

Z u w a c h s s c h ä t z u n g i m R a h m e n v o n
S t i c h p r o b e - I n v e n t u r e n d e r
F o r s t e i n r i c h t u n g

von

J. Pollanschütz

1. E i n l e i t u n g

Die Notwendigkeit der Verminderung des Arbeitsaufwandes und die Forderung nach Erhöhung des Informationsgehaltes und der Erhebungsgenauigkeit führten in Österreich vor 20 Jahren zur Einführung von Stichprobe-Inventuren bei der Waldzustandserfassung. Sowohl bei der Waldzustandserfassung im Rahmen von Forsteinrichtungen als auch bei der nationalen Forstinventur Österreichs werden gleichzeitig mit einer Vorratsinventur eine Zuwachsinventur durchgeführt. Zusammen mit Holzeinschlagsstatistiken, oder bei der Österreichischen Forstinventur zusammen mit der Einschlags-Inventur, bilden diese drei Informationsquellen die Basis für die Beurteilung der Auswirkungen der bisher (insbesondere im vergangenen Dezenium) geübten Art der Bestandesbehandlung und der damit verbundenen Nutzungen.

2. I n d i r e k t e S c h ä t z u n g d e s l a u f e n d e n
Z u w a c h s e s d e s G e s a m t b e s t a n d e s

Wenn bei den Erhebungen außer den Ertragsmerkmalen auch Standortmerkmale erfaßt werden, besteht bei Vorhandensein einer hinreichenden Probenanzahl die Möglichkeit der Schätzung der aktuellen und der potentiellen Gesamtwuchsleistung (GWL) für bestimmte Standortseinheiten und Bestandestypen durch Wuchsleistungsanalysen als Grundlage für eine generelle mittel- und langfristige Produktions- und Ertragsregelung. Bei einer ausreichenden Anzahl von Probeflächen je Befund- und Standortseinheit besteht abgesehen von der Durchführung einfacher Wuchsleistungsanalysen darüber hinaus die Möglichkeit der Erstellung von lokalen Wuchsleistungstafeln bzw. Standortsertragstafeln oder die Durchführung von Wachstumssimulationen bzw. Wuchsleistungsprognosen (siehe F r a n z 1972) für verschiedene Behandlungsvarianten.

M a g i n (1965) zeigt einen Weg wie alleine aufgrund einer Vorratsinventur unter Benützung der aus Dauerversuchen hergeleiteten K-Werte

$$K = \sqrt{\frac{1}{a} \cdot e^{b \cdot \ln(N/\Delta N)}} \quad \text{die Gesamtwuchsleistung}$$

und in weiterer Folge auch der laufende Zuwachs für bestimmte Befundeinheiten als Basis für einfache Wuchsleistungsanalysen geschätzt werden kann. Seine Formel für die GWL - Integration lautet:

$$GWL = V_a + \sum_a^t \Delta V_v + \sum_a^t V_A$$

Der Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, daß etwa die Auswirkung unterschiedlicher Stammzahlhaltungen bzw. unterschiedlicher Durchforstungsgrade auf den laufenden Zuwachs der zu einer Wuchsreihe zusammengefaßten Bestandesverbände für die einzelnen Zeitabschnitte nur mit grober Annäherung durch Vorgabe unterschiedlicher K-Werte im Anhalt an die ausscheidende und jeweils verbleibende Stammzahl unter Annahme einer bestimmten Ausgangsstammzahl geschätzt werden kann.

Mit dem K-Wert bringt man einen Merkmalswert in die Berechnungen, der einer bestimmten Modellvorstellung hinsichtlich der Durchforstung entspricht, die nur ungefähr mit der tatsächlich geübten Art und dem Grad der Durchforstung übereinstimmt. Ebenso wie für jedes spezifische Durchforstungsprogramm eine eigene Ertragstafel erstellt werden müßte, müßten auch die zugehörigen spezifischen K-Werte vorliegen, wenn die GWL-Berechnung inbezug auf alle Altersstufen zutreffende Zuwachswerte ergeben soll.

3. Direkte Schätzung des laufenden Zuwachses des Gesamtbestandes

Es war naheliegend nach einem Weg zu suchen den laufenden Zuwachs (bzw. den periodischen Zuwachs) der verschiedenen Bestände und deren Einzelstämme, als den maßgeblichen und durch Maßnahmen beeinflussbaren Zuwachsträgern, direkt zu erfassen, um so die Auswirkungen unterschiedlicher Bestandesbehandlungen (Stammzahlhaltung, Durchforstung, Düngung, u.s.w.) besser und objektiver abschätzen zu können. Von P o l l a n s c h ü t z (1968) wurde daher vorgeschlagen bei Wuchsleistungsuntersuchungen und bei den damit verbundenen GWL-Schätzungen außer den Ergebnissen einer Vorratsinventur auch die Ergebnisse einer Zuwachsinventur in die Kalkulationen einzubeziehen. Diese Art der GWL-Schätzung und der Schätzung des gesamten laufenden Zuwachses einzelner Altersstufen läßt sich formelmäßig wie folgt darstellen:

$$GWL = V_a + \sum_a^t pZ_{Ges} \quad pZ_{Ges} (a) = pZ_I + pZ_A$$

$$pZ_v = pZ_I / PI \quad pZ_{Ges} (k) = pZ_v + pZ_A$$

$$pZ_{v/m} = \frac{pZ_v}{N_v} \quad pZ_A = \frac{N_A \cdot pZ_{v/m} \cdot c}{2}$$

V_a	= Anfangsvorrat	N_V	= Stammzahl des verbl. Bestandes
N_A	= ausscheid. Bestand	$pZ_{Ges(a)}$	= ges. periodischer Zuwachs (aktuell)
pZ_V	= periodischer Zuwachs des verbl. Bestandes, der für durchschnittl. klimatische Verhältnisse berechnet wurde (korrigierter pZ)	$pZ_{Ges(k)}$	= ges. periodischer Zuwachs (korrigiert)
pZ_A	= halber periodischer Zuwachs des ausscheidenden Bestandes	pZ_I	= periodischer Zuwachs des verbleibenden Bestandes aus den Daten der Inventur berechnet (aktueller pZ)
c	= Verhältnis des pZ des Vorrats-Mittelstammes d. ausscheid. Bestandes zum pZ d. Vorrats-Mittelstammes des verbleib. Bestandes.	$pZ_{V/m}$	= periodischer Zuwachs des Vorrats-Mittelstammes des verbl. Bestandes
		PI	= Klimaindex des periodischen Zuwachses

Aus der Inventur benötigt man die Werte V_a , V_V , N_V , pZ_I und soferne nicht nur der "aktuelle" sondern auch der für durchschnittliche klimatische Verhältnisse zu erwartende Zuwachs berechnet werden soll, auch den Wert PI (bzw. einen Schätzwert für den periodischen Jahrringindex, siehe diesbezüglich den Abschnitt 6.). Gegenüber dem Magin'schen Verfahren werden **neben den aus der Vorratsinventur gewonnenen Merkmalswerten N und V , anstelle der K -Werte, die direkt im Zuge der Zuwachsinventur gewonnenen Werte für den laufenden Zuwachs der vorausgegangenen Periode pZ_I und inbezug auf den Zuwachs der ausscheidenden Stämme, der bedeutend weniger wirksame und daher nicht so kritische Korrekturwert c verwendet. Dieser Korrekturwert c kann näherungsweise aus der altersbedingten Verschiebung der Durchmesserverteilung und unter Zuhilfenahme der für die jeweilige Periode berechneten Stärkenzuwachskurve und schließlich unter Verwendung einer geeigneten Kubierungsfunktion über die erforderlichen d - und h -Werte abgeleitet werden. Bei dieser Vorgangsweise werden somit alle notwendigen Werte direkt aus der Vorrats- und Zuwachsinventur abgeleitet. Die Einbeziehung von Werten, wie etwa der K -Werte, aus anderen bzw. fremden Untersuchungen kann somit entfallen. Die einzigen "Fremdkörper" stellen die bei der Vorrats- und Zuwachsermittlung benützten allgemeinen Formzahl- und Rindenfaktorfunktionen dar.**

4. Schätzung des Zuwachses der verbleibenden Einzelsämme

Die ausschlaggebendste und bedeutsamste Komponente der GWL-Berechnung und der Berechnung des gesamten laufenden Zuwachses (pZ_{Ges}) für die einzelnen Altersstufen ist der periodische Zuwachs des verbleibenden Bestandes, der aus der Inventur abgeleitet wird, also der aktuelle Zuwachs der zurückliegenden

Periode der jeweils verbliebenen Bäume (pZ_{\perp}) oder der um den Klimaindex bereinigte periodische Zuwachs (pZ_V).

Bei den Stichproben-Inventuren der Forsteinrichtung in Österreich ist es üblich von jedem Baum einer Probe (bzw. Probestfläche) den Brusthöhendurchmesser (d), die Baumhöhe (h) und den periodischen Radialzuwachs (z_r) zu messen.

Von jedem Baum wird im Zuge der Auswertung das Volumen am Ende der Periode (v_E) und der Volumen-Zuwachs der zurückliegenden Periode (z_v) als Differenz zwischen dem Volumen am Ende und dem Volumen am Anfang der Periode ermittelt,

$$z_v = v_E - v_A$$

Bei der Volumenberechnung finden Formzahlfunktionen mit den Eingangsgrößen Brusthöhendurchmesser und Baumhöhe Verwendung, $\hat{f} = F(d, h)$. Derzeit stehen für alle Hauptbaumarten die Koeffizienten der nachstehenden Formzahlfunktion zur Schätzung des Schaftholzes mit Rinde zur Verfügung:

$$\hat{f}_{\text{SmR}} = a_0 + a_1 \cdot \ln^2 d + a_2 \cdot \frac{1}{h} + a_3 \cdot \frac{1}{d} + a_4 \cdot \frac{1}{d^2} + a_5 \cdot \frac{1}{d \cdot h} + a_6 \cdot \frac{1}{d^2 \cdot h}$$

Das Schaftholzvolumen wird nach der allgemeinen Formel

$$v_{\text{SmR}} = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h \cdot \hat{f}_{\text{SmR}} \quad \text{berechnet.}$$

Um das Volumen eines Einzelbaumes für den Anfang der Periode (v_A) ermitteln zu können benötigt man unter Berücksichtigung der vorhandenen Formzahlgleichungen lediglich die Werte d_A und h_A . Der Brusthöhendurchmesser am Anfang der Periode

$$d_A = (d_E - 2 \cdot z_r \cdot \hat{Rf})$$

läßt sich aus den Meßwerten der Inventur ermitteln. Da der Radialzuwachs ohne Rinde gemessen wird, gelangen, wie die Formel zeigt, überdies allgemeine für alle Hauptbaumarten vorliegende Rindenfaktorfunktionen $\hat{Rf} = F(d_E)$ zur Verwendung (Allgemeine Form der Beziehungsgleichung $\hat{Rf} = c_0 + c_1 \cdot d + c_2 \cdot \frac{1}{d}$).

Die Höhe am Anfang der Periode (h_A) ergibt sich durch Abzug des im Zuge eines speziellen Berechnungsverfahrens ermittelten Schätzwertes für den Höhenzuwachs (z_h) von der am Ende der Periode gemessenen Höhe: $h_A = h_E - z_h$.

5. Berechnungsverfahren zur Schätzung des Höhenzuwachses

Bei dem speziellen Berechnungsverfahren zur Ermittlung eines Schätzwertes für den Höhenzuwachs (z_h) wird vorausgesetzt, daß von jeder Probe (bzw. Probestfläche) nicht nur das Alter (t), sondern auch die Oberhöhenbonität der Hauptbaumart (B) bekannt ist. Das Alter wird im Zuge der Erhebungen durch Bohrung ermittelt. Die Oberhöhenbonität könnte durch Zuhilfenahme von

Ertragstafeln bestimmt werden. Da jeder Ertragstafel bestimmte Wachstumsabläufe und Behandlungsmodelle unterstellt sind, können sie nicht auf jede beliebige Wuchsreihe bestimmter Standortseinheiten angewandt werden. Es erscheint daher zweckvoll für jede Hauptbaumart bestimmter Standortseinheiten und Bestandestypen die Beziehung $\hat{H}_0 = F(t, B)$ direkt aus den im Rahmen einer Vorratsinventur erhobenen Daten zu berechnen.

Die pro Probe bei der Aufnahme ermittelte "inventurspezifische" Oberhöhe (H_0) ist z.B. bei Wahl der **B i t t e r l i c h - p r o b e** mit Zählfaktor "4" als die Mittelhöhe der drei stärksten Bäume der Hauptbaumart definiert. Als Bonität (B) wird die Oberhöhe im Alter 100 ($H_0(100)$) benützt. Ist über eine Schätzung des pZ_1 hinaus eine intensive und erweiterte Aufbereitung einer Stichprobe-Inventur, so etwa eine Wuchsleistungsanalyse vorgesehen, dann werden zur Absicherung der aus den Zeitreihen abgeleiteten Beziehung $\hat{H}_0 = F(t, B)$ auch einige Stammanalysen verlangt. Für die näherungsweise Beschreibung der Oberhöhenentwicklung (siehe Abb.1) hat sich bisher meist folgendes mathematisches Grundmodell als gut brauchbar erwiesen:

$$\ln \hat{H}_0 = a_0 + a_1 \cdot \ln t + a_2 \cdot \ln^2 t + a_3 \cdot \ln B + a_4 \cdot \ln t \cdot \ln B + a_5 \cdot \ln^2 t \cdot \ln B$$

oder ein Grundmodell, bei dem die Werte $\ln^2 t$ durch $\ln^3 t$ ersetzt wurden. (Dieses zweite Grundmodell ist meist dann von Vorteil, wenn insbesondere bei den schlechten Bonitäten im ersten Lebensabschnitt ein relativ stark verzögerter Höhenwuchs festzustellen ist - so etwa in höheren Gebirgslagen -, der einen deutlich ausgeprägten Wendepunkt bei den Kurven der Oberhöhenentwicklung zur Folge hat.) Aus der Umwandlung der Funktion $\hat{H}_0 = F(t, B)$ resultiert die Beziehungsgleichung $B = F(\hat{H}_0, t)$ für die jeweilige Hauptbaumart. Diese Gleichung gestattet nun die maschinelle Bonitierung jeder Probefläche.

Als nächster Schritt werden pro Auswertungseinheit (das sind Gruppen von Standortseinheiten und Bestandestypen) und pro Baumart aus dem Probestammmaterial der Stichprobe-Inventur Beziehungsgleichungen $\hat{h} = F(d, t, B)$ ermittelt. Bei der Suche nach einem geeigneten mathematischen Modell kann man etwa von folgenden Grundkonzeptionen

$$\hat{h} \text{ oder } \ln \hat{h} = (a_0 + a_1 \cdot \frac{1}{d}) \cdot (b_0 + b_1 \cdot \ln t + b_2 \cdot \ln^2 t) \cdot (c_0 + c_1 \cdot B) \text{ bzw.}$$

$$\hat{h} \text{ oder } \ln \hat{h} = (a_0 + a_1 \cdot \ln d + a_2 \cdot \ln^2 d) \cdot (b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{t}) \cdot (c_0 + c_1 \cdot B)$$

ausgehen und durch Vorgabe verschiedener Variablenkombinationen die für jede Baumart und Auswertungseinheit geeignetste Beziehungsgleichung finden. Auch andere als die genannte Grundkonzeption können die Ausgangsbasis für **plausible und geeignete Beziehungsgleichungen darstellen**. Als Beispiele für häufig verwendete **spezielle**

(auf einen bestimmten Fall bezogene) Beziehungsgleichungen seien genannt:

$$a) \ln h = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{d} + b_2 \cdot \ln t + b_3 \cdot \ln^2 t + b_4 \cdot B$$

$$b) \ln h = b_0 + b_1 \cdot \ln d + b_2 \cdot \ln^2 d + b_3 \cdot \frac{1}{t} + b_4 \cdot B$$

$$c) \ln h = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{d} + b_2 \cdot \frac{1}{t} + b_3 \cdot B$$

(Mit Rücksicht auf die Durchmesserbestimmung in 1.3 m ist es von Vorteil die Höhe nicht ab dem Boden, sondern ab Brusthöhe in Rechnung zu stellen.)

In der Abbildung Nr. 2 ist das Ergebnis der Schätzung nach der unter a) angeführten speziellen Beziehungsgleichung für die Oberhöhenbonitäten 35 und 15 dargestellt.

Sobald für jede Auswertungseinheit (Standortseinheiten und Bestandestypen) pro Baumart die Koeffizienten der Beziehungsgleichung $\hat{h} = f(d, t, B)$ vorliegen, können mit den Eingangswerten B, d_E, t_E, d_A, t_A die Schätzwerte für die Höhe am Ende (\hat{h}_E) und am Anfang (\hat{h}_A) der Periode ermittelt werden. Der Schätzwert für den Höhenzuwachs ergibt sich als Differenz dieser zuletzt genannten Werte,

$$z_h = \hat{h}_E - \hat{h}_A.$$

Es wird bei der Berechnung von z_h nicht der im Zuge der Aufnahme gemessene Wert (h_E) sondern der mit Hilfe der Funktion $\hat{h} = F(d, t, B)$ abgeleitete Schätzwert (\hat{h}_E) verwendet. Bei der anschließenden Berechnung von v_A wird dann aber $h_A = h_E - z_h$ in Rechnung gestellt, also vom gemessenen Wert (h_E) ausgegangen.

6. Ermittlung der aktuellen und der für durchschnittliche klimatische Verhältnisse zu erwartenden Zuwachsleistung des verbleibenden Bestandes.

Da nun alle erforderlichen Meß- und Schätzwerte vorliegen, kann für jeden Einzelbaum das Volumen v_E und der periodische Zuwachs $z_v = v_E - v_A$ ermittelt werden. Der Ermittlung des Vorrates des verbleibenden Bestandes (V_V) und des periodischen Zuwachses (pZ_I) jeder Probe (bzw. Berechnungseinheit, wobei eine Umrechnung auf Werte pro ha erfolgt) steht somit nichts mehr im Wege, denn $V_V = \sum v_E$ und $pZ_I = \sum z_v$. Der GWL - Ermittlung für eine Betriebsklasse (oder Revier) und der Schätzung des gesamten laufenden Zuwachses für die einzelnen Altersstufen werden die pZ_I - Werte unterstellt, sofern die "aktuelle" Zuwachsleistung gefragt ist.

Soll die für durchschnittliche klimatische Verhältnisse geltende Zuwachsleistung geschätzt werden, dann müssen überdies die erwarteten bzw. "korrigierten" Werte $d_{E(k)}$

und $h_{E(k)}$ ermittelt werden. Zu berechnen ist

$$d_{E(k)} = d_A + (2 \cdot z_r \cdot \hat{Kf} / I)$$

wobei der Jahrringindex (I) der einzelnen Baumarten aus einer zusätzlichen Untersuchung abgeleitet wird (siehe P o l l a n s c h ü t z, 1967 S.284-286). Mit Hilfe der Beziehungsgleichung $\hat{h} = F(d, t, B)$ wird unter Berücksichtigung von $d_{E(k)}$ zunächst der Schätzwert $h_{E(k)}$ ermittelt. Der korrigierte Wert für den Höhenzuwachs ergibt sich gemäß $z_{h(k)} = \hat{h}_{E(k)} - \hat{h}_A$ und der letztlich in die Volumenberechnung eingehende "korrigierte" Wert für die Höhe am Ende der Periode resultiert nach

$$h_{E(k)} = h_A + z_{h(k)}$$

Der für durchschnittliche klimatische Verhältnisse zu erwartende Vorrat am Ende der Periode und der zu erwartende periodische Volumenzuwachs für die einzelnen Altersstufen ergeben sich aus den Summen der "korrigierten" Einzelbaumwerte, $V_V(k) = \sum v_{E(k)}$ und $pZ_V = \sum z_{V(k)}$

Der im Abschnitt 3. erwähnte Klimaindex (PI) des periodischen Zuwachses der einzelnen Altersstufen stellt das Verhältnis pZ_I zu pZ_V dar und findet durch die zuletzt erwähnten Berechnungen eine indirekte Berücksichtigung.

7. W u c h s l e i s t u n g s v e r g l e i c h e u n d W u c h s l e i s t u n g s t a b e l l e n

Ordnet man die Proben eines bestimmten Bestandestyps einer Standortseinheit nach dem "Schlußgrad" bzw. nach bestimmten Stammzahlentwicklungsreihen (oder Grundflächenentwicklungsreihen) dann können durch GWL-Berechnungen die Auswirkungen verschiedener Behandlungsprogramme mit guter Annäherung geschätzt werden. Auch Vergleiche zwischen gedüngten und ungedüngten Betriebsklassen sind möglich, sofern Proben aus gedüngten und ungedüngten Waldflächen zu zwei Wuchsreihen vergleichbarer Stammzahlhaltung und analogen Bestandestyps einer Standortseinheit gebildet werden können.

Zieht man nur Proben hoher Stammzahl pro ha (Proben aus den dichtesten Bestandespartien) zu Rate und benützt man die um den Klimaindex korrigierten Wert pZ_V dann ist die näherungsweise Schätzung der "potentiellen" Leistungsfähigkeit eines bestimmten Bestandestyps einer bestimmten **Standortseinheit** und somit auch die Erstellung einer spezifischen Wuchsleistungstabelle (Standortsertrags-tafel) möglich. Unter Benützung der aus mäßig dichten und lockeren Bestandespartien stammenden Probe kann eine Zuwachsreduktionstafel abgeleitet werden, ähnlich wie sie etwa den Fichtenertragstafeln von A s s m a n n - F r a n z (1963) beige-schlossen ist.

Sofern man bezüglich der Baumartenmischung und deren zeitlichen Veränderungen bestimmte Annahmen trifft, können entsprechend der oben skizzierten Vorgangsweise auch für

Mischbestände Wuchsleistungstabellen erstellt und Leistungsvergleiche verschiedener Bestandestypen angestellt werden.

Als Beispiel für die im Abschnitt 3 skizzierte Schätzung des laufenden Gesamtzuwachses der einzelnen Altersstufen seien Daten der im Jahre 1971 im Forstamt Ottenstein in Niederösterreich durchgeführten Stichprobe-Inventur herangezogen. Geschätzt werden sollen die "aktuellen" Zuwachsleistungen der einzelnen Altersstufen. Die Berechnungen erfolgen für Fichtenreinbestände die auf frischen bis sehr frischen, gut nährstoffversorgten Standorten stocken. Die Oberhöhenbonität der Wuchsreihe liegt hauptsächlich zwischen $B = 36$ und 39 . Zur Verfügung stehen 315 Proben (Winkelzählproben, Zählfaktor 4) die sich auf die Altersstufen zwischen 20 und 105 verteilen.

Die einzelnen Schritte der Berechnungen seien in groben Zügen wie folgt skizziert (siehe Tabelle 1):

- a) Ermittlung der Stammzahlentwicklung durch Ausgleich der im Zuge der Inventur gefundenen N_V -Werte pro ha über dem Alter ($\ln N$ in Abhängigkeit von t). Der Ausgleich erfolgt nur für Proben ab dem Alter 35, da bei dieser Wuchsreihe erst ab diesem Zeitpunkt kein Einwuchs mehr zu erwarten war; die Kluppschwelle betrug nämlich 10 cm. Die Extrapolation der Ausgleichskurve ergab eine Ausgangsstammzahl (Alter = 3 Jahre) von rund 6.000 Stück, was mit der vom Betrieb bisher gewählten Pflanzenzahl gut übereinstimmte.
- b) Ausgleich der Durchmesser des Grundflächenmittelstammes (D_G) über dem Alter, wobei der früheste Einwuchs über die in 1.3 m gelegene Meßschwelle (Brusthöhe) für das Alter 7 Jahre angenommen wurde.
- c) Ausgleich der Bestandesformhöhen (HF) über dem Alter.
- d) Ausgleich des aus den Ergebnissen der Inventur gefundenen Quotienten $Q = pZ_I / 1 \text{ m}^2 G$ (periodischer Zuwachs des verbleibenden Bestandes pro 1 m^2 Grundfläche).
- e) Aufgrund dieser ausgeglichenen Werte (N_V , D_G , HF und Q) ist es nun möglich die übrigen erforderlichen und "ausgeglichenen" Bestandeskennwerte $G_V = (N_V \times D_G)$, $V_V = (G_V \times HF)$ und $pZ_I = (G_V \times Q)$ für alle Altersstufen zu berechnen.
- f) Soll eine komplette Wuchsleistungstabelle erstellt werden, dann müssen auch noch die Oberhöhen (H_V) und die grundflächengewogenen Mittelhöhen (H_G) ausgeglichen werden.
- g) Die anschließende Berechnung des gesamten periodischen Zuwachses (pZ_{Ges}) der einzelnen Altersstufen ist in Tabelle 2 dargestellt. Die Rubriken für die Gesamtwuchsleistung (GWL), des durchschnittlichen Gesamtzuwachses (dGZ) und den ausscheidenden Bestand (V_A) wurden nur des Beispiels wegen ausgefüllt. Da der "aktuelle" Zuwachs des verbleibenden Bestandes (pZ_I)

g) ..den Berechnungen unterstellt wurde, sind diese Werte je nach Klimaeinfluß in der zurückliegenden Periode mit einem systematischen positiven oder negativen Fehler behaftet. (Im vorliegenden Falle liegt eine Überschätzung dieser drei Werte vor, da der Klimaindex einen größeren Wert als 1 hatte.) Für allgemeine Wuchsleistungsvergleiche brauchbare und für eine lokale Wuchsleistungstabelle gültige Werte des Gesamtbestandes (GWL, dGZ) und des ausscheidenden Bestandes (V_A) erhält man nur dann, wenn nicht die direkt aus den Daten der Inventur berechneten Werte des periodischen Zuwachses (pZ_T), sondern die für durchschnittliche klimatische Verhältnisse erwarteten Werte des periodischen Zuwachses des verbleibenden Bestandes (pZ_V) den unter d) - g) angeführten Berechnungen unterstellt werden.

Aus den Entwicklungsreihen der einzelnen Bestandeskennwerte wird ersichtlich, daß der Betrieb in den Fichtenbeständen hoher Bonität bisher in den Jungbeständen zwischen dem Alter 15 und 25 nur schwache Eingriffe (Läuterungen bzw. Stammzahlreduktionen) vorgenommen hat. Gewinnbringende Durchforstungen sind gegenwärtig erst ab dem Alter 30 zu erwarten. Schwache bis mäßige Durchforstungseingriffe wurden im kurzen Turnus bis zur Endnutzung der Bestände im Alter zwischen 90 und 110 durchgeführt. Als Folge der zwar langsamen aber letztlich resultierenden relativ starken Auflichtung der Bestände stellte sich neben einer teilweisen natürlichen Verjüngung örtlich starke Vergrasung ein.

8. Zu w a c h s s c h ä t z u n g b e i d e r ö s t e r r e i c h i s c h e n F o r s t i n v e n t u r

Abschließend sei auf die Unterschiede der Zuwachsschätzungen zwischen den Stichprobe-Inventuren der Forsteinrichtung und der nationalen Großrauminventur hingewiesen. Bei der "österreichischen Forstinventur 1961 - 1970" wurden (ebenso wie bei der Österreichischen Forstinventur 1971 - 1980) mit Rücksicht auf die hohen Genauigkeitsforderungen neben den Werten d , h , und z in der Natur von jedem Baum auch die Werte $d_{0,3h}$ (oberer Durchmesser in 0.3 der Baumhöhe) und z_h gemessen. Im Rahmen der Aufbereitung der Vorratsinventuren gelangen daher Formzahl-Funktionen der allgemeinen Form $f = F(d, d_{0,3h}, h)$ zur Verwendung. Diesbezüglich wird auf die "Methodik der Auswertung und Standardfehler-Berechnung der Österreichischen Forstinventur" von B r a u n (1969) und auf "Eine neue Methode der Formzahl- und Massenbestimmung stehender Bäume" von P o l l a n s c h ü t z (1965) verwiesen.

Da im Gegensatz zur Forsteinrichtung bei der Österreichischen Forstinventur neben dem Radialzuwachs ohne Rinde (z) auch ein Meßwert für den Höhenzuwachs (z_h) im Zuge der Außenaufnahmen ermittelt wird, ist im Rahmen der Aufbereitung der Zuwachsinventur nur ein zusätzlicher Schätzwert für die Veränderung des oberen Durchmesser mit Rinde erforderlich.

Aufgrund einer speziellen Untersuchung wurden für die Hauptbaumarten Beziehungsgleichungen ermittelt, die die Schätzung des oberen Durchmessers vor 5 Jahren, also für den Beginn der Zuwachsperiode erlauben (siehe B r a u n). Die allgemeine Regressionsgleichung lautet:

$$\hat{d}_{0.3H mR} = a_0 + a_1 \cdot \left(\frac{d_{1.3 oR}}{1.3 oR} \right) D_{0.3H mR}$$

D wird hierbei zur Bezeichnung der Durchmesser am Ende der Periode und d für die Durchmesser am Anfang der Periode verwendet. Der "obere Durchmesser mit Rinde am Ende der Periode" wird mit dem Spiegelrelaskop nach B i t t e r l i c h bestimmt, der "Brusthöhendurchmesser ohne Rinde am Ende der Periode" durch Kluppiierung und Rindenstärkemessung und der "Brusthöhendurchmesser ohne Rinde am Anfang der Periode" durch Zuwachsbohrung. Analog der Ermittlung des periodischen Volumenzuwachses im Rahmen der früher geschilderten Aufbereitung und Auswertung von Stichprobe-Inventuren der Forsteinrichtung wird bei der Österreichischen Forstinventur der jährliche laufende Volumenzuwachs für jeden Probestamm nach der Formel

$$LZ = \frac{V_{\text{Erhebung}} - V_{5 \text{ Jahre vor Erh.}}}{5}$$

ermittelt.

9. S c h l u ß b e m e r k u n g

Ebenso wie die intensive Aufbereitung und Analyse einer Stichprobe-Inventur der Forsteinrichtung bietet eine Großrauminventur, bei der für jedes Erhebungselement die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Standortseinheit und einem bestimmten Bestandestyp fixiert ist, die Möglichkeit von Wachstumsimulationen und Produktionsuntersuchungen. Die Ergebnisse derartiger Untersuchungen bilden etwa im Rahmen eines generellen "Forst- und Holzwirtschaftlichen Entwicklungsplanes" wesentliche Grundlagen für mittel- und langfristiger Holzaufkommensstudien. Bei Großrauminventuren stellt insgesamt gesehen das Ergebnis einer intensiven Aufbereitung und Analyse bzw. letztlich das Interpretationsergebnis die Basis für die Forstpolitik und für allgemeine forstwirtschaftliche Entscheidungen dar.

Das moderne Hilfsmittel der elektronischen Datenverarbeitung (EDV) gestattet es uns zunächst, aus einer Unmenge von Einzelwerten eine überschaubare Zahl von Bestandeskenngrößen zu erarbeiten. Sie erlaubt es uns dann weiter, im Zuge von Wachstumsleistungsanalysen, Wachstumssimulationen und Produktionsstudien aus einem Minimum von Werten ein Maximum an Informationen zu gewinnen. Bei Vorliegen geeigneter Stichprobe-Inventuren sollte man sich diese Chance einer ganz wesentlich verbesserten Leistungseinschätzung im Interesse einer sinnvollen und erfolgversprechenden Produktions- und Ertragsregelung und somit einer Verbesserung der Nutzungsplanung und Bewirtschaftung der Waldbestände nicht entgehen lassen.

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

Eine den tatsächlichen örtlichen Verhältnissen entsprechende Schätzung der aktuellen und der potentiellen Leistungsfähigkeit bestimmter Bestandestypen auf bestimmten Standortseigenschaften **setzten** eine objektive Ermittlung des gesamten periodischen Zuwachses in den einzelnen Altersstufen voraus.

Im Rahmen von Stichprobe-Inventuren der Forsteinrichtung werden von jedem Baum einer Probefläche die Meßwerte Brusthöhen-durchmesser (d) und die Baumhöhe (h) und der periodische Radial-zuwachs (z_r) gemessen. Außerdem wird um den Volumenzuwachs berechnen zu können ein Schätzwert für den Höhenzuwachs benötigt. Die Berechnung dieses Schätzwertes setzt eine Bonitierung mit Hilfe einer Beziehungsgleichung $B = F(H_o, t)$ jeder Probefläche voraus. Hiebei bedeuten H_o die Oberhöhe der Hauptbaumart, t das Alter und B die Oberhöhenbonität im Alter 100, - $H_o(100)$. Der Höhenzuwachs wird als Differenz der Höhe am Ende (h_E) und der Höhe am Anfang (h_A) der Periode berechnet, wobei eine aus den Meßwerten der Vorratsinventur abgeleitete Beziehungsgleichung zur Schätzung der Höhe Verwendung findet $\hat{h} = F(d, t, B)$. Der periodische Zuwachs des Einzelbaumes ergibt sich gemäß $z_v = v_E - v_A$, wobei zur Volumenschätzung Formzahlfunktionen mit den Eingangsgrößen d und h Verwendung finden, $\hat{f} = F(d, h)$.

Abgesehen von der Ermittlung des periodischen Zuwachses des verbleibenden Bestandes wird, um zum gesamten periodischen Zuwachs zu gelangen, unter Einführung eines Korrekturwertes c der Zuwachs des ausscheidenden Bestandes im Zuge der Berechnung der Gesamtwuchsleistung (GWL) ermittelt. Der Korrekturwert c bedeutet das Verhältnis des Volumenzuwachses des Zuwachsmittelstammes des verbleibenden Bestandes zu dem des ausscheidenden Bestandes.

Die in der Abhandlung skizzierte intensive Aufbereitung und Analyse der Daten einer Stichprobe-Inventur der Forsteinrichtung stellt die Basis für die Wuchsleistungsanalysen und die spezifischen Wuchsleistungstabellen dar. Diese bilden wiederum die Grundlage für eine verbesserte Leistungseinschätzung im Interesse einer sinnvollen und erfolgversprechenden Ertragsregelung und somit einer Verbesserung der Nutzungsplanung und der Bewirtschaftung der Waldbestände.

S u m m a r y

Depending on environment factors the estimation of the actual and potential yield of stands in certain sites assumes the determination of the total periodical volume increment of single age-classes.

Within a sample for purpose of forest regulation diameter breast high (d), height (h) and the periodical radial increment (z_r) are measured on every tree of the sample-plot. More over an estimate for the height increment is needed for the calculation of the volume increment. The estimation of this value assumes the determination of the site-class of every sample-plot by means of the regression equation $B = F(H_o, t)$. H_o stands for the height of dominant trees and t for the age. B means the site-class defined as height of dominant trees in the age of 100 - $H_o(100)$. The height increment results in the difference between the height at the end (h_E) and the height at the beginning (h_A) of the period. The height is estimated by means of the regression equation deduced from the data of the survey, $\hat{h} = F(d, t, B)$. The periodical volume increment results according $z_v = v_E - v_A$; for calculating the volume the form-factor-functions with independant variables d and h used $\hat{f} = F(d, h)$.

Additional to the determination of the periodical volume increment of the residual stand the increment of the thinned stand is estimated by means of the factor c to reach the total periodical volume increment. The factor c stands for the relation of the volume increment of the mean tree of the residual stand to that of the thinned stand.

The analysis of growth production and the construction of specific yield-tables assumes the intensiv analysis of the data of a sample for purpose of forest regulation as discussed in the paper. They are the basis of the significant and successful yield regulation, the treatment of stands and the preparation of working plans.

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

- Assmann, E. und F. Franz. 1963. Vorläufige Fichten - Ertragstafel für Bayern. Institut für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München.
- Braun, R. 1969. Österreichische Forstinventur, Methodik der Auswertung und Standardfehler - Berechnung. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Wien. Nr. 84.
- Franz, F. 1972. Ertragskundliche Prognosemodelle. Forstwirtschaftliches Centralblatt, 91 Jahrgang, Heft 2, Seite 65 - 80.
- Magin, R. 1965. Zustandserfassung und Ertragsregelung im Rahmen einer zeitgemäßen Forsteinrichtung. Allgemeine Forstzeitschrift Nr. 50.
- Pollanschütz, J. 1965. Eine neue Methode der Formzahl- und Massenbestimmung stehender Bäume. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Wien. Nr. 68.
1967. Objektive Ermittlung der Auswirkung äußerer Einflüsse auf die Zuwachsleistung. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Wien. Nr. 77.
1968. Wuchsleistungsanalysen auf der Basis temporärer Probeflächen. Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden, 17 Jahrgang, Heft 6. Seite 1707 - 1713.

Dipl.-Ing. Dr. Pollanschütz
Institut für Ertrag und
Betriebswirtschaft
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Wien Austria

OBERHÖHENENTWICKLUNG Fichte Ottenstein

$$\ln H_0 = a_0 + a_1 \cdot \ln t + a_2 \cdot \ln^3 t + a_3 \cdot \ln B + a_4 \cdot \ln t \cdot \ln B + a_5 \cdot \ln^3 t \cdot \ln B$$

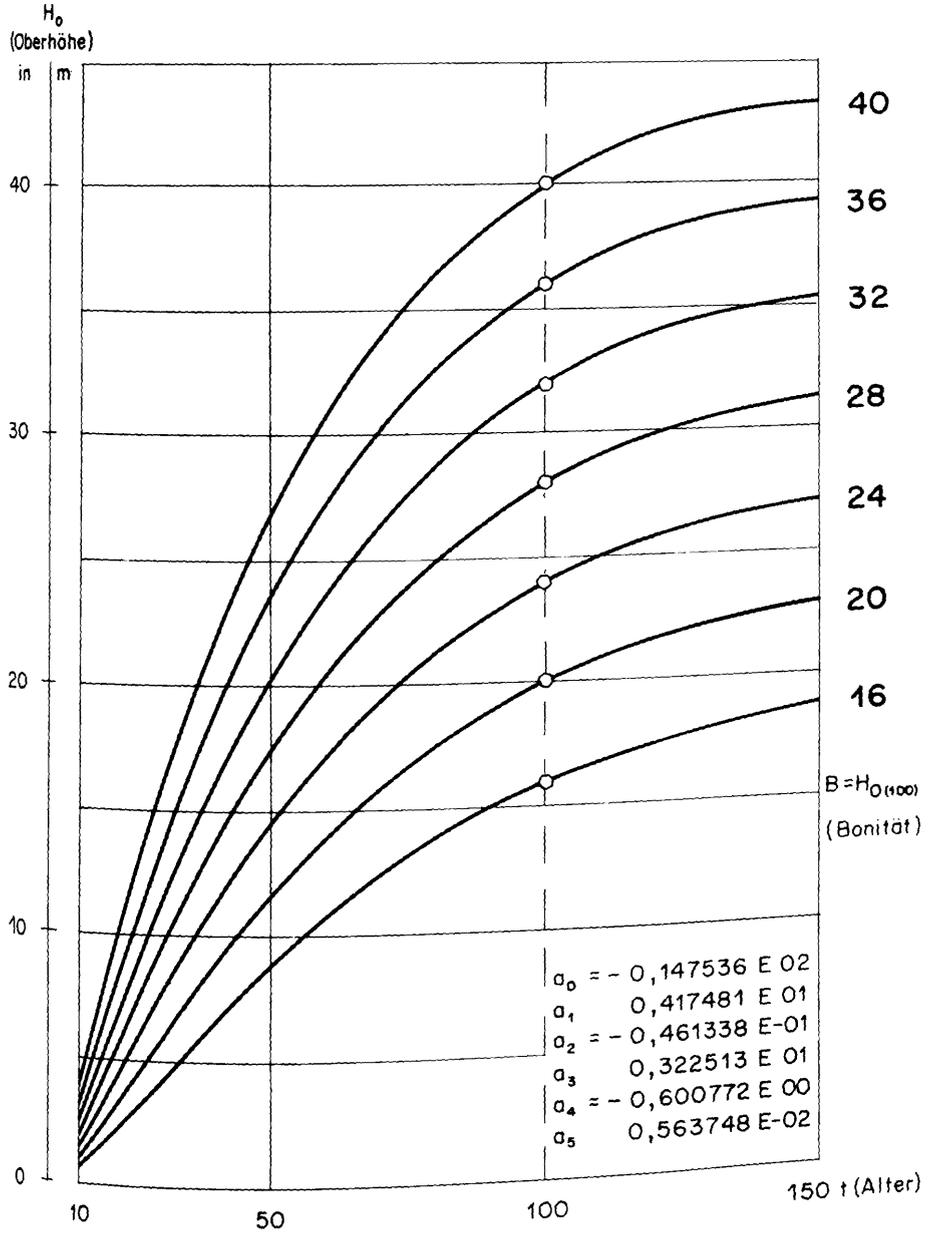
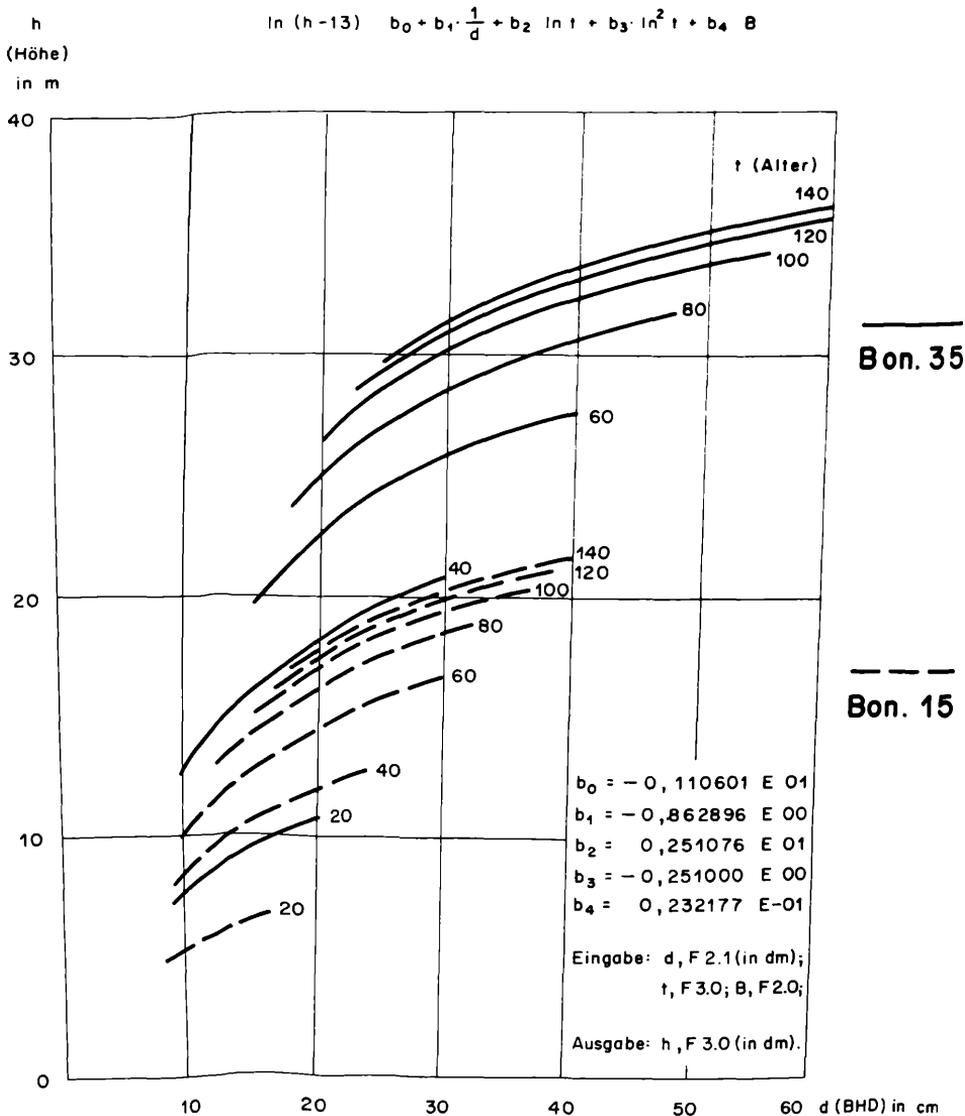


Abb 1

HÖHE IN ABHÄNGIGKEIT VON BHD, ALTER UND BONITÄT

Fichte Ottenstein (Reinbestände)



AUSGEGLEICHENE WERTE DER WUCHSREIHE

Fichte Reinbestand, Ste. A, FV Ottenstein

Alter	Über Alter ausgeglichene Werte aus der Inventur										Berechnete Werte			
	H ₀	H _g	N _v	D _g	H _F	Q = pZ ₁ /1m ² g	G _v	V _v	pZ ₁	V/m ³ SR				
	m	m		cm	m	V/m ³ SR	m ²	V/m ³ SR						
10	3,3	(1,5)	4185	1,70	(1,20)	(0,630)	(1,0)	(1,1)	(0,60)					
15	6,2	(4,3)	3240	4,31	(2,70)	(0,619)	(4,7)	(12,7)	(2,92)					
20	9,1	7,1	2699	6,94	4,20	0,605	10,2	42,8	6,17					
25	12,0	10,0	2301	9,47	5,64	0,587	16,2	91,3	9,51					
30	14,9	12,7	2003	12,04	6,87	0,565	22,8	156,5	12,88					
35	17,6	15,3	1760	14,48	7,99	0,536	29,0	231,8	15,54					
40	20,1	17,8	1559	16,57	9,09	0,509	33,6	305,4	17,10					
45	22,4	20,1	1390	18,38	10,10	0,480	36,9	372,8	17,71					
50	24,4	22,0	1248	20,10	10,97	0,452	39,6	434,3	17,90					
55	26,3	23,8	1127	21,73	11,71	0,426	41,8	489,6	17,81					
60	28,1	25,4	1024	23,26	12,39	0,403	43,5	538,9	17,53					
65	29,8	26,9	935	24,67	13,02	0,384	44,7	581,9	17,16					
70	31,3	28,3	857	26,11	13,48	0,364	45,9	618,9	16,71					
75	32,6	29,6	788	27,47	13,91	0,348	46,7	649,6	16,25					
80	33,8	30,7	727	28,81	14,26	0,333	47,4	675,7	15,78					
85	34,7	31,7	672	30,13	14,57	0,319	47,9	698,1	15,28					
90	35,6	32,7	622	31,38	14,91	0,307	48,1	717,3	14,77					
95	36,4	33,6	576	32,64	15,22	0,296	48,2	733,4	14,27					
100	37,1	34,4	534	33,90	15,49	0,285	48,2	746,5	13,74					
105	37,7	35,2	496	35,10	15,76	0,276	48,0	756,3	13,25					
110	38,2	35,9	461	36,33	15,96	0,266	47,8	763,0	12,71					

Tabelle 1

BERECHNUNG DES PERIODISCHEN ZUWACHSES DES GESAMTBESTANDES UND DER GESAMTWUCHSLEISTUNG

Fichte Reinbestand, Ste. A., FV. Ottenstein

Alter	Ausgeglichenen Werte aus der Inventur des verbleibenden Bestandes			Zuw. d. Mittelst. d. verbl. Best.		Korrekturwert	Zuwachs des auscheidenden Bestandes			Gesamtbestand		ausscheiden-der Bestand	
	NV	VV	pZI	ΔNV	ΔV_V		pZ ₁ /m	C	pZ _A /m	pZ _A f. hohe Periode	pZ-Gesamt		GWL
	R1	R2	R3	R4	R5	R6=(R3·R1)	R7	R8	R6 R7	R9=(R4·R8)0,5	R10=(R3·R9)·5	R11=V ₂₀ ·R10	R12=R10·R5
20	(2699)	(42,8)		398	48,5	0,0206	0,326	0,0067	1,33	48,9	(42,8)		0,4
25	2301	91,3	12,88	298	65,8	0,0322	0,348	0,0112	1,67	66,1	91,7		0,9
30	2003	156,5	15,54	243	75,3	0,0441	0,366	0,0161	1,96	79,7	157,8		4,4
35	1760	231,8	17,10	201	73,6	0,0548	0,382	0,0209	2,10	87,6	237,5		14,0
40	1559	305,4	17,71	169	67,4	0,0637	0,396	0,0252	2,13	90,7	325,1		23,3
45	1390	372,8	17,90	142	61,5	0,0717	0,408	0,0293	2,08	91,6	415,8		30,1
50	1248	434,3	17,81	121	55,3	0,0790	0,419	0,0331	2,00	91,1	507,4		35,8
55	1127	489,6	17,53	103	49,3	0,0855	0,428	0,0366	1,88	89,5	598,5		40,2
60	1024	538,9	17,16	89	43,0	0,0917	0,437	0,0401	1,78	87,6	688,0		44,6
65	935	581,9	16,71	78	37,0	0,0974	0,445	0,0433	1,69	85,2	775,6		48,2
70	857	618,9	16,25	69	30,7	0,1031	0,452	0,0466	1,61	82,9	860,8		52,2
75	788	649,6	15,78	61	26,1	0,1085	0,457	0,0496	1,51	80,4	943,7		54,3
80	727	675,7	15,28	55	22,4	0,1136	0,463	0,0526	1,45	77,9	1024,1		55,5
85	672	698,1	14,77	50	19,2	0,1187	0,468	0,0556	1,39	75,2	1102,0		56,0
90	622	717,3	14,27	46	16,1	0,1238	0,472	0,0584	1,34	72,7	1177,2		56,6
95	576	733,4	13,74	42	13,1	0,1286	0,477	0,0613	1,29	70,0	1249,9		56,9
100	534	746,5	13,25	38	9,8	0,1335	0,481	0,0642	1,22	67,5	1319,9		57,7
105	496	756,3	12,71	35	6,7	0,1378	0,484	0,0667	1,17	64,7	1387,4		58,0
110	461	763,0									1452,1		

Tabelle 2

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1974

Band/Volume: [105_1974](#)

Autor(en)/Author(s): Pollanschütz Josef

Artikel/Article: [Zuwachsschätzungen im Rahmen von Stichproben-Inventuren der Forsteinrichtung 82-98](#)