

Oberösterreichisches Landesmuseum
I 92658/84
42

MITTEILUNGEN  
TLICHEN BUNDES-VERSUCHSANSTALT  
WIEN

# Österreichische Forstinventur

## Methodik der Auswertung und Standardfehler-Berechnung

von

Rudolf BRAUN



**F O R S T L I C H E B U N D E S V E R S U C H S A N S T A L T**  
**A 1131 WIEN**  
(Tel. 82 36 38)

**DIREKTOR DIPL.-ING. HANS E G G E R**  
Stellvertreter: Dipl.-Ing. Dr. Rudolf Braun

**Institut für Waldbau**

Leiter: Dipl.-Ing. Dr. Günther ECKHART

Waldbaugrundlagen; Samenkunde und Forstpflanzennachzucht; Waldaufbau und Waldpflege; Prüfstelle für Waldsamen

**Institut für Forstpflanzenzüchtung und Genetik**

Leiter: Dipl.-Ing. Leopold GÜNZL

Grundlagen der Züchtung; Angewandte Züchtung; Biologische Holzforschung; Versuchsgarten Tulln

**Institut für Standort**

Leiter: Dipl.-Ing. Dr. Helmut JELEM

Klimatologie; Bodenkunde und Forstdüngung; Forstliche Vegetationskunde; Standortskartierung

**Institut für Forstschutz**

Leiter: Dipl.-Ing. Dr. Edwin DONAUBAUER

Entomologie; Phytopathologie; Allgemeiner Forstschutz; Forstchemie und Rauchschäden; Prüfstelle für forstliche Pflanzenschutzmittel

**Institut für Ertrag und Betriebswirtschaft**

Leiter: Dipl.-Ing. Dr. Josef POLLANSCHÜTZ

Forstliche Meßkunde; Produktionsforschung; Forsteinrichtung; Betriebswirtschaft

**Institut für Forsttechnik**

Leiter: Dipl.-Ing. Rudolf MEYR

Arbeitstechnik und Arbeitsorganisation; Bringung; Arbeitshygiene und Arbeitsphysiologie; Prüfstelle für Werkzeuge, Geräte und Maschinen

**Institut für Forstinventur**

Leiter: Dipl.-Ing. Dr. Rudolf BRAUN

Organisation; Methodik; Auswertung; Holzvorratsbilanz; Inventurinterpretation

**Institut für Forschungsgrundlagen**

Leiter: Dipl.-Ing. Otmar BEIN

Biometrie; Rechenzentrum; Photogrammetrie; Dokumentation und Publikation; Versuchsgärten Mariabrunn und Schönbrunn

**Institut für Wildbach- und Lawinenverbauung**

Leiter: Dipl.-Ing. Dr. Gottfried KRONFELLNER-KRAUS

Geomorphologie und Abtragsforschung; Hydrologie und Gewässerkunde; Schnee und Lawinen; Verbauungstechnik

Außenstelle für Subalpine Waldforschung in Innsbruck

Leiter: Prof. Dr. Walter TRANQUILLINI

Forstpflanzenphysiologie; Bodenbiologie; Forstpflanzenökologie; Grünverbauung Klimahaus am Patscherkofel; Bodenkundliches Labor in Imst





MITTEILUNGEN  
DER FORSTLICHEN BUNDES-VERSUCHSANSTALT  
WIEN

(früher „Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs“)

84. Heft

1969

---

ÖSTERREICHISCHE FORSTINVENTUR 1961 - 70

Methodik der Auswertung und Standardfehler - Berechnung

ODC 524.61

Austrian Forest Inventory 1961-70  
Technique of Evaluation and Calculation of Standard Error

Inventaire Forestier National d'Autriche 1961-70  
Méthode d'évaluation et calcul d'erreur-type

Австрийская инвентаризация лесов в 1961 - 1970 гг.

Методика обработки данных и исчисления  
нормативных ошибок

von

Rudolf BRAUN

OÖLM LINZ



+XOM2263804

Herausgegeben  
von der  
Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien  
Kommissionsverlag : Österreichischer Agrarverlag, 1014 Wien

Alle Rechte vorbehalten.

Copyright 1969 by  
Forstliche Bundesversuchsanstalt  
Wien.

Printed in Austria

Herstellung und Druck:

Forstliche Bundesversuchsanstalt  
A - 1131 Wien

I 92658 | 84  
C  
Land /D

Inv. N 432 | 1983

	Seite
1. Verfahren	1
2. Erhebung der wichtigsten Merkmale	2
3. Probestammdaten	4
3.1 Ermittlung der Masse des einzelnen Probestammes mit Hilfe von Kubierungsfunktionen	4
3.11 Formzahlfunktionen	7
3.12 Volumsfunktionen	9
3.13 Genauigkeit der Kubierungsfunktionen	9
3.14 Gesamtfunktion oder Stärkeklassenfunktionen?	11
3.15 Ausnahmefälle: Zwiesel- und $D_{0,1}H$ - Stämme	14
3.16 Unterholz - Probestämme	14
3.2 Massenzuwachsermittlung	15
3.21 Regressionsgleichung für $d_{0,3}h$ m. R.	16
3.22 Unterholz - Probestämme	18
3.23 Zuwachs m. R. oder Zuwachs o. R. ?	19
3.24 Praktische Durchführung der Massen- und Zuwachsberechnung	20
3.3 Ermittlung der Einschlagsmasse des gefällten Stammes auf Grund der Stock- und Vergleichsstammdaten	22
3.31 Proportionierungsmethode	22
3.32 Methode der Klassen - Vergleichsstämme	23
4. Von den Probestammdaten zu den Hektar Schätzwerten	24
4.1 Auswertung der Relaskop - Aufnahmen	24
4.2 Umwandlung der Erhebungsdaten von starren Probekreisen in gleichwertige Winkelzählproben - Elemente	27
5. Berechnung der Schätzwerte	30
5.1 Die Region als Rechnungseinheit	30
5.11 Hauptergebnisse	30
Traktsummen	30
k-Faktoren und Schätzwerte	31
5.12 Hektarwerte	31
5.13 Gesamtwerte	32
5.2 Bundesgebiet (Summe von Regionseinheiten)	33

	Seite
<b>6. Detailauswertung</b>	<b>33</b>
6.1 Probeflächen- und Probestammerhebung	34
6.2 Stockinventur	35
6.3 Linienerhebung	35
6.4 Überblick über die Arten der Detailergebnisse	36
<b>7. Berechnung der Standardfehler</b>	<b>37</b>
7.1 Standardfehler für die Region	38
7.11 Jahresergebnisse	38
7.111 Quadruplet - Kreuzdifferenzen	40
7.112 Quadrate und Produkte der Kreuzdifferenzen	42
7.113 Standardfehler der Hektarwerte	42
7.114 Standardfehler der Gesamtwerte	44
7.12 Mehrjahres - Durchschnittsergebnisse	45
7.2 Standardfehler für das Bundesgebiet	48
7.21 Standardfehler der Waldfläche	48
7.22 Standardfehler der Gesamtwerte	48
7.23 Standardfehler der Hektarwerte	49
7.3 Bundesländer	53
7.4 Bereiche von Bezirksforstinspektionen	54
<b>Zusammenfassung, Summary, Résumé, <del>Resümee</del></b>	<b>55</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>58</b>

## EINLEITUNG

Über die Planung und die praktische Durchführung von Stichprobenerhebungen als Grundlage nationaler Forstinventuren gibt es viele Veröffentlichungen. Hinsichtlich der Auswertungsverfahren hingegen werden der Öffentlichkeit zumeist nur spärliche Angaben zugänglich gemacht. Dadurch mag zuweilen der Eindruck entstehen, daß man die Ermittlung der Ergebnisse mit einem geheimnisvollen Schleier umgeben will.

Im Falle der Öst. Forstinventur soll der Rechengang der Auswertung und die Berechnung der Standardfehler aus mehrfachen Gründen ausführlich erläutert werden.

Die Einführung dieses Inventurverfahrens in Österreich bedeutet die erstmalige Übertragung eines nordischen Inventursystems auf ausgesprochene Gebirgswaldverhältnisse. Viele Skeptiker nahmen vor Beginn der Inventur an, daß ein solches Verfahren nur auf großräumige, einheitliche und einförmige Waldflächen mit Erfolg anwendbar sei, welches jedoch trotz der Anpassung an die auf kleinstem Raum wechselnden Wuchsbedingungen im Gebirgswald versagen müsse. Mittlerweile hat dieses Verfahren auch hier seine Bewährungsprobe bestanden.

Ein Charakteristikum dieser Anpassung ist die konsequente Anwendung der BITTERLICH'schen Relaskoptechnik und zwar nicht nur zur Auswahl der Probestämme, sondern ebenso zur optischen Messung eines zusätzlichen Durchmessers in drei Zehntel der Baumhöhe zwecks Formzahlbestimmung bzw. Massenermittlung des Einzelstammes. Obwohl Österreich die Wiege dieses nun schon weltumspannenden Verfahrens ist, unterläßt unsere forstliche Praxis doch noch die durchgehende Anwendung dieser vorzüglichen Methode wegen angeblich befürchteter Schwierigkeiten bei der Auswertung der Erhebungsdaten.

Für die Massen-, Zuwachs- und Einschlagsermittlung werden nicht die herkömmlichen Methoden verwendet, sondern z. T. neue Wege beschritten. Die Forstinventur entwickelte für diese Zwecke Kubierungsfunktionen unter Verwendung eines oberen Durchmessers, die eine Massenbestimmung mit hoher Genauigkeit ermöglichen. Dies allein schon würde eine eingehende Erörterung der Auswertung rechtfertigen.

Das Verfahren der Auswertung wurde schließlich dadurch weitgehend vereinheitlicht, daß sowohl Daten von Relaskopaufnahmen als auch solche von starren Probeflächen nach einer rechnerischen Umwandlung gemeinsam verarbeitet werden können und es daher möglich ist, für beide Datenarten (z.B. für Hochwald und Ausschlagwald) einen gemeinsamen Standardfehler direkt zu berechnen. Die gesamte Flächen-, Massen- und Zuwachsberechnung sowie die Einschlagsermittlung auf Grund der Stockinventur kann elegant in einem Zug durchgeführt werden.

Die Berechnung der Standardfehler der wichtigsten Merkmale wird nach einer Näherungsmethode für systematische Stichproben von Prof. MATÉRN durchgeführt, die im mitteleuropäischen Raum noch viel zu wenig bekannt ist. Diesem Abschnitt wurde deshalb eine sehr breite Darstellung gewidmet, um auch dem praktisch tätigen Forstmann, dem bei uns zumeist das nötige mathematisch-statistische Rüstzeug fehlt, den Rechengang einigermaßen verständlich zu machen.

Der Verfasser hatte vor 13 Jahren die Möglichkeit, unter Leitung von Prof. Dr. h. c. Manfred NÄSLUND und Prof. Erik HAGBERG die Schwedische Reichswaldtaxation im Rahmen eines FAO-Stipendiums zu studieren. Aufbauend auf den Grundsätzen dieses Verfahrens erfolgte die Planung und Durchführung der Österreichischen Forstinventur. Herr Prof. Dr. Bertil MATÉRN, Königl. Forstl. Hochschule in Stockholm, wirkte als ständiger Berater in allen statistischen Fragen mit; ihm sei für seine nimmermüden Bemühungen, mannigfache Inventurprobleme zu klären, herzlichst gedankt.

Der Verfasser

Trakte der Erhebungsjahre 1961/64

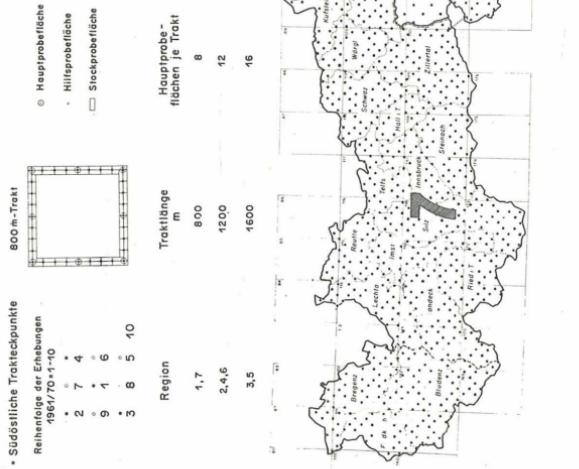


Abb.1 Die 7 Regionen der Forstinventur 1961/70 mit den Bezirksforstinspektionen und den südöstlichen Trakteckpunkten



## 1. VERFAHREN

Die Österreichische Forstinventur beruht auf einem Stichprobenverfahren mit systematischer Probenahme, welches als kombiniertes Trakt-Probeflächen-Linienerhebungsverfahren bezeichnet werden kann. Die Probeflächen sind nicht gleichmäßig über die Fläche verteilt, sondern zu sogenannten Trakten konzentriert, d.h. sie sind entlang den vier Seiten eines Quadrates (Abb. 2) angeordnet (Gruppenstichprobe). Auf Grund der Ergebnisse der Waldstandsaufnahme 1952-56 wurden die Bereiche der Bezirksforstinspektionen zu 7 Regionen (Wuchsgebiete) in solcher Weise zusammengefaßt, daß man unter Verwendung verschiedener Traktgrößen und Traktdichte annähernd gleichwertige Regionsergebnisse erwarten konnte (Abbildung 1).

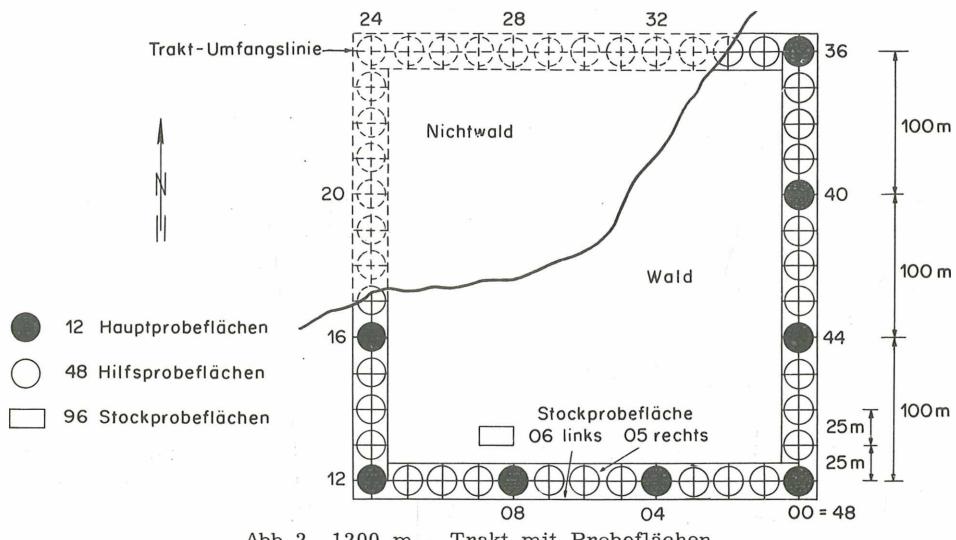


Abb. 2 1200 m - Trakt mit Probeflächen

Charakteristisch für das Inventursystem ist die nach dem schwedischen Vorbild gewählte Auflösung der Gesamtinventur in 10 einzelne Jahresinventuren von geringer Dichte, die sich über das ganze Bundesgebiet erstrecken; die Zusammenfassung dreier Jahreserhebungen liefert bereits brauchbare Ergebnisse für das Bundesgebiet und die Regionen. Durch Verdichtung des Traktnetzes erhält man nach 10 Jahren auch für den Bereich der Bezirksforstinspektionen gesicherte Aussagen.

Das Verfahren ist ferner durch die Anwendung der BITTERLICH'schen Relaskopmessung sowohl zur Auswahl der Probestämme als auch zur optischen Messung eines Durchmessers in relativer Baumhöhe zur Bestimmung der Formzahl und des Volumens der Probestämme in Verbindung mit Kubierungsfunktionen gekennzeichnet.

Im Traktumfangsbereich werden vier Stichproben vorgenommen:

a) **Probeflächen erhebung**

auf 300 m<sup>2</sup>-Kreisflächen (Haupt- und Hilfsprobeflächen) in Abständen von 25 Metern entlang der Traktumfangslinie zur Ermittlung der Waldfläche und ihrer Gliederungen.

b) **Probestammerhebung**

im Mittelpunkt der Hauptprobeflächen in Abständen von 100 Metern nach den Grundsätzen der BITTERLICH'schen Relaskoptechnik für Großrauminventuren zur Vorrats- und Zuwachsermittlung nach verschiedenen Merkmalsgliederungen.

c) **Stockinventur**

auf einem geschlossenen Band aneinander gereihter rechteckiger 300 m<sup>2</sup>-Stockprobeflächen rechts und links von der Traktumfangslinie. Sie dient zur Ermittlung der Einschlagsmenge.

d) **Linien erhebung**

Messung der Länge jener Abschnitte der Traktumfangslinie, die über Kahlflächen oder durch Jungwüchse führen, zwecks Erfassung ihrer Flächen.

Die Lage der Trakte ist in Karten 1:10.000 und in Luftbildern fixiert, daher ist eine subjektiv Beeinflussung beim Aufsuchen der Probeflächen nicht möglich. Alle masse- und zuwachsbetimmenden Elemente werden auf Grund möglichst genauer Messungen ermittelt.

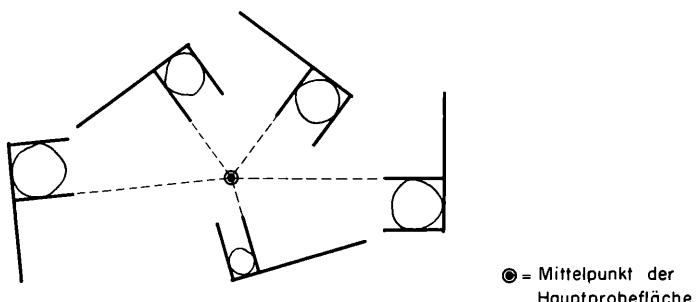
## 2. ERHEBUNG DER WICHTIGSTEN MERKMALE

Die Probeflächen (300 m<sup>2</sup>-Kreise) werden nicht abgesteckt; sie werden jedoch bei Auftreten von Grenzen verschiedener Betriebsarten, Eigentumsarten, Altersklassen, Wuchsklassen usw. durch Angabe der Distanz vom Mittelpunkt bzw. eines Winkelmaßes streng systematisch geteilt. Kleinste Probeflächeneinheit ist der Zehntelanteil.

Die Probestämme werden mit Hilfe des im Mittelpunkt der Hauptprobeflächen aufgestellten Spiegelrelaskopes (auf Stativ) bei sicherer Beurteilungsmöglichkeit optisch ausgewählt. Jeder mit Zählfaktor 4 gezählte Baum mit einem Brusthöhendurchmesser > 10,4 cm ist zugleich Probestamm. Im Zweifelsfalle wird die Distanz Grenzstamm - Relaskop mit Stahlmeßband gemessen und der Grenzstamm zur Kontrolle auf Millimeter genau kluppiert. Im ebenen Gelände erfolgt die Kluppierung radial mit Kluppschenkel in Richtung Relaskop, im geneigten Gelände stets bergseits, senkrecht zur Fallrichtung - also abweichend von der Relaskopvisierrichtung (Abbildung 3).

Jeder Probestamm wird in 1,3 m Höhe vom Boden mit einem Papierstreifen (Baumnummer) bezeichnet, der zugleich als Meßmarke für Klupphöhe, Rindenstärkemessung und Zuwachsbohrung dient.

a) Bis 5° Geländeneigung



b) Über 5° Geländeneigung

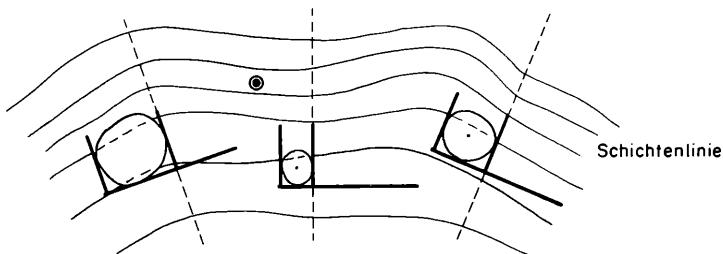


Abb. 3 Kluppierungsrichtung

**Meßdaten:** Der Brusthöhendurchmesser  $D_{1,3}$  wird mit Stahlkluppe auf ganze Zentimeter, die Rindenstärke rechts und links in Klupprichtung mit schwedischem Rindenstärkemesser auf Millimeter, die Baumhöhe mit Blume-Leiß auf 0,5 m gemessen. Entnahme eines Zuwachsbohrerkernes (Zuwachsbohrer mit Bruststütze) rechts in Richtung des kluppierten Durchmessers. Die Bohrkerne werden in Hülsen verwahrt; die Messung der Jahrringbreiten erfolgt im Büro mittels Eklund-Präzisions-Jahrringmeßmaschinen.

$D_{0,3H}$  : Optische Messung des Durchmessers in drei Zehntel der Baumhöhe parallel zum  $D_{1,3}$  mit dem Spiegelreflaskop auf Stativ.

$H_{z5}$  Der Höhenzuwachs der letzten voll ausgebildeten 5 Jahrestriebe wird bei Nadelbäumen in Dezimetern geschätzt. In Schweden benutzt man Feidstecher mit Stricheinteilung und Hilfstabellen zur Messung des  $H_{z5}$ . Allerdings erwiesen sich bei uns die im Durchschnitt wesentlich größeren Baumhöhen als ernstes Hindernis für

eine Messung dieser Art. Der Feldstecher wird lediglich dazu benutzt, um die 5 Astquirle des Höhenzuwachses einwandfrei festzustellen. Die Praxis zeigt, daß die Genauigkeit der Schätzung hinreichend ist, wenn sich der Gruppenleiter an liegenden Bäumen immer wieder selbst kontrolliert.

**Unterholz-Probestämme:**

Die Probestämme des Unterholzes im Ausschlagwald werden nicht mit dem Relaskop ausgewählt, sondern auf starren Probekreisen von 3,99 m Radius (0,5 Ar) erhoben. Die Kluppschwelle für Unterholz liegt bei 5,0 cm BHD. Die auf dem Probekreis vorkommenden Stämme ab 5,0 cm BHD werden nach "5 cm-BHD-Stufen" (5,0 - 10,4 cm, 10,5 - 15,4 cm), getrennt nach Hartlaubholz und Weichlaubholz gezählt. Für jede Durchmesserstufe wird je ein repräsentativer Stamm als Probestamm gewählt und alle Merkmale einschließlich des  $D_{0,5H}$  gemessen.

**Stockinventur:**

An Stöcken, die der biologisch abgegrenzten Einschlagsperiode angehören, wird die Stockhöhe und der maximale und minimale Stockdurchmesser gemessen. Für jeden Stock wird in unmittelbarer Nähe ein den Stockdimensionen und dem Wurzelanlauf entsprechender BHD-Vergleichsstamm gesucht, dessen  $D_{1,3}$  gemessen wird. Je Einschlagsfläche wird in jeder BHD-Klasse je Holzart ein Massen-Vergleichsstamm mit allen Probestamm-Meßdaten erhoben.

**Linienerhebung:**

Mit Bussolle und Stahlmeßband werden alle über Kahlflächen oder durch Jungwüchse führenden Abschnitte der Traktumfangslinie gemessen und Blößen sowie Jugenden nach verschiedenen Merkmalen charakterisiert.

Die Erhebungsdaten werden in vier verschiedene Aufnahmsmanuale eingetragen, aus denen sie direkt auf Lochkarten bzw. später von diesen auf Magnetbänder übernommen werden.

### 3. PROBESTAMM DATEN

#### 3.1 Ermittlung der Masse des einzelnen Probestamms mit Hilfe von Kubierungsfunktionen.

Die Forstinventur stand im Planungsstadium vor der Frage: sollen zur Massenermittlung herkömmliche konservative oder moderne Methoden angewandt werden? Die Entscheidung fiel auf Grund der in Schweden 1956 anlässlich eines Studienaufenthaltes gewonnenen Erfahrungen zu-

gunsten eines modernen Verfahrens. Ausschlaggebend hiefür war vor allem die Formzahlproblematik im Gebirgswald und die Art der gewählten Massenzuwachsermittlung.

Schon vier Jahre vor Inangriffnahme der Inventur begann eine großräumige Sondererhebung für diese Zwecke, in deren Verlauf 17.000 Probestämme aller Hauptholzarten an Schlägerungsorten, verteilt über das ganze Bundesgebiet, in verschiedenen Höhenlagen, Eigentumsarten, Betriebsarten etc. mit allen erforderlichen Merkmalen aufgenommen und sektionsweise kubiert wurden. Dieses sogenannte Funktionsstamm-Material bildete die Grundlage für die Entwicklung von Formzahl- und Kubierungsfunktionen nach dem Vorbild der schwedischen Näslund-Funktionen und demnach die Basis für die gesamte Massen-, Zuwachs- und Einschlagsberechnung der Forstinventur. Ziel dieser Untersuchung war es, Funktionen zur Berechnung der Masse stehender Bäume auf Grund objektiver und in der Praxis leicht ausführbarer Beobachtungen bzw. Messungen empirisch abzuleiten.

Gegenüber den schwedischen Funktionen haben diese Kubierungsfunktionen den großen Vorzug, daß sie den überaus wirksamen Formquotienten

$$\frac{D_{0,3H}}{D_{1,3}}$$

als Variable enthalten. MATÉRN gab bereits 1956 die Empfehlung, zur Kubierung außer dem BHD und der Höhe noch einen oberen Durchmesser in relativer Baumhöhe heranzuziehen. Die Wahl des oberen Durchmessers in 0,3 der Baumhöhe sowie die Methodik der optischen Messung mittels Spiegelrelaskop wurden von POLLANSCHÜTZ entwickelt.

Die Verwendung des Durchmessers in 0,3 der Baumhöhe hat den Vorteil, bei der praktischen Anwendung der Funktionen weder regionale noch höhenzonale Unterschiede (Abholzigkeit) berücksichtigen zu müssen, da die Schaftform in jedem Fall individuell erfaßt wird. Auf diese Weise konnte man für das ganze Bundesgebiet einheitlich vorgehen und sogar die Probestämme des Unterholzes im Ausschlagwald mit der gleichen Methode - wenn auch mit einer anderen Funktion - behandeln.

Die Ergebnisse der Kubierungen und Formzahlbestimmungen bestätigen, daß die Formzahlen im Gebirgswald wesentlich stärker variieren als man gemeinhin anzunehmen pflegt.

In den höheren Gebirgslagen weicht das Verhältnis BHD zu Baumhöhe oft so weit vom Normalen ab, daß gebietsweise in etwa 20 % der Fälle in der Massentafel für diese Probestammdaten gar keine Massenwerte zu finden sind; sie hätten demnach gutachtlich extrapoliert werden müssen!

Hinsichtlich der grundlegenden Entwicklung der Kubierungsfunktionen mit oberem Durchmesser sowie der Auswahl der geeigneten Funktionsarten sei auf die Dissertationarbeit von POLLANSCHÜTZ: "Eine neue

Methode der Formzahl- und Massenbestimmung stehender Stämme", Mitt. d. Forstl. BVA, Bd. 68, 1965, verwiesen, in der auch die verschiedenen Fehlermöglichkeiten ausführlich behandelt sind. Es erübrigt sich, hier näher darauf einzugehen.

Während POLLANSCHÜTZ zur Ansicht neigte, für die 5 Stärkeklassen verschiedene Funktionen zu verwenden, empfahl MATÉRN hingegen, in die Funktion eine weitere Variable aufzunehmen, dafür aber mit einer gemeinsamen Funktion für das Gesamtmaterial aller Stärkeklassen einer Holzart das Auslangen zu finden. Wie später gezeigt wird, erwies sich die Gesamtfunktion hinsichtlich ihrer Genauigkeit praktisch als fast ebenso gut wie das durchschnittliche Ergebnis aus mehreren Stärkeklassenfunktionen.

Das Hauptargument für eine Gesamtfunktion bzw. gegen die Verwendung von Stärkeklassenfunktionen liefert jedoch die Zuwachsermittlung, die ebenfalls unter Zuhilfenahme dieser Funktionen erfolgt. Bei Verwendung von verschiedenen Funktionen für die Stärkeklassen hätten sich an den Grenzen der einzelnen Stärkeklassen sprunghafte Übergänge, ja vielleicht sogar negative Zuwächse ergeben können. Aus diesen Gründen mußte ein möglichst kontinuierlicher Verlauf der Funktionslinie vom kleinsten bis zum größten Durchmesser angestrebt werden, selbst wenn man für die unterste Stärkeklasse einen etwas größeren Fehler in der Massenbestimmung in Kauf nehmen mußte.

Hier soll, wie schon erwähnt, nicht der Weg der richtigen Auswahl der günstigsten Funktion gezeigt, sondern lediglich das Ergebnis dieser Auswahl festgehalten werden.

Nach einer groben Vorausscheidung wurden folgende Ausdrücke als Variable herangezogen:

$$\frac{D_{0,3H}}{D_{1,3}}, \quad \frac{D_{0,3H}^2}{D_{1,3}^2}, \quad \frac{H}{D_{1,3}^2}, \quad \frac{H}{D_{1,3}}, \quad \frac{1}{D_{1,3}}, \quad HK, \quad \frac{HK}{H},$$

$$Kb, \quad Ri, \quad \frac{Ri}{D_{1,3}}, \quad \frac{Kb^2}{D_{1,3}^2}$$

Erläuterung:  $D_{0,3H}$  Durchmesser in 0,3 der Baumhöhe H

$D_{1,3}$  BHD = Brusthöhendurchmesser

HK Kronengrenzhöhe Höhe bis zur unteren Grenze der geschlossenen grünen Krone und zwar bis zum Astansatz. Ein einzelner grüner Ast - falls durch mindestens 3 abgestorbene Astquirle von der Krone getrennt gilt nicht als Kronengrenze.

Kb Kronenbreite in Metern

Ri Rindenstärke (mm)

Mit verschiedenen Kombinationen von zwei, drei und vier Variablen sowie 39 verschiedenen Funktionstypen wurde das gesamte Grundlagenmaterial (17.000 Funktionsstämme) bearbeitet. Im Verlauf dieser regressionsanalytischen Bearbeitung wurden - nach Stärkeklassen und Holzarten gegliedert - etwa 2000 Funktionen erstellt, aus denen mit Hilfe statistischer Kennzahlen die günstigste Auswahl getroffen wurde. Daher trägt diese Art von Funktionen auch die Bezeichnung "Probierfunktionen".

Es war verblüffend, feststellen zu können, daß für die praktischen Zwecke einer Großrauminventur mit vier Grundtypen von Formzahlfunktionen das Auslangen gefunden werden kann:

### 3.11 Formzahlfunktionen

(1) Nadelhölzer außer Tanne:  $f = a + b_1 \frac{D_{0,3}H}{D_{1,3}} + b_2 \frac{H}{D_{1,3}} + b_3 \frac{1}{D_{1,3}}$

(2) Tanne:  $f = a + b_1 \frac{D_{0,3}H}{D_{1,3}^2} + b_2 \frac{H}{D_{1,3}} + b_3 \frac{1}{D_{1,3}}$

(3) Laubhölzer außer Eiche:  $f = a + b_1 \frac{D_{0,3}H}{D_{1,3}} + b_2 \frac{HK}{H} + b_3 \frac{H}{D_{1,3}^2}$

(4) Eiche:  $f = a + b_1 \frac{D_{0,3}H}{D_{1,3}^2} + b_2 \frac{HK}{H} + b_3 \frac{H}{D_{1,3}^2}$

Grundsätzliche Unterschiede:

a) In allen vier Typen kommt der Formquotient

$$\frac{D_{0,3}H}{D_{1,3}}$$

entweder linear oder quadratisch als Variable vor; der quadratische Formquotient ist nur bei Tanne und Eiche wirksamer als der lineare.

b) Bei den Nadelholzfunktionen erwies sich die Variable  $\frac{H}{D_{1,3}}$  bei den Laubholzfunktionen hingegen die Variable  $\frac{H}{D_{1,3}^2}$  als günstiger.

c) Für die Laubholzfunktionen tritt die Variable  $\frac{HK}{H}$  (Kronengrenzhöhe zu Baumhöhe) an die Stelle der Variablen  $\frac{1}{D_{1,3}}$  der Nadelholzfunktionen.

Die prozentuellen Anteile, welche die einzelnen Glieder an dem Gesamtwert der Formzahlfunktion einnehmen, sind sehr verschieden und spiegeln die Bedeutsamkeit der Variablen in Verbindung mit dem Koeffizienten wider (Tab. 1).

Aus der Tabelle geht der überragende Einfluß der Variablen

$$\frac{D_{0,3H}}{D_{1,3}} \quad \text{bzw.} \quad \frac{D_{0,3H}^2}{D_{1,3}^2}$$

gegenüber den übrigen Variablen hervor, die aus  $H$ ,  $D_{1,3}$  und  $HK$  gebildet werden und die nur in geringem Maße zur Verbesserung der Funktion beitragen.

Tab. 1

Funktion für	Anteil der Glieder am Gesamtwert							
	Konstante	%	1. Glied	%	2. Glied	%	3. Glied	%
Nadelholz außer Tanne	a	25,2	$b_1 \frac{D_{0,3H}}{D_{1,3}}$	70,9	$b_2 \frac{H}{D_{1,3}}$	2,6	$b_3 \frac{1}{D_{1,3}}$	1,3
Tanne	a	19,1	$b_1 \frac{D_{0,3H}^2}{D_{1,3}^2}$	73,0	$b_2 \frac{H}{D_{1,3}}$	6,6	$b_3 \frac{1}{D_{1,3}}$	1,3
Laubholz außer Eiche	a	17,8	$b_1 \frac{D_{0,3H}}{D_{1,3}}$	76,2	$b_2 \frac{HK}{H}$	4,8	$b_3 \frac{H}{D_{1,3}^2}$	1,2
Eiche	a	38,6	$b_1 \frac{D_{0,3H}^2}{D_{1,3}^2}$	52,6	$b_2 \frac{HK}{H}$	5,8	$b_3 \frac{H}{D_{1,3}^2}$	3,0

Aus den Formzahlfunktionen erhält man durch Multiplikation mit dem Faktor  $\frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot H$  die entsprechenden Volumsfunktionen.

### 3.12 Volumsfunktionen

$$(1) \text{ Nadelhölzer außer Tanne: } V = \frac{\pi}{4} \cdot H \left[ a \cdot D_{1,3}^2 + b_1 (D_{0,3H} \cdot D_{1,3}) + b_2 \cdot H \cdot D_{1,3} + b_3 \cdot D_{1,3} \right]$$

$$(2) \text{ Tanne: } V = \frac{\pi}{4} \cdot H \left[ a \cdot D_{1,3}^2 + b_1 \cdot D_{0,3H}^2 + b_2 \cdot H \cdot D_{1,3} + b_3 \cdot D_{1,3} \right]$$

$$(3) \text{ Laubhölzer außer Eiche: } V = \frac{\pi}{4} \cdot H \left[ a \cdot D_{1,3}^2 + b_1 (D_{0,3H} \cdot D_{1,3}) + b_2 \frac{HK \cdot D_{1,3}^2}{H} + b_3 \cdot H \right]$$

$$(4) \text{ Eiche: } V = \frac{\pi}{4} \cdot H \left[ a \cdot D_{1,3}^2 + b_1 \cdot D_{0,3H}^2 + b_2 \frac{HK \cdot D_{1,3}^2}{H} + b_3 \cdot H \right]$$

Die Beschränkung auf die genannten vier Typen verschiedener Funktionen bedeutet aber nicht, daß z.B. für alle Nadelholzarten außer Tanne dieselben Regressionskonstanten  $a$  und dieselben Regressionskoeffizienten  $b_1, b_2, b_3$  verwendet werden. Die Regressionskoeffizienten sind für die meisten Holzarten sogar von erheblich unterschiedlicher Größenordnung. Lediglich für die seltener vorkommenden Laubhölzer, für welche derzeit noch zu wenig Untersuchungsmaterial vorliegt, werden vorläufig die Koeffizienten der Buchenfunktion verwendet.

Für die Berechnung der Formzahl und der Kubikmasse sind daher der zutreffende Funktionstyp und die für die betreffende Holzart geltenden Koeffizienten zu wählen.

Mit den Koeffizienten der Tabelle 2 in den vier Funktionstypen erhält man die Masse des Einzelstammes in  $dm^3$ , wenn die Maße aller verwendeten Größen in Dezimetern ausgedrückt sind.

### 3.13 Genauigkeit der Kubierungsfunktionen

Die folgende Tabelle 3 zeigt die Kennzahlen zur Beurteilung der Genauigkeit der Funktionen für die wichtigsten Holzarten.

$s_y\%$  = Standardabweichung der beobachteten Werte von ihrem Mittel.

$s_F\% = \frac{s_F \cdot 100}{\bar{y}}$  = Standardabweichung der berechneten von den beobachteten Werten bzw. von der Funktion in Prozenten;  $s_F^2$  stellt die "Fehlervarianz" dar.

Der Vergleich von  $s_F\%$  mit  $s_y\%$  zeigt die bedeutsame Herabminderung der Fehlervarianz durch die Kubierungsfunktion.

B Bestimmtheitsmaß n. LINDER, welches angibt, welcher Anteil der Varianz aus den Unterschieden der unabhängigen Variablen erklärt werden kann (bei Fichte z.B. 88 %).

**Konstante und Koeffizienten für die Kubierungsfunktionen  
der Österre' hischen Forstinventur**

Tab. 2

Schlüs sel	Holzart	a	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
N a d e l h o l z					
01	Fichte	0,243 560	0,827 140	0,000 291 030	0,028 7120
02	Tanne	+ 0,099 066	0,512 570	0,000 445 934	0 015 9819
03	Lärche	0,219 830	0,802 760	0,000 323 901	0,018 3610
04	Kiefer	0,209 860	0,814 030	0,000 195 795	0,031 7280
05	Schw. -Ki	0,192 940	0,847 910	0,000 203 583	0,006 9137
06	Zirbe	+ 0,050 144	0,467 565	0,000 157 070	0,076 1060
L a u b h o l z					
10	Buche	0,130 890	0,674 300	0,066 763	0,000 167 307
11	Eiche	+ 0 185 205	0,350 116	0,065 650	0,000 476 876
12	Hainbuche	0 042 2	,422 578	0 077 020	0,000 420 750
13	Esche	0 019 811	0, 2 41	0 053 539	0 000 470 395
14	Ahorn	0 028 594	0,565 491	0,008 268	0,000 236 824
15	Ulme	0,138 981	0,695 015	0,016 567	0,000 318 013
20	Birke	0,077 804	0,568 230	0,051 675	0,000 5 4 142
21	Erle	0,164 590	0,703 820	0,058 915	0,000 259 377
23	Weißpappel	- 0,143 768	0,648 730	0,081 205	0,000 561 830
24	Schwarzp.	0,084 312	0,592 805	0,022 711	0,000 647 000
25	Zitterpap.	- 0,145 570	0,665 700	0,058 867	0,000 417 790
26	Balsampap.	- 0,145 570	0,665 700	0,058 867	0,000 417 790
27	Weide	0,137 580	0,694 380	0,012 841	0,000 458 940

Für die Nadelholzarten Weymouthskiefer, Douglasie und sonstige Nadelhölzer werden die Konstanten und Koeffizienten der Fichte, für die Laubholzarten Nuß, Edelkastanie, Robinie, Sorbus, Linde und sonstiges Laubholz jene der Buche verwendet.

## Gesamtfunktionen für alle Stärkeklassen

Tab. 3

Holzart	Anzahl der Bäume	Standardabweichung		Bestimmt- heitsmaß B
		vom Mittel $s_y\%$	von der Funktion $s_f\%$	
Fichte	9985	12,68	4,33	0,883
Tanne	1559	12,62	5,46	0,813
Lärche	841	12,33	4,94	0,839
Kiefer	1429	12,63	5,18	0,831
Buche	915	10,65	6,49	0,628
Pappel	354	14,98	5,79	0,850

Für die übrigen Laubholzarten liegen die  $s_f\%$ -Werte zwischen 4,76 % (Birke) und 7,65 % (Ulme), die Bestimmtheitsmaße B zwischen 0,650 und 0,859, jedoch sind die zur Herleitung der Koeffizienten verfügbaren Stammzahlen derzeit z. T. noch gering.

## 3.14 Gesamtfunktion oder Stärkeklassenfunktion?

Die Begründung dafür, warum bei Großrauminventuren eine Gesamtfunktion für alle Stärkeklassen einer Holzart einzelnen Funktionen für jede Stärkekasse vorzuziehen sei, wurde bereits früher gegeben.

Hier soll lediglich ein Vergleich der Standardabweichungen gegeben werden. Im oberen Teil der folgenden Tabelle sind die Standardabweichungen ( $s_f\%$  von der Funktion) der einzelnen Stärkeklassenfunktionen angeführt. Darunter stehen die aus den Standardabweichungen der Stärkeklassenfunktionen errechneten durchschnittlichen  $s_f\%$  und zum Vergleich in der letzten Zeile die Standardabweichung der Gesamtfunktion für die ganze Holzart.

Aus der Tabelle 4 geht hervor, daß die Standardabweichungen der Gesamtfunktion nur unwesentlich höher sind als jene für den Durchschnitt der Stärkeklassen.

Die Standardabweichungen für die Funktionen der einzelnen Stärkeklassen zeigen, daß nur die Werte der schwächsten Stärkekasse (5 - 10 cm BHD), - also ausschließlich für Unterholz-Dimensionen - eine erheblich höhere Fehlervarianz aufweisen als die übrigen; ein strenger Vergleich ist nur bedingt möglich, weil die Intervalle der einzelnen Stärkeklassen und die Stammzahlen in den Stärkeklassen sehr verschieden sind.

Im allgemeinen wird daher einer Gesamtfunktion für die Holzart unbedingt der Vorzug zu geben sein. Nur bei Sondererhebungen für bestimmte Dimensionen sollten die Stärkeklassenfunktionen Verwendung finden.

Standardabweichung von der Funktion:  $s_F\%$ 

Tab. 4

Stärkeklasse BHD	Fichte	Tanne	Lärche	Kiefer	Buche
5 10 cm	5,91	6,92		7,50	7,30
11 20 cm	4,52	5,98	5,61	5,02	6,46
21 35 cm	3,93	4,78	4,60	4,72	5,53
36 50 cm	3,73	4,85	4,35	4,12	6,52
> 50 cm	3,83	5,17	4,36		
Durchschnitt der Stärkekl. -F.	4,27	5,32	4,94	5,14	6,14
Gesamt- funktion	4,33	5,46	4,94	5,18	6,49

Für die Holzart Fichte soll gezeigt werden, wie man nach MATÉRN (mündliche Mitteilung) prüft, ob eine gemeinsame Funktion für die ganze Holzart die Verwendung ezieller Funktionen für die einzelnen Stärkeklassen ersetzen kann:

Zu diesem Zweck wird aus den Fehlervarianzen ( $s_F^2$ ) der einzelnen Stärkeklassenfunktionen eine durchschnittliche Fehlervarianz ermittelt und der prozentuellen Standardabweichung der berechneten Werte von der Gesamtfunktion gegenübergestellt. Da die  $SQ_F$ -Werte nicht vorhanden waren, mußten sie aus den  $s_F^2$  und FG (Freiheitsgrade) der Stärkeklassenfunktionen rückgerechnet werden (siehe Tabelle 5).

- Berechnungsgang:
1. Auswahl der besten Funktion für jede Stärkeklasse, die aus anderen Variablen bestehen kann als die Gesamtfunktion
  2. Berechnung der Freiheitsgrade FG (= n-1-v), Kol. 4
  3. Berechnung der einzelnen  $SQ_F$  FG, Kol. 6
  4. Berechnung der durchschnittlichen Fehlervarianz

$$s_F^2 = \frac{SQ_F}{FG}$$

5. Berechnung der durchschnittlichen Standardabweichung der berechneten Werte von der Funktion

$$s_F \% = \frac{s_F \cdot 100}{\bar{y}}$$

wobei  $\bar{y}$  der Funktionswert (z.B. Formzahl) für die ganze Holzart ohne Rücksicht auf Stärkeklassen ist.

6. Vergleich des durchschnittlichen  $s_F \%$  f.d. Stärkeklassenfunktionen mit dem  $s_F \%$  f.d. Gesamtfunktion.

Berechnung der durchschnittlichen Fehlervarianz

Tab. 5

Stärke-klasse BHD	Anzahl der Stämme n	Anzahl d. unabh. Variablen v	FG (n-1-v)	Fehler- varianz $s_F^2$	Su-Quadrat $SQ_F$	
1	2	3	4	5 <sup>1)</sup>	6 <sup>1)</sup> 4 x 5	
5 10 cm	558	2	555	11,57410	6423,62550	$\frac{41773,406}{9967} =$
10 20 cm	2463	3	2459	5,52026	13574,31934	$4,1911 \cdot 10^{-4}$
21 35 cm	3813	3	3809	3,54808	13514,63672	$2,046 \cdot 10^{-2}$
36 - 50 cm	2366	3	2362	2,72205	6429,48210	$\bar{y} 0,4789$
$\geq 50$ cm	785	2	782	2,34187	1831,34234	$s_F \% = \frac{2,046}{0,4789} 4,27$
Summe	9985		9967		41773,40600	
Gesamt- material $\bar{y} = 0,478923$	9985	3	9981	4,30832	43001,34192	$s_F \% = 4,33 \%$

1) Werte mal  $10^{-4}$

### 3.15 Ausnahmefälle: Zwiesel- und $D_{0,1H}$ - Stämme

In Ausnahmefällen, in denen eine Ermittlung des Durchmessers in 0,3 der Baumhöhe nicht möglich ist (Sichtbehinderung, Astwinkelbereich usw.), darf die Meßstelle von 0,3 nach 0,1 der Baumhöhe verlegt werden ( $D_{0,1H}$ ); ebenso gilt dies, wenn im Bereich von 0,1 und 0,3 der Baumhöhe eine Gabelung liegt und der Schaftdurchmesser oberhalb der Gabelung erheblich kleiner ist als unterhalb dieser.

Bei Laubbäumen mit einer Gabelung im Bereich 1,3 m Höhe vom Boden bis 0,1 der Baumhöhe ("wi el") entfällt die Messung eines oberen Durchmessers.

Für diese Fälle wurden aus dem Funktionsstammmaterial holzartenweise die Reduktionsfaktoren  $Q_{1,3}$  bzw.  $Q_{0,1}$  berechnet; ( $Q_{1,3}$  mal  $D_{1,3}$ ) bzw. ( $Q_{0,1}$  mal  $D_{0,1H}$ ) ergibt näherungsweise den  $D_{0,3H}$ , der dann zur Kubierung mit den Funktionen verwendet wird (Tabelle 6).

#### Reduktionsfaktoren zur Berechnung von $D_{0,3H}$

Tab. 6

Holzart	$Q_{1,3}$ Zwiesel	$Q_{0,1}$ $D_{0,1H}$ - Stamm	Holzart	$Q_{1,3}$ Zwiesel	$Q_{0,1}$ $D_{0,1H}$ Stamm
Fichte	0,8278	0,8692	Ahorn	0,8041	0,8380
Tanne	0,8586	0,8866	Ulme	0,7848	0,8173
Lärche	0,7910	0,8576	Robinie	0,7777	0,8038
Kiefer	0,7865	0,8355	Birke	0,7525	0,8092
Schw. Ki	0,8440	0,8587	Erle	0,8207	0,8460
Zirbe	0,8479	0,8715	Linde	0,8148	0,8422
Buche	0,8274	0,8678	W. Pappel	0,7797	0,8263
Eiche	0,8456	0,8809	Schwarzp.	0,7541	0,8164
W. -Buche	0,7971	0,8233	Zitterp.	0,8127	0,8442
Esche	0,8051	0,8499	Weide	0,7947	0,8455

### 3.16 Unterholz Probestämme

Die Wuchsform der Bäume des Ausschlagwald-Unterholzes erfordert eine gesonderte Ermittlung von passenden Kubierungsfunktionen. Auch in diesem Fall wird ein Durchmesser in 0,3 der Baumhöhe gemessen und in der Funktion verwendet. Wir unterscheiden lediglich die Holzartengruppen Weichlaubholz und Hartlaubholz.

Die Untersuchungen ergaben, daß drei Variable nicht erforderlich sind, sondern für die zwei Gruppen mit einem Funktionstyp mit 2 Variablen das Auslangen gefunden wird. Als Variable für die Formzahlfunktion werden

$$\frac{D_{0,3H}}{D_{1,3}} \quad \text{und} \quad \frac{H}{D^2}$$

herangezogen. Allerdings errechneten sich für Hartlaubholz andere Konstante und Regressionskoeffizienten als für Weichlaubholz.

Die Volumsfunktion für Unterholz lautet:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot H \left[ a \cdot D_{1,3}^2 + b_1 (D_{0,3H} \cdot D_{1,3}) + b_2 \cdot H \right]$$

Die Regressionskonstanten bzw. Regressionskoeffizienten für diese Funktion sind:

Holzartengruppe	a	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>
Hartlaubholz	+ 0,003180	+ 0,520420	0,000322746
Weichlaubholz	- 0,007850	+ 0,575575	0,000181001

### 3.2 Massenzuwachsermittlung.

Die Ermittlung des Massenzuwachses im Rahmen der Forstinventur erfolgt für jeden Probestamm individuell. Der Stamm wird einerseits mit Hilfe der Meßdaten im Zeitpunkt der Erhebung, andererseits auf Grund jener Meßdaten, die er 5 Jahre vor der Erhebung aufwies, mittels derselben Volumsfunktion kubiert; die Differenz der beiden Kubierungen geteilt durch 5 - liefert direkt den jährlichen laufenden Massenzuwachs des Stammes. Hierbei findet auch die während der vorhergehenden Fünfjahres-Zuwachsperiode eingetretene Formzahländerung Berücksichtigung.

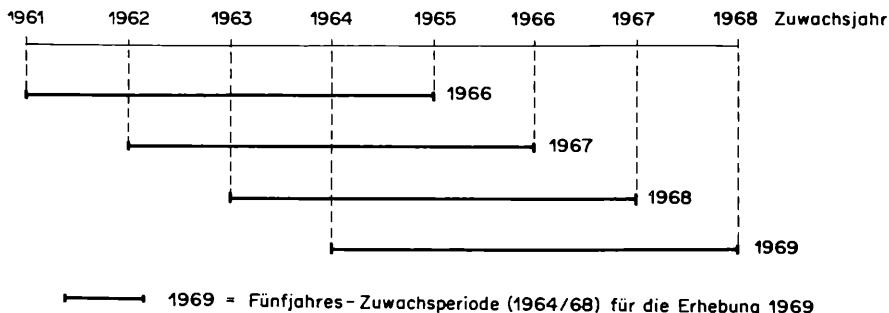


Abb. 4 Verschiebung der 5-Jahres-Zuwachsperioden

Mit jeder Jahreserhebung verschiebt sich die Zuwachsperiode um ein Jahr nach vor, d. h. für die Jahreserhebung 1967 gilt die Zuwachsperiode der Jahre 1962 bis 1966, für die Jahreserhebung 1968 die Zuwachsperiode 1963/67 usw. Aus diesem Grunde erscheint es nicht erforderlich, den sogenannten "Einwuchs" (d. s. Bäume, die innerhalb der sonst üblichen 10-Jahres-Periode bei Wiederholungsinventuren die Kluppschwelle erreicht oder überschritten haben) gesondert zu berücksichtigen.

Im Zeitpunkt der Erhebung werden gemessen:

$D_{1,3 \text{ m.R.}}$	Brusthöhdurchmesser mit Rinde	$R_i$	Doppelte Rindenstärke
$D_{0,3 \text{ H.m.R.}}$	Durchmesser mit Rinde in 0,3 der Baumhöhe $H$	$H_{z5}$	Fünfjähr. Höhenzuwachs, bei Nadelholz geschätzt, bei Laubholz $H_{z5} \phi$
$H$	Baumhöhe	$D_{z5}$	Fünfjähr. Durchmesserzuwachs auf Grund der Bohrkernmessung

Rechnerisch lässt sich daraus ermitteln:

für den Erhebungszeitpunkt:

$$D_{1,3 \text{ o.R.}} = D_{1,3 \text{ m.R.}} - R_i$$

für den Zeitpunkt "5 Jahre vor Erhebung":

$$d_{1,3 \text{ R}} = D_{1,3 \text{ o.R.}} - D_{z5}$$

$$d_{1,3 \text{ m.R.}} = D_{1,3 \text{ m.R.}} - D_{z5}$$

$$h = \text{Baumhöhe vor 5 Jahren} =$$

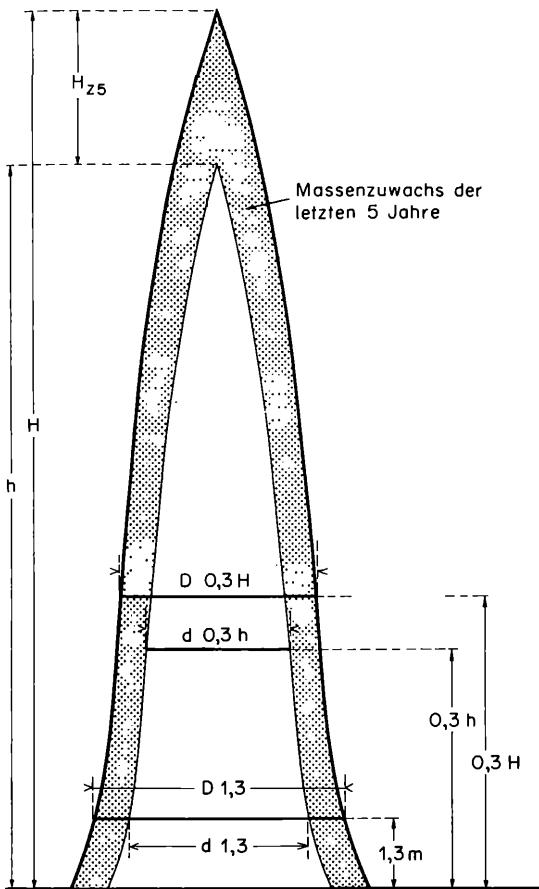
$$\text{bei Nadelholz: } H - H_{z5}$$

$$\text{bei Laubholz: } h = H$$

### 3.21 Regressionsgleichung für $d_{0,3 \text{ h.m.R.}}$

Zur Kubierung auf Grund der Meßdaten im Zeitpunkt "5 Jahre vor Erhebung" fehlt jedoch der Durchmesser in drei Zehntel der Baumhöhe vor 5 Jahren  $d_{0,3 \text{ h.m.R.}}$ .

Dieser Durchmesser wird auf Grund einer Regressionsgleichung berechnet, deren Koeffizienten mit Hilfe einer für diesen Zweck durchgeführten Untersuchung aus einem umfangreichen Material hergeleitet wurden. Bei dieser Erhebung wurden an gefällten Stämmen an den Meßstellen Brusthöhe, 0,3 H und 0,3 h (Abb. 5) die Durchmesser mit Rinde und die Rindenstärke gemessen und überdies Bohrkerne zu Meßzwecken entnommen. Der daraus ermittelte  $d_{0,3 \text{ h.m.R.}}$  wurde als abhängige Variable verwendet.



Schaftformzahl im Zeitpunkt der Erhebung:

$$f = a + b_1 \frac{D_{0,3} H}{D_{1,3}} + b_2 \frac{H}{D_{1,3}} + b_3 \frac{1}{D_{1,3}}$$

Regressionsgleichung für den oberen Durchmesser 5 Jahre vor der Erhebung:

$$d_{0,3 \text{ h m.R.}} = a + b \left( \frac{d_{1,3 \text{ o.R.}}}{D_{1,3 \text{ o.R.}}} \cdot D_{0,3 \text{ H m.R.}} \right)$$

Volumen des Schaftes

$$\text{im Zeitpunkt der Erhebung: } V = \frac{\pi}{4} \cdot H \left[ a \cdot D_{1,3}^2 + b_1 (D_{0,3} H \cdot D_{1,3}) + b_2 \cdot H \cdot D_{1,3} + b_3 \cdot D_{1,3} \right]$$

$$\text{5 Jahre vor der Erhebung: } v = \frac{\pi}{4} \cdot h \left[ a \cdot d_{1,3}^2 + b_1 (d_{0,3} h \cdot d_{1,3}) + b_2 \cdot h \cdot D_{1,3} + b_3 \cdot d_{1,3} \right]$$

$$\text{Jährlich laufender Massenzuwachs: } LZ = \frac{V - v}{5}$$

Abb. 5 Massen- und Zuwachsermittlung mit den Kubierungs-funktionen der Forstinventur (Beispiel Fichte)

Die Regressionsgleichung zur Bestimmung des oberen Durchmessers in drei Zehntel der Baumhöhe im Zeitpunkt 5 Jahre vor Erhebung lautet (Tabelle 7):

$$d_{0,3 \text{ h.m.R.}} = a + b \left( \frac{d_{1,3 \text{ o.R.}}}{D_{1,3 \text{ o.R.}}} \cdot D_{0,3 \text{ H.m.R.}} \right)$$

$D_{0,3 \text{ H.m.R.}}$  durch optische Messung ermittelt

$$D_{1,3 \text{ o.R.}} = D_{1,3 \text{ m.R.}} - R_i$$

$$d_{1,3 \text{ o.R.}} = D_{1,3 \text{ o.R.}} - D_{25}$$

Konstante und Koeffizienten zur Ermittlung des Durchmessers  $d_{0,3 \text{ h.m.R.}}$

Tab. 7

Holzart	a	b	Holzart	a	b
Fichte	0,006	+ 1,01168	Buche	0,018	+ 1,00578
Tanne	- 0,017	+ 1,01924	Eiche	+ 0,062	+ 0,97598
Lärche	+ 0,023	+ 1,00637	Esche	+ 0,062	+ 0,97598
Kiefer	+ 0,049	+ 0,99017	Erle	+ 0,001	+ 1,03590
Schw.-Ki	+ 0,036	+ 0,99827	Pappel	+ 0,045	+ 0,99015
Zirbe	0,038	+ 1,01868	Weide	+ 0,092	+ 0,96754

Alle übrigen Laubhölzer wie Buche

Damit sind alle Daten für die Kubierung des Stammes sowohl für den Zeitpunkt der Erhebung ( $D_{1,3 \text{ m.R.}}$ ,  $D_{0,3 \text{ H.m.R.}}$ ,  $H$ ) als auch für den Zeitpunkt "5 Jahre vor Erhebung" ( $d_{1,3 \text{ m.R.}}$ ,  $d_{0,3 \text{ h.m.R.}}$ ,  $h$ ) gegeben. Für Laubholz gilt  $h = H$  bzw.  $hk = HK$ . Für beide Kubierungen wird die gleiche Funktion mit den der Holzart zukommenden Regressionskonstanten bzw. Regressionskoeffizienten verwendet.

Als Ergebnis wird der jährliche laufende Massenzuwachs für jeden Probestamm berechnet:

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

### 3.22 Unterholz Probestämme:

Für die Unterholz Probestämme wird der Massenzuwachs des Einzelstammes analog ermittelt. Die Konstanten und die Koeffizienten für die gleichlautende Regressionsgleichung des  $d_{0,3 \text{ h.m.R.}}$  sind:

Holzartengruppe	a	b
Hartlaubholz	+ 0,04	+ 0,08373
Weichlaubholz	+ 0,07	+ 0,91811

### 3.23 Zuwachs mit Rinde oder Zuwachs ohne Rinde?

Wir benutzen zur Herleitung des  $d_{0,3\text{ h.m.R.}}$  zwar die rindenlosen Messungen von  $D_{1,3\text{ o.R.}}$  und  $d_{1,3\text{ o.R.}}$  um genau meßbare Größen in der Regressionsgleichung verwenden zu können; dies besagt aber nicht, daß der ermittelte Inventurzuwachs dem Zuwachs ohne Rinde entspricht.

Denn zur Ermittlung des Massenzuwachses als Differenz zweier Schaftholzmassen zu verschiedenen Zeitpunkten benutzen wir die Kubierungsfunktionen für den äußeren Mantel mit Rinde bzw. den inneren Mantel mit Rinde (vor 5 Jahren), wobei in beiden Fällen gleiche Rindenstärke angenommen werden muß - da weder der 5-jährige Rindenzuwachs noch die Rindenstärke vor 5 Jahren bekannt sind.

Der Holzzuwachs, der sich durch die Bohrkernmethode ergibt, ist zwar nicht um die Rindenstärke "vergrößert" - aber er wird so gerechnet, als ob er um die Rindenstärke an die Peripherie nach außen verschoben wäre (PRODAN 1965).

Die folgende Abb. 6 veranschaulicht drei Fälle der Durchmesserzuwachsermittlung:

- Der Holzzuwachs  $D_{Za}$  führt nur dann zum Zuwachs o. R., wenn bei der Kubierung nicht der  $D_{1,3\text{ m.R.}}$  sondern der  $D_{1,3\text{ o.R.}}$  verwendet wird.
- Der durch Bohrkern ermittelte Holzzuwachs  $D_{Zb}$  bzw. der Holzzuwachsmantel wird - da mit den Funktionen m. R. gearbeitet wird

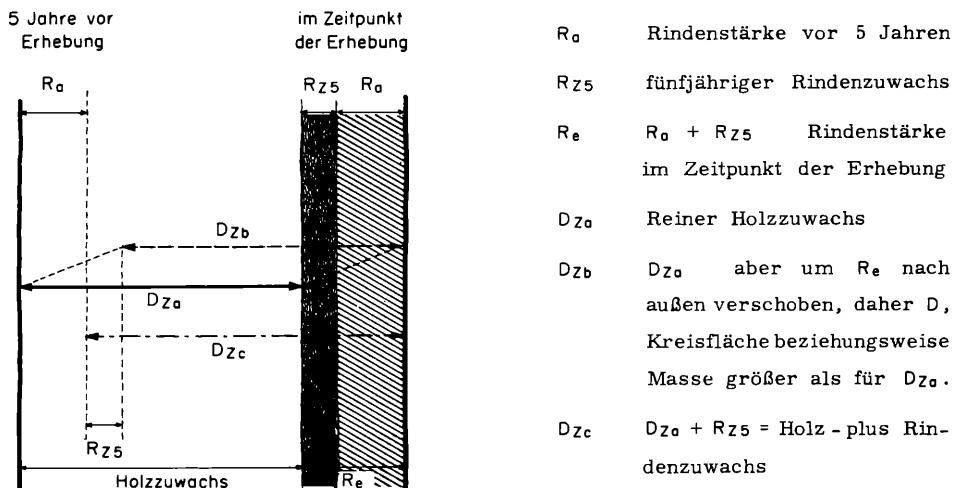


Abb. 6 Durchmesserzuwachs

um die Rindenstärke am Ende der Fünfjahresperiode ( $R_e$ ) an die Peripherie nach außen verschoben, gerechnet.

Durch die hierdurch vergrößerte Kreisfläche bzw. Mantelfläche resultiert der Zuwachs daher größer als der reine Holzzuwachs nach a).

- c) Der der stockenden Vorratsmasse entsprechende Zuwachs mit Rinde  $D_{Zc} = D_{Za} + R_{Z5}$ , d.h. der Holzzuwachs + Rindenzuwachs, lässt sich mit der Bohrkernmethode nicht ermitteln, sondern nur durch periodische Kluppierung. Gegenüber diesem Zuwachs ist der Inventurzuwachs zu klein.

Der von der Inventur mittels der Bohrkernmethode ermittelte Zuwachs liegt demnach zwischen den Werten der Fälle a) und c); er ist weder Holzzuwachs o. R. noch Zuwachs m. R.

a) Holzzuwachs      b) Zuwachs d. Inventur      c) Holz- + Rinden zuwachs  
 Zuwachs o. R.      (Bohrkernmethode)      Zuwachs m. R.  
 (Stammscheiben)      (Periodische Klüppung)

Den Holzzuwachs o. R. könnte man nur berechnen, wenn Kubierungsfunktionen für das Volumen "ohne Rinde" zur Verfügung stünden; allerdings müssten dann auch  $D_{0,3\text{ H.o.R.}}$  und  $d_{0,3\text{ H.o.R.}}$  bestimmt werden. In diesem Falle könnte der Zuwachs o. R. aus der Differenz äußerer Holzmantel o. R. minus innerer Holzmantel o. R. (5 Jahre vor Erhebung) berechnet werden und zwar in richtiger Lage zur Stammachse, d. h. ohne Verschiebung an den äußeren Rindenmantel.

### 3.24 Praktische Durchführung der Massen- und Zuwachs berechnung:

Die gesamte Massen-, Zuwachs- und Formzahlberechnung für den Einzelstamm, einschließlich der automatischen Berücksichtigung von Ausnahmsfällen (Zwiesel und  $D_{0,1H}$  - Messung) wird in einem Programmablauf auf der Datenverarbeitungsanlage IBM 1440 der Forstlichen Bundesversuchsanstalt durchgeführt u. zw. mit einer Leistung von 1000 Stämmen je Stunde. Die Daten und Berechnungsergebnisse der Probestämme werden, nach Trakten und Probeflächen geordnet, in folgender Form (Tab. 8) gelistet. Zwiesel,  $D_{0,1H}$  - Stämme und Dürrlinge werden als solche gekennzeichnet. Die Formzahl im Zeitpunkt "5 Jahre vor der Erhebung" ist zwar in der Liste nicht enthalten, wohl aber in der Lochkarte des Probestammes, so daß auch ein Vergleich der Formzahlen, die der Stamm im Zeitpunkt der Erhebung bzw. 5 Jahre vorher aufwies, möglich ist.

Jährlich fallen etwa 25.000 Probestämme an, so daß bis zum Ende der 10-jährigen Inventurperiode im Jahre 1970 die Daten von etwa 250.000 Probestämmen in systematisch-regelmäßiger Verteilung über das ganze Bundesgebiet vorliegen werden, die eine wertvolle Grundlage für andere Untersuchungen darstellen.

Tab. 8 : Probestammdaten

### 3.3 Ermittlung der Einschlagsmasse des gefällten Stammes auf Grund der Stock- und Vergleichsstammdaten

#### 3.31 Proportionierungsmethode

Diese Methode entspricht dem in Schweden üblichen Verfahren; sie wurde nur in den ersten Jahren der Österreichischen Forstinventur angewandt.

Zur Herleitung des BHD und der Masse der Einschlagsstämme werden sog. Vergleichsstämme herangezogen. Der Vergleichsstamm soll der gleichen Holzart wie der Stock angehören, in Stockhöhe eine Dimension aufweisen, die möglichst in die Durchmesserklassen (5 cm) des Stockes fällt und hinsichtlich der Ausformung des Wurzelanlaufes dem gefällten Stamm entsprechen.

Nach der alten Aufnahmeverordnung waren bei einer Anzahl von 2 bis zu 10 Stöcken (der gleichen Holzartengruppe) je Stockprobefläche halb so viele Vergleichsstämme auszuwählen und zu messen. Mindest erforderlich war ein Vergleichsstamm je Holzartengruppe. Wurden mehr als 10 Stöcke festgestellt, so genügte ein Drittel der Stockanzahl als Vergleichsstammzahl.

Da in den Anfangsjahren noch zu wenige Vergleichsstämme vorlagen, wurden die sog. Funktionsstämme, d. i. das Grundlagenmaterial für die Entwicklung der Kubierungsfunktionen, als Berechnungsgrundlage für die Auswertung herangezogen.

Aus einer Stockdurchmesserklassenverteilung kann holzartengruppenweise getrennt eine dieser Verteilung entsprechende BHD-Verteilung hergeleitet werden, wenn man aus einem umfangreichen Material z. B. die Stockdurchmesser-Klassen senkrecht und die BHD-Klassen waagrecht anordnet und jeden Stamm entsprechend seiner Stock- und BHD-Klasse zuteilt. Es stellt sich heraus, daß Stämme, deren Stockdurchmesser in die gleiche Klasse fallen, BHD-Durchmesser aufweisen, die über 8 BHD-Klassen verteilt sein können. Umgekehrt entfallen auf eine BHD-Klasse bis zu 10 verschiedene Stockdurchmesserklassen. Es entsteht demnach ein breites Streuband der Stammzahlen in den Klassen.

Stock- durchmesser- klasse	BHD - Klassen					
	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	35 cm	usw.
10 cm	48	357	1			
15 cm		332	605			
20 cm		4	665	584		
25 cm			31	768	448	

Aus dieser Stammzahlverteilung werden die prozentuellen Anteile, die innerhalb jeder Stockdurchmesserklasse auf die einzelnen BHD-Klassen entfallen, berechnet.

In der gleichen Weise wie die Stammzahlen werden die Massen dieser Stämme verteilt und mittels Division durch die Stammzahl in den Schnittpunkten Stockdurchmesserkategorie (waagrecht) BHD - Klasse (senkrecht) die Durchschnittsmasse je Schnittpunkt ermittelt.

Die prozentuelle Verteilung der Stämme und die Durchschnittsmassen in den Schnittpunkten bilden die Grundlage für die Auswertung.

Die aus einer Stockinventur für eine Region ermittelten Stockzahlen je Stockdurchmesserkategorie mal den Prozentwerten der genannten Verteilung ergeben die Stammzahlen des Einschlages in den Klassenschnittpunkten. Wird die Stammzahl mit der Durchschnittsmasse multipliziert, so ergibt sich die dieser Stammzahl entsprechende Einschlagsmenge im Schnittpunkt.

Die Senkrechtsummierung liefert die Einschlagsmenge je BHD-Klasse, die Waagrechtssumme der Summenzeile den Einschlag aller BHD-Klassen für die Region.

### 3.32 Methode der Klassen-Vergleichsstämme

- (1) Für jeden erhobenen Stock wird ein BHD - Vergleichsstamm gesucht, der lediglich zur Ermittlung jenes Brusthöhendurchmessers dient, der den Stockdurchmessern (Maximal-, Minimaldurchmesser in Stockhöhe) entspricht.
- (2) Je Doppel-Stockprobefläche, je Holzart und 5 cm-Stockdurchmesserkategorie-Minimum wird ein Klassen - Vergleichsstamm mit sämtlichen Merkmalen (wie Probestamm) erhoben.

Dadurch erhält man bereits im Walde eine BHD-Verteilung des Einschlages und überdies die Möglichkeit, die Klassen-Vergleichsstämme im Probeflächen- bzw. Traktbereich örtlich richtiger zuzuteilen als bei Methode 3.31, bei der nur mit großen Regionsdurchschnitten - ohne Rücksicht auf Meereshöhe, Wuchsbedingungen usw. - gearbeitet werden kann.

Die Vergleichsstämme in den BHD-Klassen werden mit denselben Funktionen kubiert wie die Probestämme der Hauptprobeflächen.

Zweifellos ist diese zwar arbeitsaufwendigere Methode theoretisch richtiger als das Durchschnittsverfahren, weil hier die Wuchsbedingungen, Bonität, Höhenlage usw. berücksichtigt werden - während beim schwedischen Verfahren den Stöcken der verschiedensten Standorte nicht die ihnen entsprechenden Einschlagsmassen, sondern nur gemittelte Durchschnittswerte aus dem großen Bereich einer ganzen Region zugrunde gelegt werden!

Vergleiche der Einschlagsberechnung mit beiden Ermittlungsmethoden ergaben für die Region 3 zufolge der Wirkung des Gesetzes der großen Zahlen zwar eine sehr gute Übereinstimmung der Ergebnisse. Müssen

jedoch die Berechnungseinheiten kleiner gewählt werden, dann erweist sich die Vergleichsstammzahl, die für die Aufteilung auf Klassen bei der Proportionierungsmethode zur Verfügung steht, als zu gering. Andererseits verbietet es aber, für kleinere Gebiete, die vom Durchschnitt iner Region abweichen, einfach den Regionsdurchschnitt als Grundlage zu nehmen; dies würde unweigerlich zu systematischen Fehlern führen. In diesem Falle ist die örtliche Zuteilung der Vergleichsstämme, welche die Wuchsmerkmale des Gebietes berücksichtigen kann, richtiger.

Für die Verwendung der Methode der Klassen-Vergleichsstämme spricht auch die Tatsache, daß bei Einzelstammnutzungen durchschnittlich wesentlich mehr Vergleichsstämme erhoben werden müssen als bei Kahlschlägen. Bei diesen entfallen zumeist erheblich mehr Stöcke auf die gleiche BHD-Klasse, d.h. bei Flächennutzungen sind weniger Vergleichsstämme erforderlich als bei Einzelstammnutzungen; trotzdem entsteht dadurch kein größerer Fehler, weil es sich um i.d. Regel gleichmäßige Bestände handelt.

#### 4. VON DEN PROBESTAMMDATEN ZU DEN HEKTAR-SCHÄTZWERTEN

Auf Grund der in den Abschnitten 3.1 - 3.3 geschilderten Berechnungen stehen die Werte für Masse und Zuwachs der einzelnen Probestämme sowie die dem Einzelstock entsprechende Einschlagsmenge in den Lochkarten für die weitere Auswertung zur Verfügung. Hinsichtlich der Auswertung ist streng zu unterscheiden zwischen Merkmalen, die auf starre Probeflächen oder -strecken bezogen sind (z.B. Fläche, Einschlag, Linienerhebung) und Merkmalen, die an Probestämme gebunden sind, d.h. solche, die auf der Erhebung mittels der Winkelzählprobe von BITTERLICH basieren, die bekanntlich nach kreisflächengewogenen Durchmessern verteilt sind.

##### 4.1 Auswertung der Relaskop-Aufnahmen

Die Auswertung der Probestammdaten wäre höchst kompliziert, wenn man für jeden Probestamm oder auch für die Probestämme einer Durchmesserklasse (1 cm BHD-Stufen!) die Merkmale jeweils auf die seinem BHD entsprechende Grenzkreisfläche beziehen und getrennt aufsummieren müßte.

MATÉRN hat einen Weg vorgeschlagen, der sowohl für die Berechnung der Schätzwerte als auch der Standardfehler zu einer beachtlichen Vereinfachung der Auswertung von Winkelzählproben nach BITTERLICH führt: Für einen Probestamm mit dem Durchmesser D (in cm) beträgt bei Verwendung des Zählfaktors 4 der Radius des Grenz-

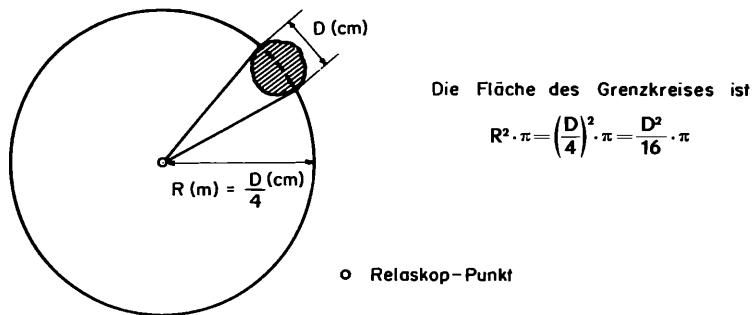


Abb. 7 Grenzkreis nach BITTERLICH

kreises (in m)  $R = \frac{D}{4}$  Darauf beruht bekanntlich die Grenzstamm-Kontrollmessung mit Meßband: Einem Stamm mit BHD = 40 cm entspricht ein Abstand Baum Relaskop von

$$R = \frac{40}{4} = 10 \text{ m}$$

Wenn die Masse  $v$  eines Probestammes mit dem Brusthöhendurchmesser  $D$  aus der WZ-Probe auf die Grenzkreisfläche dieses Stammes bezogen wird, erhalten wir die "Masse je  $\text{m}^2$  Grenzkreisfläche".

$$\frac{\text{Masse}}{\text{Grenzkreisfläche}} = \frac{v}{D^2 \cdot \pi} = \frac{16}{\pi} \cdot \frac{v}{D^2} \quad \text{Masse je } \text{m}^2 \text{ Grenzkreisfl.}$$

Die Multiplikation mit 10000 ( $10000 \text{ m}^2 = 1 \text{ ha}$ ) führt zum Wert "Masse je Hektar Waldfläche":

$$\frac{16 \cdot 10^4}{\pi} \cdot \frac{v}{D^2} = \text{Masse je ha}$$

Zum gleichen Ergebnis führt auch die Überlegung von BITTERLICH: Jeder in die Winkelzählprobe mit Zählfaktor 4 einbezogene Probestamm repräsentiert  $4 \text{ m}^2$  Kreisfläche je Hektar. Da ein Baum mit dem Brusthöhendurchmesser =  $D$  eine Stammkreisfläche von

$$\frac{D^2 \cdot \pi}{4}$$

hat, ist die

$$\text{Stückzahl je ha} \quad \frac{4 \text{ m}^2}{\text{Stammkreisfläche}} = \frac{4 \text{ m}^2}{(D \text{ in Metern})^2} \cdot \frac{\pi}{4} = \frac{16}{\pi} \cdot \frac{1}{D^2}$$

Stückzahl/ha mal Masse d. Einzelstammes Masse je ha

Berücksichtigt man  $D$  jedoch nicht in Metern, sondern in Zentimetern, dann folgt daraus die gleiche Formel wie oben. Man kann nun die Stückzahl je 1 cm Durchmesserstufe als Multiplikationsfaktor für die Einzelstammassen verwenden.

Vorteilhafter ist es jedoch, die Tatsache auszunützen, daß die Formel aus einem konstanten  $\frac{16 \cdot 10^4}{\pi}$  und einem variablen Glied  $\frac{v}{D^2}$  besteht.

Ganz allgemein formuliert, kann man nach MATÉRN alle Probestamm-Merkmale verschiedener Winkelzählp oben, wenn man sie vorher durch  $D^2$  des betreffenden Probestamme 'vidiert, aufsummieren und wie folgt den Hektarwert berechnen:

Für alle Stämme, die im Relaskop den zu Zälfaktor 4 gehörenden Sichtwinkel überschreiten (in unserem Falle die Probestämme), wurde z. B. das Merkmal "Y" gemessen und in "Y-Einheiten" ausgedrückt:

$$Y_1 \quad Y_2 \quad \quad \quad Y_N$$

Dann ergibt die Formel

$$y = \frac{16 \cdot 10^4}{\pi \cdot n} \left( \frac{Y_1}{D_1^2} + \frac{Y_2}{D_2^2} + \dots + \frac{Y_N}{D_N^2} \right)$$

eine Schätzung des Y-Wertes je ha.

n Zahl der WZP-Zentren; in unserem Falle die Zahl der Hauptprobeflächen bzw. die Zahl der Aufstellungspunkte bzw. Relaskop-Punkte.

Wenn z. B.  $Y_1 = Y_2 = \dots = Y_N = 1$  ist, ergibt die Formel den Schätzwert für die Stammzahl je ha; ist z. B.  $Y_i$  die Einzelstammasse des Probestammes in  $dm^3$ , dann gibt  $y$  die Masse je ha in  $dm^3$  usw.

Arbeitet man, wie bei der Forstinventur nicht immer mit vollen Bitterlichproben, sondern auch mit Zehnanteilen des 3a-Kreises, dann wird an Stelle der Zahl der Aufstellungen (= Hauptprobeflächen) die Zahl der zu einer Einheit gehörigen Zehntelanteile  $x_i$  des 3a-Kreises herangezogen.

Aus den Daten der Probestämme auf den Hauptprobeflächen werden die Hektarwerte wie folgt berechnet:

Hauptprobe-fläche Nr.	Zehntel-Waldanteile d. 3a-Kreises	Y-Werte der Probe- stämme	Brusthöhen- Durchmesser (cm)
1	$x_1$	$Y_{11} \quad Y_{1n_1}$	$D_{11} \quad D_{1n_1}$
2	$x_2$	$Y_{21} \quad Y_{2n_2}$	$D_{21} \quad D_{2n_2}$

$$N \quad \quad \quad x_N \quad \quad \quad Y_{N1} \quad Y \quad \quad \quad D_{N1} \dots D_{Nn_N}$$

Mathematisch formuliert:

$$y/\text{ha} = \frac{\frac{16 \cdot 10^5}{\pi} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_i} \left( \frac{Y_{ij}}{D_{ij}^2} \right)}{\sum_{i=1}^N x_i}$$

Praktischer Vorgang: Jeder Y-Wert (z. B. Stückzahl, Masse, Zuwachs, etc.) des einzelnen Probestammes wird vorerst durch das Quadrat des Brusthöhendurchmessers des Probestammes dividiert. Die erhaltenen Ergebnisse

$$\frac{Y}{D^2}$$

aller Probestämme werden ohne Rücksicht auf die Hauptprobeflächen innerhalb der Berechnungseinheit (z. B. einer Region) aufsummiert, deren Summe durch die Summe der Waldanteile aller Hauptprobeflächen dieser Region dividiert und erst zum Schluß mit der Konstanten

$$\frac{16 \cdot 10^5}{\pi}$$

multipliziert. Das Ergebnis ist der Hektarwert des Merkmals für die Region (der z. B. für Vorrat und Zuwachs in  $\text{dm}^3$  resultiert).

Die Zerlegung der Formel in ein konstantes und ein variables Glied bietet den großen Vorteil, daß bei der Hektarwertberechnung viel Speicherplatz im Computer erspart werden kann, da mit dem konstanten Glied erst unmittelbar vor Erhalt der Ergebnisse multipliziert wird. Bei der später geschilderten Fehlerrechnung wird überhaupt nur das variable Glied verwendet, da die Multiplikation mit einer Konstanten keinen Einfluß auf den Standardfehler hat.

Wird als einziges Merkmal der Vorrat je Hektar benötigt, dann kann man auf die Verwendung des Brusthöhendurchmessers D in der Rechnung überhaupt verzichten und den Hektarvorrat aus der Summe der Formhöhen der Probestämme berechnen:

$$V/\text{ha} = \frac{\frac{16 \cdot 10^5}{\pi} \cdot \sum \left( \frac{D^2 \pi}{4} \cdot \frac{h \cdot f}{D^2} \right)}{\sum x_i} = 4 \cdot 10^5 \cdot \frac{\sum (h \cdot f)}{\sum x_i}$$

#### 4.2 Umwandlung der Erhebungsdaten starrer Probekreise in gleichwertige WZP-Elemente

Für die Unterholz-Probestämme des Ausschlagwaldes, die auf einem starren Kreis (0,5 Ar-Fläche) erfaßt werden, ist eine Umrechnung erforderlich, um sie auf gleiche Rechnungseinheiten wie die mittels Relaskopmessung erfaßten Probestämme des Hochwaldes bzw. des Ausschlagwald-Oberholzes zu bringen. Dies ist vor allem für eine einheitliche Standardfehlerrechnung für den Gesamtwald notwendig.

Die Erhebung der Unterholzstämme des Ausschlagwaldes erfolgt bekanntlich nicht nach den Regeln der variablen Relaskoptechnik, sondern auf starren kreisförmigen Probeflächen (0,5 Ar-Kreise); bei der Auswertung wird der Vorrat, Zuwachs usw. jedoch nicht auf diese Fläche bezogen.

Es erfolgt vielmehr eine von GIERSIG vorgeschlagene Umwandlung der Daten auf solche Weise, daß sie genau so verwendet werden können, als ob sie aus einer WZP stammen würden:

1 Probestamm repräsentiert

a) im 0,5 Ar-Kreis:

$$\text{eine Kreisfläche von } g = \frac{D^2 \pi}{4} \cdot \frac{10000}{50} = \frac{D^2 \pi}{4} \cdot 200 = \underline{50 D^2 \pi (\text{m}^2/\text{ha})}$$

b) in der WZProbe mit Zälfaktor 4:

$$\text{eine Kreisfläche von } g = 4 \text{ m}^2/\text{ha}$$

"Die Stammzahlen verhalten sich umgekehrt proportional wie die von ihnen repräsentierten Kreisflächen je Hektar".

Wenn	D	BHD
n		Stammzahl der 0,5 Ar-Probefläche
y		Stammzahl der WZProbe (Zälfaktor 4),

dann folgt:

$$y:n = 50 D^2 \pi : 4$$

$$y = \frac{50 D^2 \pi \cdot n}{4} = 39,269875 \cdot D^2 \cdot n \quad (\text{D in Metern ausgedrückt}) \text{ bzw.}$$

$$y = 0,0039269875 \cdot D^2 \cdot n \quad (\text{D in Zentimetern gemessen}).$$

$$\text{Der Umrechnungsfaktor } 0,0039269875 \quad \frac{\pi}{800}$$

Von der Stammzahl n der Unterholzstämme des 0,5 Ar-Kreises kommt man demnach zur entsprechenden Stammzahl y der Winkelzählprobe mit Zälfaktor 4, indem man n mit dem Faktor

$$D^2 \cdot \frac{\pi}{800} \quad \text{bzw. mit } 0,0039269875 \cdot D^2$$

multipliziert.

Masse und Zuwachs je Hektar werden wie folgt umgerechnet:

$$w_U = 0,003927 \cdot D^2 \cdot \left( \frac{v}{D^2} \right) = 0,003927 \cdot v$$

$$z_U = 0,003927 \cdot D^2 \cdot \left( \frac{z}{D^2} \right) = 0,003927 \cdot z$$

Die Einzelstammassen bzw. -zuwächse der Unterholzprobestämme werden nicht wie bei den durch Relaskopmessung erfaßten Hochwald- und Oberholzstämmen einzeln durch das Quadrat des zugehörigen Durchmessers  $D^2$  dividiert, sondern mit 0,003927 multipliziert, um gleichwertige Rechnungseinheiten wie bei der Winkelzählprobe zu erhalten.

Die umgerechneten Werte für Probestämme des 0,5 Ar-Kreises entsprechen demnach dem variablen Glied der Hektarwerteformel der WZProbe:

0,5 Ar-Kreis

Relaskopmessung

$$y_U = 0,003927 \cdot D^2 n$$

entspricht  $y$

$$w_U = 0,003927 \cdot v$$

$$w = \frac{v}{D^2}$$

$$z_U = 0,003927 \cdot z$$

$$z = \frac{z}{D^2}$$

Multipliziert man  $w_U$  bzw.  $z_U$  mit dem konstanten Glied

$$\frac{16}{\pi} \cdot 10^4$$

so erhält man, wie dies bei Probestämmen der WZProbe mit den variablen Gliedern

$$\frac{v}{D^2} \quad \text{und} \quad \frac{z}{D^2}$$

der Fall ist, die Hektarmasse bzw. den Hektarzuwachs.

Beweis:  $0,003927 \cdot v \cdot \frac{16}{\pi} \cdot 10^4 = 200 v$

200, d. i. (10000 50), ist aber nichts anderes als der Umrechnungsfaktor für die Einzelmassen des 0,5 Ar-Kreises, um den Hektarwert zu erhalten.

Mit Hilfe dieser Umrechnung machen wir die Unterholzprobestämme im 0,5 Ar-Kreis gleichwertig den Probestämmen, die aus der WZProbe im Hochwald stammen. Dies bietet den Vorteil, daß gemischt erhobene Daten (Probestammdaten aus starren Kreisprobeflächen einerseits und Probestammdaten aus WZProben andererseits) so ausgewertet werden können als ob sie aus einer einheitlichen Erhebung stammen würden.

Die Stammzahl  $y_U$  muß allerdings mindestens auf 0,1 genau berechnet werden; die Rundung auf ganze Stammzahlen wäre zu ungenau.

## BERECHNUNG DER SCHÄTZWERTE

## 5.1 Die Region als Rechnungseinheit

Alle aus der Inventur ermittelten Hektarergebnisse - gleichgültig, ob sie aus der Probeflächen-, Probestamm-, Linienerhebung oder Stockinventur stammen - werden grundsätzlich mittels der Methode der Verhältnisschätzung ("ratio estimate") berechnet. Erst auf Grund der Hektarwerte erhält man durch Multiplikation mit der Waldfläche bzw. Gesamtfläche die Gesamtwerte. Rechnungseinheit ist primär vorerst die Region, später nach Verdichtung des Traktnetzes das Bundesland und zuletzt der Bereich einer oder mehrerer Bezirksforstinspektionen.

## 5.11 Hauptergebnisse

Zum Unterschied von der Detailauswertung, für welche alle Grundkarten (Probeflächen-, Probestamm-, Stockprobeflächen- und Linienerhebungskarten) mit sämtlichen Merkmalen herangezogen werden müssen, wird zur Erlangung der wichtigsten Richtzahlen, vor allem aber zur Durchführung der Fehlerrechnung, für jeden Trakt eine sogenannte Traktsummenkarte erstellt. Diese enthält außer den Gruppenbegriffen Jahr, Region, Trakt, Land, Bezirksforstinspektion bzw. Betriebsart, Eigentumsart - folgende Summenwerte:

## Traktsommen

- |       |   |
|-------|---|
| $x_1$ | Summe der Zehntel-Waldanteile der Hauptprobeflächen (HAP)   |
| $x_2$ | Summe der Zehntel-Waldanteile der Haupt- plus Hilfsprobe- flächen (HAP + HIP)                     |
|       | Summe der Zehntelanteile der möglichen Stockprobeflächen- Wald (STOP) (angenähert $x_4 - 2 x_2$ ) |
| $y$   | Zahl der Probestämme  |
|       | Summe $\frac{1}{D^2}$   |
| $w$   | Summe $\frac{\text{Masse}}{D^2}$  |
|       | Summe $\frac{\text{Zuwachs}}{D^2}$  |
| $u$   | Summe der Einschlagsmenge, die den erhobenen Stöcken ent- spricht                                 |
| $l$   | Summe der gemessenen Linien-Abschnitte  |

Für die Berechnung der Werte  $s$ ,  $w$ ,  $z$ ,  $u$  sind Masse, Zuwachs und Einschlagsmenge in  $\text{dm}^3$  bzw.  $D$  in  $\text{cm}$  zu verwenden.

Unter Berücksichtigung der durch Regionsgrenzen geteilten Grenztrakte, von denen lediglich die innerhalb der Region liegenden Teile berücksichtigt werden, sind ferner erforderlich

- g<sub>1</sub> Summe der möglichen Hauptprobeflächenanteile auf allen Kulturgattungen innerhalb der Region
- g<sub>2</sub> Summe der möglichen Haupt- und Hilfsprobeflächenanteile auf allen Kulturgattungen innerhalb der Region
- g<sub>3</sub> Summe der möglichen Stockprobeflächenanteile auf allen Kulturgattungen ( $g_3 \cong 2 \cdot g_2$ )
- g<sub>4</sub> Summe der möglichen Linienlänge auf allen Kulturgattungen innerhalb der Region

Mit Hilfe der Traktsummenkarten werden die Regionssummen aller Trakte einer Region für die oben angeführten Merkmale  $\Sigma x_1$  bis  $\Sigma g_4$  gebildet.

#### k-Faktoren und Schätzwerte

Aus den Regionssummen werden folgende Verhältniswerte, die sogenannten k-Faktoren berechnet, welche durch Multiplikation mit bestimmten Konstanten

$$\frac{16}{\pi} \cdot 10^5, \quad \frac{16}{\pi} \cdot 10^2 \quad \text{usw.}$$

die entsprechenden Hektarwerte liefern. Diese Konstanten sind darauf abgestimmt, daß zur Berechnung der oben genannten Werte s, w, z, u die Dimensionen  $dm^3$  für Masse, Zuwachs, Einschlagsmenge bzw. cm für den BHD des Einzelstammes verwendet werden.

Die Gesamtwerte ergeben sich aus den Hektarwerten mit Hilfe der aus der Stichprobe gewonnenen Waldfläche oder der aus anderen Quellen bekannten Gesamtfläche aller Kulturgattungen der Region.

#### 5.12 Hektarwerte

Bezeichnung	k-Faktor	Schätzwert
Bewaldungsprozent (1) <sup>+</sup>	$k_1 = \frac{\Sigma x_1}{\Sigma g_1}$	$P_1 = 100 k_1$
Bewaldungsprozent (2)	$k_2 = \frac{\Sigma x_2}{\Sigma g_2}$	$P_2 = 100 k_2$
Stammzahl/ha Wald	$k_3 = \frac{\Sigma s}{\Sigma x_1}$	$St = k_3 \cdot \frac{16}{\pi} \cdot 10^5$
Vorrat/ha Wald (1)	$k_4 = \frac{\Sigma w}{\Sigma x_1}$	$V_1 = k_4 \cdot \frac{16}{\pi} \cdot 10^2$

Bezeichnung	k - Faktor	Schätzwert
Vorrat/ha Wald (2)	$k_5 = \frac{\Sigma w}{\Sigma x_2}$	$V_2 = k_5 \cdot \frac{64}{\pi} \cdot 10^2$
Vorrat/ha Gesamtfl. (1)	$k_6 = \frac{\Sigma w}{\Sigma g_1}$	$V_3 = k_6 \cdot \frac{16}{\pi} \cdot 10^2$
Vorrat/m <sup>2</sup> Kreisfläche (= Formhöhe)	$k_7 = \frac{\Sigma w}{\Sigma y}$	$V_7 = k_7 \cdot \frac{40}{\pi}$
Zuwachs/ha Waldfl. (1)	$k_8 = \frac{\Sigma z}{\Sigma x_1}$	$Z_1 = k_8 \cdot \frac{16}{\pi} \cdot 10$
Zuwachs/ha Waldfl. (2)	$k_9 = \frac{\Sigma z}{\Sigma x_2}$	$Z_2 = k_9 \cdot \frac{64}{\pi} \cdot 10^2$
Zuwachs/ha Gesamtfl. (1)	$k_{10} = \frac{\Sigma z}{\Sigma g_1}$	$Z_3 = k_{10} \cdot \frac{16}{\pi} \cdot 10^2$
Zuwachs/m <sup>2</sup> Kreisfl.	$k_{11} = \frac{\Sigma z}{\Sigma y}$	$Z_7 = k_{11} \cdot \frac{40}{\pi}$
Kreisfl. /ha Wald (1)	$k_{12} = \frac{\Sigma y}{\Sigma x_1}$	$KR = k_{12} \cdot 40$
Einschlag/ha Wald	$k_{14} = \frac{\Sigma u}{\Sigma x_4}$	$U_1 = k_{14} \cdot \frac{1}{30}$
Einschlag/ha Gesamtfl.	$k_{15} = \frac{\Sigma u}{\Sigma g_3}$	$U_2 = k_{15} \cdot \frac{1}{30}$

$k_{4-6}$  und  $k_{8-10}$  an Stelle von  $10^5$  verwenden wir jetzt  $10^2$ , weil das Ergebnis in Festmetern (statt dm<sup>3</sup>) resultieren soll.

$k_{14}$  und  $k_{15}$   $\Sigma u$  mit 3 Dezimalen fm  
 $30 \quad \Sigma x_4$  bzw.  $30 \quad \Sigma g_3$  mit 4 Dezimalen ha.

### 5.13 Gesamtwerte

Waldfläche (1) +	$F_1 = k_1 \cdot G$
Waldfläche (2)	$F_2 = k_2 \cdot G$
Gesamtstammzahl	$GSt = St \cdot F_2$
Gesamtvorrat (1)	$GV_1 = V_1 \cdot F_1$
Gesamtvorrat (2)	$GV_2 = V_2 \cdot F_2$
Gesamtzuwachs (1)	$GZ_1 = Z_1 \cdot F_1$

Gesamtzuwachs (2)	$GZ_2 = Z_2 \cdot F_2$
Gesamtkreisfläche	$GKR = KR \cdot F_2$
Gesamteinschlag (1)	$GU_1 = U_1 \cdot F_1$
Gesamteinschlag (2)	$GU_2 = U_1 \cdot F_2$
Gesamteinschlag	$GU_3 = U_2 \cdot G$

- +)  
 (1) Aus den Hauptprobeflächen allein ermittelt  
 (2) Aus den Haupt- und Hilfsprobeflächen ermittelt

Die Gesamtwerte für Vorrat und Zuwachs lassen sich auch ohne Kenntnis der Waldflächenanteile  $x_1$  bzw.  $x_2$  berechnen, da diese im Laufe der Rechnung durch Kürzung wegfallen.

$$\begin{aligned}
 GV_1 &= V_1 \cdot F_1 \\
 &= k_4 \left( \frac{16}{\pi} \cdot 10^2 \right) \cdot k_1 \cdot G \\
 &= \frac{\Sigma w}{\Sigma x_1} \left( \frac{16}{\pi} \cdot 10^2 \right) \cdot \frac{\Sigma x_1}{\Sigma g_1} \cdot G \\
 &= \frac{\Sigma w}{\Sigma g_1} \left( \frac{16}{\pi} \cdot 10^2 \right) \cdot G
 \end{aligned}$$

## 5.2 Das Bundesgebiet als Summe von Regionseinheiten

Für eine Summe von Regionseinheiten mit verschiedenen Traktgrößen und -abständen errechnen sich die Hektar- und Gesamtwerte in umgekehrter Reihenfolge wie bei den Regionen:

Die Gesamtwerte für das Bundesgebiet ergeben sich durch Summierung der Gesamtwerte der einzelnen Regionen.

Die Hektarwerte für das Bundesgebiet ergeben sich aus den Gesamtwerten für das Bundesgebiet, dividiert durch die entsprechende Bezugsfläche (d. i. Waldfläche bzw. Gesamtfläche des Bundesgebietes).

## 6. DETAILAUSWERTUNG

Zur Detailauswertung muß auf die Grundkarten, die sämtliche Merkmale enthalten, zurückgegriffen werden. In diesem Falle wird für die Berechnung der Gesamtwerte jedoch nicht die aus der Inventur ermittelte Waldfläche, die mit einem Stichprobenfehler behaftet ist, sondern die stets gleichbleibende, genau bekannte Gesamtfläche aller Kulturgattungen verwendet.

Die Waldfläche benötigt man nur zur Berechnung der Hektarwerte, die auf bestimmte Waldflächen bezogen sind.

## 6.1 Probeflächen- und Probestammerhebung

### Fläche

Zur Berechnung der verschiedenen Waldflächengliederungen werden die Probeflächen-Zehntelanteile zu je  $30 \text{ m}^2$  ( $x_1, x_2, \dots, g_3$ ) bis zur gewünschten Einheit aufsummiert. Multipliziert man die Summe mit  $(30 \cdot 10^{-4})$ , so erhält man die Flächensumme der Probeflächen in Hektaren mit 4 Dezimalen.

Die gesuchten Waldflächen der Region ergeben sich durch Multiplikation der Flächensumme der Probeflächen mit den Regionskonstanten  $C_1$  bzw.  $C_2$ :

$$F_1 \quad \text{Summe der Anteile} \quad (30 \cdot 10^{-4}) \cdot C_1$$

$$F_2 \quad \text{Summe der Anteile} \quad (30 \cdot 10^{-4}) \cdot C_2$$

$$C_1 = \frac{G}{\Sigma g_1} \quad (\text{für Hauptprobeflächen})$$

$$C_2 = \frac{G}{\Sigma g_2} \quad (\text{für Haupt- und Hilfsprobeflächen}),$$

wobei  $G$  = Gesamtfläche (alle Kulturgattungen) der Region,  $\Sigma g_1$  = Summe der möglichen Hauptprobeflächen mal 0,003,  $\Sigma g_2$  = Summe der möglichen Haupt- plus Hilfsprobeflächen mal 0,003 ist. Für die Merkmale Altersklasse, Wuchsklasse, Holzart sind außer den Probeflächen-anteilen auch die Zehntelanteile dieser Merkmale im Rechengang mit zu berücksichtigen.

### Gesamtvorrat und Gesamtzuwachs

Die Gesamtwerte von Vorrat und Zuwachs werden für die gewünschten Gliederungen Betriebsart, Eigentumsart, Altersklasse usw. berechnet, indem man Masse bzw. Zuwachs der einzelnen Probestämme dieser Gliederungen durch  $D^2$  dividiert, die erhaltenen  $(v/D^2)$  bis zur gewünschten Einheit aufsummiert und die Summe mit der Regionskonstanten  $K_1$  multipliziert.

$$\text{Gesamtvorrat} \quad GV = K_1 \cdot \sum \left( \frac{v}{D^2} \right)$$

$$\text{Gesamtzuwachs} \quad GZ = K_1 \cdot \sum \left( \frac{z}{D^2} \right)$$

Unter der Voraussetzung, daß der Durchmesser in den Lochkarten in cm, Masse und Zuwachs in  $\text{dm}^3$  angegeben sind und man Kubikmeter erhalten will, beträgt

$$K_1 = \frac{192}{\pi} \cdot 10^2 \cdot \frac{G}{\Sigma g_2} = 6111,5499 \cdot \frac{G}{\Sigma g_2}$$

**Gesamtkreisfläche**Gesamtkreisfläche  $GKR = K_2 \cdot \Sigma y$ wobei  $\Sigma y$  die Summe der erhobenen Probestämme der betreffenden Merkmalsart ist und

$$K_2 = 48 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{G}{\Sigma g_2} = 0,48 \cdot \frac{G}{\Sigma g_2}$$

**Mittlere Formzahl**

$$f = \frac{\Sigma f}{\Sigma y}$$

**Unterholz-Probestämme im 0,5 Ar-Kreis**Für die Unterholz-Probestämme des Ausschlagwaldes, die ohne Reklaskop auf starren Kreisen erhoben werden, wird die Berechnung der Gesamtwerte ( $m^3$ ) und der mittleren Formzahl wie folgt durchgeführt:

$$\text{Gesamtvorrat} \quad GV_U = K_3 \cdot \Sigma v$$

$$\text{Gesamtzuwachs} \quad GZ_U = K_3 \cdot \Sigma z$$

$$\text{Gesamtkreisfläche} \quad GKR_U = K_4 \cdot \Sigma D^2$$

$$K_3 = 24 \cdot \frac{G}{\Sigma g_2}$$

$$K_4 = 0,0018849552 \cdot \frac{G}{\Sigma g_2}$$

$$\text{Mittl. Formzahl} \quad f_U = \frac{\Sigma (f \cdot D^2)}{\Sigma D^2}$$

Die Hektarwerte ergeben sich aus:

$$\frac{\text{Gesamtwert des Merkmals}}{\text{Waldfläche des Merkmals}} \quad \text{Wert je ha Waldfläche}$$

**6.2 Stockinventur**

Gesamteinschlagsmenge für ein bestimmtes Merkmal:

$$GU = \Sigma u \cdot \frac{G}{\Sigma g_3}$$

**6.3 Linienerhebung**Wird der gemessene Linienabschnitt für ein bestimmtes Merkmal mit  $l$  bezeichnet, so beträgt die Fläche des Merkmals

$$F = \Sigma l \cdot \frac{G}{\Sigma g_4}$$

## 6.4 Überblick über die Art der Detailergebnisse

Der folgende Überblick soll eine Vorstellung von der Vielfalt der Detailergebnisse vermitteln.

### a) Probeflächen- und Probestammerhebung

Gesamtwerte mit Berücksichtigung der einzelnen Holzart

Die Tabellen weisen den Gesamtverrat, Gesamtzuwachs, die Kreisfläche und mittlere Formzahl für 28 Holzarten und die prozentuelle Verteilung aus u. zw. für die

Betriebsarten

Eigentumsarten

Meereshöhen-Stufen

Betriebsarten-Meereshöhen-Stufen

Eigentumsarten-Meereshöhen-Stufen

Altersklassen

Betriebsarten-Altersklassen

Eigentumsarten-Altersklassen

Gesamtwerte und Hektarwerte ohne Rücksicht auf Holzart

u. zw. in analoger Gliederung wie bei a) für

Altersklassen

Betriebsart-Altersklassen

Eigentumsart-Altersklassen

Eigentumsart-Betriebsart-Altersklassen

BHD-Klassen für Betriebsarten, Eigentumsarten, getrennt nach Nadelholz, Laubholz, Nadel- u. Laubholz

ferner Gliederungen nach Eigentums- und Betriebsartenkombinationen für die Merkmale:

Wuchsklasse, Baumklasse, Standraum, Kronenklasse, Schaftgüteklafe, Schäden, Auszeige, Bestandesaufbau, Bestandeskennzeichnung, Schlußgrad;

schließlich eine sehr weitgehende Gliederung nach

Meereshöhenstufen Neigungsrichtung Neigungsgrad

### Jugendbeschreibung

Gliederung der Jungwüchse (Fläche und Verteilung):

Schirmverjüngung

Überschirmte Jugend

Freistehende Jugend

Verbißschäden

Baumhöhenstufen

Höhenzuwachsstufen

Altersklassen

Holzarten

b) Stockinventur

Gliederung der Einschlagsmenge nach:

- Betriebsarten
- Eigentumsarten
- Altersklassen
- Wuchsklassen
- Holzartengruppen
- Nutzungsarten
- Meereshöhen
- Stärkeklassen
- Sortimenten

c) Linienerhebung

Flächen und Verteilung der Kahlflächen und Jugenden:

- Blößen
- Bestandeslücken
- Höhenzuwachsstufen
- Größenklassen
- Neuaufforstung

## 7. BERECHNUNG DER STANDARDFEHLER BEI DER ÖSTERREICHISCHEN FORSTINVENTUR

Im allgemeinen werden die Stichprobenverfahren mit **systematischer Auswahl** den Zufallsmethoden vorgezogen, weil ihre Planung und die Organisation und Durchführung der Erhebungen wesentlich einfacher sind. Die Zufallsauswahl erfordert zumeist ein vielfaches Maß an Vorarbeiten. Die mit der Gesamtinventur verbundene Stockinventur kann nur mit Hilfe eines **systematischen Verfahrens** Aussicht auf Erfolg haben, d.h. nur dann, wenn die Aufnahmsfläche in allen ihren Teilen möglichst gleichmäßig erfaßt wird.

Die **systematischen Verfahren** erfüllen allerdings nicht die Bedingung, daß die Probeeinheiten voneinander unabhängig und zufällig ausgewählt werden und daher auch nicht die Voraussetzung, daß jedes Individuum der Population die gleiche Chance hat, als Probeeinheit ausgewählt zu werden. Die Wahl der ersten Probeeinheit bestimmt die Position aller anderen Einheiten. Zufällig kann daher nur der Anfangspunkt des ganzen Systems bestimmt werden.

Aus diesen Gründen haben die allgemeinen Formeln für Varianz, Standardfehler usw. keine Gültigkeit für **systematische Stichprobenverfahren**.

Die praktischen Erfahrungen bestätigen immer wieder, daß diese Verfahren in der Regel jedoch genauere Ergebnisse liefern als die Zufallsverfahren bei gleicher Aufnahmehäufigkeit. Allerdings muß in diesem Zusammenhang auf ein Gefahrenmoment der **systematischen Aus-**

wahl hingewiesen werden. Durch das Zusammentreffen des Probenintervalls mit einem unbemerkten, durch topographische Verhältnisse bedingten periodischen Trend können grobe systematische Fehler verursacht werden. Es ist nicht möglich, aus den Daten einer systematischen Stichprobe zu bestimmen, ob der Stichprobenmittelwert einen groben Fehler enthält, der durch eine solche Periodizität bedingt ist. Im Normalfall kann man aber das Stichprobenmittel als "bias"-freie Schätzung betrachten.

Wie schon erwähnt, dürfen die Formeln der Zufallsmethoden nicht auf Daten von systematischen Stichproben angewandt werden; sie führen gewöhnlich zu Überschätzungen für die Varianz und den Standardfehler.

Bei Großrauminventuren werden Näherungsverfahren von MATÉRN zur Berechnung der Standardfehler angewandt, die auf den Grundsätzen der Varianz- und Kovarianzanalyse beruhen. Sie wurden an Hand komplizierter mathematischer Modelle entwickelt. Die theoretische Begründung hiefür ist bei MATÉRN (1947 und 1960) und NYSSÖNEN (1967) zu finden.

Es wird im folgenden versucht, diese näherungsweise Berechnung der Standardfehler wie MATÉRN sie empfiehlt, mögli hst breit, d.h. für den Praktiker verständlich darzustellen. Für den Forstmann besteht sonst immer wieder die Gefahr, bei Anwendung solcher kurz definierter Formeln Irrwege zu besch 'en. Es soll damit aber keineswegs eine rezeptmäßige Anwendung empfohlen werden. Das Näherungsverfahren hat natürlich nur Gültigkeit für strukturell ähnlich aufgebaute Inventursysteme.

## 7.1 Standardfehler für die Region

### 7.11 Jahresergebnisse

Für ein Gebiet mit gleicher Traktgröße und gleichen Traktabständen, z. B. für die Jahresinventur einer Region (in unserem Falle ein quadratisches Gitternetz, siehe Abb. 8) wird folgendermaßen vorgegangen.

Das Gitternetz wird zu Rechnungszwecken über die Regionsgrenze hinaus mit sogenannten "Scheintrakten" gleicher Größe und Probeflächenzahl erweitert - auch wenn Regionen mit anderen Traktgrößen anschließen. Diese Erweiterung wird so weit geführt, bis ein Rechteck entsteht, dessen Grenzen (Koordinaten) zugleich die Rechengrenzen für den Computer darstellen; die Auswahl der Trakte bzw. die Reihenfolge der Rechenvorgänge wird programmiert.

Nach MATÉRN "wird ein Trakt in das erweiterte Gitternetz einbezogen, wenn er entweder selbst der Region angehört oder wenn mindestens einer von den acht ihn umgebenden Trakten ganz oder teilweise innerhalb der Region liegt" (Abbildung 8).

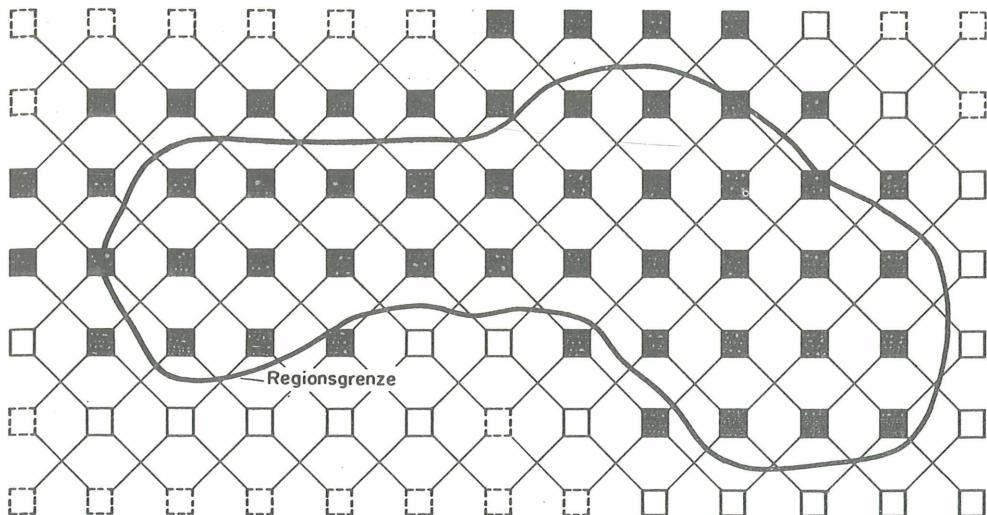


Abb. 8 Erweitertes Gitternetz von Trakten (Matérn)

Mit jedem Trakt sind bestimmte Beobachtungen verbunden; z. B. die folgenden Merkmale, die aus den Probeflächen bereits zu sogenannten Traktsummen innerhalb der Region aufsummiert sind:

$\Sigma x_1$  = Summe der Zehntel-Waldanteile der Hauptprobeflächen

$\Sigma w$  = Summe  $\frac{\text{Masse}}{D^2}$  aller Hauptprobeflächen

$\Sigma g_1$  = Summe der möglichen Zehntel-Hauptprobeflächenanteile auf allen Kulturgattungen

Für einen Trakt, der zur Gänze außerhalb der untersuchten Region liegt, setzen wir  $x_1 = w = 0$ . Von Trakten, die durch Regionsgrenzen geteilt werden (Grenztrakte), sind nur jene Teile der Probeflächen des Traktes in die Berechnung von  $x_1$ ,  $w$  und  $g_1$  einzubeziehen, die innerhalb der Region liegen.

Aus  $\Sigma x_1$ ,  $\Sigma w$  und  $\Sigma g_1$  werden die  $k$ -Faktoren für die Region (siehe S. 31) berechnet, z. B.:

$$k_1 = \frac{\Sigma x_1}{\Sigma g_1}$$

$$k_4 = \frac{\Sigma w}{\Sigma x_1}$$

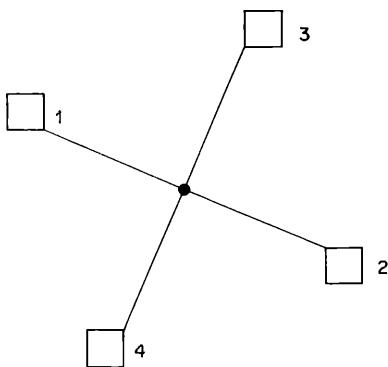


Abb. 9 Quadruplet aus vier Trakten

### 7.111 Quadruplet-Kreuzdifferenzen

Um die Standardfehler von  $k_1$  und  $k_4$  berechnen zu können, werden zunächst vier benachbarte Trakte zu einem sogenannten "Quadruplet" zusammengefaßt und innerhalb jedes einzelnen Quadruplets die "Kreuzdifferenzen" oder genauer ausgedrückt die "Differenz zweier Kreuzsummen" gebildet.

Die Kreuzdifferenz des Wertes  $w$  wird für das erste Quadruplet (d. s. die Trakte Nr. 1, 2, 3, 4) wie folgt ermittelt:

$$\begin{aligned} w' &= (w_1 + w_2) - (w_3 + w_4) \\ &= w_1 + w_2 - w_3 - w_4 \end{aligned}$$

Für jedes Quadruplet von Trakten, welches in dem erweiterten Gitternetz gebildet werden kann, wird eine Kreuzdifferenz berechnet. Wenn alle vier Trakte eines Quadruplets außerhalb der Region liegen, ist die Kreuzdifferenz gleich Null.

Die übrigen Quadruplets werden als "aktive Quadruplets" bezeichnet, wenn in der später erörterten Formel  $(W - k \cdot X)^2$   $W$  und  $X$  größer sind als Null. In Abb. 8 gehört jeder der 71 Trakte des erweiterten Gitternetzes zumindest einem aktiven Quadruplet an. Im ganzen sind 51 aktive Quadruplets vorhanden; jene Trakte, welche die linke obere Ecke eines aktiven Quadruplets bilden, sind schwarz dargestellt. Daraus gehört jeder Trakt innerhalb der Region vier verschiedenen Quadruplets an. Ein Trakt außerhalb der Region kann je nach seiner Lage entweder zu 0, 1, 2 oder 3 aktiven Quadruplets gehören. Die strichlierten Trakte dienen nur zur Erweiterung zum Rechteck.

Wenn die Quadruplets z. B. mit der Nummer jener Trakte bezeichnet werden, die in der linken oberen Ecke des Quadruplets liegen, dann werden die Kreuzdifferenzen für die Traktsummen reihenweise wie folgt ermittelt:

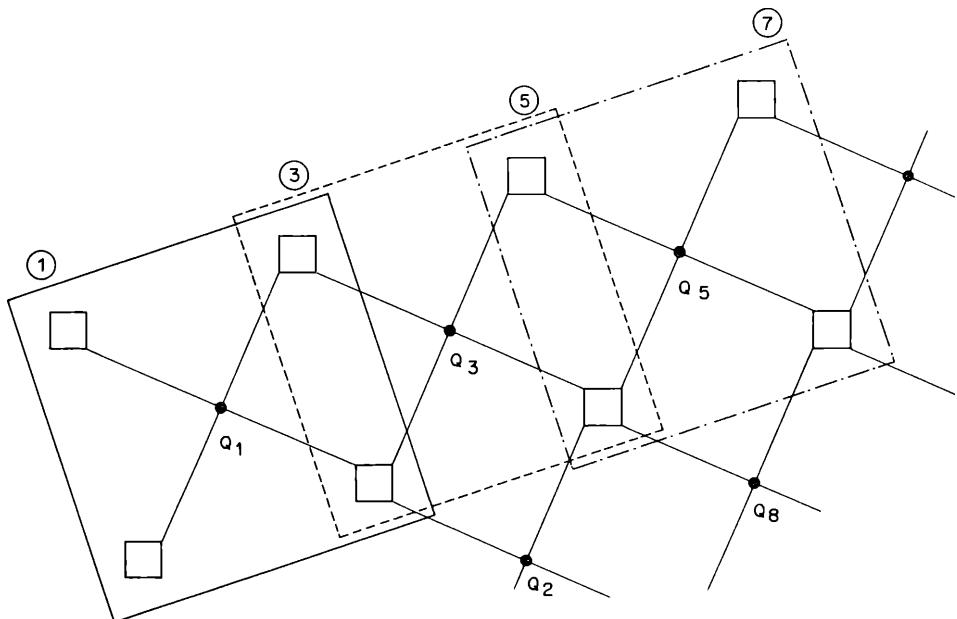


Abb. 10 Regelmäßiges Netz von Trakten einer Jahreserhebung

Quadruplet 1:		Quadruplet 3:		Quadruplet 5:	
Trakt Nr.	Trakt- summe	Trakt Nr.	Trakt- summe	Trakt Nr.	Trakt- summe
1	$+\Sigma x_1$	3	$+\Sigma x_1$	5	$+\Sigma x_1$
2	$+\Sigma x_1$	8	$+\Sigma x_1$	6	$+\Sigma x_1$
3	$\Sigma x_1$	5	$\Sigma x_1$	7	$\Sigma x_1$
4	$\Sigma x_1$	2	$\Sigma x_1$	8	$\Sigma x_1$
<u><math>\Sigma</math></u>		<u><math>\Sigma</math></u>		<u><math>\Sigma</math></u>	
zdifferenz:		$+\Sigma x$	$\Sigma x$	$+\Sigma x$	$\Sigma x$

Die Kreuzdifferenzen werden zum Unterschied von ursprünglichen Traktsummen (z.B.  $W$ ) mit Strich ( $\bar{W}$ ) bezeichnet. Bei reihenweiser Berechnung der Kreuzdifferenzen z.B. von links nach rechts werden dieselben Traktsummen zweier Trakte mit wechselnden Vorzeichen wiederholt verwendet.

## 7.112 Quadrate und Produkte der Kreuzdifferenzen

Die berechneten Quadruplet-Kreuzdifferenzen sind unter Berücksichtigung der innerhalb der Regionsgrenzen liegenden Grenztrakteile einzeln zu quadrieren und deren Quadrate zur Regionssumme aufzusummen:

$$\Sigma(x_1')^2, \quad \Sigma(g_1')^2, \quad \Sigma(w')^2$$

Analog der Bezeichnung des Zählers und Nenners im k-Faktor

$$(k_1 = \frac{\Sigma x_1}{\Sigma g_1}, \quad k_4 = \frac{\Sigma w}{\Sigma x_1})$$

sind die Produkte der Kreuzdifferenzen z. B.

$$x_1' \cdot g_1' \text{ bzw. } w' \cdot x_1'$$

zu bilden und mit Berücksichtigung der Vorzeichen ebenfalls zu Regionssummen zu addieren:

$$\Sigma(x_1' \cdot g_1'), \quad \Sigma(w' \cdot x_1')$$

Alle Quadrate und Produkte der Kreuzdifferenzen müßten noch mit 1/4 multipliziert werden u. zw. deswegen, weil die Summe der quadrierten Koeffizienten einer Kreuzdifferenz 4 ergibt:

$$1^2 + (-1)^2 + (-1)^2 + 1^2 = 4$$

Dies wurde jedoch erst in der Formel für den absoluten Standardfehler s berücksichtigt, indem der Nenner verdoppelt wurde (siehe später).

Die Quadrate und Produkte der Kreuzdifferenzen werden in Tabellenform zusammengestellt:

## Quadrate und Produkte der Kreuzdifferenzen

Allgemein, wenn  $k = \frac{\Sigma w}{\Sigma Y}$

k	$\Sigma(W')^2$	$\Sigma(W' \cdot Y')$	$\Sigma(Y')^2$
$k_1$	$\Sigma(x_1')^2$	$\Sigma(x_1' \cdot g_1')$	$\Sigma(g_1')^2$
$k_4$	$\Sigma(w')^2$	$\Sigma(w' \cdot x_1')$	$\Sigma(x_1')^2$

Es ist zu beachten, daß im k-Faktor einfache Regionssummen der ursprünglichen Traktwerte verwendet werden, während die Tabellenwerte aus Kreuzdifferenzen - unterschieden durch (') - abgeleitet sind.

## 7.113 Standardfehler für die Hektarwerte

Mit Hilfe der Summen der Quadrate und Produkte der Kreuzdifferenzen kann der Standardfehler in ähnlicher Weise berechnet werden, wie dies

bei der Quotenschätzung (Verhältnisschätzung) der Zufallsmethode der Fall ist Wenn z. B. die Quote

$$\hat{y} = \frac{\sum y_i}{\sum x_i}$$

lautet (die unserem k-Faktor entspricht), berechnet sich die Varianz bekanntlich wie folgt:

$$s^2 = \frac{(y_i - \hat{y} \cdot x_i)^2}{n-1} = \frac{\sum y^2 - 2\hat{y} \cdot \sum xy + \hat{y}^2 \cdot \sum x^2}{n-1}$$

Wir verwenden im Zähler nun nicht die ursprünglichen Traktsummenwerte, sondern die soeben berechneten Kreuzdifferenzen und erhalten im allgemeinen Fall:

$$(W' - kY')^2 = \sum (W')^2 - 2k \cdot \sum (W' \cdot Y') + k^2 \cdot \sum (Y')^2$$

#### Absoluter Standardfehler

Der absolute Standardfehler  $s$  für den k-Faktor  $k = \frac{\sum W}{\sum Y}$

lautet dann  $s = \frac{\sqrt{\sum (W')^2 - 2k \cdot \sum (W' \cdot Y') + k^2 \cdot \sum (Y')^2}}{2 \cdot \sum Y}$

wobei  $W'$ ,  $Y'$  unter der Wurzel aus Kreuzdifferenzen berechnet wurden und  $k$  der zu den Kreuzdifferenzen gehörige k-Faktor ist;  $\sum Y$  im Nenner bedeutet jedoch die Regionssumme der ursprünglichen Traktsummenwerte  $Y$  aus dem Nenner des k-Faktors.

Mit Hilfe der in der Tabelle in der richtigen Reihenfolge angeordneten Summen der Quadrate und Produkte der Kreuzdifferenzen sowie der 2 k- bzw.  $k^2$ -Werte werden die Standardfehler der Verhältnisschätzungen  $k_1$  bzw.  $k_4$  berechnet. Man multipliziert demnach das Produkt der Tabelle mit  $(-2k)$ , das rechtsstehende Quadrat mit  $k^2$  und erhält dadurch den Wurzausdruck.

In unserem Beispiel ist:

$$s_{k_1} = \frac{\sqrt{\sum (x_1')^2 - 2k_1 \cdot \sum (x_1' \cdot g_1') + k_1^2 \cdot \sum (g_1')^2}}{2 \sum g_1}$$

$$s_{k_4} = \frac{\sqrt{\sum (w')^2 - 2k_4 \cdot \sum (w' \cdot x_1') + k_4^2 \cdot \sum (x_1')^2}}{2 \sum x_1}$$

Die absoluten Fehler werden durch Multiplikation mit den früher genannten Konstanten

$$\left( \frac{16}{\pi} \cdot 10^2 \right), \quad \left( \frac{64}{\pi} \cdot 10^2 \right), \quad \frac{40}{\pi}$$

usw. in forstliche Maßeinheiten umgerechnet.

## Relativer Standardfehler

Aus den absoluten  $s_k$  Werten (ohne Umrechnung in forstliche Maßeinheiten) erhält man die relativen Standardfehler wie folgt:

$$\varepsilon_1 \% = \frac{100 s_{k_1}}{k_1} \% , \quad \varepsilon_4 \% = \frac{100 s_{k_4}}{k_4} %$$

Die allgemein übliche Schreibweise für die Schätzwerte mit ihren Standardfehlern ist folgende:

Schätzwert  $\pm$  absoluter Standardfehler bzw.  
Schätzwert  $\pm$  relativer Standardfehler

Auf diese Weise werden für die 14 verschiedenen  $k$ -Faktoren die Standardfehler berechnet. Für den Computer IBM 1440 wurde die Berechnung der Schätzwerte und Standardfehler in der Weise programmiert, daß sowohl die Traktsuche, die Quadrupletbildung sowie die Berechnung der Kreuzdifferenzen und Standardfehler automatisch erfolgt.

### 7.114 Standardfehler der Gesamtwerte

Fehler des Gesamtvo rra  
Fehler des Gesamtzuwachses  
Fehler des Gesamteinschlages

- a) Nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz berechnet sich der Standardfehler für den Gesamtvorrat aus dem relativen Standardfehler des Vorrates je Hektar Waldfläche und dem relativen Standardfehler der Waldfläche; dies ist streng genommen nur zulässig, wenn die beiden Werte nicht korreliert sind.

$$\varepsilon_{(GV)} = \sqrt{\varepsilon_4^2 + \varepsilon_1^2}$$

Aus diesem relativen Fehler wird der absolute Fehler für den Gesamtvorrat wie folgt bestimmt:

$$s_{GV} = \frac{GV \cdot \varepsilon_{(GV)}}{100}$$

- b) Der Standardfehler des Gesamtvorrates ist andererseits gleich dem Standardfehler des Vorrates je Hektar Gesamtfläche (aller Kulturgattungen).

Der Vorrat je ha Gesamtfläche wird nach

$$V_{HAG} = \frac{\Sigma w}{\Sigma x} \cdot 16 \cdot 10^2$$

berechnet, d.h. ähnlich wie der Vorrat je ha Waldfläche, nur mit dem Unterschied, daß im Nenner des  $k$ -Faktors statt der Summe der Hauptprobeflächenanteile-Wald  $\Sigma x$ , die Summe der möglichen Hauptprobeflächenanteile auf allen Kulturgattungen  $\Sigma g$ , verwendet wird.

## Der Gang der Fehlerrechnung für

$$k_6 = \frac{\Sigma w}{\Sigma g_1}$$

mit Quadrupletbildung, Summe der Quadrate und Produkte der Kreuzdifferenzen usw. erfolgt ganz analog wie früher beschrieben; der erhaltene Fehler des Vorrates je ha Gesamtfläche ist zugleich der Fehler für den Gesamtvorrat.

Das Verfahren ist auf Zuwachs und Einschlag sinngemäß anzuwenden, d.h. die Fehlerrechnung ist für die k-Faktoren

$$k_{10} = \frac{\Sigma z}{\Sigma g_1} \quad \text{und} \quad k_{15} = \frac{\Sigma u}{\Sigma g_3}$$

durchzuführen.

## 7.12 Mehrjahres-Durchschnittsergebnisse

Für die Durchschnittsergebnisse der Summe mehrerer Jahreserhebungen werden die Trakte der verschiedenen Erhebungsjahre nach gewissen Grundsätzen zusammengefaßt, d.h. es werden sogenannte "Mehrtraktsummenkarten" erstellt.

## Dreijahresergebnis

Zur Durchführung der Fehlerrechnung für ein Dreijahresergebnis werden jeweils drei benachbarte Trakte zu einem "Großtrakt" zusammengefaßt und aus vier Großtrakten ebenfalls wieder ein Quadruplet gebildet. Der Gang erfolgt analog wie bei der Jahreserhebung, wobei an die Stelle der einfachen Traktsummen die Drei-Traktsummen treten.

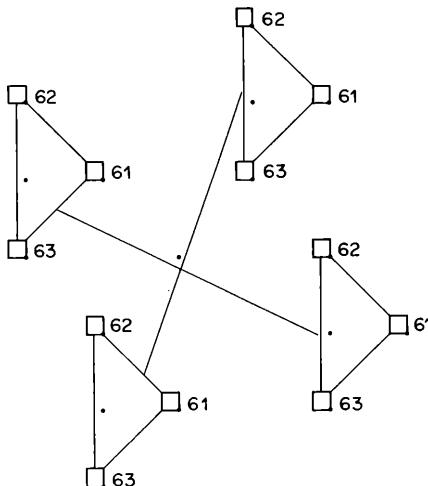
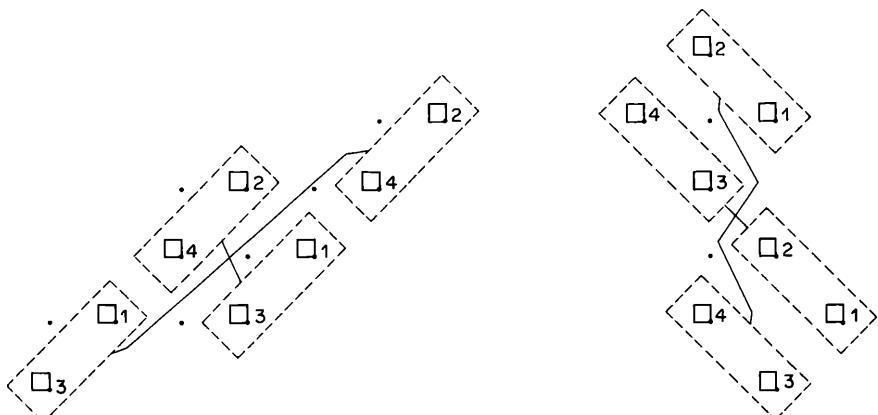


Abb. 11 Quadrupletbildung für Dreijahresergebnis



1. Variante  
 a)  $\Sigma (61 + 63)$   
 b)  $\Sigma (62 + 64)$

2. Variante  
 a)  $\Sigma (61 + 62)$   
 b)  $\Sigma (63 + 64)$

Abb. 12 Quadrupletbildung für Vierjahresergebnis

### Vierjahresergebnis

Für ein Vierjahresergebnis kann man je zwei Trakte zu einer Einheit zusammenfassen, z. B. für das Ergebnis 1961/64 die Trakte der Erhebungsjahre (1961 + 1963) einerseits und die Trakte der Erhebungsjahre (1962 + 1964) andererseits (Variante 1); oder aber die Trakte der Erhebungsjahre (1961 + 1962) einerseits bzw. (1963 + 1964) andererseits (Variante 2). Die Kreuzdifferenzen werden nun zwischen den Mehrtraktsummen a) und b) so gebildet, wie es die Abb. 12 zeigt.

### Sechsjahresergebnis

In ähnlicher Weise kann bei der Fehlerrechnung für ein Sechsjahresergebnis, z. B. 1961/66 vorgegangen werden. Auch hier gibt es mehrere Varianten, aus denen zwei herausgegriffen werden sollen.

1. Variante:  
 a)  $\Sigma (1961 + 1963 + 1965)$   
 b)  $\Sigma (1962 + 1964 + 1966)$
2. Variante:  
 a)  $\Sigma (1961 + 1962 + 1963)$   
 b)  $\Sigma (1964 + 1965 + 1966)$

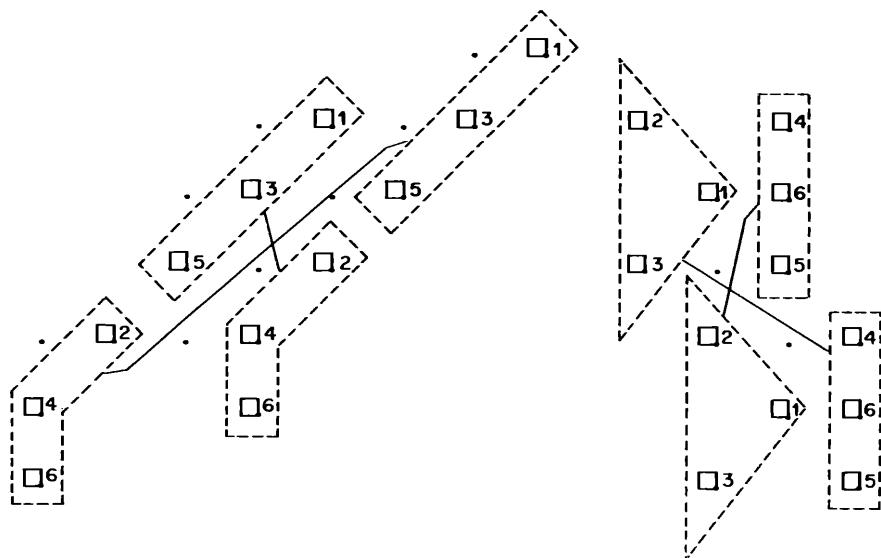


Abb. 13: Quadrupletbildung für Sechsjahresergebnis

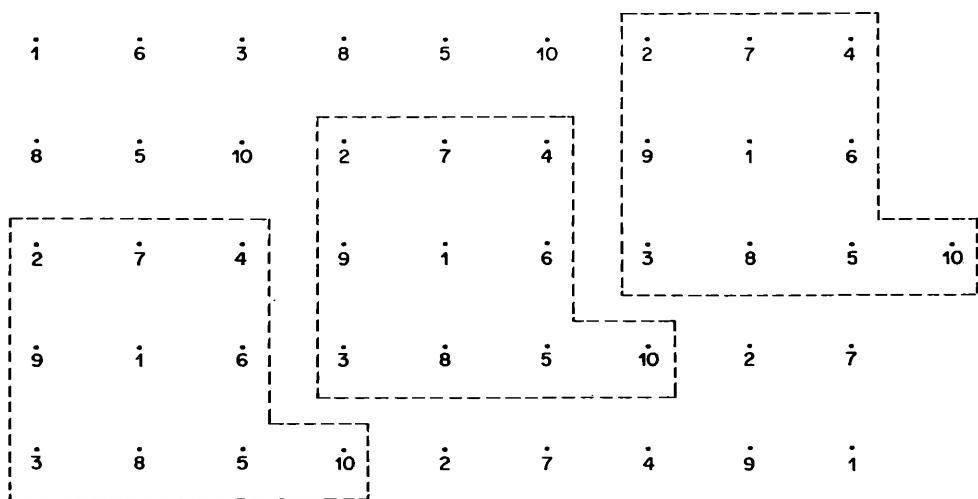


Abb. 14: Traktverteilung nach Erhebungsjahren (1961 – 1970)

## 7.2 Standardfehler für das Bundesgebiet

Wie werden nun die Standardfehler ermittelt, wenn es sich um ein Gebiet handelt, welches sich aus verschiedenen (z. B. in unserem Falle aus sieben) Regionen mit ungleichen Traktgrößen und unterschiedlichen Traktabständen zusammensetzt, m. a. W. aus Teilen mit verschiedenen "sampling ratios"?

### 7.2.1 Standardfehler der Waldfläche

Aus Pkt. 7.1 sind die Standardfehler der Regions-Waldflächen  $\epsilon_{Ri}$  bekannt; ebenso kennt man die Gesamtflächen (alle Kulturgattungen) der Regionen ( $G_{Ri}$ ), deren Summe die Gesamtfläche des Bundesgebietes ( $BG$ ) ergibt:

$$\sum_{R_i}^{R_7} G_{Ri} = BG$$

Der relative Standardfehler der Waldfläche des Bundesgebietes ( $\epsilon_B$ ) ist

$$\epsilon_B = \frac{\sqrt{\sum_{R_i}^{R_7} [G_{Ri}^2 \cdot (\epsilon_i)^2_{Ri}]}}{BG}$$

Es werden demnach regionsweise die Produkte von (Gesamtfläche der Region)<sup>2</sup> mal (Standardfehler der Waldfläche der Region)<sup>2</sup> gebildet, aufsummiert, die Quadratwurzel aus dieser Produktsumme gezogen und das Ergebnis durch die Gesamtfläche des Bundesgebietes dividiert.

### 7.2.2 Standardfehler von Gesamtvorrat, Gesamtzuwachs und Gesamteinschlag

Der Rechnungsgang ist ganz ähnlich dem in Pkt. 7.2.1 geschilderten.

Unter der Wurzel werden an Stelle der Gesamtflächen  $G_{Ri}$  die Gesamtvorräte  $GV_{Ri}$  bzw. die Gesamtzuwächse  $GZ_{Ri}$  oder die Gesamteinschlagsmengen  $GU_{Ri}$  der Regionen und die dazugehörigen  $\epsilon$ -Werte, bezogen auf die Gesamtfläche der Regionen verwendet. Im Nenner steht statt der Gesamtfläche des Bundesgebietes  $BG$  jeweils der Gesamtvorrat ( $BGV$ ), der Gesamtzuwachs ( $BGZ$ ) bzw. der Gesamteinschlag ( $BGU$ ) des Bundesgebietes:

## Standardfehler von

Gesamtvorrat

$$\epsilon_{B_6} = \frac{\sqrt{\sum_{R_i}^{R_2} [GV_{R_i}^2 \cdot (\epsilon_6)_{R_i}^2]}}{BGV}$$

Gesamtzuwachs

$$\epsilon_{B_{10}} = \frac{\sqrt{\sum_{R_i}^{R_2} [GZ_{R_i}^2 \cdot (\epsilon_{10})_{R_i}^2]}}{BGZ}$$

Gesamteinschlag

$$\epsilon_{B_{15}} = \frac{\sqrt{\sum_{R_i}^{R_2} [GU_{R_i}^2 \cdot (\epsilon_{15})_{R_i}^2]}}{BGU}$$

Die  $\epsilon$ -Werte entsprechen den k-Faktoren  $k_6$ ,  $k_{10}$ ,  $k_{15}$  (Seite 32).

## 7.23 Standardfehler von Vorrat, Zuwachs und Einschlag je Hektar Waldfläche (Hektarwertefehler).

Wenn ein Inventurgebiet aus mehreren Regionen mit verschiedenen Traktgrößen und -abständen besteht, müssen die Standardfehler der Hektarwerte auf verschiedene Weise ermittelt werden, je nachdem, ob

- die Waldflächen der Regionen genau bekannt oder
- die Waldflächen der Regionen aus der Inventur selbst geschätzt sind.

## Fall a)

Sind die Waldflächen der einzelnen Regionen  $F_{R_1}$ ,  $F_{R_2}$  aus anderen Quellen genau bekannt - aber nur dann! - und wurden die relativen Standardfehler z. B. für den Vorrat je ha Waldfläche  $\epsilon_{R_1}$ ,  $\epsilon_{R_2}$  in den verschiedenen Regionen ermittelt, dann lautet die Formel für den durchschnittlichen Standardfehler  $\epsilon_B$  des Vorrates je ha Waldfläche für die Gesamtheit der Regionen (Bundesgebiet)

$$\epsilon_B = \frac{\sqrt{(F_{R_1}^2 \cdot \epsilon_{R_1}^2) + (F_{R_2}^2 \cdot \epsilon_{R_2}^2) + \dots + (F_{R_n}^2 \cdot \epsilon_{R_n}^2)}}{F_1 + F_2 + \dots + F_n}$$

## Fall b)

Wurden die Waldflächen der Regionen hingegen aus der Inventur geschätzt, wie in unserem Falle, so sind nicht nur die Vorräte je ha Waldfläche in den Regionen, sondern auch die Verteilung der Waldfläche zwischen den  $n$  Teilen von Stichprobenfehlern beeinflusst. In diesem Falle ist ein komplizierteres Verfahren anzuwenden, bei dem die

bereits zur Fehlerrechnung der Region verwendeten Kreuzdifferenzen ( $W^2$ ,  $W'Y$ ,  $Y'^2$ ) in anderer Weise wieder Verwendung finden.

Mathematisch nach MATÉRN formuliert, ist der Berechnungsgang folgender:

Der geschätzte Vorrat je ha Waldfläche für das Bundesgebiet ist

$$k_{Bund} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot p_i \cdot v_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot p_i)}$$

$A_i$  Gesamtfläche

$p_i$  Bewaldungsprozent, aus der Inventur geschätzt

Vorrat/ha Waldfläche, aus der Inventur geschätzt

Der absolute Standardfehler von  $k_{Bund}$  ist

$$s_{k_{Bund}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_i^2 \cdot s_i^2)}{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot p_i)}}$$

$s_i$  wird für jede Region mit Hilfe der früher berechneten Kreuzdifferenzen ermittelt; doch sind zum Unterschied von früher nicht zwei ( $W$ ,  $Y$ ), sondern drei Größen ( $W$ ,  $Y$ ,  $g$ ) erforderlich.

$$s_{RI} = \frac{\sqrt{Q(W - k_B Y, W - k_B Y)}}{2 \sum g_n} = \frac{\sqrt{(W - k_B \cdot Y)^2}}{2 \sum g_n}$$

z. B.  $W = \sum \left( \frac{v}{D^2} \right)$

$Y = \sum x_i$

$g_n = \Sigma$  der möglichen Probeflächenanteile  
 $(g_1 = HAP, g_2 = HAP + HIP, g_3 = STOP)$

Während bei der ähnlichen Formel für die Region  $Y$  gleichsinnig dem Wert im Nenner war, wird bei dieser Formel für das Bundesgebiet eine dritte Größe, d.h. die Zahl der möglichen Probeflächenanteile verwendet. An Stelle des  $k$ -Faktors der für jede Region verschiedenen  $g$  ob liegt hier der Faktor  $k_B$  verwendet, der für eine Fehlerar (Vorratfehler z.B.) für alle Regionen gleich groß ist.

Da solche Formulierungen noch keine folgerichtige Anwendung durch den Praktiker garantieren und diese Näherungsverfahren MATÉRNS im mitteleuropäischen Raum zu wenig bekannt sind, sei die praktische Durchführung ausführlicher dargestellt.

### BK<sub>i</sub>-Schätzwerte

An die Stelle der früher verwendeten k-Faktoren für die Regionen treten nunmehr die BK<sub>i</sub>-Schätzwerte (d.s. die Hektarwerte für das Bundesgebiet, z.B. in analoger Bezeichnung BK<sub>4</sub> = Vorrat je ha Waldfläche für das Bundesgebiet, d.i. die Gesamtheit der Regionen). Für ein- und dieselbe Fehlerart, z.B. den Standardfehler des Vorrates bzw. des Zuwachses gelten sie in gleicher Höhe für alle Regionen im Rechnungsgang - während die k-Faktoren für jede Region einen anderen Wert aufweisen.

Der Bundes-K-Schätzwert BK<sub>4</sub> gehört zu den Kreuzdifferenzen des Regions-k-Faktors k<sub>4</sub> usw.

### BK<sub>i</sub>-Schätzwerte

Bundesgebiet:

$$\text{Vorrat/ha Waldfläche} \quad BK_4 = \frac{BGV_1}{BF} \quad \frac{(\text{Gesamtvorrat-Bundesgebiet})}{(\text{Waldfläche-Bundesgebiet})}$$

$$\text{Zuwachs/ha Waldfläche} \quad BK_8 = \frac{BGZ_1}{BF}$$

$$\text{Einschlag/ha Waldfläche} \quad BK_{14} = \frac{BGU_1}{BF}$$

Zur Berechnung der absoluten Standardfehler (s<sub>i</sub>-Werte) mit Hilfe der Fehlerformel müssen die BK<sub>i</sub>-Schätzwerte zwecks Angleichung an die Dimension der Kreuzdifferenzen durch Division mittels der entsprechenden Konstanten

$$\left( \frac{64}{\pi} \cdot 10^2 \right), \quad \left( \frac{16}{\pi} \cdot 10^2 \right), \quad \frac{40}{\pi}$$

usw. in die Bk<sub>i</sub>-Faktoren umgewandelt werden.

### Bk<sub>i</sub>-Faktoren

$$Bk_4 = \frac{BK_4}{\frac{16}{\pi} \cdot 10^2}$$

$$Bk_8 = \frac{BK_8}{\frac{16}{\pi} \cdot 10^2}$$

$$Bk_{12} = \frac{BK_{12}}{40}$$

usw.

## s - Werte der Regionen

Für jede Region getrennt ist aus den Kreuzdifferenzen und den soeben ermittelten  $Bk_i$ -Faktoren in ähnlicher Weise wie früher gezeigt, zu berechnen:

$$s_{iR_i} = \frac{\sqrt{(W')^2 - 2 Bk_i \cdot (W' \cdot Y') + Bk_i^2 \cdot (Y')^2}}{2 \Sigma g_i}$$

Die Quadrate und Produkte der Kreuzdifferenzen sind in Tabellenform (S. 42) gespeichert; sie sind mit den dazugehörigen Faktoren ( $-2 Bk_i$ ) bzw.  $Bk_i^2$  zu multiplizieren. Es ist zu beachten, daß für eine bestimmte Fehlerart der  $Bk_i$ -Faktor für alle Regionen gleich groß ist.

Im Nenner ist für die Standardfehler von Vorrat/ha Waldfläche, Zuwachs/ha Waldfläche jeweils  $\Sigma g_i$  bzw.  $\Sigma g_i$ , zu wählen - je nachdem im  $BK_i$ -Schätzwert die Waldfläche  $F_1$  (aus den Hauptprobeflächen allein ermittelt) oder aber  $F_2$  (aus Haupt- plus Hilfsprobeflächen ermittelt) verwendet wurde. Für den Fehler des Einschlages je ha ist jedoch stets  $\Sigma g_i$  zu nehmen.

$s_i$  ist für jede Region zu bestimmen, d. h. z. B. in unserem Falle für den Vorrat je ha Waldfläche  $s_{4R_1}, s_{4R_2} \dots$  bis  $s_{4R_7}$ .

## Relative $\epsilon_i$ -Werte

Aus den absoluten  $s_i$ -Werten sind für jede Region die relativen  $\epsilon_i$ -Werte zu berechnen. Im Nenner sind nicht die  $BK_i$ -Schätzwerte, sondern die reduzierten  $Bk_i$ -Faktoren zu verwenden.

$$\epsilon_{4R_1} = \frac{100 s_{4R_1}}{Bk_4}$$

$$\epsilon_{4R_7} = \frac{100 s_{4R_7}}{Bk_4}$$

## Produktsummen

Aus den quadrierten  $\epsilon$ -Werten und den Quadraten der Gesamtflächen der Regionen ( $GR_i$ ) werden regionsweise die Produkte  $(G^2_{R_i} \cdot \epsilon^2_{4R_i})$  für die einzelnen Fehlerarten gebildet und diese Produkte aller Regionen aufsummiert:

$$\sum_{R_i} (G^2_{R_i} \cdot \epsilon^2_{4R_i})$$

## Standardfehler für die Hektarwerte des Bundesgebiets

Die Standardfehler für die  $Bk_i$ -Faktoren werden nun wie folgt berechnet:

$$\epsilon_{Bk_i} = \frac{\sqrt{\sum_{R_i} (G^2_{R_i} \cdot \epsilon^2_{4R_i})}}{BF_i}$$

wobei  $j$  entweder = 1 bzw. 2, je nachdem im  $BK_j$ -Schätzwert im Nenner  $BF_1$  (Hauptprobeflächen) oder  $BF_2$  (Haupt- plus Hilfsprobeflächen) zu verwenden war,

d. h.  $BF_1$  für  $BK_4, BK_8, BK_{12}$

bzw.  $BF_2$  für  $BK_5, BK_9, BK_{14}$

Für die Österreichische Forstinventur gelangen auf diese Weise 14 verschiedene Arten von Schätzwerten bzw. deren Standardfehler zur Berechnung, wobei einzelne aber lediglich als Prüfgrößen dienen.

### 7.3 Bundesländer

Der für die Rechnungseinheiten Region bzw. Bundesgebiet geschilderte Berechnungsgang für die Schätzwerte und Standardfehler ist auf andere Ergebniseinheiten analog anzuwenden.

Es muß dabei berücksichtigt werden, daß die Schätzwerte und Fehler immer nur für Gebiete mit gleicher Traktgröße und gleicher Traktdichte unmittelbar (wie dies bei den Regionen der Fall war) berechnet werden können und erst auf Grund dieser Ergebnisse der Zusammensatz zu übergeordneten Einheiten erfolgen kann.

Für die Ergebnisse der Bundesländer muß von den Regionsteilen, welche die Bundesländer bilden, ausgegangen werden, denn nur die Regionsteile erfüllen die oben genannten Voraussetzungen. Die durch die Regionsteile gegebenen neuen Abgrenzungen bestimmen auch die nunmehr zu berücksichtigenden Grenztrakte bzw. die Grenzen für die Aufsummierung der Traktsummen; ebenso müssen die Gesamtflächen der Regionsteile für diese Zwecke ermittelt werden (Abb. 15).

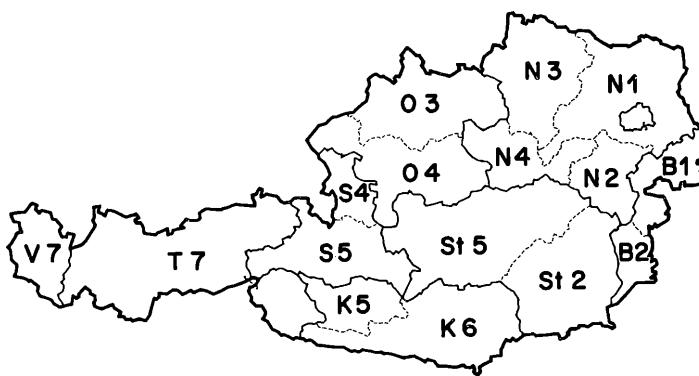


Abb. 15 Regionsteile der Bundesländer

Im weiteren Rechnungsgang treten die Regionsteile an die Stelle der ganzen Regionen bzw. die Bundesländer an die Stelle des Bundesge-

bites. Die Ergebnisse der Regionsteile werden zum Landesergebnis in derselben Weise zusammengeführt wie dies früher von den Regionen zum Bundesgebiet der Fall war

#### 7.4 Bereiche von Bezirksforstinspektionen

Schon im Verlaufe der Bundesländerauswertung kommt man durch die Teilung der Regionen vereinzelt zu Ergebniseinheiten der Größenordnung einer oder mehrerer Bezirksforstinspektionen.

Nach Abschluß der 10-jährigen Inventurperiode sollen bekanntlich Aussagen über Größenbereiche einer Bezirksforstinspektion (etwa 30.000 ha Waldfläche) resultieren. Infolge der wesentlich stärkeren Aufgliederung in 80 Ergebniseinheiten wird eine Vielzahl von Trakten von Grenzen durchschnitten und daher die Anzahl der Grenztrakte erheblich größer sein.

Aus diesem Grunde werden aus den Jahreserhebungen schon jetzt für die kleinsten Ergebniseinheiten die erforderlichen Bezirksforstinspektions-Traktsummenkarten laufend erstellt und stehen nach Abschluß der Inventurperiode zur Auswertung zur Verfügung.

Da der Bereich einer Bezirksforstinspektion auf jeden Fall gleiche Traktgröße und -dichte aufweist, ist der Rechengang derselbe wie für die Region.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit dem gesamten Verfahren der Auswertung der Erhebungsdaten sowie mit der Berechnung der Standardfehler der Österr. Forstinventur 1961/70.

Eingangs wird die Ermittlung der Masse und des Massenzuwachses des einzelnen Probestammes mit Hilfe von neu entwickelten Kubierungsfunktionen unter Verwendung eines oberen Durchmessers in drei Zehntel der Baumhöhe erläutert; die Berechnung der Masse des gefällten Stammes lediglich auf Grund der Meßdaten des Stockes und der Vergleichsstammdaten (Stockinventur) erfolgt ebenfalls mit diesen Kubierungsfunktionen. Tabellen geben Aufschluß über die Größe der Koeffizienten der Funktionen, welche für die wichtigsten Holzarten aus 17.000 sektionsweise kubierten Stämmen abgeleitet wurden, sowie über die Genauigkeit der Massenbestimmung für den Einzelstamm.

Der weitere Schritt von den Probestammdaten zu den Schätzwerten je Flächeneinheit berücksichtigt grundsätzliche Fragen hinsichtlich der Auswertung von Relaskopaufnahmen bzw. die rechnerische Umwandlung von Erhebungsdaten starrer Probeflächen in gleichwertige Winkelzählproben-Elemente sowie die Detailauswertung der verschiedenen Merkmale.

Der letzte Abschnitt ist der Berechnung der Standardfehler nach einem Näherungsverfahren für systematische Stichproben von MATÉRN gewidmet.

## SUMMARY

The present paper is concerned with the overall technique of evaluation and calculation of standard error in the Austrian Forest Inventory 1961/70.

To begin with, calculation of volume and volume increment of the individual sample-tree by aid of new-developed cubing functions, using an upper diameter at  $3/10$  of tree height, is explained. Calculation of the volume of a felled tree on the basis of only the measured data of the stump and the data of a check tree (stump inventory) is also performed by these cubing functions. Tables give information about the parameter values of the functions, as derived for the most important tree species from 17,000 stems cubed by sections, as well as about the degree of accuracy in volume determination for an individual stem.

The further step from sample-tree data to estimated values on the unit area has regard to essential questions as to evaluation of relascope records and arithmetical conversion of data recorded from sample plots of fixed areas into equivalent angle-count sample elements as well as detailed analysis of the various characteristics.

The last chapter is dedicated to the calculation of standard errors by an approximation procedure for systematic samples according to MATÉRN.

## RÉSUMÉ

Le présent travail s'occupe du procédé entier de l'évaluation des chiffres donnés ainsi que du calcul des erreurs-type de l'inventaire forestier autrichien 1961/70.

Au début on explique l'estimation du volume et de l'accroissement en volume de chaque tige d'essai à l'aide de fonctions de cubage nouvellement développées en employant un diamètre supérieur à trois dixièmes de la hauteur de l'arbre. Le volume du tronc abattu est calculée uniquement à la base des mesures de la souche et du tronc comparé (inventaire des souches) également avec ces fonctions de cubage. Des tableaux informent sur la grandeur des coefficients des fonctions dérivées pour les essences les plus importantes de 17.000 troncs cubés par secteur ainsi que sur la précision de l'estimation du volume de chaque tronc.

Le pas suivant des dates de la tige d'essai vers les valeurs par unité de consistance considère des questions fondamentales en vue de l'utilisation des données relascopiques, c'est-à-dire la transformation arithmétique de ces données des surfaces-spécimen rigides en éléments équivalents de spécimens de compteur d'angles ainsi que l'évaluation détaillée des différentes caractéristiques.

La dernière partie est dédiée au calcul des erreurs-type selon un procédé d'approximation pour des échantillons systématiques d'après MATÉRN.

## Р е з ю м е

Настоящая работа посвящена совокупности методики обработки данных и исчислению нормативных ошибок Австрийской инвентаризации лесов в 1961 – 1970 гг.

Сперва об"ясняется определение древесной массы и ее прироста по отдельным пробным стволам с помощью новоразвитых кубатурных функций, применяя диаметр дерева в три десятых его высоты в качестве верхнего диаметра. Эти же кубатурные функции служат для исчисления древесной массы срубленного ствола лишь на основе данных измерения пня и сравняемых данных стволов /инвентаризация по пням/. В таблицах даны сведения о величине коэффициентов функций, выведенных для важнейших древесных пород на основании 17000 секционально кубированных стволов, и о точности определения массы отдельного ствола.

Переходя затем от данных пробных стволов к оценке на единицу площади, обсуждаются основные вопросы использования измерений реляскопом, или математическое преобразование данных оценки таксационных участков в равноденные элементы угломерного отсчета, и подробности учета различных особых примет.

Последний раздел излагает исчисление нормативных ошибок по методу приближения МАТЕРНа для систематически выбранных проб.

## LITERATURVERZEICHNIS

- BITTERLICH, W., 1956: Die Relaskopmessung in ihrer Bedeutung für die Forstwirtschaft. Österr. Vierteljahresschr. f. Forstw., Wien, 97, 86-98.
- 1959: Relaskoptechnik. Rationelle Waldmessung durch Spiegelrelaskop. Centralbl. ges. Forstw., Wien, 76, 1-35.
- 1959: Preßlers Richthöhe in neuem Licht. Allgem. Forstztg., Wien, 70, 47-49.
- 1960: Die Entwicklung der Winkelzählprobe. Arch. Forstw., Berlin, 9, 136-147.
- BRAUN, R., 1957: Eine laufende Forstinventur in Österreich. Folgerungen aus dem Vergleich der schwedischen Reichswaldtaxierung mit der Österreichischen Waldstandsaufnahme. Österr. Vierteljahresschr. f. Forstw., Wien, 98, 76-104.
- 1958: Holzeinschlagsstatistik: Stockinventur als Grundlage einer genaueren Ermittlung. Holz-Kurier, Wien, 13/3, 1-4.
- 1958: Das Aufgabengebiet der Abteilung Forstinventur. Allgem. Forstztg., Wien, 69-3/4, Informationsdienst der Forstl. Bundesversuchsanstalt, Wien, 5. Folge.
- 1959: Waldstandsaufnahme und National-Forstinventur als Forschungsprogramm. Holz-Kurier, Wien, 14/16, 1-4.
- 1959: Forstinventur: Der Weg zur richtigen Holzvorratsbilanz. Holz-Kurier, Wien, 14/35, 5-9.
- 1960: Leistungsgrenzen der österreichischen Forstwirtschaft, Holz-Kurier, Wien, 15/17, 1-4.
- 1960: Zur Diskussion der Leistungsgrenzen der österr. Forstwirtschaft. Österr. Vierteljahresschr. f. Forstw., Wien, 101, 87-103.
- 1961: Ziele der Österreichischen Forstinventur 1961-1970. Holz-Kurier, Wien, 16/28, 1-4.
- 1961: Die österreichische Forstinventur 1961-1970 im Blickwinkel der Forschung. Allgem. Forstztg., Wien, 72-17/18, Informationsdienst der Forstl. Bundesversuchsanstalt, Wien, 48. Folge.
- 1961: Österreichische Forstinventur 1961-1970 (Erhebungsmethode). XIII. IUFRO-Kongreß, Wien 1961. Exkursionsführer Waldbau und verwandte Disziplinen. 167-171.
- 1965: Waldstandsaufnahme und Forstinventur. Ein Vergleich der beiden Inventurverfahren. Allgem. Forstztg., Wien, 76, 147-149.
- 1967: Über die Technik der österreichischen Forstinventur. Forstarch., Hannover, 38, 267-268.
- 1967: Die Forstinventur als Instrument der Forstpolitik. In: "100 Jahre Landwirtschafts-Ministerium", Festschrift, herausgegeben vom Bundesministerium f. Land- und Forstwirtschaft, Österr. Agrarverlag, Wien, 473-481.
- ECKMÜLLNER, O., 1967: Das Vierjahresergebnis der laufenden Forstinventur. Allgem. Forstztg., Wien, 78, 209-214, 219-222.

- GROSSMANN, H., 1960: Warum permanente forstliche Großrauminventuren? Forst und Jagd, Berlin, 10, 560-561.
- 1963: Stand und Aussagefähigkeit permanenter Großrauminventuren für Forstwirtschaft und Forstwissenschaft. Die sozialistische Forstwirtschaft, Berlin, 13, 43-45.
- 1966: Drei Inventuren 1951, 1956 und 1961 - auf der Versuchsfläche für Holzvorratsaufnahmen in Spechthausen. Deutsche Akad. d. Landwirtschaftswissensch., Berlin, Schriftenreihe "Forstwissenschaftliche Beiträge", Sammelband 1, 55 S.
- HAGBERG, E., 1952: Riksskogstaxering efter ny modell. Skogen, Stockholm, 39, 19.
- 1955: Den nya Riksskogstaxeringen. Industriens Upplysningstjänst, Stockholm, 3, 109-120.
- 1957: The new Swedish national forest survey. Unalsylva, Rom, 11, 3.
- 1960: Selecting objectives and methods of estimating forest resources. 5th World forestry Congress, Seattle, Washington, GP/72/I/A - Sweden.
- KRENDELSSBERGER, H., 1961: Zu "Forstinventur bringt keine stillen Reserven". Ein offenes Geheimnis. Holz-Kurier, Wien, 16/35, 9.
- KUUSELA, K., 1967: A basal area-mean tree method in forest inventory. Mitt. Forstl. Forschungsanst. Finnland, Helsinki, 62/2, 1-32.
- 1967: Die finnische Reichswaldtaxierung. Wissenschaftl. Zeitschr., Techn. Universität Dresden, 16, 537-540.
- LOETSCH, F., 1952: Entwicklungsmöglichkeiten mitteleuropäischer Holzvorratsinventuren. Zeitschr. f. Weltforstwirtsch., Hamburg, 15/2, 41-57.
- LOETSCH, F., HALLER, K. E., 1964: Forest Inventory, Vol. I. Statistics of Forest Inventory and Information from Aerial Photographs. BLV-Verlag, München, 436 pp.
- MATERN, B., 1947: Methods of estimating the accuracy of line and sample plot surveys (schwedisch). Medd. f. Statens Skogsforskningsinstitut, Stockholm, 36/1, 1-136.
- 1956: On the geometry of the cross-section of a stem. Medd. f. Statens Skogsforskningsinstitut, Stockholm, 46/11, 1-28.
- 1960: Spatial variation. Stochastic models and their applications to some problems in forest surveys and other sampling investigations. Medd. f. Statens Skogsforskningsinstitut, Stockholm, 49/5, 1-144.
- 1962: Forest surveys and the statistical theory of sampling some recent developments. Proc. 5th World Forestry Congress, Seattle, Washington, Vol 1, 276-281.
- 1963: Estimating the standard error in stratified sampling with systematic sampling inside strata, Stockholm, 10 pp., (stencilled).
- 1963: Some remarks on the sample size in forest inventories, 10 pp., Stockholm, (stencilled).
- 1963: Gutachten über einige Fragen hinsichtlich der Österreichischen Forstinventur 1961-1970, Stockholm, 15 pp.
- 1966: Kompendium i Sampling (schwedisch), 65 pp., Stockholm, (stencilled).

- 1966: Die statistischen Prinzipien in der landesumfassenden Forstinventur der nordischen Länder. Arch. Forstw., Berlin, 15, 795-806.
- 1969: Wie groß ist die Relaskop-Fläche? Allgem. Forstztg., Wien, 79, 21-22.
- MÜLLER, G., 1961: Die österreichische Forstinventur 1961 bis 1970. Allgem. Forstztg., Wien, 72, 234-236.
- NÄSLUND, M., 1940: Funktionen und Tabellen zur Kubierung stehender Bäume. Kiefer, Fichte und Birke in Nordschweden (schwedisch). Medd. f. Statens Skogs-forskningsinstitut, Stockholm, 32, 87-142.
- 1957: Die schwedische Reichswaldtaximation. Forstwissenschaft. Centralbl., Berlin, 76, 321-333.
- NYYSSÖNEN, A., KILKKI, P., 1966: Estimation of strata in forest survey. Acta Forest. Fenn., Helsinki, 81, 1-28.
- NYYSSÖNEN, A., KILKKI, P., MIKKOLA, E., 1967: On the precision of some methods of forest inventory. Acta Forest. Fenn., Helsinki, 81, 1-60.
- POCKBERGER, J., 1961: Forstinventur bringt keine stillen Reserven mehr. Von der Waldstandsaufnahme zur Forstinventur. Holz-Kurier, Wien, 16/32, 33, 6-7.
- POLLANSCHÜTZ, J., 1965: Eine neue Methode der Formzahl- und Massenbestimmung stehender Bäume. Neue Form- und Kubierungsfunktionen und ihre Anwendung. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanstalt, Wien, 68, 186 pp.
- PRODAN, M., 1965: Holzmeßlehre. J. D. Sauerländer Verl., Frankfurt a. M., 644 pp.
- RICHTER, A., GROSSMANN, H., THIELE, H., 1956: Zur Frage der Zuwachsermittlung mit Hilfe von Bohrspänen. Arch. Forstw., 5, 104-125.
- RICHTER, A., GROSSMANN, H., 1960: Ergebnisse der 1956-1957 im Gebiet der DDR durchgeföhrten großräumigen Holzvorratsinventuren. Arch. Forstw., Berlin, 9, 675-713.
- STAHL-STREIT, J., 1965: Die österreichische Forstinventur 1961-70. Allgem. Forstzeitschr., München, 20, 221-226.
- SUTTER, H., 1964: Über die Genauigkeit der Durchmesserbestimmung mit dem Spiegel-relaskop. Allgem. Forstztg., Wien, 75, 91-93.
- 1968: Österreichische Forstinventur - Landesergebnisse 1961/65. Allgem. Forstztg., Wien, 79, 274-298.
- 1969: Österreichische Forstinventur Bundesergebnisse 1961/64. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanstalt, Wien, 82, 156 pp.
- 1969: Österreichische Forstinventur Regionsergebnisse 1961/64. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanstalt. Wien, 83, 240 pp.

Aus dem Publikationsverzeichnis der Forstlichen Bundesversuchsanstalt

MITTEILUNGEN  
DER FORSTLICHEN BUNDESVERSUCHSANSTALT  
WIEN

Heft Nr.

- 74 Göbl Friederike: "Düngung und Mykorrhiza - Bildung bei Zirbenjungpflanzen." Preis ö.S. 65.-
- 75 "Ökologie der alpinen Waldgrenze." Symposium, Innsbruck 29. 31. März 1966. Preis ö.S. 500.-
- 76 (1967) Jahn Else: "Über den Einfluß von Windstärke, Schneehöhe und Bodenvegetation auf die tierische Besiedlung von Hochgebirgsböden." Sinreich Anna: "Faunistische Untersuchungen (Arthropoden und Mollusken) an einem Edelkastanienstandort am südöstlichen Rand der Thermalalpen." Preis ö.S. 150.-
- 77/I (1967) "2. Internationale Ertragskundetagung, Wien 1966. Hauptreferate, Diskussionen, Referate. Band 1. Preis ö.S. 250.-
- 77/II (1967) "2. Internationale Ertragskundetagung, Wien 1966." Schriftliche Beiträge, Beschlüsse und Empfehlungen. Band 2. Preis ö.S. 200.-
- 78 (1967) Pockberger Josef: "Die Verbreitung der Linde, insbesondere in Oberösterreich." Preis ö.S. 120.-
- 79 (1968) Killian Herbert: "Mariabrunnner Trilogie" II. Teil "Die Forstlehranstalt und Forstakademie." Band 1, Geschichtliche Entwicklung 1813 - 1875. Preis ö.S. 250.-
- 80 (1968) Killian Herbert: "Mariabrunner Trilogie" II. Teil "Die Forstlehranstalt und Forstakademie. Band 2; Ergänzungen." Preis ö.S. 300.-
- 81 (1968) "Normen für Forstkarten" bearbeitet von Erich Mayer. Preis ö.S. 50.-
- 82 (1969) "Österreichische Forstinventur, Bundes-Ergebnisse 1961/64. Preis ö.S. 150.-

Heft Nr.

- 83 "Österreichische Forstinventur, Regions - Ergebnisse 1961/64.  
(1969) Preis ö.S. 240.-
- 84 Braun Rudolf: "Österreichische Forstinventur, Methodik der Auswertung und Standardfehler - Berechnung."  
(1969) Preis ö.S. 80.-
- 85 Bochsibichler Karl, Schmotzer Ulrich: "Die Konkurrenzkraft des Waldes als bergbäuerlicher Betriebszweig."  
(1969) Preis ö.S. 360.-
- 86 "Unfälle und Berufskrankheiten durch mechanisierte Forstarbeiten."  
(1969) Internationale Arbeitstagung, Wien, 2. - 4. April 1968.  
Preis ö.S. 120.-
- 87 Merwald Ingo: "Lawinenereignisse und Witterungsbilanz in Österreich" Winter 1967/68 und 1968/69.  
(1970) Preis ö.S. 60.-
- 88 Kronfellner - Kraus Gottfried: "Über offene Wildbachsperren."  
(1970) Ruf Gerhard: "Deformationsmessungen an einer Gitterrostsperrre."  
Hoffmann Leopold: "Die Geröllfracht in Wildbächen."  
Leys Emil: "Dücker in der Wildbachverbauung."  
Preis ö.S. 120.-
- 89 Krempl Helmut: "Untersuchungen über den Drehwuchs bei Fichte."  
(1970) Preis ö.S. 130.-
- 90 Kral Friedrich, Mayer Hannes, Nather Johann, Pollanschütz Josef, Rachoy Werner: "Naturverjüngung im Mischwald - Bestandesumbau sekundärer Kiefernwälder."  
(1970) Preis ö.S. 160.-
- 91 "Beiträge zur Zuwachsforschung.  
(1971) Arbeitsgruppe "Zuwachsbestimmung" der IUFRO Sektion 25.  
Preis ö.S. 80.-
- 92 "Methoden zur Erkennung und Beurteilung forstschädlicher Luftverunreinigungen."  
(1971) Arbeitsgruppe "Forstliche Rauchschäden" der IUFRO Sektion 24.  
Preis ö.S. 260.-
- 93 Jelem Helmut, Kilian Walter: "Die Wälder im östlichen Außerfern." (Tirol)  
(1971) Preis ö.S. 100.-
- 94 Holzschuh Carolus: "Bemerkenswerte Käferfunde in Österreich."  
(1971) "Zwei neue Phytoecia Arten (Col. Cerambycidae) aus Anatolien und dem Libanon."  
Preis ö.S. 70.-

Heft Nr.

- 95 Merwald Ingo: "Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich" Winter 1969/70.  
(1971) Preis ö.S. 140.-
- 96 "Hochlagenaufforstung in Forschung und Praxis."  
(1972) 2. Arbeitstagung über subalpine Waldforschung und Praxis  
Innsbruck - Igls, 13. und 14. Oktober 1970.  
Preis ö.S. 240.-
- 97/I "Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Waldbäume."  
(1972) VII. Internationale Arbeitstagung Forstlicher Rauchschadensachverständiger, Essen - BRD, 7. - 11. September 1970. Band 1.  
Preis ö.S. 300.-
- 97/II "Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Waldbäume."  
(1972) VII. Internationale Arbeitstagung Forstlicher Rauchschadensachverständiger, Essen - BRD, 7. - 11. September 1970. Band 2.  
Preis ö.S. 300.-
- 98 Czell Anna: "Wasserhaushaltmessungen in subalpinen Böden."  
(1972) Preis ö.S. 120.-
- 99 Zednik Friedrich: "Aufforstungen in ariden Gebieten."  
(1972) Preis ö.S. 100.-
- 100 Eckhart Günther, Rachoy Werner: "Waldbauliche Beispiele aus  
(1973) Tannen-Mischwäldern in Oberösterreich, Tirol und Vorarlberg."  
Preis ö.S. 200.-
- 101 Zukrigl Kurt: "Montane und subalpine Waldgesellschaften am Alpenostrand."  
(1973) Preis ö.S. 400.-
- 102 "Kolloquium über Wildbachsperrern."  
(1973) Tagung, der IUFRO Fachgruppe S 1.04-EFC/FAO/Arbeitsgruppe, Wien 1972  
Preis ö.S. 400.-
- 103 "Österreichische Forstinventur 1961/70, Zehnjahres-Ergebnisse für  
(1973) das Bundesgebiet." Band I  
Preis ö.S. 120.-

SCHRIFTENREIHE DES INSTITUTES FÜR STANDORT

Heft Nr.

- 23 Zukrigl Kurt: "Standortserkundung im Raum Unzmarkt, Steiermark (Inneralpine Bucheninsel)."  
(1969) Preis ö.S. 40.-
- 24 Jelem Helmut, Mader Karl: "Standorte und Waldgesellschaften im östlichen Wienerwald."  
(1970) (Eine Grundlage für Forstwirtschaft und Raumplanung).  
Preis ö.S. 60.-

## DIVERSE VERÖFFENTLICHUNGEN

### Heft Nr.

- 8 XIII. Kongreß des internationalen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten (IUFRO), Wien, September 1961.  
Berichte: 1. Teil  
2. Teil, Band 1 und 2.  
Preis ö.S. 450.-
- 9 Aichinger Erwin: "Pflanzen als forstliche Standortsanzeiger  
Eine soziologische, dynamische Betrachtung.  
Preis ö.S. 580.-
- 10 "Richtwerttafel für die Nadelholzschlägerung mit der Motorsäge.  
Herausgegeben vom Verein zur Förderung der Forstlichen Forschung.  
Preis ö.S. 25.-

## ANGEWANDTE PFLANZENSOZIOLOGIE

### Heft Nr.

- XVIII Beiträge zur Pflanzensoziologie des Ostalpin - Dinarischen Raumes:  
XIX Künkele Theodor: "Die ökologischen Eigenschaften der Waldbäume, eine Grundlage der Waldentwicklung."  
Tagung der Ostalpin - Dinarischen Sektion der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde, Klagenfurt/Österreich 1962.  
Aichinger Erwin: "Überlegungen zur Entwicklung der botanischen und pflanzensoziologischen Forschung."  
Tagung der Ostalpin - Dinarischen Sektion der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde, Chur/Schweiz 1964.  
Preis ö.S. 250.-
- XX Martin Bosse Helke: Schwarzföhrenwälder in Kärnten.  
(1967) Preis ö.S. 125.-

## Bezugsquelle

Österreichischer Agrarverlag  
A 1014 Wien, Bankgasse 3



