

# VERGLEICH SPEZIELLER METHODEN ZUWACHSKÜNDLICHER SCHADENSABSCHÄTZUNG

von

**M. Neumann und K. Schieler**

**Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien**

## **1. Einleitung**

Es ist allgemein anerkannt, daß das Wachstum von Einzelbäumen und die Entwicklung von Waldbeständen durch Luftverunreinigungen beeinflußt werden. Dadurch wird auch letzten Endes deren Resistenz gegenüber weiteren Umwelteinflüssen und die Zuwachsleistung als wesentlicher Parameter der Gesamtkonstitution verringert.

Auch die Methodik zur Feststellung des Vorhandenseins einer pflanzenphysiologisch wirksamen Belastung der Luft durch gasförmige oder feste Stoffe ist weitgehend unumstritten. Ebenso sind die Vor- und Nachteile von chemisch-analytischen Verfahren (z.B. Nadel- oder Luftanalysen), biologischen Methoden (z.B. Kartierung der Verbreitung bestimmter Flechten oder die Verwendung von Indikatorpflanzen) und die Verwendung von Falschfarbenluftbildern und Scanneraufnahmen (POLLANSCHÜTZ, 1973; HILDEBRANDT, 1976) für die verschiedenen Anwendungsbereiche weitgehend bekannt, wodurch eine große Weiterentwicklung der Feststellung von Vegetationsschäden in den letzten Jahren möglich war (KELLER, 1980).

Stark unterschiedliche Auffassungen sowohl bei der quantitativen Bewertung als auch bei der räumlichen Abgrenzung (Zonierung) des rein wirtschaftlichen, durch Luftverunreinigungen verursachten Schadens in Form von Zuwachsverminderungen, Bestockungsrückgang oder den Ausfall empfindlicher Baumarten (z.B. Tanne!) herrschen nicht nur zwischen Verursachern und Betroffenen, sondern auch innerhalb des mit der Untersuchung dieser Problematik befaßten Kreises der Begutachter selbst.

Die Meinungen zu dieser Thematik werden noch stärker divergieren, wenn es sich einmal darum handeln wird, nicht nur den entstandenen wirtschaftlichen Verlust hinsichtlich Festmeter je Hektar (oder Schilling pro Jahr) zu bewerten, sondern Aussagen über die viel komplexeren Einflüsse von Umweltgiften auf den Boden zu treffen. So hat ULRICH (1980) nachdrücklich auf mögliche Auswirkungen saurer Niederschläge auf die Bodeneigenschaften hingewiesen. Auch die genetische Zusammensetzung der Ökosysteme kann durch die selektionierende Wirkung von Immissionen folgenswer beeinflußt werden.

Im Hinblick darauf scheint es uns sinnvoll, verschiedene Methoden der Feststellung von immissionsbedingten Zuwachsminderleistungen zu vergleichen.

Dadurch soll die Diskussion über die Anwendbarkeit verschiedener Ermittlungsverfahren neu angeregt werden.

## **2. Problemstellung**

Die eine zur Diskussion stehende Bemessungsmethode wurde von VINŠ (1961) entwickelt und ist bereits mehrfach verwendet worden (zum Beispiel bei VINŠ und MRKVA, 1972; POLLANSCHÜTZ, 1975; VINŠ und POLLANSCHÜTZ, 1977). Sie ermöglicht eine Abschätzung der Zuwachsminderleistung durch Immissionen, wenn diese in einem vorher nicht betroffenen Gebiet vor nicht allzu langer Zeit erstmals aufgetreten sind. Bei dieser Art der Untersuchung werden Jahrringmittelkurven bestimmter Baumkollektive (z.B. Gruppierung nach sozialer Stellung) gebildet und diese anschließend ausgeglichen.

Im Zuge der Auswertungen von Jahrringmessungen aus dem Raum Arnoldstein/Kärnten von NEUMANN und POLLANSCHÜTZ (1980) wurde ein etwas abgeänderter Verfahrensweg eingeschlagen: Die Jahrringserien wurden zuerst baumweise ausgeglichen, in Gruppen gleicher sozialer Stellung zusammengefaßt und anschließend das arithmetische Mittel gebildet.

Die folgende Untersuchung analysiert die Unterschiede zwischen diesen beiden Verfahrenswegen und versucht die Vor- und Nachteile beider gegeneinander abzuwägen, sowie einen Vergleich zu einer weiteren Methode der Ermittlung von Zuwachsminderleistungen zu ziehen.

## **3. Methodenvergleich**

### **3.1. Beschreibung der untersuchten Verfahren.**

Die Methode, durch die Berechnung von Zuwachskurven und Jahrringindices die Zuwachsveränderung abzuschätzen (Methode 1), beruht auf der Überlegung, daß Abweichungen des gemessenen, tatsächlichen Jahrringverlaufs vom erwarteten Verlauf auf den Einfluß von Schadeinwirkungen zurückzuführen sind. Allgemein-klimatische Einflüsse werden durch Relativierung zu nicht von Immissionen beeinflussten Proben des gleichen Gebietes eliminiert. Zur Homogenisierung wird das Untersuchungsmaterial in Gruppen geteilt, wobei die Stratifizierungskriterien von Fall zu Fall wechseln können. Als häufigstes Einteilungsmerkmal wird die soziale Stellung (Baumklasse) verwendet, da Bäume verschiedener Baumklassen meist verschieden stark geschädigt sind (VINŠ und MRKVA, 1972).

Die Baumklasseneinteilung kann nach 'KRAFT' erfolgen: 1 = vorherrschend, 2 = herrschend, 3 = mitherrschend, 4 = beherrscht, 5 = unterdrückt bzw. unterständig.

Für die numerische Berechnung des Unterschiedes (bzw. Verhältnisses) zwischen gemessenen und erwarteten (errechneten) Jahrringbreiten - die Jahrringindices - bieten sich nachfolgend beschriebene Verfahrenswege an.

## Allgemeine Voraussetzungen:

m	Anzahl der gemessenen Bohrkerne einer Gruppe
n	Anzahl der gemessenen Jahrringbreiten pro Bohrkern
$y_{ij}$	Jahrringbreiten $i = 1, n; j = 1, m$
$x_i$	Kalenderjahr $i = 1, n$

## Verfahrensweg 1:

Funktionelle Erfassung des Wachstumsverlaufes durch regressionsanalytischen Ausgleich von aufeinanderfolgenden Jahrringserien der Einzelbäume.

$$\hat{y} = f_j(x_i) \quad j = 1, m; \quad i = 1, n \quad (1.0)$$

Berechnung der Jahrringindices der Einzelbäume.

$$I_{ij} = \frac{y_{ij}}{\hat{y}_{ij}} = \frac{y_{ij}}{f_j(x_i)} \quad (2.0)$$

Jahrweise Mittelung der Jahrringindices aller Einzelbäume.

$$\hat{I}_i = \frac{1}{m} \sum_j I_{ij} = \frac{1}{m} \sum_i \frac{y_{ij}}{f_j(x_i)} \quad (3.0)$$

## Verfahrensweg 2:

Jahrweise Mittelung der Jahrringbreiten der Einzelbäume.

$$z_i = \frac{1}{m} \sum_j y_{ij} \quad j = 1, m; \quad i = 1, n \quad (4.0)$$

Funktionelle Erfassung des Wachstumsverlaufes durch regressionsanalytischen Ausgleich von Serien gemittelter Jahrringbreiten.

$$\hat{z}_i = \hat{f}(x_i) \quad i = 1, n \quad (5.0)$$

Berechnung des Jahrringindex.

$$I_i = \frac{z_i}{\hat{z}_i} = \frac{1}{m} \sum_i \frac{y_{ij}}{\hat{f}(x_i)} \quad (6.0)$$

# VERFAHRENSWEG 1

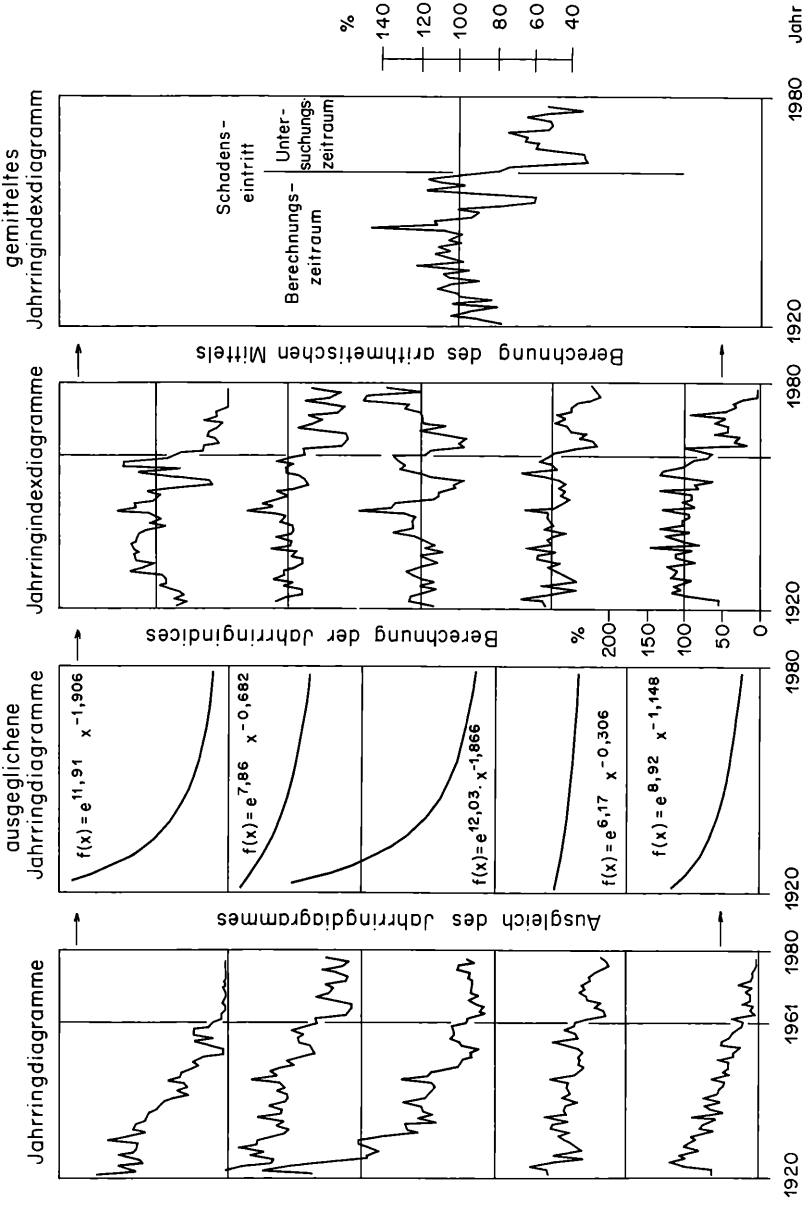


Abbildung 1: Darstellung von Jahringbreitenserien, Zuwachskurven, Jahringindexdiagrammen und dem daraus gemittelten Jahringindexdiagramm für eine Gruppe von fünf Bäume (Methode 1, Verfahrensweg 1).

## VERFAHRENSWEG 2

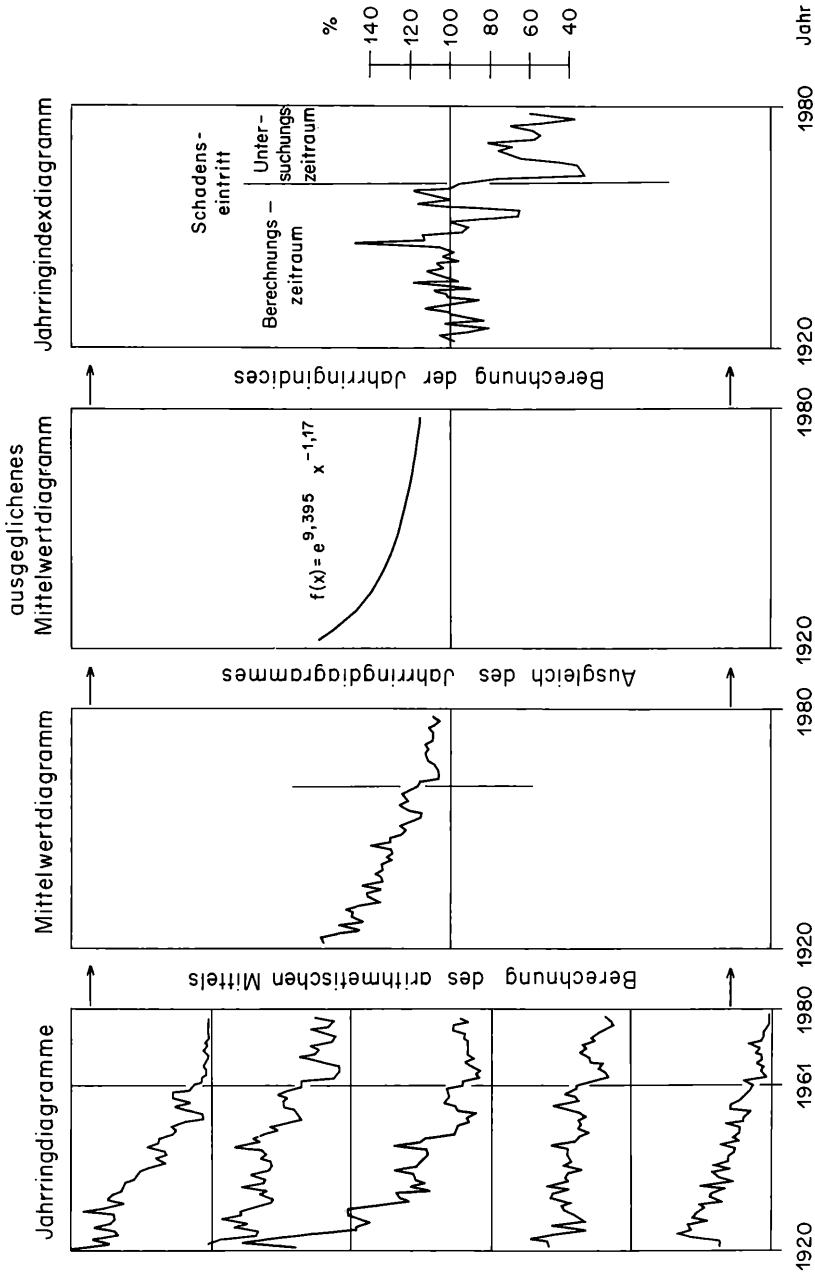


Abbildung 2: Darstellung von Jahringbreitenreihen, Mittelwertdiagramm, Zuwachskurve aus diesem Mittelwertdiagramm und Jahringindexdiagramm für die gleiche Gruppe von fünf Bäumen wie in Abbildung 1 (Methode 1, Verfahrensweg 2).

Die 1. Relativierung durch Bildung der mittleren Jahrringindices  $I$  von Einzelbäumen (Verfahrensweg 1) und der Jahrringindices  $I$  von Serien gemittelter Jahrringbreiten (Verfahrensweg 2) ist Ausgangspunkt für die weitere Berechnung der Zuwachsveränderungen. Durch die Indexbildung wird eine weitestgehende Ausschaltung der durch Alterstrend und Bonitätsunterschiede bedingten Wachstumseinflüsse erreicht (NASLUND, 1942).

In einer zweiten Relativierung durch Berechnung des relativen Jahrringindex  $RI$  als Verhältnis der Jahrringindices von beeinflussten Baumkollektiven zu unbeeinflussten einer Vergleichsprobefläche wird versucht, den Großklimaeinfluß zu eliminieren; der Wert  $100\% - RI$  kann als ein Maß der Schädigung definiert werden und der relative Jahrringindex in weitere Berechnungen der Zuwachsveränderung eingehen.

### 3.2. Definition der Differenz zwischen Verfahrensweg 1 und 2.

Betrachtet man zur Abschätzung des Unterschiedes in einem beliebigen Jahr  $i_0$  die Differenz der entsprechenden Indexwerte aus beiden Verfahrenswegen, so erhält man:

$$D_{i_0} = \hat{I}_{i_0} - I_{i_0} = \frac{1}{m} \sum_j \frac{y_{i_0 j}}{f_j(x_{i_0})} - \frac{1}{m} \sum_j \frac{y_{i_0 j}}{\hat{f}(x_{i_0})} \quad (7.0)$$

$$D_{i_0} = \frac{1}{m} \sum_j y_{i_0 j} \left( \frac{1}{f_j(x_{i_0})} - \frac{1}{\hat{f}(x_{i_0})} \right) \quad (8.0)$$

$$D_{i_0} = \frac{1}{m \hat{f}(x_{i_0})} \sum_j \frac{y_{i_0 j}}{f_j(x_{i_0})} \left( \hat{f}(x_{i_0}) - f_j(x_{i_0}) \right) \quad (9.0)$$

Unter Einschränkung auf den gleichen Funktionstyp für die Ausgleichskurven ( $f_j$  bzw.  $\hat{f}$ ) kann die Differenz  $D_{i_0}$  vorzeichen- und größenmäßig folgendermaßen analysiert und interpretiert werden:

1.  $D_{i_0}$  wird mit zunehmenden  $m$  kleiner, da die Schätzwerte der Einzelkurven vom Schätzwert der Mittelkurve unter obiger Einschränkung in gleicher Weise positiv wie negativ abweichen.
2. Ebenso verkleinernd wirkt bei gleicher Anpassungsgüte ( $y_{ij} / f_j(x_i)$ ) der gemessenen Jahrringbreiten durch die Einzelkurve und bei gleichen Abweichungen der Einzelkurven von der Mittelkurve, die Größe des Absolutbetrages des untersuchten Jahrringbereiches (das Zuwachsniveau).

3. Die Glieder der Summe stellen die mit der Anpassungsgüte der Jahrringbreiten durch die Einzelkurven gewichteten Abweichungen der Einzelkurven von der Mittelkurve dar. Je geringer die Variabilität zwischen den Jahrringserien und damit auch zwischen den Ausgleichskurven ist, umso kleiner wird auch die Differenz zwischen beiden Verfahren. Positive oder negative Werte von  $D_{j0}$  entstehen also durch die ungleiche Gewichtung dieser Abstände je nachdem, ob durch eine Einzelkurve ober- oder unterhalb der Mittelkurve die Jahrringbreiten über- oder unterschätzt werden.
4. Das Vorzeichen von  $D_{j0}$  ist also davon abhängig, ob im untersuchten Jahr die negativen Abstände (Ausgleichskurven der Einzelbäume liegen oberhalb der Mittelkurve) oder die positiven Abstände (Ausgleichskurven liegen unterhalb der Mittelkurve) mit den relativ größeren Jahrringindices multipliziert werden.
5. Als Verfahrensunterschied wird jedoch nicht die Differenz  $D_{j0}$  zwischen den beiden Verfahren 1 und 2 bezüglich eines Jahres, sondern das arithmetische Mittel von  $D_j$  über einen längeren Zeitraum definiert.

### 3.3 Auswirkungen auf die Abschätzung der Zuwachsveränderung.

Für die verwendeten Beispiele zur empirischen Nachprüfung wurden folgende Annahmen getroffen:

1. Der für die Ermittlung der Ausgleichskurven herangezogene Zeitraum wurde auf die Jahre 1921-1961 (Berechnungszeitraum) beschränkt, da ab 1961 durch eine Werkserweiterung der Schadeinfluß stark erhöht worden war.
2. Für den Untersuchungszeitraum von 1962 bis 1978 wurden die Erwartungswerte der Jahrringbreiten durch Extrapolation der aus dem Berechnungszeitraum ermittelten Kurve simuliert. Für den Bereich der Extrapolation müssen durch die Wahl eines geeigneten Funktionstyps gewisse Voraussetzungen gewährleistet sein:  
Abfallende Monotonie, kein Wendepunkt im Definitionsbereich, positiver Funktionswertebereich der Ausgleichsfunktion im angenommenen Schädigungszeitraum.
3. Für alle Anpassungen wurde der exponentielle Funktionstyp  $y = a \cdot x^b$  (entspricht in linearisierter Form  $\ln y = \bar{a} + b \cdot \ln x$ ) gewählt. Bei nicht zu großen Abweichungen dieser Ausgleichskurven von einem linearen Funktionstyp kann vereinfachend gefolgert werden, daß in jedem Beobachtungsjahr der Schätzwert der Mittelkurve dem arithmetischen Mittel der Schätzwerte der Einzelkurven entspricht, was numerisch exakt bei linearen Funktionstypen nachweisbar ist.

Gilt also:

$$\hat{f}(x_i) = \frac{1}{m} \sum_j^m f_j(x_i) \quad i = 1, n \quad (10.0)$$

In Abbildung 3 wurden als Beispiel die drei Jahre 1942, 1943 und 1947 herausgegriffen, die das typische Zusammenwirken aller Faktoren auf den Wert von  $D_{i0}$  deutlich machen. Um die Darstellung übersichtlich zu halten, wurden in diesem Fall nur 3 Jahrringserien zu einem Mittelwertdiagramm zusammengefaßt und nur ein Ausschnitt der Diagramme und Ausgleichskurven im Zeitraum von 1939-1951 dargestellt. Dabei ist jedoch zu beachten, daß der für die Berechnung der Ausgleichsfunktion verwendete Zeitraum länger ist als der in der Zeichnung dargestellte Zeitabschnitt.

Es zeigt sich, daß  $D$  für das Jahr 1942 negativ ist, weil bei der höher liegenden Jahrringbreitenserie des Baumes 'Nr.2' ein größerer Jahrringindex auftritt als bei dem unterhalb der Mittelkurve liegenden Baum 'Nr.1'. Der Einfluß von Baum 'Nr.3' kann vernachlässigt werden, da die Ausgleichskurve von 'Nr.3' in diesem Jahr mit der Mittelkurve zusammenfällt und die Abweichung von der Mittelkurve annähernd Null wird. Für 1943 wird  $D$  positiv, da 'Nr.1' und 'Nr.2' auf Grund ihrer über 100% liegenden Jahrringindices größeres Gewicht haben, als der verringernde Baum 'Nr.3'. 1947 sind die Verhältnisse ausgeglichen und die Differenz wird daher fast Null.

Wenn in der Praxis nun mehrere Bäume zu einer Gruppe zusammengefaßt sind, wird das Bild wesentlich unübersichtlicher. Wegen des wechselweisen Auftretens positiver wie negativer Differenzen von  $\hat{f}(x_i)$  und  $f_j(x_i)$  (siehe unter 10.0), nimmt die Differenz  $D_{i0}$  mit zunehmender Anzahl  $m$  von Bäumen je Gruppe ab. Für den Berechnungszeitraum werden die Unterschiede zwischen beiden Verfahren innerhalb eines Jahres, also durch eine höhere Anzahl von Bäumen verringert. Für die Differenz zwischen beiden Verfahren (Mittel der Differenzen  $D_{i0}$  über mehrere Jahre) findet ein zusätzlicher Ausgleich statt.

Anders und für die realen Ergebnisse wesentlich interessanter sind die Verhältnisse im Untersuchungszeitraum, für den angenommen werden kann, daß die gemessenen Jahrringbreiten für geschädigte Bäume im Durchschnitt geringer sind als die trendbedingten Erwartungswerte, das heißt die Jahrringindices werden kleiner als 100% sein. Gilt also:

$$\hat{f}(x_i) = \frac{1}{m} \sum_j^m f_j(x_i) \quad i = 1, n \quad (\text{siehe 10.0})$$

$$f_j(x_i) = y_{ij} + d_j \quad d_j > 0 \quad (11.0)$$

wobei:  $D_j$                       Zuwachsminderung  
und setzt man vorerst vereinfachend

$$d_j = d_{j+1} = d \quad j = 1, m-1$$

(das heißt, die absoluten Zuwachsveränderungen je Baum einer Gruppe sind konstant) so ergibt sich der Quotient  $Q$  ( das Verhältnis von Jahrringindex aus Verfahrensweg 1 und Verfahrensweg 2 ).



**Di Differenz**  
**Verfahrensweg 1 - Verfahrensweg 2 im Jahr i**

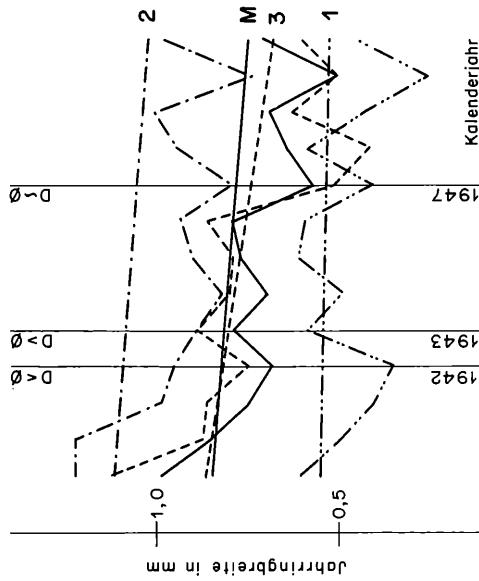
$$D_i = \frac{1}{m} \cdot \hat{f}(x_i) \cdot \sum_{j=1}^m \frac{y_{ji}}{f_j(x_i)} \cdot (\hat{f}(x_i) - f_j(x_i))$$

- i Kalenderjahr
- j Index des Baumes, j=1,m
- y<sub>ji</sub> gemessene Jahrringbreite des Baumes j im Jahre i
- f<sub>j</sub>(x<sub>i</sub>) = errechnete Jahrringbreite des Baumes im Jahre i

**1943:**  $\frac{1}{3 \cdot 81} \left[ \frac{58}{54} (81 - 54) + \frac{89}{108} (81 - 108) + \frac{89}{80} (81 - 80) \right] =$   
 $\frac{1}{243} (29,0 - 22,25 + 1,11) = 0,032 = 3 \%$

**1942:**  $\frac{1}{3 \cdot 82} \left[ \frac{35}{54} (82 - 54) + \frac{95}{109} (82 - 109) + \frac{75}{82} (82 - 82) \right] =$   
 $\frac{1}{246} (18,15 - 23,53 + 0) = -0,022 \hat{=} -2 \%$

**1947:**  $\frac{1}{3 \cdot 77} \left[ \frac{41}{53} (77 - 53) + \frac{79}{105} (77 - 105) + \frac{51}{73} (77 - 73) \right] =$   
 $\frac{1}{231} (18,57 - 21,07 + 2,79) = 0,001 = 0 \%$



Jahr	Baum Nr. 1		Baum Nr. 2		Baum Nr. 3		Mittel $\bar{y}$ $\bar{f}(x)$
	y	f(x)	y	f(x)	y	f(x)	
1942	35	54	95	109	75	82	68   82
1943	58	54	89	108	89	80	79   81
1947	41	53	79	105	51	73	57   77

Abbildung 3: Graphische und numerische Darstellung der Verfahrensdifferenz in drei Jahren für eine Gruppe von drei Bäumen.

$$Q = \frac{\hat{I}_i}{I_i} = \frac{1}{m} \sum_j^m \frac{y_{ij}}{y_{ij} + d} / \frac{\sum y_{ij}}{\sum (y_{ij} + d)} \quad (12.0)$$

Da das Mittel der Summe von Einzelbrüchen kleiner ist als der Bruch der Summen, wird der Quotient  $Q$  stets kleiner als 1, das heißt: Verfahrensweg 1 ergibt einen niedrigeren Jahrringindex als Verfahren 2. Dadurch wird der Zuwachsverlust bei Zugrundelegung von Einzelausgleichskurven höher geschätzt als bei Verwendung von zuerst gemittelten Jahrringserien. Dies hat unter der Voraussetzung Gültigkeit, daß die Zuwachsverminderung  $D$  innerhalb eines Jahres für alle Bäume einer Gruppe (Baumklasse) gleich ist.

Mehrere Autoren (VINŠ und MRKVA, 1972; NEUMANN und POLLANSCHÜTZ, 1980) zeigen in ihren Untersuchungen, daß herrschende Bäume durch Immissionseinfluß geringer geschädigt werden als beherrschte oder unterdrückte; niedrigere Baumklassen weisen also auch niedrigere Jahrringindices auf als höhere Baumklassen. Vor allem bei beherrschten (Baumklasse 4) und unterdrückten (Baumklasse 5) Bäumen kann Immissionseinfluß verstärkt zum Ausbleiben der Jahrringbildung führen (POLLANSCHÜTZ, 1980; ATHARI, 1980). Dies bewirkt in den betroffenen Jahren einen relativen Radialzuwachsverlust von 100%.

Unter Berücksichtigung dieser Tatsache erscheint der Schluß zulässig, daß die unterschiedliche Tendenz des Schädigungsgrades auch innerhalb einer gewählten Gruppe (z.B. einer Baumklasse) Gültigkeit hat. Da von Bäumen mit gruppenbezogenen relativ niedrigen Jahreszuwachswerten also auch die niedrigeren Jahrringindexwerte erwartet werden können, erweist sich die Voraussetzung der gleichen absoluten Jahrringbreitenverminderung als Faktor, der das negative Vorzeichen der Differenz  $D_{j0}$  zwar richtig erfaßt, den Absolutwert von  $D_{j0}$  aber unterschätzt. Diese Tatsache kann auch aus der allgemeinen Formel (9.0) sehr anschaulich abgeleitet werden: da negative Glieder der Summe durch einen relativ höheren Index stärker, positive aber schwächer gewichtet werden, wird die Differenz also kleiner Null.

Ohne weitere Abschätzung des quantitativen Unterschiedes führen also beide Ansätze über das Ausmaß der Zuwachsverminderung zum gleichen Ergebnis, daß Verfahrensweg 1 für geschädigte Proben die niedrigeren Jahrringindices liefert als Verfahrensweg 2. Allein die Unterstellung, daß Bäume mit dem relativ höheren Zuwachs einer Gruppe relativ stärker geschädigt werden, würde das Ergebnis umkehren.

Die Jahrringindices geschädigter Baumkollektive werden im weiteren noch durch Division mit den Jahrringindices ungeschädigter Baumkollektive (Bäume ungeschädigter Vergleichsflächen, sogenannter Nullflächen) relativiert. Die Indices ungeschädigter Baumgruppen schwanken klimabedingt, ergeben aber über einen längeren Zeitraum im Schnitt 100%. Verfahren 1 oder 2 liefert für die Baumkollektive der Nullflächen im Mittel mehrerer Jahre also die gleichen Werte. Daher ist die Bezugsbasis bei der Bildung der relativen Jahrringindices für beide Verfahren ident, und der differenzbildende Effekt bleibt auch nach dieser Relativierung erhalten.

### 3.4 Überprüfung der Ergebnisse an Hand von Datenmaterial.

Als Beispiel wurden drei Baumgruppen (Baumklasse 1+2, 3, 4) aus 7 Probeströckchen der Untersuchung Arnoldstein unter Anwendung der unter 3.1. beschriebenen Verfahrenswege ausgewertet. Aus dem gleichen Datenmaterial wurden nach dem Verfahren der Verhältnisbildung von Vorperiode zu Nachperiode (ABETZ, MERKEL und SCHAIRER, 1974; ALTHERR, 1972) die relativen Jahrringindices errechnet, um einen Vergleich zu den Ergebnissen der beiden Verfahren der Methode 1 zu ermöglichen. Diese Berechnungsart wurde auch bei ATHARI (1980) näher analysiert.

Die Methode des Periodenvergleichs wurde von ABETZ, MERKEL und SCHAIRER für die Auswertung von Düngungsversuchen benützt, um innerhalb von standortsähnlichen Beständen die Zuwachsveränderungen abzuschätzen. Unter der von den Autoren gemachten Einschränkung, daß die zu vergleichenden Bestände kein zu unterschiedliches Alter aufweisen, liefert diese Methode brauchbare Ergebnisse. Für die Erfassung immissionsbedingter Zuwachsminderleistung ist sie jedoch weniger geeignet, da Standortgleichheit und gleiches Bestandesalter nur in Ausnahmefällen vorliegen und der Alterstrend durch das angewendete Verfahren nicht eliminiert werden kann.

In Abbildung 4 und 5 sind die ermittelten Jahrringindices des Untersuchungszeitraumes aus den verschiedenen Verfahren für drei Baumgruppen dargestellt. Die unter 3.3 theoretische ermittelten Differenzen zwischen Verfahrensweg 1 und 2 bestätigen sich für vorherrschende und herrschende Bäume (Baumklasse 1 konnte wegen zu geringer Anzahl nicht getrennt ausgewertet werden), während man für die Baumklasse 3 (mitherrschende Bäume) auf beiden Verfahrenswegen im Durchschnitt aller Flächen zu fast gleichen Ergebnissen gelangt. Für die Baumklasse 4 ergibt sich eine gegenläufige Tendenz (Verfahrensweg 2 liefert die niedrigeren Indices), die numerische Ursache liegt darin, daß bei Baumklasse 4 die unter 3.3 gemachten Voraussetzungen nicht zutreffen.

Die Klärung der Frage, warum die Zuwachsverringerungen anders als bei Baumklasse 1 und 2 liegen, wurde aber nicht weiter verfolgt, da für die Zuwachsveränderung einer Probeströckchen die beherrschten Bäume aufgrund ihres sehr geringen Volumens nur einen unbedeutenden Anteil haben und die Bestandeszuwachsveränderung im wesentlichen nur von den Hauptzuwachsträgern (d.h. von Bäumen der Baumklasse 1 - 3) abhängt.

## 4. Folgerungen

Es ist die Frage gestellt worden, in welcher Weise sich die Verfahrenswege 1 und 2 der Bemessung von immissionsbedingten Zuwachsminderleistungen durch Berechnung von Ausgleichskurven und relativen Jahrringindices (Methode 1) voneinander unterscheiden.

Es zeigt sich, daß der Unterschied unter den getroffenen Voraussetzungen

**Relative Indices für 7 Probeflächen aus Arnoldstein für die Periode 1962-1970  
getrennt für die Baumklasse 2, 3 und 4**

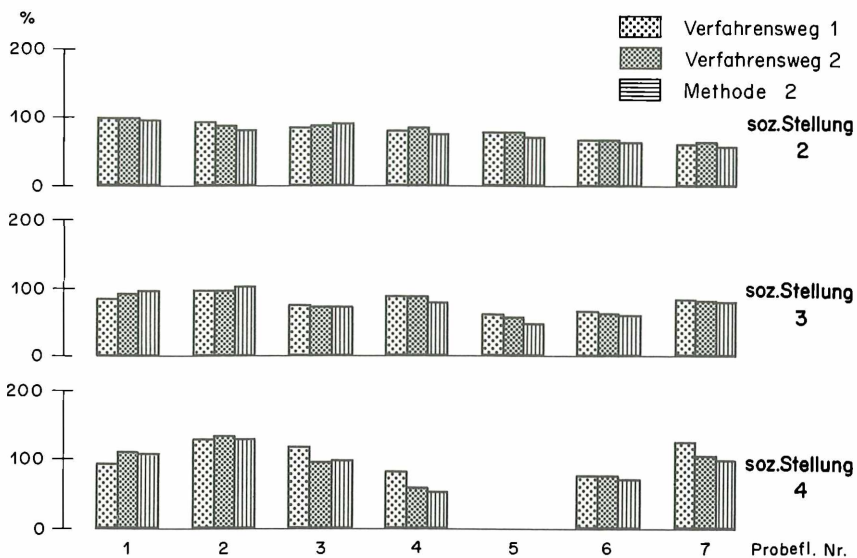


Abbildung 4: Relative Jahringindices getrennt nach Baumklassen für die Untersuchungsperiode von 1962-1970.

**Relative Indices für 7 Probeflächen aus Arnoldstein für die Periode 1971-1978  
getrennt für die Baumklasse 2, 3 und 4**

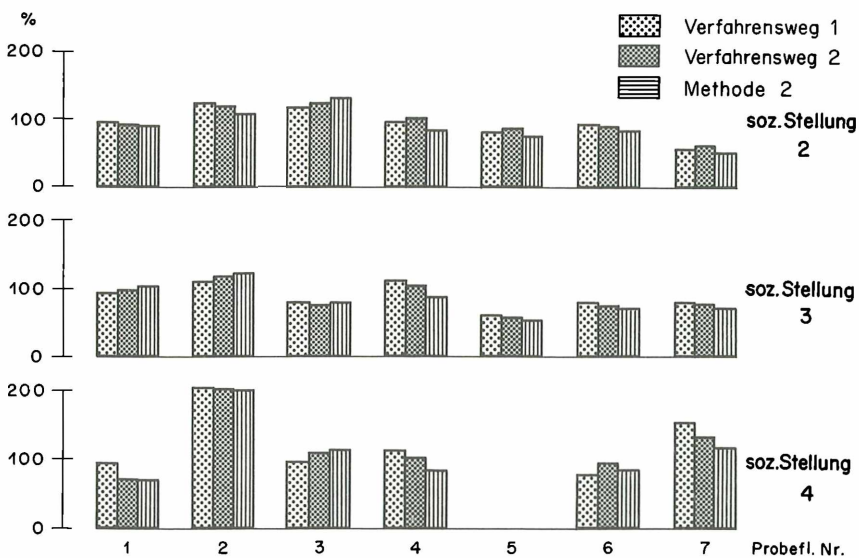


Abbildung 5: Relative Jahringindices getrennt nach Baumklassen für die Untersuchungsperiode von 1971-1978.

formelmäßig definiert werden konnte und daher berechenbar ist. Verfahrensweg 2 (Mittelung der Einzeljahrringserien und anschließender rechnerischer Ausgleich) ist aus Verfahrensweg 1 (rechnerischer Ausgleich der Einzelserien und danach Mittelung der Indices) herleitbar. Für den Zeitraum, der zum Ausgleich der Jahrringserien herangezogen wird (– Berechnungszeitraum–), ist die Differenz zwischen den beiden Verfahren über eine Periode von mehreren Jahren vernachlässigbar, da sie nicht wesentlich von Null abweicht. Für den Untersuchungszeitraum, für den die Zuwachswerte durch Extrapolation simuliert werden, ergibt sich jedoch (durch den Unterschied zwischen Meßwert und Erwartungswert der Jahrringbreite geschädigter Bäume), daß durch Verfahrensweg 1 im Durchschnitt niedrigere Jahrringindices errechnet werden.

Die empirische Nachprüfung bestätigte diese Behauptung für die Gruppe der vorherrschenden und herrschenden Bäume, jedoch nicht für die mitherrschenden und beherrschten. Die Frage, warum die theoretischen Überlegungen in der Praxis für diese Baumklassen nicht zutreffen, wurde nicht näher untersucht, da diese schwächeren Bäume auf die zu bewertende Größe des Volumenzuwachsverlustes nur unbedeutenden Einfluß nehmen.

An Hand des Datenmaterials wurden auch die relativen Jahrringindices durch die Methode der Verhältnisbildung von unbeeinflusster Vorperiode zu beeinflusster Nachperiode (Methode 2) berechnet. Bei sieben beobachteten Probestellen unterschieden sich die Ergebnisse der beiden Methoden im Mittel stärker als die Resultate der beiden Verfahrenswege untereinander. Eine statistische Absicherung dieser Unterschiede konnte bei einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 95\%$  nur in einzelnen Fällen festgestellt werden (siehe Tabelle 1).

Auf Grund dieser Untersuchung kann gefolgert werden, daß die Wahl der Methode stärkeren Einfluß auf die Unterschiedlichkeit der Ergebnisse hat als die Wahl des einen oder anderen Verfahrensweges bei Methode 1.

Wir fühlen uns nicht berechtigt bei der Anwendung der Methode 1 eine Empfehlung für den rechenintensiveren Verfahrensweg 1 oder den weniger aufwendigen Verfahrensweg 2 zu geben. Unter der Voraussetzung gleichen Alterstrends und bei nur geringfügigen Standortsunterschieden zwischen Nullflächen und Untersuchungsflächen ist auch die Anwendung der Methode 2 durchaus vertretbar. Methode 1 ist prinzipiell dann anwendbar, wenn innerhalb der zu vergleichenden Gruppe von Nullflächen und geschädigten Flächen der Wachstumstrend richtungsmäßig gleich ist (d.h. abfallend oder ansteigend). Günstig ist, wenn alle in einer Gruppe untersuchten Bestände abfallenden Trend aufweisen, da bei aufsteigendem oder kulminierendem Wachstumstrend die Extrapolation zu einer Fehleinschätzung des erwarteten Zuwachsverlaufes und dadurch zu einer Fehlinterpretation führen kann. Durch eine Verkürzung des zur Berechnung der Ausgleichsfunktion (Trendkurve) herangezogenen Zeitraumes (FRITTS, 1976), können diese Schwierigkeiten in manchen Fällen umgangen werden (wobei jedoch unbedingt darauf zu achten ist, daß dadurch der Berechnungszeitraum nicht zu kurz wird). Die zur Bewertung anstehenden chronischen Rauchschäden werden meist erst in mittelalten bis älteren Beständen wirksam. In diesem Wachstumsstadium ist die Kulmination des jährlichen Durchmesserzuwachses (der

Einzelbäume) im Wirtschaftswald normalerweise bereits überschritten (standorts- und konkurrenzabhängig im Alter 20 bis 40) und daher ist eine wesentliche Voraussetzung für die Anwendbarkeit der Methode 1 gegeben. Allerdings muß sich Methode 1 auf Anwendungsfälle beschränken, bei denen der Immissionsbeginn eindeutig feststellbar ist und nicht allzu lange zurückliegt (POLLANSCHÜTZ, 1965).

Tabelle 1: Paarweiser statistischer Vergleich der Verfahrensdifferenzen für eine Sicherheitswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 95\%$ .

Für die erste Untersuchungsperiode von 1962 - 1970:

	Methode 1		
	Weg 1 - Weg 2	Weg 1 - Methode 2	Weg 2 - Methode 2
Soz. Stellung 1 + 2	d = -1.00 t = 0.82	d = 3.14 t = 1.61	d = 4.14 t = 2.67 *
Soz. Stellung 3	d = 0.14 t = 0.09	d = 1.29 t = 0.49	d = 1.14 t = 0.75
Soz. Stellung 4	d = 7.67 t = 1.11	d = 11.00 t = 1.51	d = 3.33 t = 2.45 *

Für die zweite Untersuchungsperiode von 1971 - 1978:

Soz. Stellung 1 + 2	d = -1.57 t = 1.09	d = 5.71 t = 1.57	d = 7.29 t = 2.06
Soz. Stellung 3	d = 1.29 t = 0.65	d = 3.57 t = 0.75	d = 2.29 t = 0.76
Soz. Stellung 4	d = 4.67 t = 0.70	d = 11.67 t = 1.37	d = 7.00 t = 1.98

Ein für die Bemessung von Zuwachsverlusten in alten Rauchschadensgebieten (Immissionsdauer länger als 20 Jahre) geeignetes Verfahren, das auf der Bildung gleichender Mittel beruht, wurde von ATHARI (1980) vorgeschlagen.

An dieser Stelle sei jedoch noch auf einige Schwachstellen aller unseres Wissens nach bisher angewandter Methoden hingewiesen. Insbesondere erschien uns die Frage, inwieweit durch Rauchschäden auch Formveränderungen der Bäume verursacht werden können, weitgehend ungeklärt. So weisen zum Beispiel POLLANSCHÜTZ (1965) und WENTZEL (1971) auf eine derartige Möglichkeit hin.

Spezielle Ergebnisse oder Untersuchungen zur Frage der Formveränderung

nach Rauchschäden sind uns nicht bekannt. Für Düngungs- und Durchforstungsversuche gingen unter anderen KENNEL (1967), ABETZ, MERKEL und SCHAIRER (1974), SEIBT (1977), JOHANN (1977) und insbesondere STERBA (1980) diesen Problemen nach. Die von den einzelnen Autoren mitgeteilten Ergebnisse sind allerdings widersprüchlich. Während nämlich ABETZ (1977) nach kräftiger Freistellung einen überproportionalen Grundflächenzuwachs im unteren Schaftbereich nachwies, KENNEL, sowie ABETZ, MERKEL und SCHAIRER, und auch JOHANN nach Düngung eine gleichmäßige Verstärkung des Durchmesserzuwachses annehmen, weist STERBA auf bestehende Wechselwirkungen zwischen Düngung, Formzahl und Zuwachs im unteren Schaftbereich hin.

Eine Formveränderung durch Immissionseinwirkung ist unseres Erachtens denkbar. Zur Klärung der Art und des genauen Ausmaßes wären Untersuchungen durchzuführen, bei denen der Grundflächenzuwachs in verschiedenen Schafthöhen zu analysieren wäre.

Eine weitere Schwierigkeit bei der Schadensbemessung besteht darin, daß die schadensbedingte Stammzahlveränderung (Abnahme) durch eine einmalige Aufnahme nach dem Auftreten von Immissionsschäden nicht erfaßt wird und nur über einen Vergleich zu, Ertragstafeln grob abgeschätzt werden kann. Die immissionsbedingte Stammzahlabnahme bzw. Bestockungsverminderung könnte nur durch Anlage von Dauerversuchsflächen sicher beurteilt werden.

Die Anlage solcher ertragskundlicher Dauerversuchsflächen innerhalb und außerhalb des voraussichtlichen Schadensgebietes vor Einsetzen von Emissionen wäre unseren Erachtens nach die beste und einzige Möglichkeit, einen Vergleichsstandard für die Überprüfung von verschiedenen Methoden zu liefern, um daraus allgemein gültige Richtlinien für die Schadensbemessung (hinsichtlich der zu verwendenden Methode) abzuleiten. Diese könnten dann eindeutig für weitere Feststellungsverfahren als geeignet empfohlen werden.

## 5. Zusammenfassung

Es wurden zwei zur Abschätzung der Zuwachsminderleistung von Beständen nach Schadenseinwirkung verwendete Methoden (Methode 1 nach VINŠ (1961) und Methode 2 nach ABETZ, MERKEL und SCHAIRER (1964)) verglichen. Von Methode 1 wurden außerdem zwei mögliche Berechnungsverfahren analysiert.

Die errechneten Unterschiede waren bei dem untersuchten Datenmaterial aus dem Gebiet Gailitz/Arnoldstein im allgemeinen gering (einige Prozent). Die Ergebnisse für vorherrschende und herrschende Bäume waren für alle Methoden deutlich einheitlicher als für die anderen Baumklassen. Unter Beachtung der für das jeweils angewandte Verfahren notwendigen Voraussetzungen sind beide Methoden verwendbar.

Für die Praxis der Schadensermittlung wäre es günstig, nur eine Methode anzuwenden, um die Vergleichbarkeit verschiedener Untersuchungen zu gewährleisten.

Schlüsselwörter: Zuwachsverminderung, Schadensbewertung, Zuwachstrendkurven, Jahrringindex

## Summary

In this paper two methods were analysed, which were in use for estimating increment-losses caused by fume-damage or other external harmful impacts. The first method (described by VINS 1961) was applied by using two modes of calculation. In order to have further comparable data, we also calculate the increment-losses following method 2 (by ABETZ, MERKEL and SCHAIRER 1974).

The differences between the results of these two applied methods were found relatively low (about a few percents), the calculation was carried out with increment-cores taken in 1978 for the Gailitz/Arnoldstein (Carinthia) project. The results for predominant and dominant tree-classes were found to be much more uniform than for the other tree-classes.

If all restrictions for the different methods are considered, all methods are feasible. In order to obtain comparable results it would be better to use only one method of estimation in the future.

Keywords: Increment-loss, Estimation of damage, Growth-curve fitting, Ring-width index.

## 6. Literaturverzeichnis

- ABETZ, P., 1977: Zuwachsveränderungen in verschiedenen Schafthöhen.  
Mitt. der FBVA 120, S 11-23.
- ABETZ, P., MERKEL, O. und SCHAIRER, E.; 1964: Düngungsversuche in Fichtenbeständen Südbadens.  
Allgem. Forst- und Jagdzeitung 135, S 247-262.
- ALTHERR, E., 1972: Das Karlsruher Wasserwerk 'Hardtwald' aus forstlicher Sicht.  
Teil 3: Auswirkungen der Grundwasserabsenkung auf den laufenden Zuwachs der Kiefer, festgestellt mit Hilfe von Bohrkernanalysen.  
Allgem. Forst- und Jagdzeitung 143, S 109-117.
- ATHARI, S., 1980: Untersuchungen über die Zuwachsentwicklung rauchgeschädigter Fichtenbestände.  
Dissertation - Universität Göttingen.
- FRITTS, H.C., 1976: Tree rings and climate.  
Academic press London.
- HILDEBRANDT, G., 1976: Inventur und Beobachtung von Waldschäden durch Fernerkundung.  
Der Forst- und Holzwirt 31, S 179-181.
- JOHANN, K., 1977: Der Grundflächenzuwachs in verschiedenen Schafthöhen nach Bestandesdüngung zu Fichte.  
Mitt. der FBVA 120, S 25-41.
- KELLER, Th., 1980: Bestimmungsmethoden für die Einwirkung von Luftverunreinigungen.  
Schweiz. Zeitschrift f. Forstwesen 131, S 239-253.



- KENNEL, R., 1967: Ertragskundliche Ergebnisse neuer Düngungsversuche in Kiefern-, Fichten- und Buchenbeständen Bayerns.  
Forstw. Centralbl. 86, S 1-28.
- LAAR, van A., 1979: Biometrische Methoden in der Forstwirtschaft.  
Forschungsbericht Forstl. Forschungsanstalt, München.
- NÄSLUND, M., 1942: Den Gamla Norrlandska Granskogens Reaktionfoermaga efter Genomhugning.  
Medd. Stat. Skogsfoersoeanst. Haefte 33, Nr. 1.
- NEUMANN, M. und POLLANSCHÜTZ, J., 1981: Untersuchungen über Auswirkungen gasförmiger Immissionen auf Waldbestände im Raum Gailitz-Arnoldstein.  
Carinthia II (in Druck).
- POLLANSCHÜTZ, J., 1965: Verfahren zur objektiven 'Abschätzung' (Messung) vermindeter Zuwachsleistung von Einzelbäumen und Beständen.  
Mitt. der FBVA 73, S 129-191.
- POLLANSCHÜTZ, J., 1973: Luftbildinventur von Vegetationsschäden mit Infrarotfilm in der Steiermark.  
Allgem. Forstzeitung 84, S 37-41.
- POLLANSCHÜTZ, J., 1975: Zuwachsuntersuchungen als Hilfsmittel der Diagnose und Beweissicherung bei Forstschäden durch Luftverunreinigung.  
Allgem. Forstzeitung 86, S 187-192.
- POLLANSCHÜTZ, J., 1980: Jahrringmessung und Referenzprüfung.  
Mitt. der FBVA 130, S 263-285.
- SACHS, L., 1969: Statistische Auswertungsmethoden.  
Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New York.
- SEIBT, G., 1977: Zur Frage des Zuwachses in verschiedenen Schafthöhen.  
Mitt. der FBVA 120, S 34-51.
- STERBA, H., 1980: Auswirkungen von Zuwachsverlagerungen am Stamm auf die Zuwachsberechnung über Formzahlfunktionen.  
Mitt. der FBVA 120, S 242-251.
- ULRICH, B., 1980: Die Wälder in Mitteleuropa: Meßergebnisse ihrer Umweltbelastung, Theorie ihrer Gefährdung, Prognose ihrer Entwicklung.  
Allgem. Forstzeitschrift 35, S 1198-1201.
- VINŠ, B. und MRKVA, R., 1972: Zuwachsuntersuchungen in Kiefernbeständen in der Umgebung einer Düngerfabrik.  
Mitt. der FBVA 97, S 173-192.
- VINŠ, B. und POLLANSCHÜTZ, J., 1977: Erkennung und Beurteilung immissionsgeschädigter Wälder an Hand von Jahrringanalysen.  
Allgem. Forstzeitung 88, S 146-148.
- VINŠ, B., 1961: Verwendung der Jahrringanalyse zum Nachweis von Rauchschäden.  
Lesnictvi, Rocnik 7 (XXXIV) 3, S 753-768; 4, S 263-278.
- WENTZEL, K.F., 1971: Habitusänderungen der Waldbäume durch Luftverunreinigung.  
Forstarchiv 42, S 165-172.

A N H A N G            A N N E X

By request of some English speaking research workers a reprint of the paper "Zuwachsschätzung im Rahmen von Stichprobe-Inventuren der Forsteinrichtung" (By J. POLLANSCHÜTZ) is given now in English as an annex in this number of the Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt.

Estimation of Increment in the Course of  
-----  
Forest Inventories for Forest Management.  
-----

by Josef POLLANSCHÜTZ

Original Title: "Zuwachsschätzung im Rahmen von  
Stichprobe-Inventuren der Forsteinrichtung".

Translated by Niels STAMM

Published in 'Beiträge zur Zuwachsforschung', Mitteilungen  
der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, 105 (1974), p.82-98.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1981

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

Autor(en)/Author(s): Neumann Markus, Schieler Karl

Artikel/Article: [Vergleich spezieller Methoden zuwachskundlicher Schadensabschätzung 49-67](#)