rauchschadenfeststellung wurde die methodische Frage der Zuwachsuntersuchungen häufig diskutiert. Hierbei wurde die Bohrspananalyse in den meisten Fällen als eine sehr geeignete Methode bezeichnet (ASLANBOGA, 1976; HOLM und SUNDBERG, 1975; LUX, 1965; von PLATEN, 1968; POLLANSCHÜTZ, 1962, 1966, 1967 1975; VINSŠ, 1961, 1962 1965, 1967, 1969, 1971, 1972, 1973).

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Frage der Jahrringbildung rauchgeschädigter Fichten.

U N T E R S U C H U N G S G E B I E T U N D M E T H O D I K

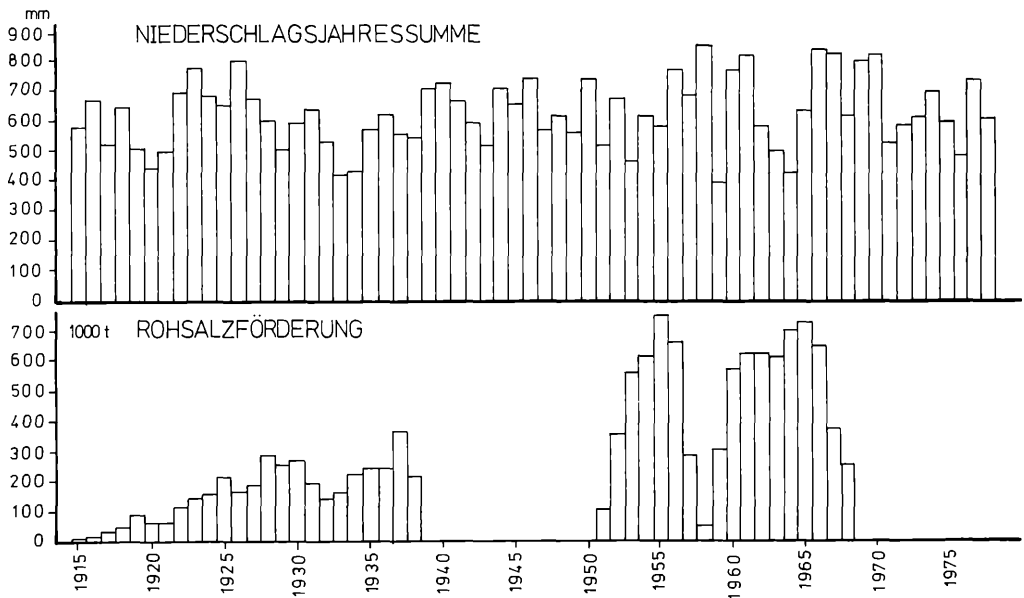
S c h a d e n s q u e l l e

Als Immissionsquelle gilt ein im Jahre 1969 stillgelegtes Kaliwerk. Das Rohsalz wurde in diesem Werk in den Jahren 1915 -

1939 und 1950 - 1969 gefördert. Nach der erneuten Produktionsaufnahme des Kaliwerkes im Jahre 1950 wurden die ersten Gutachten über die Immissionsfolgen im Jahre 1955 erstellt. Weitere Gutachten mit sehr unterschiedlichen Beurteilungen des Schadensausmaßes wurden bis 1968 abgegeben. Das jüngste Gutachten über die Zuwachsverluste des nördlich vom Werk gelegenen Waldes infolge von Immission wurde im Jahre 1969 von VINS erstellt.

Die Menge des im Kaliwerk geförderten Rohsalzes wurde aus dem Gutachten von VINS (1969) entnommen und in Abbildung 1 graphisch dargestellt.

Abbildung 1: NIEDERSCHLAGSSUMME IM UNTERSUCHUNGSGEBIET UND ROHSALZFÖRDERUNG DES KALIWERKES SEIT 1915 (Angaben nach VINS, 1969)



Aufnahmeverfahren

Das Aufnahmeverfahren stellt die Grundlage einer objektiven Untersuchung der Zuwachsentwicklung rauchgeschädigter Bestände dar. Durch eine zweckmäßige Stratifikation der Waldbestände hinsichtlich ihrer Merkmale (Alter, Standort, Beschädigungsgrad, Baumartenzusammensetzung, etc.) können annähernd homogene Baumgruppen gebildet werden. Die untersuchten Bestände wurden daher nach Alter und Beschädigungsgrad stratifiziert.

Die aufgenommenen Fichtenbestände sind zwischen 61 und 120 Jahre alt. Es wurden drei Altersklassen getrennt behandelt:

Altersklasse IV	61 - 80 Jahre
Altersklasse V	81 - 100 Jahre
Altersklasse VI	101 - 120 Jahre.

Die hier aufgenommenen Bestände liegen somit in den Altersklassen IV - VI.

Hinsichtlich des Beschädigungsgrades wurden die geschädigten Bestände in zwei Gruppen eingeteilt. Für diese Einordnung wurde das Gutachten von VINŠ (1969) herangezogen. Hierbei wurden die stark geschädigten Bestände in der ersten Gruppe, die schwach- und mittelgeschädigten Bestände in der zweiten Gruppe zusammengefaßt. Drei gesunde Bestände dienten als Kontrollbestände beim Zuwachsvergleich.

Weiterhin sollte in dem rauchgeschädigten Waldgebiet die Wirkung der Baumklasse auf den Zuwachs näher untersucht werden. Aus diesem Grunde wurden die einzelnen Bestände nach Baumklassen stratifiziert. Bei der Aufnahme sollten daher in jedem Bestand von den hier verwendeten Baumklassen die gleiche Anzahl von Bäumen aufgenommen werden. Da aber bei den rauchgeschädigten Bäumen die Krone meistens nicht der augenblicklichen gesellschaftlichen Stellung entspricht, wurden die gesellschaftliche Stellung und die Kronenausbildung getrennt erfaßt.

Zur Bestimmung der Stichprobemittelpunkte wurde ein systematisches Auswahlverfahren angewandt, bei dem jedoch der Anfang des systematischen Netzes zufällig bestimmt wurde. Bei jeder Stichprobe wurde von jeder Baumklasse der dem Mittelpunkt nächststehende Baum numeriert. In dieser Weise wurden pro Stichprobe vier Bäume aufgenommen: ein vorherrschender, ein herrschender, ein gering mitherrschender und ein beherrschter. An jedem Probebaum wurden u.a. folgende Merkmale gemessen oder beurteilt;

- Gesellschaftliche Stellung im Bestand,
- Durchmesser bei 1,3 m,
- Baumhöhe (h) und Kronenlänge (k_1),
- Bohrrichtung,
- Kronendurchmesser.

Die Bohrspanentnahme erfolgte bei 45° bzw. 225° im Uhrzeigersinn vom größten Durchmesser aus gemessen.

Bei den Stammscheiben wurde eine kreuzweise Messung vorgenommen, wobei das Kreuz um 22,5° von r_{\max} verdreht war.

Bei der Stammanalyse wurden die Scheiben in 1,3 m (Brusthöhe) und in weiteren 4 m - Abständen (5,3 m, 9,3 m, 13,3 m, usw.) entnommen.

An den gewonnenen Holzproben wurden die Jahrringe auf 1/100 mm genau gemessen.

U n t e r s u c h u n g s m a t e r i a l

Für diese Untersuchung wurde folgendes Material verwendet:

Aus 17 Beständen des Immissionsgebietes:

576 Bohrspäne (von 288 Bäumen) bei 1,3 m Baumhöhe und
35 Stammscheiben (von 35 Bäumen) bei 1,3 m Baumhöhe.

Aus 3 ungeschädigten Vergleichsbeständen:

216 Bohrspäne (von 108 Bäumen) bei 1,3 m Baumhöhe und
30 Stammscheiben (von 30 Bäumen) bei 1,3 m Baumhöhe.

Außerdem wurden

- 5 Stammanalysen bei einem geschädigten Bestand und
- 10 Stammanalysen bei zwei ungeschädigten Vergleichsbeständen

durchgeführt.

S Y N C H R O N I S I E R U N G D E R G E M E S S E N E N Z U W A C H S W E R T E

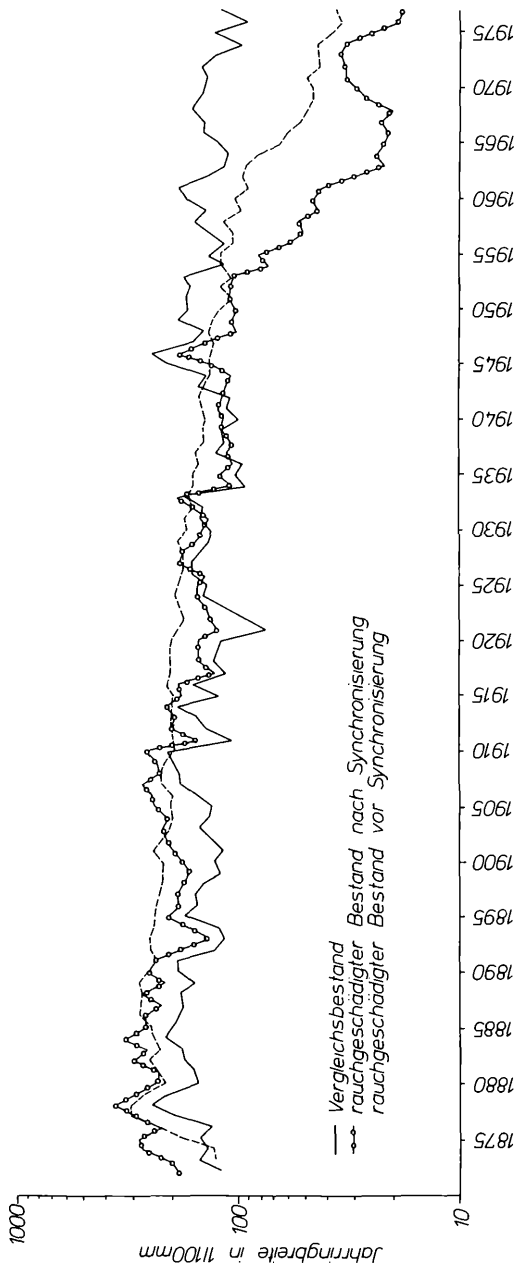
D i e N o t w e n d i g k e i t d e r S y n c h r o n i s i e r u n g

"Synchronisierung" bedeutet hier die Zuordnung der Jahrringe zu den Jahren, in denen sie tatsächlich entstanden sind. Auf die Beschreibung der Entwicklung und des heutigen Standes der Dendrochronologie wird bei der vorliegenden Arbeit besonderer Wert gelegt, weil es leider nicht wenige ertragskundliche Untersuchungen gibt, bei denen auf die Grundlage der Dendrochronologie zur Synchronisierung der Zuwachswerte verzichtet wurde. Wie später noch gezeigt werden wird, können die Ergebnisse solcher Untersuchungen angezweifelt werden.

In der Literatur angeführte Beispiele beweisen, daß die Störungen in der Jahrringbildung durch die Hemmung der Lebens-tätigkeit des Baumes oder seiner einzelnen Teile verursacht werden (BÖHMERLE, 1882; HARTIG, 1869, 1896; RUBNER, 1910; FLURY, 1926; REUKEMA, 1959; VINŠ, 1967, 1969; von PLATEN, 1967; POLLAN-SCHÜTZ, 1975, 1980; ATHARI, 1980; u.a.). Diese Hemmung kann durch biotische oder abiotische Einflüsse oder durch eine Kombi-nation von beiden Faktoren zustandekommen. Die Einwirkung der ungünstigen Faktoren ist im allgemeinen auf die schwach gewach-senen Bäume stärker als auf die herrschenden Bäume.

Synchronisierung und Datierung der Zuwachswerte gewinnen noch mehr an Bedeutung, wenn die mittleren Jahrringbreiten von verschiedenen Holzproben berechnet werden sollen. In solchen Fällen würde ein Verzicht auf die richtige Datierung dazu füh-ren, daß bei Jahrringausfall oder auch bei Meßfehlern die gesam-te Jahrringkurve vom Punkt dieses Ausfalls an falsche Werte er-hält. Die unausgeprägten Zuwachsschwankungen sind dann typische

Abbildung 2: SYNCHRONISIERTE UND NICHT SYNCHRONISIERTE JAHR-RINGDIAGRAMME



Erscheinungen bei den nicht synchronisierten Mittelkurven. Aus Abbildung 2 ist sehr deutlich zu erkennen, daß jede Zuwachsbe-rechnung ohne vorherige Synchronisierung der Einzelkurven fal-sche Werte liefern kann. Die in dieser Abbildung dargestellten Mittelkurven sind die für jeden Bestand ermittelten arithmeti-schen Durchschnittskurven aus jeweils 60 Einzeljahrringkurven. Die Zahl 60 ergibt sich aus den jeweils 15 aus den Beständen entnommenen Stammscheiben, bei denen pro Scheibe 4 Radian ge-messen wurden.

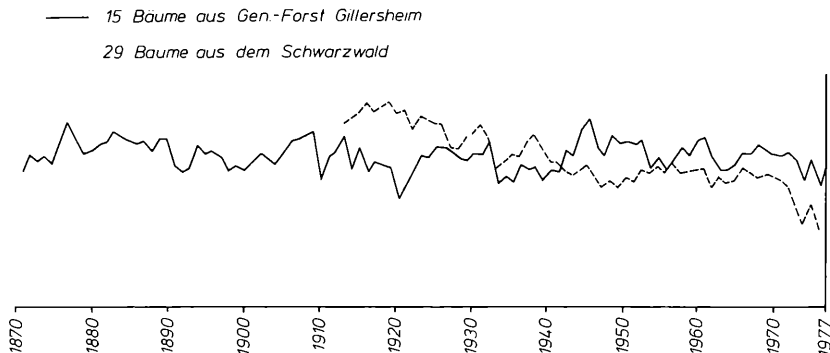
Die nicht synchronisierte Mittelkurve hat keine Ähnlichkeit mit der Vergleichskurve. Durch Synchronisierung der Einzelkurven des geschädigten Bestandes wird deutlich, daß die beiden Kurven bis 1950, also vor der Immissionsperiode (1950 - 1969) eine sehr gute Übereinstimmung aufweisen.

Die Jahrringbreiten sind logarithmisch dargestellt, wodurch die Kurvenvergleiche wesentlich erleichtert und die Fehlermög-lichkeiten auf ein Mindestmaß herabgesetzt werden (s. HUBER, 1952). Bei dieser Methode werden die besonders niedrigen Meßwer-te ausdrücklich betont. Diese Eigenschaft der logarithmischen Darstellung der Meßwerte lassen ihr eine wesentliche Bedeutung bei der Synchronisierungsarbeit zukommen, da die ausgeprägten Kurvenabschnitte die Grundlage für diese Arbeit bilden. Durch Anwendung dieser Methode ist es ebenfalls gelungen (s. Abb. 2), die Zuwachsunterschiede zwischen der synchronisierten und nicht synchronisierten Kurve dieses geschädigten Bestandes in der Pe-riode 1955 - 1970 zu verdeutlichen. Diese klare Verschiebung des Kurvenabschnitts weist auf eine große Anzahl von Jahrringaus-fällen in diesen Jahren hin.

Die Methodik der Synchronisierung

Für die Synchronisierung ist mindestens eine Standardkurve (bereits datierte Kurve) erforderlich. Bei der Datierung von Zu-wachskurven ist die Ähnlichkeit der Jahrringbreitenschwankungen der zu datierenden Kurve und der Standardkurve in einer bestimmten Zuwachsperiode maßgebend.

Abbildung 3: ÄHNLICHKEIT DER JAHRRINGDIAGRAMME AN FICHTEN
(ungleichaltrige Bestände aus Süd-Niedersachsen
und dem Schwarzwald)



In Abbildung 3 werden Jahrringdiagramme von 15 Bäumen aus dem Genossenschafts-Forst Gillersheim und 29 Bäumen aus dem Schwarzwald miteinander verglichen. Wie hier zu erkennen ist, verlaufen die Kurven der beiden Bestände trotz ungleichen Alters und Standorts und obwohl sie in weit voneinander entfernten Wuchsgebieten liegen, in der letzten fünfzigjährigen Zuwachsperiode zum größten Teil ähnlich. Sie haben ein "Gegenläufigkeitsprozent" von nur 23. Nach HUBER (1943) bedeutet dies bereits eine gute Übereinstimmung.

Zur Methode der Synchronisierung schreibt HUBER (1952): "Während DOUGLASS und seine Schule beim kontrastreichen *Pinus ponderosa* Material zur Synchronisierung mit einem Minimumdiagramm auskommen, welches zeitliche Abstände und ungefähres Ausmaß der Minima markiert, erweist sich beim flauerem mitteleuropäischen Material meist eine Ähnlichkeitsbetrachtung des Gesamtverlaufs als notwendig. Als Maßstab bewährt sich das Gegenläufigkeitsprozent, d.h. ein Abzählen der nicht gleichlaufenden Kurvenstücke von Jahr zu Jahr und anschließendes Umrechnen dieser Zahl auf Prozente der Kurvenlänge".

Durch JOHANN (1977) wurde die Jahrringmeßmaschine von EKLUND weiterentwickelt. Bei seiner Konstruktion werden die gemessenen Zuwachswerte unmittelbar in den Computer eingegeben und hier mit einem vorher programmierten Kurvenverlauf verglichen. Falls die Zuwachswerte nicht innerhalb der vorher festgelegten Toleranzgrenzen der Jahrringbreitenschwankungen liegen, macht der Rechner durch ein Signal auf die Abweichung aufmerksam.

Bei der vorliegenden Arbeit stand diese Meßmaschine nicht zur Verfügung. Es mußte aufgrund der nachfolgend beschriebenen Schwierigkeiten auch auf ein eigenes Programm zur Datierung von Zuwachswerten verzichtet werden.

In vielen Fällen fehlen die Jahrringe dann, wenn die vorherigen Jahrringe sehr schmal sind (unter 0,5 mm). Es kommt bei geschädigten Bäumen jedoch auch vor, daß eine Reihe von aufeinanderfolgenden Jahrringen sich um 0,05 mm unterscheiden. In solchen Fällen würde auch eine auf der Wahrscheinlichkeitstheorie beruhende Methode die Jahrringbreiten nicht korrekt datieren. Es muß nun durch einen Vergleich der Zuwachskurven des Untersuchungsmaterials die Häufigkeit des Jahrringausfalls in verschiedenen Jahren ermittelt werden. Man gewinnt hierbei einen wertvollen Überblick, der beim Kurvenvergleich die Sicherheit der Datierung erhöht. Die elektronische Datenverarbeitung zur Synchronisierung der Zuwachskurven konnte für die vorliegende ertragskundliche Untersuchung an geschädigten Waldbäumen nicht eingesetzt werden, wie es bei den dendrochronologischen Untersuchungen in den Arbeiten von ECKSTEIN (1969) und DELORME (1972) der Fall gewesen ist. Bei der großen Anzahl der Meßwerte müssen aber die Vorteile der elektronischen Datenverarbeitung soweit wie möglich sinnvoll ausgeschöpft werden. Bei der vorliegenden Arbeit wurden daher mit Ausnahme des Kurvenvergleichs alle Rechen- und Kurvenstellungsvorgänge maschinell durchgeführt. Die einzelnen Zuwachskurven wurden auf dem Leuchttisch miteinander verglichen.

J a h r r i n g k u r v e n v e r g l e i c h u n d D a t i e r u n g d e r g e m e s s e n e n J a h r - r i n g b r e i t e n

Die Datierung der Zuwachswerte von geschädigten Bäumen ist aufgrund der extrem großen Unregelmäßigkeit der Jahrringbildung und des Jahrringausfalls viel komplizierter und zeitraubender als die Kurvensynchronisierung von gesunden Bäumen. Die Datierung wird noch zusätzlich erschwert, wenn der Jahrringausfall an mehreren Stellen der Zuwachskurve auftritt.

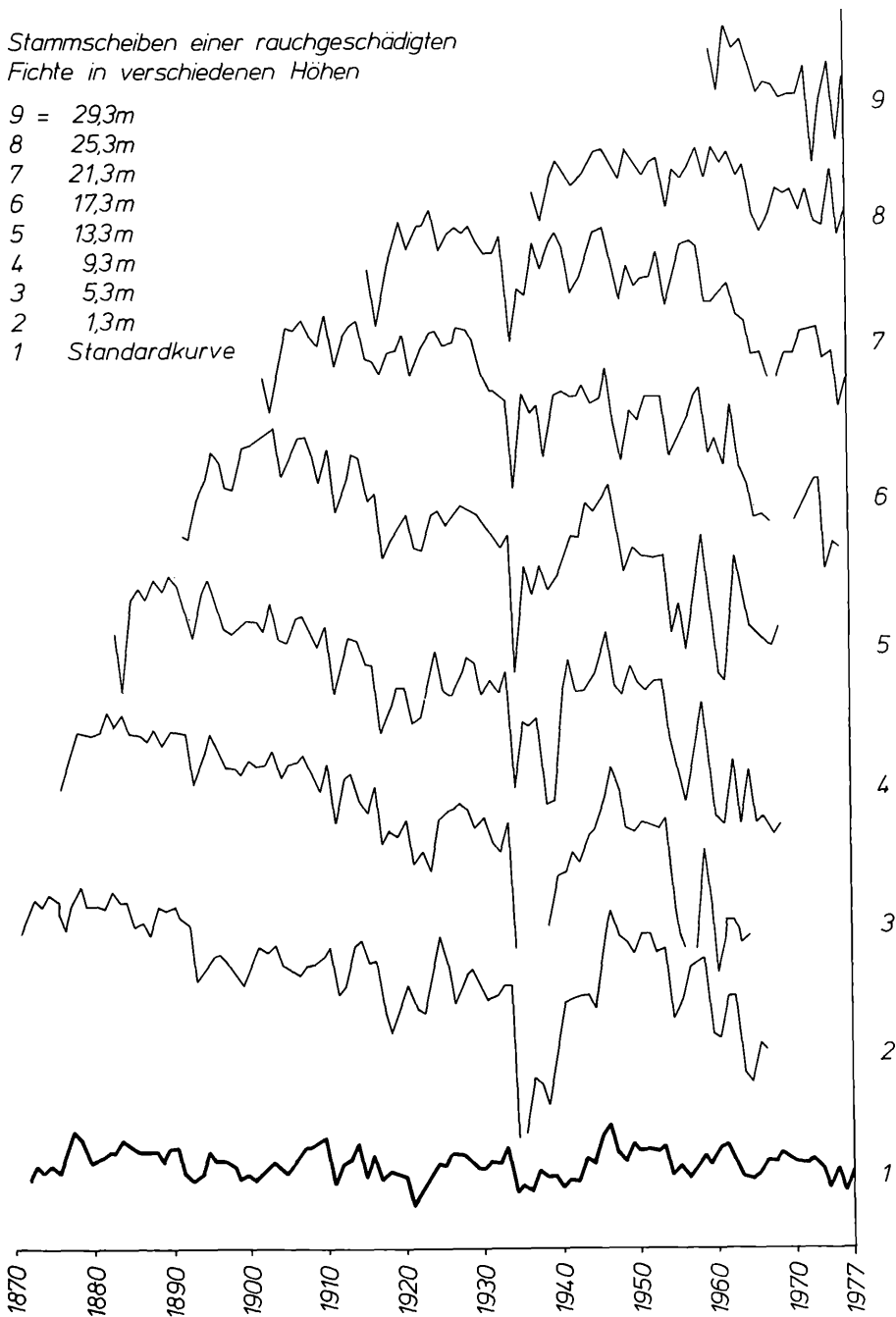
Der einmalige Vergleich mit der Standardkurve genügt in diesen Fällen häufig nicht, um die Zuwachswerte zu datieren. Hierzu eignen sich die schon synchronisierten Zuwachskurven aus dem gleichen Bestand besser als die Standardkurve. Noch günstiger ist es, wenn mehrere Kurven pro Baum vorhanden sind. Liegen einige Zuwachskurven aus verschiedenen Höhen eines Baumes vor, so können sie in Verbindung mit der Standardkurve einwandfrei datiert werden.

In Abbildung 4 sind die Kurven aus der Stammanalyse von einem stark geschädigten Baum in einem geschädigten Bestand logarithmisch dargestellt. Um eine Überschneidung der Kurven zu vermeiden, sind die logarithmischen Ordinaten gegeneinander verschoben. Jede Kurve stellt jeweils einen Radius der entsprechenden Stammscheibe dar.

Aus Abbildung 4 ist sehr gut zu erkennen, daß die ausgeprägten jährlichen Zuwachsschwankungen der verschiedenen Radien eines Baumes eine wesentlich größere Ähnlichkeit untereinander aufweisen als mit der Standardkurve. Es ist an dieser Stelle anzumerken, daß auf die Standardkurve auf keinen Fall verzichtet werden kann. Sie stellt als eine einwandfrei datierte Kurve die Basis für die Synchronisierung dar. Durch sie können die für die Synchronisierung der Zuwachskurven notwendigen Weiserjahre bestimmt werden.

Bei der Stammanalyse von diesem geschädigten Baum (s. Abbildung 4) wurden insgesamt 8 Stammscheiben entnommen und an ihnen jeweils 4 Radien gemessen. Nachdem mit Hilfe der o.g. Methode die 32 Zuwachskurven dieses Baumes untereinander und mit der Standardkurve verglichen worden waren, konnten an den Kurven dieses Baumes 191 Jahrringausfälle festgestellt werden. Die Zuwachskurven der Scheiben aus dem Kronenbereich weisen keinen Jahrringausfall auf (Kurven 8 und 9), obwohl im unteren Schaftbereich (Kurven 2 und 3) eine große Anzahl von Jahrringausfällen zu verzeichnen ist.

**Abbildung 4: AUSFALL VON JAHRRINGEN
GEGENÜBERSTELLUNG VON STAMMANALYSE UND
STANDARDKURVE**



Ausfall von Jahrringen bei ungeschädigten Vergleichsbeständen

Bei der vorliegenden Arbeit sind drei gesunde Bestände als Vergleichsbestände ausgewählt, gemessen und ausgewertet worden.

Die Vergleichsbestände dienen folgenden Zwecken:

1. Synchronisierung der Jahrringkurven der geschädigten Bestände und richtige Datierung aller gemessenen Zuwachswerte
2. Zuwachsvergleich zwischen den Vergleichsbeständen und den Beständen, die unter der Immission gelitten haben.

In zwei Vergleichsbeständen wurden jeweils 15 Stammscheiben bei 1,3 m entnommen. Zur Bildung von mittleren Zuwachskurven wurden die einzelnen Kurven aller gemessenen Radien dieser Stammscheiben auf dem Leuchttisch miteinander verglichen. Auch bei diesen "gesunden" Bäumen fehlten zum Teil Jahrringe. Insgesamt wurden bei diesen Stammscheiben 57 Jahrringausfälle registriert.

Von den Vergleichsbeständen lagen zusätzlich 216 Bohrspäne von 108 Bäumen vor. Zur Datierung ihrer Zuwachswerte wurde pro Bohrspan eine Zuwachskurve erstellt. Der Vergleich dieser Kurven erfolgte wie bereits bei den Stammscheiben beschrieben. Die Arbeit wurde durch zwei vorliegende, bereits synchronisierte Mittelkurven von den Stammscheiben der Vergleichsbestände erleichtert. Bei diesen Bohrspänen wurden insgesamt 62 Jahrringausfälle festgestellt. An einem Bohrspan eines von Immission verschont gebliebenen Baumes wurde die maximale Anzahl von 6 Jahrringausfällen beobachtet.

Ausfall von Jahrringen bei geschädigten Beständen

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Synchronisierungsarbeit, die bei den geschädigten Bäumen durchgeführt wurde, wiedergegeben. Das Untersuchungsmaterial bestand aus Bohrspänen, die aus 17 Beständen des Immissionsgebietes, und Stammscheiben, die aus 2 Beständen des gleichen Gebietes entnommen wurden.

Die in Tabelle 1 wiedergegebene Anzahl der Jahrringausfälle ist nach der Synchronisierung von Zuwachskurven der geschädigten Bestände 3 a₁ (15 untersuchte Bäume) und 43 a (20 untersuchte Bäume) festgestellt worden. Lediglich bei der Scheibe Nr. 114 traten an zwei Radien drei Meßfehler auf.

Der Baum Nr. 111 besitzt mit 19 die maximale Anzahl an fehlenden Jahrringen je Radius.

Aus den geschädigten Beständen lagen insgesamt 576 Bohrspäne von 288 Bäumen vor. Nach Synchronisierung ihrer Zuwachskurven beträgt die Anzahl der Jahrringausfälle 597. Tabelle 2 zeigt ihre Verteilung in den untersuchten Beständen.

Tabelle 1: ANZAHL FEHLENDER JAHRRINGE IN DEN RAUCHGESCHÄDIGTEN BESTÄNDEN 3 a₁ UND 43 a, FESTGESTELLT NACH SYNCHRONISIERUNG DER ZUWACHSKURVEN AN STAMMSCHEIBEN

Bestand 3 a1					Bestand 43 a				
Baum Nr.	Anzahl der Jahrringausfälle				Baum Nr.	Anzahl der Jahrringausfälle			
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
101	10	11	11	11	201			2	
102	3	10	6	2	202	1			
103	17	17	17	17	203		1		
104	11	11	11	11	204	1		5	
105	3	2	5	3	208	1	1	1	1
106	17	17	17	17	209	3	3	8	3
107	4	4	4	4	210	2	2	2	3
108	2	2	2	2	211	1	1	1	1
109	13	19	18	10	212			1	
110	12	12	13	12	215				1
111	19	19	19	19	217	1	2	3	2
112	2	1	1	1	219	1	1	2	1
113	9	9	9	9					
115	14	16	14	16					
Σ	136	150	147	134	Σ	11	11	25	12
	567					59			

Radien, jeweils von r_{max} aus gemessen:

R₁ 22,5°

R₂ 112,5°

R₃ 202,5°

R₄ 292,5°

Tabelle 2: ANZAHL FEHLENDER JAHRRINGE IN DEN GESCHÄDIGTEN BESTÄNDEN NACH SYNCHRONISIERUNG DER ZUWACHSKURVEN VON BOHRSPÄNEN MIT 40 SOLLJAHRRINGEN

Bestand	Anzahl der Jahrringausfälle	Anzahl der Bohrspäne	Bestandesalter	Anzahl der ausgeschiedenen Bäume ¹⁾	Anzahl der Meßfehler
26 d	6	16	60		
19 a2	6	24	62	3	3
26 b1	38	40	65	-	3
26 e	19	24	65	-	2
27 b	14	16	65	-	-
29 c	55	64	66	-	7
36 c1	17	24	66	-	2
27 a	38	24	67	-	3
6 c	25	24	69	-	2
15 b	9	24	69	1	2
39 a	21	32	81	-	1
40 a	59	72	82	2	7
33 b	142	64	99	10	4
43 a	71	64	99	-	2
42	38	32	106	-	4
28 a1	39	32	107	1	2
Σ	597	576		17	44

Aus Tabelle 2 ist zu erkennen, daß durchschnittlich gesehen bei jedem Bohrspän ein Jahrringausfall zu verzeichnen war.

1) Die Bäume, deren Zuwachskurven nicht synchronisiert werden konnten, wurden ausgeschieden und bei der Zuwachsberechnung nicht berücksichtigt

E i n f l u ß f a k t o r e n a u f d e n A u s f a l l v o n J a h r r i n g e n

Nach Feststellung der zahlreichen Jahrringausfälle sollten anhand von untersuchtem Material die Beziehungen zwischen den Jahrringausfällen und eventuellen Einflußfaktoren untersucht werden.

Die Anzahl der Jahrringausfälle war erwartungsgemäß bei den geschädigten Bäumen erheblich größer als bei den gesunden. In den geschädigten Beständen war die Anzahl fehlender Jahrringe sehr unterschiedlich. Während die schwach beschädigten Bestände einen prozentualen Jahrringausfall von durchschnittlich 3 % aufwiesen, zeigte ein sehr stark beschädigter Bestand mit 24 % Jahrringausfall die beträchtliche Auswirkung des Schädigungsgrades. Es hat sich auch gezeigt, daß der Jahrringausfall mit zunehmendem Alter der Bäume häufiger auftritt.

Die durchgeführten Stammanalysen sollten vor allem Auskunft über die Häufigkeit der Jahrringausfälle in verschiedenen Höhen der Bäume erteilen und einen Einblick in die Zuwachsentwicklung im gesamten Schaftbereich ermöglichen.

Zuerst wurden die Zuwachskurven der Stammanalysen aus zwei Vergleichsbeständen synchronisiert. Bei den Stammscheiben in 1,3 m Höhe konnten insgesamt 19 Jahrringausfälle bei vier Bäumen festgestellt werden. Bei den Stammanalysen war kein Jahrringausfall an den Scheiben aus dem höheren Schaftbereich zu verzeichnen.

In dem sehr stark beschädigten Bestand 3 a₁ wurde die Stammanalyse an 5 Bäumen vorgenommen. Von einem Baum lagen 8 Stammscheiben vor. An der Scheibe in 1,3 m Höhe wurden insgesamt 6 Jahrringausfälle entdeckt. An der Scheibe in 5,3 m Höhe fehlte noch jeweils ein Jahrring pro Radius. An weiteren Scheiben dieses Baumes fehlte kein Jahrring mehr.

Die Ergebnisse der anderen vier Stammanalysen werden im folgenden grafisch dargestellt (Abbildungen 5 - 8).

Die Abnahme der Anzahl von Jahrringausfällen in Richtung der Baumspitze wurde ohne Ausnahme bei allen Stammanalysen festgestellt. Interessant ist die Beobachtung, daß selbst in diesem sehr stark geschädigten Bestand in keinem Fall ein Jahrringausfall im Kronenbereich zu verzeichnen war.

In den Beständen, in denen die Bohrspananalyse durchgeführt wurde, erfolgte die Aufnahme der Prohebäume nach Baumklassen getrennt. Die Stammscheibenentnahme wurde auf die vorherrschenden und herrschenden Bäume beschränkt, weil diese Bäume hinsichtlich ihrer Massen- und Wertleistung von großer Bedeutung sind. Die gesamte Anzahl der Jahrringausfälle von jeweils 7 Bäumen aus der 1. (vorherrschende Bäume) und der 2. Baumklasse (herrschende Bäume) von Bestand 3 a₁ werden getrennt nach den gemessenen Radien an Stammscheiben in Abbildung 9 grafisch dargestellt.

Die Abbildung zeigt einen deutlichen Unterschied zwischen den einzelnen Baumklassen. Während bei den Bäumen der ersten Baumklasse je gemessenem Radius eine Anzahl von durchschnittlich 7 Jahrringausfällen zu verzeichnen ist, erhöht sich diese Zahl bei den Bäumen der zweiten Baumklasse auf 13.

Abbildung 5: ANZAHL DER FEHLENDEN JAHRRINGE NACH DER SYNCHRONISIERUNG VON KURVEN DER STAMMANALYSE BEI BAUM NR. 101 (in vier gemessenen Radien)

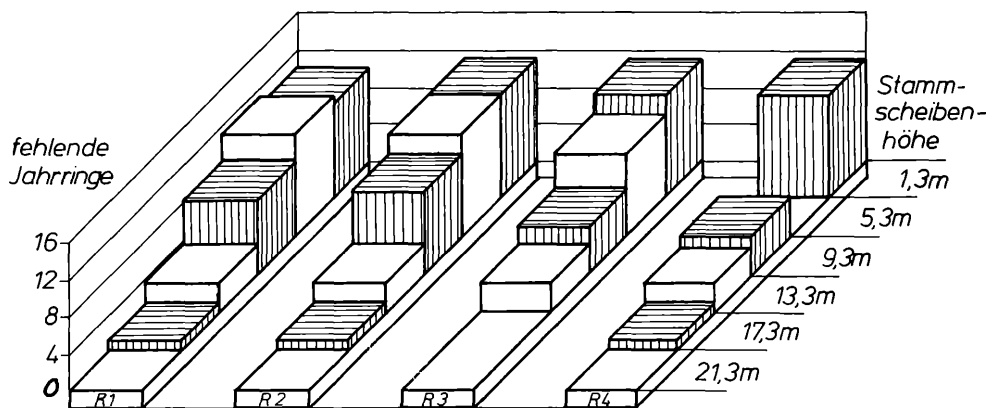


Abbildung 6: ANZAHL DER FEHLENDEN JAHRRINGE NACH DER SYNCHRONISIERUNG VON KURVEN DER STAMMANALYSE BEI BAUM NR. 104 (in vier gemessenen Radien)

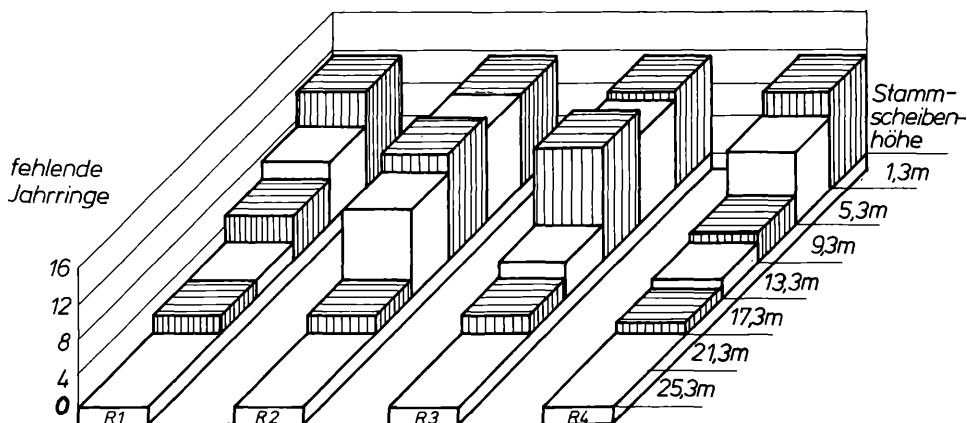


Abbildung 7: ANZAHL DER FEHLENDEN JAHRRINGE NACH DER SYNCHRONISIERUNG VON KURVEN DER STAMMANALYSE BEI BAUM NR. 105 (in vier gemessenen Radien)

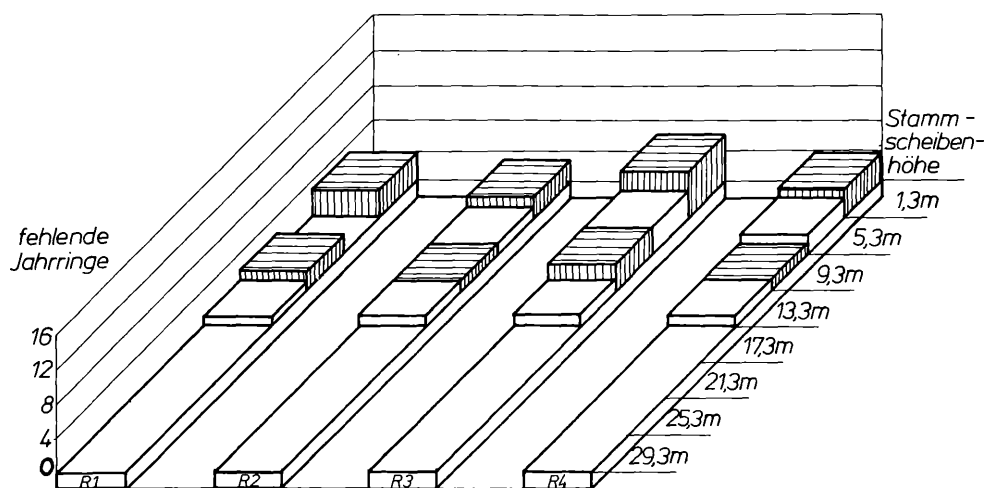


Abbildung 8: ANZAHL DER FEHLENDEN JAHRRINGE NACH DER SYNCHRONISIERUNG VON KURVEN DER STAMMANALYSE BEI BAUM NR. 110 (in vier gemessenen Radien)

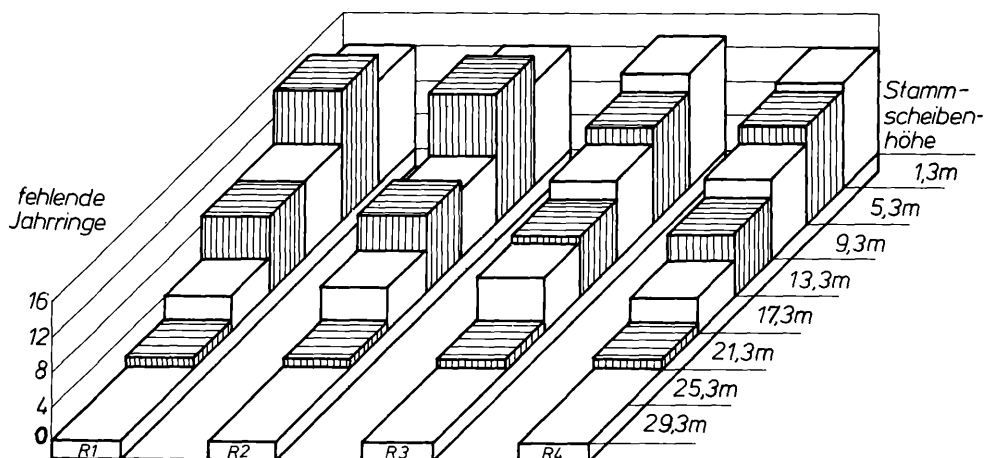
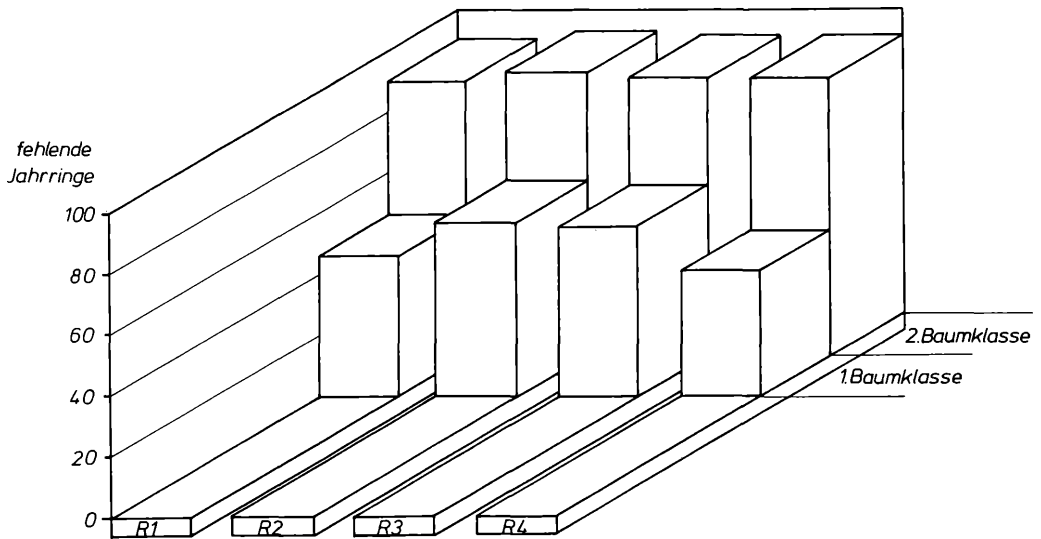
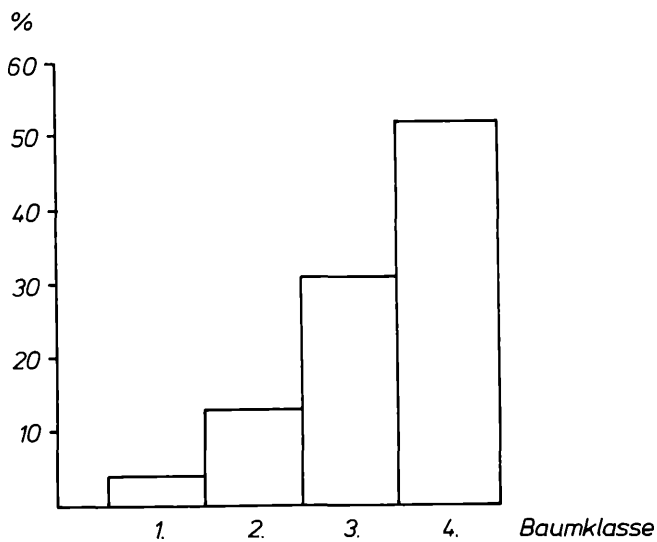


Abbildung 9: ANZAHL DER FEHLENDEN JAHRRINGE FESTGESTELLT IN 2 BAUMKLASSEN MIT JEWEILS 7 BÄUMEN (in vier gemessenen Radien) BESTAND 3 a₁



Die Jahrringausfälle bei der Bohrspananalyse verteilen sich wie folgt auf die 4 Baumklassen:

Abbildung 10: RELATIVE HÄUFIGKEIT DER JAHRRINGAUSFÄLLE IN VIER BAUMKLASSEN



Um über die Verteilung der Jahrringausfälle in den verschiedenen Baumklassen einen Überblick geben zu können, wird die Anzahl der Jahrringausfälle für alle untersuchten Bestände nach Baumklassen getrennt in Tabelle 3 wiedergegeben.

Tabelle 3: ANZAHL FEHLENDER JAHRRINGE IN DEN GESCHÄDIGTEN BESTÄNDEN JE BAUMKLASSE NACH DER SYNCHRONISIERUNG VON 40-JÄHRIGEN BOHRSPÄNEN

Bestand	Baumklasse				Anzahl der Bohrspäne
	1	2	3	4	
36 cl			5	12	24
27 b	-	-	4	10	16
42	-	5	8	25	32
6 c	-	-	18	7	24
26 bl	-	7	7	24	40
26 e	-	-	9	10	24
29 c	-	6	10	39	64
15 b	-	-	-	9	24
27 a	-	12	5	21	24
28 al	2	2	11	24	32
43 a	11	6	28	26	64
19 a2	-	-	5	1	24
26 d	-	-	3	3	16
40 a	1	2	19	37	72
39 a	-	2	-	19	32
33 b	9	35	53	45	64
Σ	23	77	185	312	576

Nach der Bohrspananalyse beträgt die Anzahl der Jahrringausfälle der geschädigten Bäume insgesamt 597.

Aus den Abbildungen 9 - 10 und Tabelle 3 ist deutlich zu erkennen, daß die unterdrückten Bäume besonders vom Aussetzen der Jahrringbildung betroffen sind.

S c h l u ß f o l g e r u n g

Es ist erstaunlich, daß bisher bei den Zuwachsuntersuchungen, die auf Jahrringmessung aufbauen, dem nun über 100 Jahre bekannten Problem der "fehlenden Jahrringe" meist keine Beachtung geschenkt wurde. Bei dieser Arbeit konnte gezeigt werden, daß der Jahrringausfall nicht nur eine Erscheinung der sichtbaren Schädigung der Bäume ist sondern bei "gesunden Bäumen", auch wenn nicht in großem Ausmaß, auftreten kann. Das Aussetzen der Jahrringbildung kommt nicht nur bei den unterdrückten Bäumen vor, die herrschenden "gesunden Bäume" weisen auch Jahrringausfälle auf.

Gewiß kann nun behauptet werden, daß jede auf Jahrringmessung aufbauende Zuwachsuntersuchung ohne Synchronisierung der Jahrringmeßwerte zu schwer erkennbaren Fehlern führen kann. Dies wurde auch an anderer Stelle ausführlich dargelegt (s. ATHARI, 1980).

Z U S A M M E N F A S S U N G

Für die Untersuchung wurde folgendes Material verwendet:

Aus 17 Beständen des Immissionsgebietes:

576 Bohrspäne (von 288 Bäumen) bei 1,3 m Baumhöhe und
35 Stammscheiben (von 35 Bäumen) bei 1,3 m Baumhöhe.

Aus 3 ungeschädigten Vergleichsbeständen:

216 Bohrspäne (von 108 Bäumen) bei 1,3 m Baumhöhe und
30 Stammscheiben (von 30 Bäumen) bei 1,3 m Baumhöhe.

Außerdem wurden

5 Stammanalysen bei einem geschädigten Bestand und
10 Stammanalysen bei zwei ungeschädigten Vergleichsbeständen

durchgeführt.

Durch Kurvenvergleich wurden alle Zuwachskurven synchronisiert. Synchronisierung bedeutet hier die Zuordnung der Jahrringe zu den Jahren, in denen sie tatsächlich entstanden sind.

Im Gesamtmaterial wurden bei den gesunden Bäumen 119 und bei den rauchgeschädigten Bäumen 1879 Jahrringausfälle registriert; maximal waren es 19 Jahrringausfälle je Radius bei geschädigten und 6 bei gesunden Bäumen. Im Falle der Ermittlung von Zuwachsverlusten wären dies Lücken im Datenmaterial, die nicht ohne weiteres erkennbar sind. Die richtige Datierung der Jahrringe wird daher nicht nur bei geschädigten sondern auch bei gesunden Fichten für unerlässlich gehalten.

S U M M A R Y

M I S S I N G G R O W T H R I N G S A N O F T E N
D I S R E G A R D E D P R O B L E M I N T H E S T U D Y
O F I N C R E M E N T I N I M M I S S I O N - D A M A G E D
A N D H E A L T H Y N O R W A Y S P R U C E S T A N D S

For this investigation the following material was used:

from 17 stands in the immission zone:

576 bore chips (from 288 trees) at 1.3 m tree height and
35 stem disks (from 35 trees) at 1.3 m tree height,

from 3 undamaged check stands:

216 bore chips (from 108 trees) at 1.3 m tree height and
30 stem disks (from 30 trees) at 1.3 m tree height.

Furthermore,

5 stem analyses in a damaged stand and

10 stem analyses in two undamaged check stands

were conducted.

By comparison of curves, all increment curves were synchronized. "Synchronization" here means the coordination of growth rings with those years in which they actually originated.

Altogether, 119 growth rings were registered missing in the healthy trees and 1879 missing in the damaged trees, whereby the damaged trees had a maximum of 19 missing growth rings per radius and the healthy trees were missing 6 at the most. If increment losses are to be calculated, these missing rings would present gaps in the data which cannot be readily recognized. Precise dating of growth rings is therefore considered essential not only for damaged spruce trees but also for healthy ones.

LITERATURVERZEICHNIS

- Abetz, P., 1960: Die Genauigkeit der Radialzuwachs- und Jahrringbreitenmessung mit der Eklundschen Jahrringmeßmaschine. Allg.Forst-u.Jagdztg. 131, 74-80
- Aslanboga, I., 1976: Jahrringanalytische Untersuchungen an umweltgeschädigten Bäumen im Stadtbereich von Hannover. Dissertation, T.U. Hannover
- Athari, S., 1980: Untersuchungen über die Zuwachsentwicklung rauchgeschädigter Fichtenbestände. Dissertation, Göttingen
- Böhmerle, K., 1882: Über charakteristische Jahrringe bei unterdrückten Stämmen. Österr.Monatsztschr.f.Forstw. Bd. 32, S. 524-531
- Delorme, A., 1972: Dendrochronologische Untersuchungen an Eichen des südlichen Weser- und Leineberglands. Dissertation, Göttingen
- Eckstein, D., 1969: Entwicklung und Anwendung der Dendrochronologie zur Altersbestimmung der Siedlung Haithabu. Dissertation, Hamburg
- Flury, P., 1926: Über gewisse Störungen in der Jahrringbildung. Schweiz.Z.Forstw., 77, 141-146
- Hartig, R., 1869: Das Aussetzen der Jahrringe bei unterdrückten Stämmen. Zeitschr.f.Forst-u.Jagd. 1, 471-476
- Hartig, R., 1896: Wachstumsuntersuchungen an Fichten. Forstl.naturwiss.Z., 5 Heft 1, 33-45
- Holm, B., u. Sundberg, R. 1975: Mathematical models and methods for the quantitative determination of growth changes in forest trees. Royal College of Forestry Stockholm, Department of Forest Biometry Research Notes, 16
- Huber, B., 1943: Über die Sicherheit jahrringchronologischer Datierung. Holz als Roh-u.Werkstoff, 6, 263-268
- Huber, B., 1952: Beiträge zur Methodik der Jahrringchronologie. Holzforschung, Berlin, 6, 33
- Johann, K., 1977: Eine neue Jahrringmeßanlage für Bohrkerne und Stammscheiben. Forstarchiv, 48, 10, 204-206
- Lux, H., 1965: Ergebnisse von Zuwachsuntersuchungen (Bohrspananalyse im Rauchschadensgebiet Dübener Heide). Arch.Forstw., 14, 1103-1121
- Platen, von 1968: Gegengutachten zum Gutachten des Ltd. Ministerialrats a.D. Dr. Borchers vom 21.6.1967. Realgemeinde Nörten
- Pollanschütz, J., 1962: Rauchschadenfeststellung unter besonderer Berücksichtigung von Bohrspananalysen. Forstl.Bundesvers.Anst. Mariabrunn, 55
- Pollanschütz, J., 1966: Verfahren zur objektiven "Abschätzung" (Messung) verminderter Zuwachsleistung von Einzelbäumen und Beständen. Forstl.Bundesvers.Anst. Mariabrunn, 73, 129-144
- Pollanschütz, J., 1967: Objektive Ermittlung der Auswirkung äußerer Einflüsse auf die Zuwachsleistung. Forstl.Bundesvers.Anst. Wien, 77, 277-296

- Pollanschütz, J., 1975: Zuwachsuntersuchungen als Hilfsmittel der Diagnose und Beweissicherung bei Forstschäden durch Luftverunreinigungen. Allg.F.Ztg., 6, 187-192
- Pollanschütz, J., 1980: Jahrringmessung und Referenzprüfung. Ein Beitrag zur Frage der Zuverlässigkeit bestimmter Verfahren der Zuwachsermittlung. Mittlg. der Forstl.Bundesvers.Anst. Wien, H. 130, 263-285
- Reukema, D.L., 1959: Missing annual rings in branches of young-growth Douglas-Fir. Ecology, 40, 3, 480-482
- Rubner, K., 1910: Das Hungern des Cambiums und das Aussetzen der Jahrringe. Naturwiss.Zeitschr.f.Forst-und Landwirtsch., 8, 212-222
- Vinš, B., 1961: Störungen in der Jahrringbildung durch Rauchschäden. Communications inst. forest., Čechoslovenie, 2, 155-157
- Vinš, B., 1962: Verwendung der Jahrringanalysen zum Nachweis von Rauchschäden. Ústav Vêdeckotechnickýh Informací, Mzlvh, Rócnik 8, (XXXV), Cislo 4
- Vinš, B., 1965: A method of smoke injury evaluation-determination of increment decrease. Communications inst. forest., Cechoslovenie, 235-245
- Vinš, B., 1967: Beitrag zur technischen Durchführung der Jahrringanalyse (Die Verifikationsmethode) Mittlg. d. Forstl.Bundesvers.Anst. Wien, 77, 263-276
- Vinš, B., 1969: Wissenschaftliche Untersuchungen über die Höhe der Zuwachsverluste an Fichte und Buche in der Umgebung des Kaliwerks Königshall-Hindenburg im Rodetal über Göttingen. Gutachten in der Schadenssache Burbach Kaliwerke A.G., Forstgenossenschaft der Realgemeinde Nörten-Hardenberg
- Vinš, B., 1971: Zur Problematik der Feststellung von Produktionsverlusten in Rauchgebieten. Lesnictvi, 11, 1033-1048
- Vinš, B. u. Mrkva, R., 1972: The diameter increment losses of pine stands as a result for injurious immissions. Acta Universitatis Agriculture (Brno), 1, 25-46
- Vinš, B. u. Pospíšil, F., 1973: Increment losses caused by smoke exhalations in the Jizerské Hory Mts. Communications inst. forest., Čechoslovenie, 8, 209-230