

Folgende Sonderdrucke über „Relaskoptechnik“ können, solange vorrätig, kostenlos von FOB Salzburg bezogen werden. Lieferung erfolgt in Sammelmappe.

Bitterlich W.:

- 1 Das neue Relaskop — Preßlers Richthöhe in neuem Licht
- 2 Relaskop mit Breitskala
- 3 Das Relaskop in seiner einfachsten nützlichen Funktion bei Waldschätzungen
- 4 Ueber die Anwendung der „fh/d-Messung“ mit dem Relaskop
- 5 Fortschritte der Relaskopmessung
- 6 Theoretische Grundgedanken um die Winkelzählprobe
- 7 Fortschritt der Relaskopie: Die Volumsstichprobe
- 8 Volumsstichprobe aus indirekt bestimmten Deckpunkthöhen
- 9 Das Tele-Relaskop
- 10 Stammkubierung mit dem Tele-Relaskop
- 11 Ursprung, Wesenszüge und neuerer Stand der Relaskoptechnik
- 12 Relaskopische Probeflächen nach Strand
- 13 Baumschaffformen und Sortenanteile — schnell, einfach und genau durch das Tele-Relaskop
- 14 Würfel, die nicht fallen — Extrembeispiel zur Genauigkeitsfrage in der forstlichen Stichprobeninventur
- 15 Trigonometrische Funktionen für Baumschaffformen
- 16 Beispielprogramm für Telerelaskop und „HP-97“
- 17 Kennziffern für Baumschaffformen
- 18 Klassische und Praktische Relaskopstichprobe

Matérn B.:

- 19 Wie groß ist die „Relaskopfläche“?

Sterba H.:

- 20 Methoden zur Bestandesmassenermittlung mit dem Spiegel-Relaskop
- 21 Fehlerstudie zur „Stammkubierung mit dem Tele-Relaskop“

Sutter H.:

- 22 Ueber die Genauigkeit der Durchmesserbestimmung mit dem Spiegel-Relaskop

Zöhler F.:

- 23 Zur Theorie der Winkelzählprobe für die Forstinventur
- 24 Methodische Details und Effektivität der Winkelzählprobe für die Forstinventur
- 25 Der Prüfbereich bei Winkelzählproben
- 26 Fundamentale Stichprobenkonzepte der Forstinventur I
- 27 Fundamentale Stichprobenkonzepte der Forstinventur II

Ausführliche Gerätebeschreibungen für Relaskop und Tele-Relaskop sind in folgenden Sprachen verfügbar: Englisch, Französisch, Spanisch, Portugiesisch, Russisch.



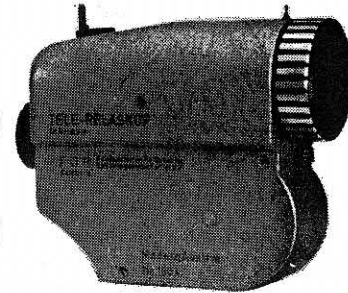
ALLEINERZEUGER DER RELASCOPE:

Feinmechanische Optische
Betriebsgesellschaft m. b. H.
Karolingerstraße 45
A-5035 Salzburg
Telefon (06222) 45 9 47

RELASKOP-TECHNIK



**SPIEGEL-
+ RELASKOP
TELE-RELASKOP**



FOB-SCHRIFTENREIHE

HEFT 8

Professor Dipl.-Ing. Dr. Fritz Z ö h r e r
Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Universität München

Fundamentale Stichprobenkonzepte der Forstinventur II

Begleitwort:

Das vor einem Jahr erstmals von Professor Dr. Fritz Zöhler vorgestellte grundlegend neue Stichprobenkonzept der Forstinventur hat mit der in Nordamerika beheimateten Gepflogenheit gebrochen, nur die Winkelzählprobe als „Punktstichprobe“ zu bezeichnen. Es wird klar bewiesen, daß dafür keinerlei Berechtigung besteht, zumal der feste Probekreis ebenso wie die neu konzipierten „SPP-Stichproben“ alle auf einzelne Punkte bezogene Auswahlwahrscheinlichkeiten besitzen und daher „Punktstichproben“ sind.

Darüber hinaus ist es nun möglich, das für die Praxis der Forstinventur meist schwerfällige PPP-Verfahren (engl.: probability proportional to prediction) von Grosenbaugh sehr vereinfacht als geometrische PPP-Stichprobe in Anwendung zu bringen.

In der hier fortgesetzten Abhandlung werden nun die Ergebnisse gründlicher Untersuchungen über die Stichprobeneffektivität von SPP-Stichproben mitgeteilt.

Dr. W. Bitterlich

**Professor Dipl.-Ing. Dr. Fritz Z ö h r e r, Lehrstuhl für
Waldwachstumskunde der Universität München**

Fundamentale Stichproben- konzepte der Forstinventur II

In Folge 5/1978 der „Allgemeinen Forstzeitung“ wurde vom Verfasser ein generalisiertes Stichprobenkonzept der Forstinventur vorgestellt. Dieses Stichprobenkonzept geht von der Ueberlegung aus, daß die Auswahl der Probestämme proportional zur erwünschten Information erfolgen soll. Sämtliche bisher bekannten und neu zu konzipierenden Stichprobenverfahren können dabei als Punktstichprobe betrachtet werden. Jeder Baum besitzt einen entsprechenden Grenzkreis. Der Mittelpunkt des Grenzkreises ist der Mittelpunkt des Brusthöhenquerschnittes. Der Flächeninhalt des Kreises ist proportional zur erwünschten Meßgröße. Während bei der Probestfläche alle Grenzkreise gleich groß sind, ergibt sich bei der Winkelzählprobe (WZP) von BITTERLICH bekanntlich eine stufenlose Folge von Grundflächen-proportionalen Grenzkreisen. Im ersten Fall wird die Stammzahl optimal erfaßt, während im zweiten Fall das Effektivitätsoptimum für die Grundfläche gegeben sein dürfte.

Soll das Volumen optimal erfaßt werden, wie bei vielen Inventuren angestrebt wird, dürfte eine Volumen-proportionale Auswahl zweckmäßig sein. Dazu sind Grenzkreise erforderlich, die Grundflächen-überproportional sind. Dies ist notwendig, da das Volumen mit steigender Grundfläche überproportional ansteigt. Existiert z. B. die Regression $\log v = \log m + c \log g$ bzw. $v = m g^c$, so ist zu erwarten, daß ein g^c -proportionales Stichprobenverfahren das Volumen optimal, das heißt mit geringstmöglichem Aufwand erfassen dürfte. Selbstverständlich sind dabei auch die meßtechnischen Voraussetzungen von entscheidender Bedeutung. Die gleichen Ueberlegungen gelten auch für jede andere Inventurinformation, wie Wert, Biomasse oder Zuwachs, wobei der c-Wert je nach Baumart, Alter und Standort bedeutend schwanken kann. Wichtig ist dabei die Feststellung, daß eine Abweichung des verwendeten c-Wertes vom örtlich vorliegenden c-Wert nicht zu Fehlern führt, sondern lediglich zu Effektivitätsverlusten der Stichprobe.

Wie Bitterlich (1978) zeigte, läßt sich eine derartige Stichprobe mit programmierter (g^c -proportionaler) Probestammauswahl (SPP) schon heute relativ einfach mit dem Telerelaskop unter Zuhilfenahme eines vorprogrammierten Taschenrechners ausführen. Die Effektivitätsüberlegenheit einer SPP-Stichprobe dürfte aber erst dann voll zur Geltung kommen, wenn eine Art elektronisches Relaskop vorliegt, mit dem die Bäume im Umkreis des Probe-

punktes anvisiert werden. Der Winkel, den der Brusthöhenquerschnitt bildet, wird wie die Entfernung berührungslos gemessen. Die Zugehörigkeit zur SPP-Stichprobe gemäß dem gewählten SPP-Programm wird automatisch signalisiert.

In dieser Abhandlung soll untersucht werden, wie sich die verschiedenen SPP-Varianten hinsichtlich ihrer theoretischen Effektivität verhalten.

Methodik

Zu diesem Zweck wurden Baumpopulationen mit unterschiedlicher räumlicher Baumverteilung generiert. Die Grundlage der nachfolgend kurz skizzierten Stichprobensimulationen im Computer waren drei Populationen:

- „System-Wald“, mit systematischer Verteilung,
- „Poisson-Wald“, mit zufälliger Verteilung, und
- „Cluster-Wald“, mit geclusteter, das heißt gruppenförmiger Baumverteilung auf der Fläche.

Diese Populationen sollen die in unseren Wäldern vorkommenden Baumverteilungen repräsentieren. Der Stichprobenraum ist durch ein Quadrat von 40 m Seitenlänge definiert, mit einer Fläche von 0,16 ha. Um Randwirkungen auszuschalten, wurde ein 8 m breiter Randstreifen angelegt. Innerhalb des Stichprobenraumes wurden 100 Bäume und im Randstreifen von insgesamt 0,1536 ha wurden 96 Bäume verteilt. Die Baumpositionen wurden beim „Poisson-Wald“ durch einen in beiden Koordinatenrichtungen wirksamen Zufallsprozeß verteilt, beim „System-Wald“ wurde ein 4×4 m-Quadratverband unterstellt. Beim „Cluster-Wald“ wurde willkürlich eine gruppenförmige Baumverteilung erzeugt, wobei die Brusthöhendurchmesser mit der Dichte negativ korreliert sind: das heißt, je dichter die Bäume im Bestand stehen, um so geringer sind ihre Durchmesser. Eine derartige Beziehung dürfte in unseren Wäldern häufig vorliegen.

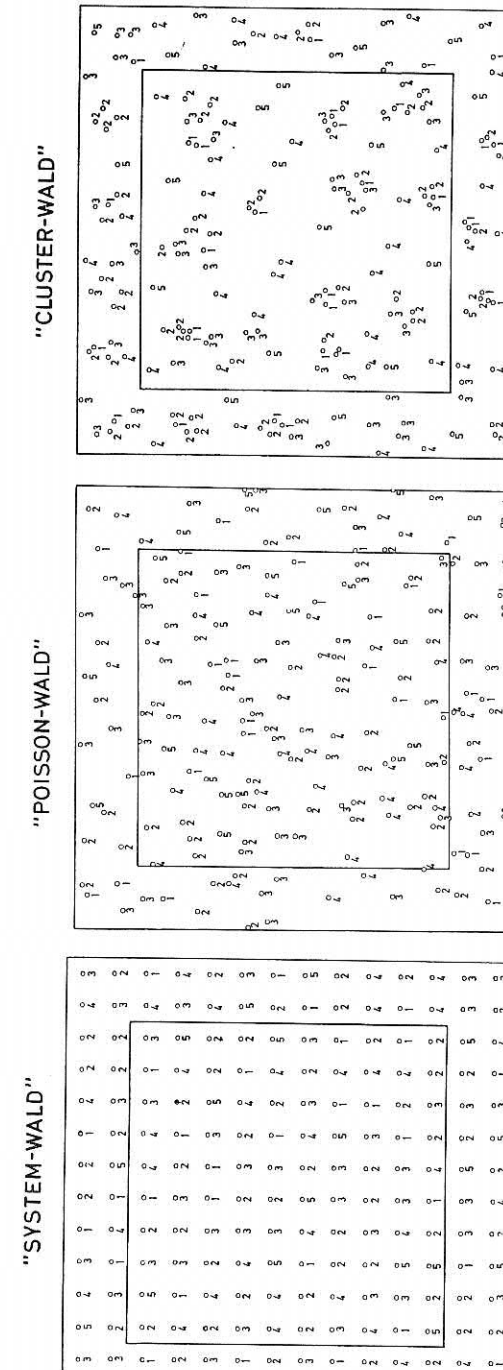
Beim „System-Wald“ und „Poisson-Wald“ wurden die Durchmesser zufällig den einzelnen Baumpositionen zugeteilt. Bei allen drei Populationen wurde folgende Durchmesserverteilung verwendet, die eine deutlich linksschiefe Tendenz aufweist, wie sie häufig in gleichaltrigen Wäldern anzutreffen ist:

Durchmesserklasse	1	2	3	4	5
Klassenmitte (cm)	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5
Häufigkeit	16	31	24	19	10

Im Randstreifen wurde dieselbe Verteilungstechnik und Dichte verwendet.

Bild 1 zeigt die drei Populationen mit ihrer unterschiedlichen Verteilung und die zugeordneten Durchmesserklassen.

Um die theoretisch zu erwartende Effektivität von SPP-Stichproben abschätzen zu können, wurde ein Computerprogramm in Fortran IV entwickelt. Dieser SPP-Stichprobensimulator (SPPSIM) benutzt als Input die x- und y-Koordinaten von beliebigen Baumpopulationen sowie die zugeordneten Brusthöhendurchmesser. In der vorliegenden Abhandlung wurden die oben beschriebenen



1: Baumverteilung auf der Fläche und zugeordnete Durchmesser für die drei Populationen „System-Wald“, „Poisson-Wald“ und „Cluster-Wald“. Die an repräsentieren Durchmesserklassen und die auf Seite 4 angegebenen Durchmesser

Populationen verwendet, die infolge des weiten Rahmens an Stichprobendichten eine gewisse Generalisierung erlauben.

Auf der Basis dieser Input-Werte berechnet SPSSIM zunächst die kritischen Distanzen (Grenzkreisradien) für alle 196 Bäume einer Population, von denen 100 im Stichprobenraum und 96 in der Randzone liegen. Ist g_i die Grundfläche des Baumes i und c der Exponent eines g^c -proportionalen Stichprobenverfahrens, so beträgt die SPP-Grenzkreisfläche beim Zählerfaktor k

$$F_i = (g_i^c \cdot g_{norm}^{1-c} \cdot 10.000) \frac{1}{k}$$

wobei g_{norm} = Grundfläche eines beliebigen Normdurchmessers.

Die kritische Distanz für einen beliebigen Baum ist demnach

$$r_i = \sqrt{\frac{g_i^c \cdot g_{norm}^{1-c} \cdot 10.000}{k\pi}}$$

Es wurden Stichprobenverfahren getestet, denen folgende c-Werte zugrunde lagen:

c-Wert	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Stichprobe	Probe-	SPP-	WZP	SPP	(SPP-Wert)	
	kreis	Durchm.		Volumen		

Der nächste Schritt im Programm SPSSIM ist die Generierung eines dichten Netzes von Punktstichproben nach dem SPP-Konzept. Für die vorliegende Untersuchung wurden im Stichprobenraum von 40×40 m insgesamt 10.201 SPP-Punkte erzeugt. Diese Gesamtanzahl von Punktstichproben ergab sich durch einen Punktabstand von 40 cm, wodurch 101 Reihen von 101 Punkten resultierten. Ein derartig dichtes Stichprobennetz gestattet eine sehr genaue Abschätzung der Populationsparameter, die den Erwartungswerten sehr nahe kommen dürften. Es handelt sich dabei um „einander durchdringende Stichproben“ (engl. interpenetrating sampling), da die einzelnen Bäume mit mehreren Stichprobenpunkten assoziiert werden.

Für jeden Stichprobenpunkt wurde die Entfernung zu den umliegenden Bäumen berechnet. Ein Baum zählte dann als Probebaum, wenn diese Entfernung die kritische Distanz für das jeweilige SPP-Stichprobenverfahren unterschritt.

Um verschiedene Stichprobengrößen (das heißt Reichweiten der SPP-Probepunkte für die Auswahl der Baumcluster) zu erhalten, wurden die Zählerfaktoren nach WZP-Norm von 4 bis 16 mit der Schrittweite 1 variiert. Für jede Population und für jeden c-Wert (0 bis 2,5 mit der Schrittweite 0,5) wurde eine Stichprobensimulation durchgeführt. Als Normdurchmesser wurde die mittlere Durchmesserklasse mit 17,5 cm gewählt, d. h. $g_{norm} = 240,53$ qcm.

Da SPSSIM zur Aufgabe hatte, die Stichprobeneffektivität von SPP-Stichproben hinsichtlich Stammzahl, Grundfläche und Volumen abzuschätzen, wurde zur Volumenbestimmung der einzelnen Bäume eine Regression aufgestellt. Diese Regression ist variabel und entspricht der örtlich vorliegenden „Massenlinie“. In der vorliegenden Untersuchung wurde folgende Volumenregression verwendet:

$$\log v = -1,23 + 1,5 \log g$$

Die in der Natur typische Zufallsschwankung um diese mittlere Verlaufslinie wurde durch Monte-Carlo-Simulation in SPSSIM

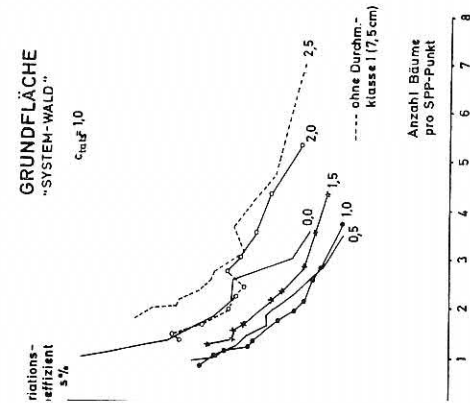
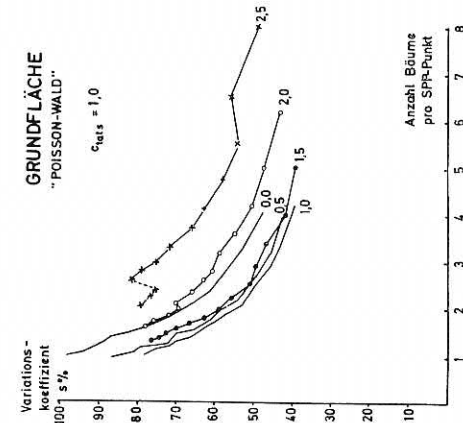
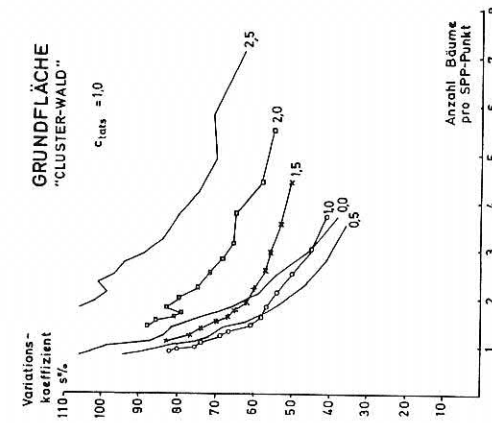


Abb. 2: Variationskoeffizienten der Grundfläche bei SPP-Stichproben in Abhängigkeit von der Anzahl der pro Stichprobenpunkt erfassten Bäume für die Populationen „System-Wald“, „Poisson-Wald“ und „Cluster-Wald“. Die den Kurven zugeordneten Zahlen repräsentieren die c-Werte (Exponenten) eines proportionalen Stichprobenverfahrens

künstlich erzeugt, wobei die Subroutine GAUSS (IBM 1967) verwendet wurde. Dabei wurde eine einheitliche Standardabweichung entlang der Regressionslinie von $\pm 0,05$ cbm unterstellt.

Jeder Simulationslauf lieferte als Output folgende Informationen für jeweils eine Population und für die Zählerfaktoren 4 bis 16:

- Anzahl von Bäumen, die im Durchschnitt mit einem Probepunkt assoziiert sind,
- arithmetisches Durchmesser Mittel und
- mittlerer Punkt-Baum-Abstand.

Für diese drei Informationen wurden auch die Standardabweichungen berechnet. Von besonderem Interesse für die Effektivität der SPP-Stichproben sind die Informationen

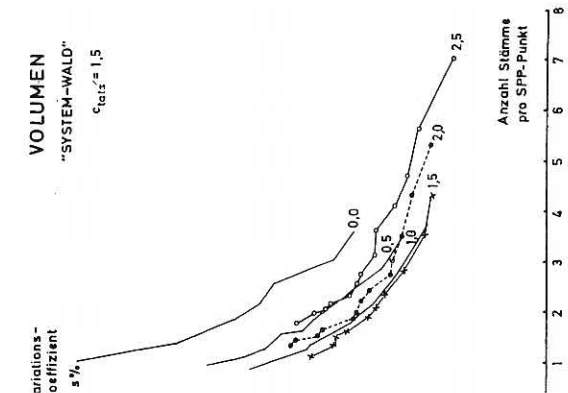
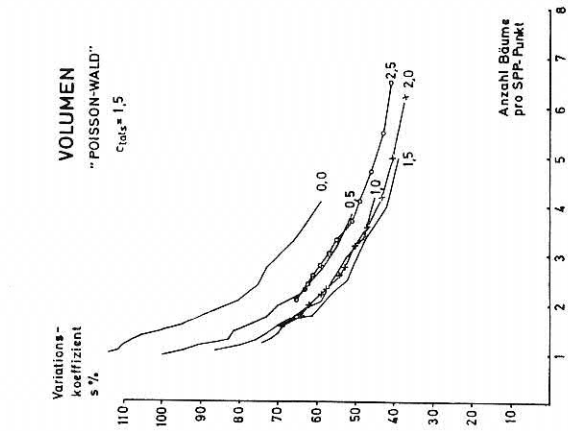
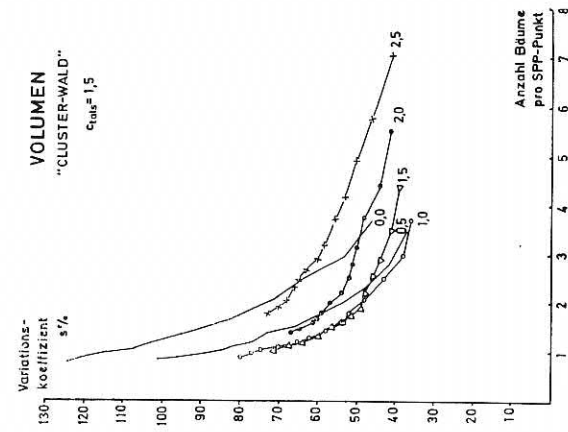
- Stammzahl/ha,
- Grundfläche/ha und
- Volumen/ha,

die als Gesamtwerte und für die fünf Durchmesserklassen berechnet wurden. Außerdem wurden die zugehörigen Variationskoeffizienten hergeleitet.

Ergebnisse

Geht man davon aus, daß die verschiedenen Stichprobenvarianten dann in etwa den gleichen Aufwand zur Folge haben, wenn die Anzahl der Bäume pro Stichprobenpunkt gleich ist, kann die Frage nach der Effektivität zunächst ohne Zeitstudien beantwortet werden. Diese Annahme erscheint gerechtfertigt, da die Baumcluster relativ klein sind und die Unterschiede in den Wegzeiten zum Aufsuchen der Bäume bei der Durchmessermessung relativ gering sein dürften. Einer späteren Untersuchung ist es vorbehalten, diese Überlegungen um detaillierte Zeitstudien für sämtliche Arbeitsschritte, von der SPP-Probestammlese bis zur Messung der Bäume und der Etablierung neuer Probepunkte, zu ergänzen. Nach Ansicht des Verfassers sind derartige Studien erst dann sinnvoll und für die Praxis von Bedeutung, wenn ein fortentwickeltes Instrument für die Durchführung von SPP-Stichproben vorliegt. Dieses Instrument sollte die Zugehörigkeit zu einer SPP-Stichprobe nach dem Anvisieren eines in Frage kommenden Baumes automatisch signalisieren. Der Aufwand für die Auswahl eines Baumes wäre dann — unabhängig vom Wahrscheinlichkeitsprogramm — als annähernd konstant anzusehen.

In Bild 2 sind die Variationskoeffizienten der Grundflächen von SPP-Stichproben über der Anzahl von Bäumen pro SPP-Punkt aufgetragen. Diese Werte wurden auf der Basis von Stichprobensimulationen mit dem Programm SPSSIM ermittelt; wobei die Populationen „System-Wald“, „Poisson-Wald“ und „Cluster-Wald“ zugrunde gelegt wurden. Es bestätigt sich ganz deutlich die bekannte Tatsache, daß die Winkelzählprobe (WZP) die Grundfläche von allen Stichprobenverfahren am effektivsten abschätzt: Die Kurve der Variationskoeffizienten für den Exponenten $c = 1$ liegt in der Regel am tiefsten. Lediglich bei der Population mit systematischer Verteilung („System-Wald“) verläuft die Kurve für $c = 0,5$ (SPP-Durchmesser-proportional) im Bereich von 2,8 Bäu-



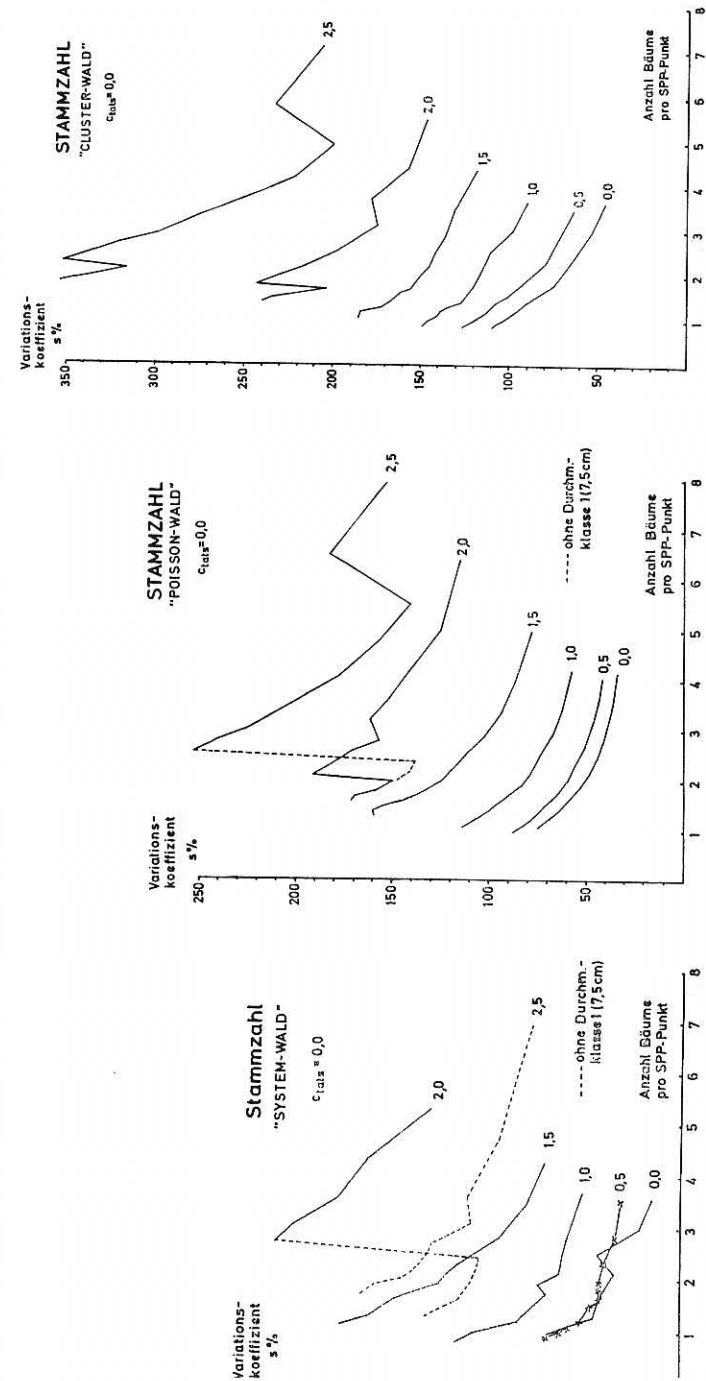
3: Variationskoeffizienten des Volumens bei SPP-Stichproben in Abhängigkeit von der Anzahl der pro Stichprobenpunkt erfaßten Bäume für die Populationen „System-Wald“, „Poisson-Wald“ und „Cluster-Wald“. Die den Kurven zugeordneten Zahlen repräsentieren die c-Werte (Exponenten) eines proportionalen Stichprobenverfahrens

men pro SPP-Punkt und darüber etwas unter der WZP-Kurve ($c = 1,0$). Dasselbe gilt auch für die Population „Cluster-Wald“ bei Stichprobengrößen mit zirka 1,6 Bäumen und mehr. Diese Ergebnisse sind wahrscheinlich nur populationsspezifisch und können daher nicht verallgemeinert werden. Besonders deutlich ist die Effektivitätsüberlegenheit der WZP beim „Poisson-Wald“, und zwar für sämtliche untersuchten Stichprobenintensitäten. Diese Verteilungsart dürfte in unseren Wäldern die größte Bedeutung besitzen. Der Effektivitätsgewinn der WZP ($c = 1,0$) gegenüber der Probefläche ($c = 0,0$) beträgt bei dieser Population zirka 20%, dürfte jedoch bei größerer Durchmesserspreitung noch wesentlich höher sein.

Ähnliche Zusammenhänge ergeben sich für die Information Volumen/ha, wie Bild 3 veranschaulicht. Es zeigt sich, daß ein etwa volumen-proportionales Stichprobenverfahren ($c = 1,5$) in der Regel am effektivsten ist, wenn auch in der Population ein Zusammenhang nach der Regression $\log v = \log m + 1,5 \log g$ besteht, das heißt $c_{\text{tats.}} = 1,5$. Die Effektivitätsüberlegenheit einer SPP-Stichprobe mit $c = 1,5$ gegenüber der WZP ($c = 1$) ist beim „System-Wald“ relativ gering, das heißt, die Kurve der Variationskoeffizienten für $c = 1,5$ verläuft nur knapp unter der Kurve für $c = 1,0$. Deutlich ist jedoch die Effektivitätsüberlegenheit sämtlicher Exponenten über 0 gegenüber der Probefläche ($c = 0$) bei der Population „Poisson-Wald“. Am effektivsten ist auch hier erwartungsgemäß das $c^{1,5}$ -proportionale Stichprobenverfahren SPP-Volumen. Weniger deutlich sind die Zusammenhänge beim „Cluster-Wald“, bei dem die unterstellte negative Korrelation zwischen der Individuendichte und den Baumdimensionen eine gewisse Störung darstellt, die jedoch auch in der Realität vorliegen könnte. Auch für die beiden Extremfälle mit sehr starkem Volumenanstieg mit zunehmender Grundfläche ($c_{\text{tats.}} = 2,0$ bzw. 2,5) für den „Poisson-Wald“ zeigt sich an Hand dieser Simulationsergebnisse, daß ein SPP-Stichprobenverfahren dann optimal ist, wenn die Auswahl der Probestämme direkt proportional zur erwünschten Information ist: die Kurven für $c = 2,0$ und 2,5 liegen jeweils am niedrigsten. Das heißt, daß der Aufwand für die Forstinventur auch beim Volumen minimiert werden kann, wenn die Auswahlwahrscheinlichkeiten direkt auf die Abhängigkeit zwischen Volumina und Grundfläche abgestimmt werden.

Nach der Grundfläche und dem Volumen interessiert schließlich auch noch der Zusammenhang zwischen den Variationskoeffizienten der Stammzahl bei den einzelnen SPP-Verfahren und der Stichprobengröße bzw. der Anzahl der Bäume pro SPP-Punkt. Hier zeigt sich wiederum, wie aus Bild 4 deutlich hervorgeht, eine merkliche Effektivitätsüberlegenheit der Probefläche ($c = 0$) gegenüber den Stichproben mit höheren Exponenten. Dabei ist jedoch zu beachten, daß diese Zusammenhänge nur für die Stammzahl insgesamt gelten. Bei den einzelnen Durchmesserklassen ergeben sich verschiedene Genauigkeiten, je nach dem Wahrscheinlichkeitsprogramm, ausgedrückt durch die Exponenten des SPP-Stichprobenverfahrens: je höher der Exponent, um so geringer ist die Genauigkeit für die niedrigeren Durchmesserklassen und um so größer ist die Genauigkeit für höhere Durchmesserklassen.

Diese Zusammenhänge kommen in Bild 5 deutlich zum Ausdruck. Dargestellt sind die Standardfehler der Stammzahlen der



4: Variationskoeffizienten der Stammzahl (insgesamt) bei SPP-Stichproben in Abhängigkeit von der Anzahl der pro Stichprobenpunkt erfaßten Bäume die Populationen „System-Wald“, „Poisson-Wald“ und „Cluster-Wald“. Die den Kurven zugeordneten Zahlen repräsentieren die c -Werte (Exponenten) des c -proportionalen Stichprobenverfahrens

Durchmesserklassen 1 (7,5 cm) bis 5 (27,5 cm) für den „Poisson-Wald“, wie sie sich bei SPP-Stichproben vom Umfang $n = 100$ ergeben ($t = 1$).

Es zeigt sich, daß beim Probeflächenverfahren ($c = 0,0$) zwar insgesamt die Bandbreite (Vertrauensbereich für $t = 1$) relativ gering ist, daß aber für die oberen Durchmesserklassen der Standardfehler mit steigenden Exponenten abnimmt (für eine gegebene Anzahl von Bäumen pro SPP-Punkt). Umgekehrt öffnet sich der Vertrauensbereich des linken Teiles der Durchmesser-Verteilung mit zunehmendem c -Wert immer mehr und erreicht schließlich für $c = 2,5$ so hohe Werte für die erste Durchmesserklasse, daß eine maßstäbliche Darstellung nicht mehr möglich ist. Dabei ist auch zu berücksichtigen, daß bei einer endlichen Anzahl von Stichproben — wie in der Praxis stets der Fall — die untersten Durchmesserstufen bei hohen c -Werten faktisch überhaupt nicht mehr in die Stichprobe eingehen. Diese Erscheinung kann bei gering besetzten Durchmesserklassen im Mittelbereich der Durchmesser-Verteilung ebenso vorkommen wie bei den höchsten Durchmesserklassen, dann allerdings vornehmlich beim Probeflächenverfahren.

Aus diesen kurzen und sicherlich unvollständigen Ausführungen ist zu erkennen, daß auch bezüglich der Stammzahl die Probefläche nur dann ein optimales Verfahren darstellt, wenn die Durchmesser-Verteilung nicht berücksichtigt wird. Für die in der Regel besonders wichtigen starken Durchmesser ergeben WZP und SPP-Stichprobe engere Vertrauensbereiche. Die Auswahl eines geeigneten c -Wertes zur bestmöglichen Erfassung einer Durchmesser-Verteilung hängt also im wesentlichen von der Bedeutung der einzelnen Durchmesserklassen ab. Die Schlußfolgerungen für die waldwachstumskundliche Forschung und für die Forstinventur können dabei grundsätzlich verschieden sein.

Zusammenfassung

1. Zur Klärung der theoretischen Effektivität von SPP-Stichproben (Stichproben mit programmierter Probebaumauswahl) wurde ein EDV-Programm SPPSIM entwickelt. Dieser Stichprobensimulator benutzt als Input die x - und y -Koordinaten von beliebigen Baumpopulationen samt den zugehörigen, ebenfalls beliebigen Brusthöhendurchmessern. Als Output erhält man u. a. die Anzahl von Bäumen pro Stichprobenpunkt sowie die Informationen Stammzahl, Grundfläche und Volumen pro ha samt den zugehörigen Variationskoeffizienten. SPPSIM berechnet diese Werte insgesamt sowie für die einzelnen Durchmesserklassen.
2. In der vorliegenden Untersuchung wurden drei Beispielpopulationen verwendet, die als „System-Wald“, „Poisson-Wald“ und „Cluster-Wald“ bezeichnet wurden. Im „System-Wald“ sind die Bäume gleichmäßig verteilt (Quadratnetz), im „Poisson-Wald“ herrscht zufällige Verteilung, und im „Cluster-Wald“ liegt gruppenförmige, „geclusterte“ Verteilung vor. Bei den beiden erstgenannten Populationen wurden die Durchmesser zufällig den einzelnen Baumpositionen zugeordnet, während beim „Cluster-Wald“ eine negative Korrelation zwischen Durchmesser und Dichte unterstellt wurde.
3. Um störende Randeffekte bei der Stichprobensimulation zu vermeiden, wurde die Stichprobensimulation auf eine qua-

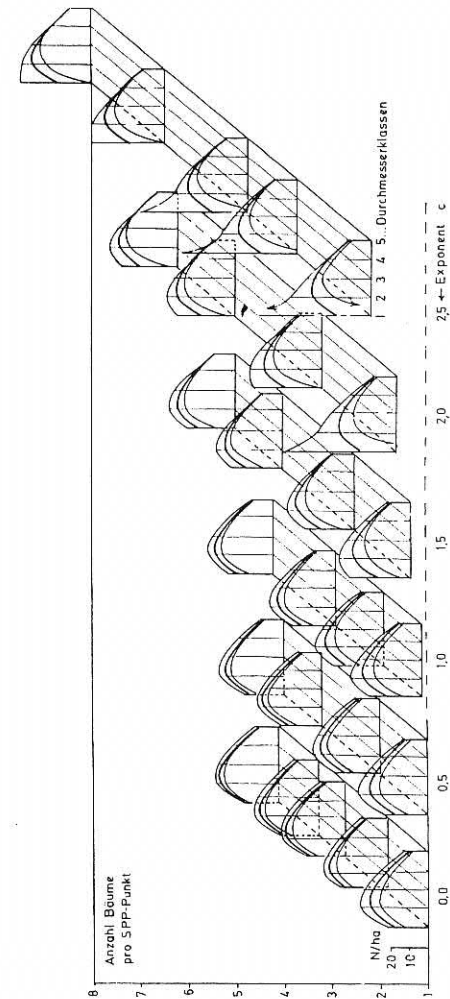


Bild 5: Standardfehler bzw. Vertrauensbereiche ($t = 1$) der Durchmesser-Verteilung des „Poisson-Waldes“ in Abhängigkeit vom Exponenten c und der Anzahl von Bäumen pro SPP-Punkt. Die stark ausgezogenen Kurven stellen die Durchmesser-Verteilung dar, die Grenzlinien darüber und darunter die Vertrauensbereiche ($t = 1$) der Stammzahlen der einzelnen Durchmesserklassen

dratische „Kernzone“ beschränkt, die durch eine flächenmäßig nahezu ebenso große „Randzone“ umgeben war. Die „Kernzone“ stellt ein quadratisches Waldstück mit 40 m Seitenlänge dar, das durch einen 8 m breiten Umfangsstreifen gleicher Zusammensetzung umgeben ist. Im Kernquadrat mit 0,16 ha Fläche wurden 100 Bäume verteilt; dem Rand mit 0,1536 ha wurden 96 Bäume zugeordnet.

4. Durch ein extrem dichtes Stichprobennetz von 101×101 Punkten (10.201 SPP-Punkte) sollten sich Variationskoeffizienten der Stammzahl, der Grundfläche und des Volumens ergeben, die den Erwartungswerten faktisch gleichkommen. Für jeden Baum wurde durch SPPSIM ein Set von kritischen Grenzkreisen generiert, die dem jeweiligen SPP-Programm entsprachen. Ein Baum wurde dann mit einem SPP-Punkt assoziiert und als Probebaum betrachtet, wenn der Stichprobenpunkt innerhalb des jeweiligen baumindividuellen Grenzbereiches lag.

5. Die Stichprobensimulationen bestätigten die bereits im ersten Teil der Abhandlung aufgestellte These, daß ein Stichprobenverfahren dann am effektivsten ist, wenn die Auswahlwahrscheinlichkeit proportional zur erwünschten Information ist. Dies ist bei den SPP-Stichproben der Fall. Die WZP ist zweifelsohne am effektivsten bezüglich der Grundfläche, wird jedoch bei der Erfassung des Volumens von SPP-Volumen deutlich übertroffen, wie die resultierenden Variationskoeffizienten zeigen. Die Probefläche ist lediglich für die gesamte Stammzahl ein optimales Stichprobenverfahren.

6. Bezieht man die Stammzahl auf die einzelnen Durchmesserklassen, so zeigt sich, daß die Probefläche ($c = 0$) generell relativ enge Vertrauensbereiche ergibt, jedoch bei den obersten Durchmesserklassen von Stichproben mit höheren c -Werten hinsichtlich der Genauigkeit übertroffen wird. Umgekehrt öffnen sich die Vertrauensbereiche für die unteren Durchmesserklassen progressiv mit steigendem c -Wert. Bei der Auswahl des c -Wertes für die Forstinventur ist daher die Bedeutung der einzelnen Durchmesserklassen zu beachten.

Literatur

- BITTERLICH W., 1978: HP-97 (bzw. HP-67). Programm zur SPP-Stichprobe.
IBM, 1967: System 360. Scientific Subroutine Package (360 A-CM-03 X),
Version II.
- ZÖHRER F., 1978: Fundamentale Stichprobenkonzepte der Forstinventur I.
Allg. Forstztg. 89, 5: 180—185, und FOB-Schriftenreihe, Heft 6, 16 S.

Printed in Austria

Herausgeber, Eigentümer und Verleger: Oesterreichischer Agrarverlag, Postfach 136, 1014 Wien, Bankgasse 1—3. — Hauptschriftleiter und verantwortlich für den Inhalt: Prof. Dipl.-Ing. Dr. Franz Hafner (Anschriß der Schriftleitung: Postfach 7, 1033 Wien, Marxergasse 2). — Druck: „Ring“ Druck- und Verlagsgesellschaft m. b. H., 1120 Wien, Ruckergasse 12