

# Neukonzeption der Niedersächsischen Kontrollstichprobe

Stefan Dahm

Institut für Forstökologie und Walderfassung  
Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Eberswalde

Joachim Saborowski

Institut für forstliche Biometrie und Informatik, Universität Göttingen

## Summary

A new sampling design for the permanent inventory of lower saxonia is introduced. The sampling plan comprises a two phase sample for stratification. Measuring of tree heights is strongly reduced and substituted by estimates. Measuring of diameters in 7 m height is completely given up. The three concentric sampling circles used until now are merged to two concentric circles. In the forest office Erdmannshausen the new as well as the old sampling plans were carried out at the same time. The new design shows a better adaptation to the desired standard errors. Simultaneously the inventory costs are reduced by 40 %.

## Zusammenfassung

Es wird ein neuer Stichprobenplan für die niedersächsische Kontrollstichprobe vorgestellt. Er sieht eine zwei-phasige Stichprobe zur Stratifizierung vor. Die Höhenmessungen auf den Probeflächen werden stark reduziert und durch Schätzungen substituiert. Auf die Messung des Durchmessers in 7 m Höhe wird vollständig verzichtet. Die bisher drei konzentrischen Probekreise werden zu zwei konzentrischen Probekreisen zusammengefaßt. Im Forstamt Erdmannshausen sind das alte und das neue Stichprobenfahren zeitgleich durchgeführt worden. Hier zeigt das neue Stichprobenverfahren eine bessere Anpassung an die Zielgenauigkeiten. Gleichzeitig können die Erhebungskosten gegenüber dem bisherigen Verfahren um 40 % reduziert werden.

## 1 Einleitung

Bei der niedersächsischen Kontrollstichprobe handelt es sich um eine Betriebsinventur, mit der der Holzvorrat und andere dendrometrische Kennwerte eines Forstamtes in etwa zehnjährigem Turnus erhoben werden. Das bisherige Stichprobenverfahren sieht eine Verteilung der Stichprobenpunkte im Rechteckverband vor. Die Auswahl der Bäume an den Stichprobenpunkten erfolgt in Abhängigkeit von ihrem Durchmesser durch drei konzentrische Probekreise. Dieses Stichprobenverfahren führt in den oberen Durchmesserklassen oftmals nur zu einer unbefriedigenden Schätzgenauigkeit, während gleichzeitig die Stichprobenfehler in den unteren Durchmesserklassen die Erfordernisse in vielen Fällen über-

Baumartengruppe	Bhd-Klasse	Stf. %
Eiche und Buche	0 - 25 cm	30 %
	25 - 50 cm	15 %
	≥ 50 cm	5 %
Aln	0 - 30 cm	30 %
	≥ 30 cm	10 %
Fichte	0 - 25 cm	30 %
	25 - 50 cm	15 %
	≥ 50 cm	5 %
Kiefer	0 - 25 cm	30 %
	25 - 40 cm	15 %
	≥ 50 cm	5 %

Tab 1: Zielsetzungen für die Stichprobenfehler (vfm/ha)

erfüllen (Tab. 1). Angesichts dieser Probleme und des Kostendrucks hat das niedersächsische Forstplanungsamt eine Studie in Auftrag gegeben, in der das Konzept der Erhebung überarbeitet werden sollte. Durch die Neukonzeption sollten Kosteneinsparungen erreicht und gleichzeitig das Stichprobenverfahren durch unterschiedliche Stichprobendichten besser auf

die Genauigkeitsvorgaben ausgerichtet werden. Die Grundlage für die Untersuchung lieferten die Kontrollstichproben in den vier Forstämtern Reinhausen, Stauffenburg, Sprakensehl und Erdmannshausen.

## 2 Zweiphasige Stichprobe zur Stratifizierung

Den ersten Ansatzpunkt für eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Stichprobenverfahrens bildete die Verteilung der Probeflächen. Die systematische Anordnung der Probeflächen im Rechteckverband entspricht annähernd einer flächenproportionalen Verteilung. Hierdurch fällt oftmals ein verhältnismäßig großer Anteil der Stichprobe in jüngere Bestände, da diese meist einen größeren Flächenanteil besitzen als ältere Bestände. Tendenziell nimmt jedoch die Variation der Zielvariablen, dem Vorrat/ha, mit dem Bestandesalter zu. Aus diesem Grund erscheint es zweckmäßig, verstärkt Proben in älteren Beständen zu erheben. Dies gilt insbesondere dann, wenn das Hauptaugenmerk auf dem Vorrat in den oberen Durchmesserklassen liegt. In dieser Situation hat sich die zweiphasige Stichprobe zur Stratifizierung angeboten. Bei diesem Stichprobentyp wird in der ersten Phase eine Hilfsvariable mit einem relativ großen Stichprobenumfang erhoben, die dann dazu dient, daß Inventurgebiet in "sinnvolle" Straten oder Teilgebiete aufzuteilen. Die Straten sollen so festgelegt werden, daß die Varianz der Zielvariablen innerhalb der Straten möglichst klein und die Variabilität zwischen den Straten möglichst groß wird. In der zweiten Phase wird in jedem Stratum ein vor der Inventur festgesetzter Anteil der Stichprobe erneut ausgewählt. Diese zum zweiten Mal ausgewählten Stichprobenpunkte bilden die Mittelpunkte für Probeflächen. Bei der Suche nach geeigneten Stratifizierungsmerkmale sind verschiedene Aufteilungen der Forstamtsfläche geprüft worden (SABOROWSKI, J. u. DAHM, S., 1996). Die meisten Vorteile zeigte die Stratifizierung nach vier vierzigjährigen Altersstufen sowie nach Laub- und Nadelbaumbeständen. Diese relativ einfach zu bestimmende Aufteilung erreichte bei den voraussichtlichen Stichprobenfehlern mit die besten Ergebnisse. Die Stichprobenpunkte können durch Luftbildinterpretation bzw. durch Auswertung von Forstbetriebskarten den Straten zugeordnet werden. Zudem sind die Teilgebiete verhältnismäßig großflächig. Hierdurch treten auch bei der Auswertung von Abteilungen nur selten Straten mit nur einer Beobachtung auf, in denen dann kein Stichprobenfehler geschätzt werden kann. Weiterhin hat sie gegenüber einer stärker an das Bestandesalter angepaßten Stratifizierung den Vorteil, daß bei einer Wiederholungsinventur relativ weniger Probeflächen in ein anderes Stratum wechseln. Auch wenn die Stichprobenanteile der zweiten Phase von Altersklasse zu Altersklasse wechseln, wird bei einem zehnjährigen Inventurturnus die Konituität zu den vorhergehenden Erhebungen weitgehend gewahrt. Die Anteile der Stichprobe, die in der zweiten Phase in den Straten erneut ausgewählt werden sollen, sind so bestimmt worden, daß sie die voraussichtlichen Stichprobenfehler minimieren und gleichzeitig ein vorgegebener Gesamtstichprobenumfang in der zweiten Phase eingehalten wird.

## 3 Datenaufnahme auf den Probeflächen

### 3.1 Reduktion der Höhen- und D7-Messungen

Bei den Erhebungsarbeiten auf den Probeflächen sind die Messungen von Baumhöhen und von Durchmessern in 7 m Höhe (D7) besonders zeitintensiv. Aus diesem Grund wurde untersucht, wie die Anzahl dieser Messungen verringert werden kann, ohne die Genauigkeit bei der Schätzung des mittleren Hektarvorrats zu verringern oder wesentliche Verzerrungen in Kauf nehmen zu müssen. Mit den Daten der vier Untersuchungsforstämter sind vier Auswertungen durchgeführt worden, die jeweils unterschiedliche Methoden für die Höhen- und D7-

Schätzungen benutzen. Insgesamt sind bei den dortigen Kontrollstichproben 39322 Bäume aufgenommen worden, die sich auf 3782 Probeflächen befinden. Die Voluminierung der Einzelstämme erfolgte über die Volumenfunktionen nach BERGEL 1973 u. NAGEL 1988.

Bei der **0-Version** wurde versucht, eine möglichst genaue Schätzung des Hektarvorrats aus den vorhandenen Daten herzuleiten. Hierbei sind alle gemessenen Höhen und D7 einbezogen worden. Fehlende Höhen und nach Möglichkeit auch fehlende D7 wurden durch Regressionsmodelle geschätzt.

In **Version 1** wurden die D7 wie in der 0-Version behandelt, die Höhen allerdings über Einheitshöhenkurven geschätzt (SLOBODA u. a. 1993). Hierzu wählte das Programm den Baum mit gemessener Höhe  $h_m$  in einer Baumartengruppe (Nadel- oder Laubbäume) und Schicht (Haupt- oder Unterstand) aus, dessen Bhd  $d_m$  dem Durchmesser  $\bar{d}_{Pr}$  des Mittelstammes auf der Probefläche in dem Teilkollektiv am nächsten kam. Dies sollte die Auswahl eines Mittelbaumes zur Höhenmessung simulieren. Die Höhe eines anderen Baumes mit dem Bhd  $d_{Ba}$  auf der Probefläche in der Baumartengruppe und Schicht wurde nun über die Einheitshöhenkurve

$$\tilde{h}_{Ba} = 1.3 + (h_m - 1.3) \cdot \exp\left(k_0 \left(1 - \frac{d_m}{d_{Ba}}\right)\right) \cdot \exp\left(k_1 \left(\frac{1}{d_m} - \frac{1}{d_{Ba}}\right)\right)$$

geschätzt. Hierbei konnten die in der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt von J. Nagel entwickelten Koeffizienten  $k_0$  und  $k_1$  für die vier Baumartengruppen verwendet werden (Tab. 2).

Baumartengruppe	$k_0$	$k_1$
Eiche	0,15	3,79
Buche	0,20	5,64
Fichte	0,18	5,69
Kiefer	0,26	1,31

Tab. 2: Koeffizienten für die Einheitshöhenkurvengleichungen

Falls kein Baum mit gemessener Höhe in einer Baumartengruppe und Schicht vorhanden war, wurde die fehlende Höhe über ein Bhd-abhängiges Regressionsmodell geschätzt.

Bei **Version 2** wurden wiederum die Höhen über Einheitshöhenkurven geschätzt. Zur D7-Schätzung wurde von dem Baum, dessen Höhe die Einheitshöhenkurve im jeweiligen Teilkollektiv justierte, auch die D7-Messung  $d7_m$  verwendet. Die übrigen D7 auf der Probefläche in der Baumartengruppe und Schicht wurden dann gemäß

$$\tilde{d7}_{Ba} = d_{Ba} \cdot \frac{d7_m}{d_m}$$

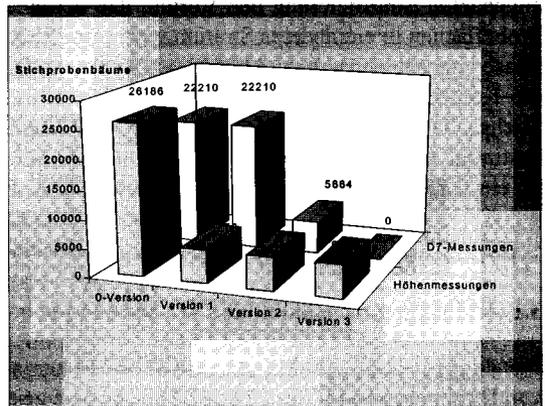


Abb. 1: Bilanz der Anzahlen der Höhen- und D7-Messungen bei den Auswertungsvarianten

geschätzt. Hier wird die Ähnlichkeit der Schaftformen von Bäumen ausgenutzt, die in einem Bestand stehen und daher sehr ähnlichen Wuchsbedingungen und Behandlungsmethoden ausgesetzt sind.

In **Version 3** wurden die Höhen wieder über Einheitshöhenkurven geschätzt. Abweichend von den übrigen Versionen wurde hier auf alle D7-Messungen verzichtet. Die Voluminierung der Einzelbäume erfolgte also über einheitliche Formzahlen, ohne daß die individuelle Schaftform der Einzelbäume berücksichtigt wurde.

Beim Vergleich der Auswertungsvarianten muß darauf hingewiesen werden, daß nur für etwa 2/3 der Stichprobenbäume die Höhen und D7 vorlagen. Daher ist auch die Vorratsschätzung in der 0-Version durch geschätzte Höhen und D7 fehlerbehaftet. Die Stichprobenfehler des Hektarvorrats waren von der Methode der Höhen- und D7-Schätzung nahezu unberührt. Um einen Überblick über die Unterschiede zwischen der 0-Version und den drei anderen Vorratsschätzungen zu gewinnen, wurden die arithmetischen Mittel der in den vier Forstämtern geschätzten Hektarvorräte gebildet (Tab. 3).

Zielpopulation	Version 1: Höhe geschätzt, D7 gemessen	Version 2: Höhe und D7 geschätzt	Version 3: Höhe geschätzt, keine Angabe von D7
Eiche < 25	-5,9 %	-9,4 %	-25,9 %
Eiche 25 - 50	-0,5 %	-0,7 %	9,2 %
Eiche > 50	-3,3 %	-1,6 %	6,9 %
Buche < 25	-0,1 %	0,9 %	4,3 %
Buche 25 - 50	-0,4 %	-0,6 %	0,7 %
Buche > 50	-0,9 %	0,0 %	-0,9 %
Aln < 30	0,0 %	0,0 %	4,2 %
Aln > 30	4,2 %	4,2 %	8,5 %
Fichte < 25	2,0 %	1,5 %	17,1 %
Fichte 25 - 35	0,0 %	-0,4 %	-0,9 %
Fichte > 35	-1,2 %	0,6 %	-3,0 %
Kiefer < 25	0,0 %	-0,5 %	1,0 %
Kiefer 25 - 40	0,8 %	0,7 %	-2,0 %
Kiefer > 40	0,9 %	1,6 %	-2,3 %

Tab. 3: Mittlere Abweichung des Vorrats/ha der Auswertungsvarianten 1,2 u. 3 von der 0-Version

Die Substitution der Höhenmessungen durch die Schätzungen über Einheitshöhenkurven führte in den meisten Fällen nur zu unerheblichen Verzerrungen. Bei Version 1 liegen die Differenzen zur Vorratsschätzung der 0-Version lediglich bei Eiche und Fichte, Bhd < 25 cm, bei Aln > 30 cm und bei der Eiche > 50 cm zwischen 2 % und 6 %. Bei allen anderen Zielpopulationen betragen die Abweichungen maximal 1,2 %. Dieses gute Ergebnis findet sich auch bei Version 2 wieder, bei der neben der Höhe des 'Mittelstammes' auch dessen D7 als Eingangsgröße für die Schätzungen auf einer Probe-

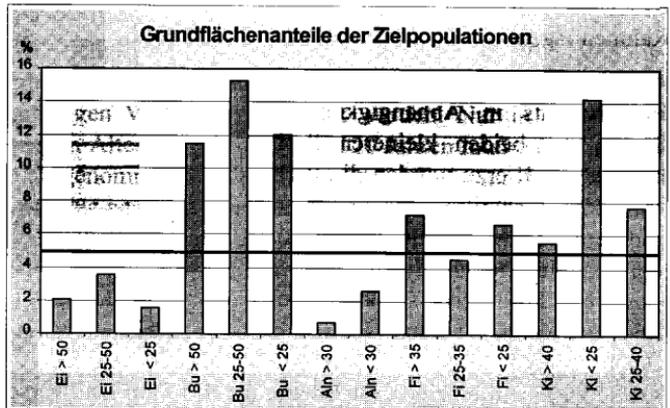


Abb. 2: Grundflächenanteile der Zielpopulationen in den vier Untersuchungsforstämtern

fläche verwendet wurde. Abgesehen von der Eiche, Bhd < 25 cm (-9.4 %), und dem Aln, Bhd > 30 cm (+4.2 %), bewegen sich die Abweichungen auf einem Niveau von unter 2 %. Hervorzuheben ist hier, daß gerade bei den dicken Bäumen die Unterschiede gegenüber der 0-Version meist kleiner sind als bei Version 1. Werden weiterhin die Höhen über Einheitshöhenkurven geschätzt und wird zusätzlich auf die Angabe von D7 vollständig verzichtet (Version 3), so treten teilweise erheblich größere Verzerrungen auf. Hiervon sind insbesondere die unteren Durchmesserklassen betroffen, wobei die Eiche, Bhd < 25 cm mit einer Unterschätzung des Hektarvorrats von 25.9 % den größten Fehler aufweist. Betrachtet man jedoch nur die Baumartengruppen und Durchmesserklassen mit einem Grundflächenanteil von über 5 %, (Abb. 2) so tritt lediglich bei Fichte in der unteren Durchmesserklasse eine starke Verzerrung bei der Vorratsschätzung durch den Verzicht auf den D7 auf. Anscheinend gleichen sich die Schätzfehler, die bei der Einzelbaumvoluminierung entstehen, mit einer großen Anzahl von Stämmen in den meisten Fällen annähernd aus. Insbesondere in den oberen Durchmesserklassen bei Buche, Fichte und Kiefer haben sich die Schätzungen gegenüber Version 1 nicht wesentlich verschlechtert. In Anbetracht des großen Aufwands, den die D7-Messungen verursachen, hat sich das Forstplanungsamt für Version 3 entschieden. Auf einer Probefläche wird also die Höhe nur noch am Mittelstamm in einer Baumartengruppe und Schicht gemessen. Die D7-Messungen werden nicht mehr vorgenommen.

### 3.2 Probekreisgrößen

Bisher wurden drei konzentrische Probekreise mit den Radien 5,64 m (Bäume unter 20 cm Bhd) 7,98 m (Bäume von 20 cm bis 30 cm Bhd) und 12,62 m (Bäume ab 30 cm Bhd) an den Stichprobenpunkten der Kontrollstichprobe aufgenommen. Unter anderem wegen der notwendigen Grenzstammkontrollen und des geringen Arbeitszeitanteils der Bhd-Messungen an der Gesamtarbeitszeit für die Probekreisaufnahmen sind diese konzentrischen Probekreise oftmals kritisiert worden. Eine Reduktion der kleineren Probekreise kann offenbar nur die unteren beiden Zieldurchmesserklassen betreffen, bei denen in den meisten Fällen die Stichprobenfehler innerhalb des angestrebten Rahmen lagen.

Abb. 3 zeigt die Stichprobenfehler des Hektarvorrats in Abhängigkeit vom Radius der beiden kleineren Probekreisradien. Hierzu wurden die Probekreisradien schrittweise verkleinert, und jeweils die Bäume in die Auswertung einbezogen, die in dem verkleinerten Probekreis stockten. Unter 5,64 m werden beiden Radien als gleich angenommen, so daß beide Kreise zu einem einzigen für Bäume unter 30 cm Bhd verschmelzen. Die Stichprobenfehler erhöhen sich bei allen fünf Baumartengruppen bis zu der Reduktion der Radien auf 5 m fast gar nicht. Aus diesem Grund sind die beiden kleineren Kreise zu einem Kreis mit einem Ra-

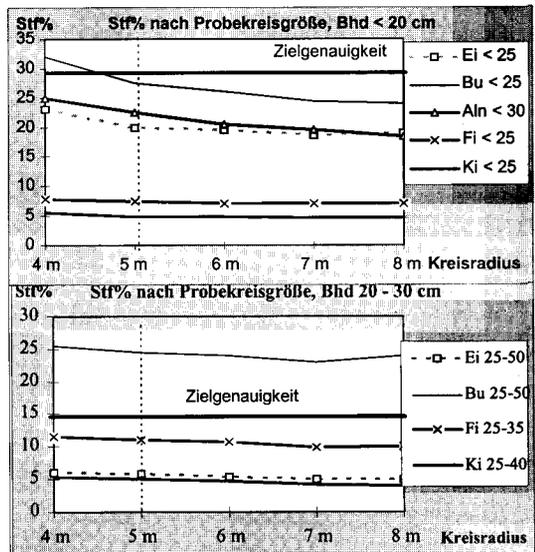


Abb 3: Stichprobenfehler des Vorrat/ha nach Probekreisgröße im Forstamt Sprakensehl

dus von 5 m vereinigt worden. Hierdurch verringert sich die Anzahl der Bhd-Messungen und die Grenzstammkontrollen sind nur noch an zwei Radien erforderlich.

Eine Veränderung des großen Probekreises (12,62 m) beeinflusst in erster Linie die Schätzgenauigkeit in der oberen Durchmesserklasse. Da in dieser Zielpopulation oftmals die gewünschten Fehlertoleranzen nicht eingehalten werden können, müßte eine Reduktion des großen Probekreises durch eine erhöhte Anzahl von Stichprobenpunkten erkaufte werden. Ein Vergleich von Arbeitsaufwand auf den Probeflächen zum Zeitbedarf für die Aufnahme der notwendigen zusätzlichen Probeflächen hat zu dem Fazit geführt, daß der große Probekreis nicht verkleinert sondern tendenziell eher vergrößert werden sollte. Aus meßtechnischen Gründen wurde daher ein Radius von 13 m für den großen Probekreis vorgeschlagen. Zusammenfassend sieht das neue Konzept anstelle der ursprünglichen drei konzentrischen Probekreise nur noch zwei ebenfalls konzentrische vor. Die Radien dieser Kreise betragen 5 m und 13 m.

#### 4 Vergleich des alten und neuen Stichprobenkonzepts im Forstamt Erdmannshausen

Im Jahr 1996 hat im Forstamt Erdmannshausen die turnusmäßige Wiederholung der Kontrollstichprobe nach dem bisherigen Verfahren stattgefunden, wobei bei der Datenaufnahme auf den Probeflächen schon die Einsparvorschläge berücksichtigt wurden. Gleichzeitig ist auch das zweiphasige Stichprobenverfahren in die Praxis umgesetzt worden. Die Datenaufnahme für das einphasige Verfahren erforderte 936 Probeflächen, die im Rechteckverband über die Fläche des Forstamtes verteilt wurden. In der ersten Phase des zweiphasigen Verfahrens ist eine Stichprobe von  $n' = 3679$  Stichprobenpunkten erhoben worden, die anhand von Forstbetriebskarten den acht Straten zugeordnet wurden (Tab. 4).

Stratum		$n'$	Anteile 2. Phase
Laubbäume führend	1 - 40 Jahre	506	0,15
	40 - 80 Jahre	345	0,08
	80 - 120 Jahre	428	0,12
	> 120 Jahre	145	0,13
Nadelbäume führend	1 - 40 Jahre	827	0,25
	40 - 80 Jahre	1085	0,21
	80 - 120 Jahre	188	0,33
	> 120 Jahre	155	0,17

Tab. 4: Verteilung der 2-phasisigen Stichprobe im Forstamt Erdmannshausen

In der zweiten Phase wurde aus der Stichprobe der ersten Phase eine Unterstichprobe von insgesamt 700 Stichprobenpunkten gezogen. Hierbei konnte der Stichprobenumfang in den meisten Straten gegenüber dem einphasigen Verfahren verringert werden. Nur in den Nadelbaumbeständen unter 40 Jahren und im Alter zwischen 80 und 120 Jahren mußte eine geringe Anzahl zusätzlicher Probeflächen aufgenommen werden. Im Forstamt Erdmannshausen bleibt daher auch bei einer Umstellung auf das neue Konzept die Kontinuität gegenüber den vorherigen Erhebungen erhalten.

Ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung der beiden Stichprobenverfahren sind die Stichprobenfehler, mit denen der Hektarvorrat geschätzt wurde. Die zweiphasige Stichprobe erzielt in der oberen Durchmesserklasse bei Buche und Eiche deutlich höhere Genauigkeiten als das bisherige Verfahren (Abb. 4). Bei der Fichte sind in der oberen Bhd-Klasse die Stichprobenfehler bei beiden Verfahren etwa gleich groß, und bei Kiefer und Aln tritt in dieser Durchmesserklasse eine geringfügige Verschlechterung gegenüber dem einphasigen Verfahren ein. Die

Aln hatten bei der Erhebung im Jahr 1985 nur einen extrem kleinen Grundflächenanteil und sind deshalb bei der Optimierung nur unzureichend berücksichtigt worden. In den unteren Durchmesserklassen verschlechtert sich beim zweiphasigen Verfahren die Schätzgenauigkeit nur leicht. Maximal hat sich der Stichprobenfehler bei der Eiche, Bhd 25 cm - 50 cm, von absolut  $\pm 1,2$  Vfm/ha auf  $\pm 1,8$  Vfm/ha vergrößert. In allen anderen Fällen nimmt der Stichprobenfehler nur um  $0,1$  Vfm/ha bis  $0,2$  Vfm/ha zu. Bei der Kiefer, Bhd 25 cm - 40 cm, tritt sogar eine leichte Verbesserung der Schätzgenauigkeit gegenüber dem bisherigen Verfahren ein.

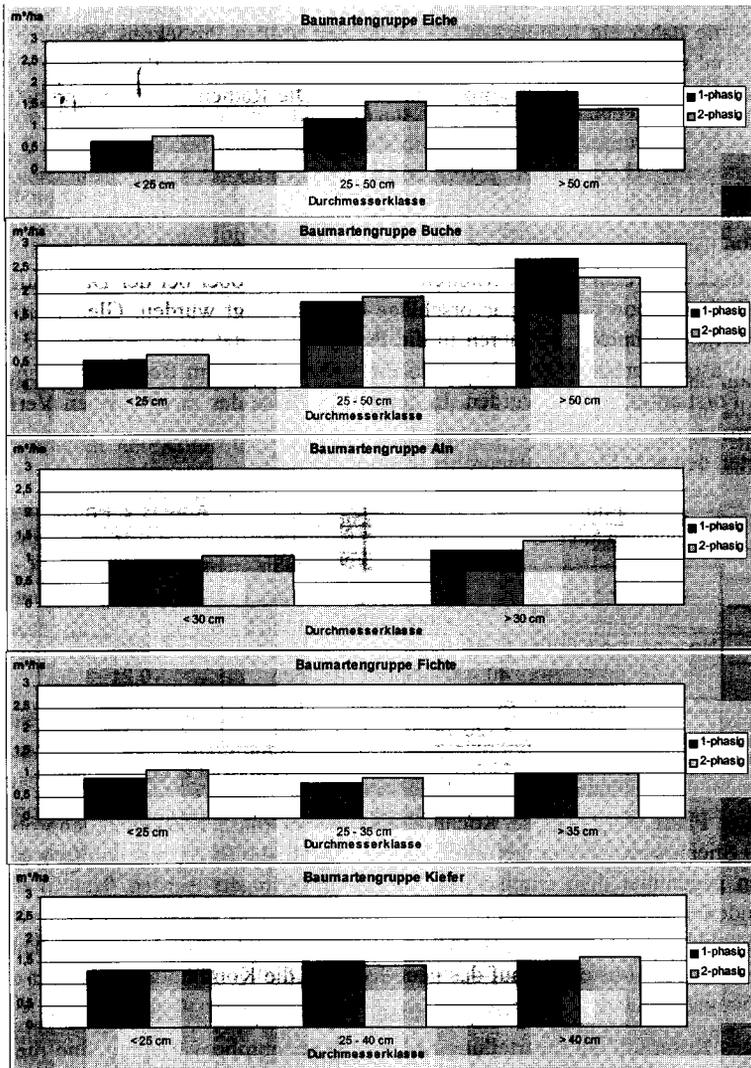


Abb. 4: Absolute Stichprobenfehler des Vorrats/ha bei den beiden Stichprobenverfahren im Forstamt Erdmannshausen; 1-phasiges Verfahren: 936 Probeflächen, 2-phasiges Verfahren: 700 Probeflächen in der 2. Phase

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die zweiphasige Stichprobe in den meisten Fällen die Erwartungen erfüllt hat, die bei ihrer Konzeption geweckt wurden. Mit 700 Probestflächen konnten insgesamt ähnliche Schätzgenauigkeiten erzielt werden wie mit 936 Probestflächen bei der einphasigen Stichprobe. Gleichzeitig ist eine bessere Anpassung an die Zielgenauigkeiten erreicht worden, da sich insbesondere die Schätzgenauigkeiten in den oberen Durchmesserklassen von Eiche und Buche erhöht haben, während in den unteren und mittleren Durchmesserklassen die Stichprobenfehler etwas anwachsen.

Bei dem bisherigen Verfahren der Kontrollstichprobe wurden 80 DM für die Aufnahme einer Probestfläche veranschlagt. Durch die Reduktion der Höhenmessungen, den Wegfall der D7-Klappung und die Veränderung der Probekreisgrößen konnten die Aufnahmekosten je Probestfläche auf 55 DM reduziert werden. Für die Aufnahme und Auswertung der Luftbilder, mit denen in Zukunft die Stratifizierung in der ersten Phase durchgeführt werden soll, entstehen Kosten in Höhe von 2 DM/ha. Für das Forstamt Erdmannshausen, das eine Fläche von ca. 3500 ha besitzt, ergeben sich somit bei der Verwendung von Luftbildern für das zweiphasige Verfahren folgende Kosten:

1. Phase 3500 · 2 DM	7.000 DM
2. Phase 700 · 55 DM	38.500 DM
<b>Gesamt</b>	<b>45.500 DM</b>

Das bisherige Verfahren verursacht bei 936 Probestfläche Kosten in Höhe von

$$936 \cdot 80 \text{ DM} = 74.880 \text{ DM}$$

Hiermit erzielt das überarbeitete Stichprobenkonzept Kosteneinsparungen in der Größenordnung von 40 % gegenüber dem bisherigen Verfahren. Würden nur die Rationalisierungsvorschläge umgesetzt, die die Arbeiten auf den Probestflächen betreffen, so würde das einphasige Verfahren bei 936 Probestflächen

$$936 \cdot 55 \text{ DM} = 51.480 \text{ DM}$$

kosten. Das zweiphasige Verfahren alleine bringt also eine Einsparung von

$$51.480 \text{ DM} - 45.500 \text{ DM} = 5.980 \text{ DM}$$

oder von etwa 12 % gegenüber dem einphasigen Verfahren.

## Literatur

- BERGEL, D.: Formzahluntersuchungen an Buche, Fichte europäischer Lärche und japanischer Lärche zur Aufstellung neuer Massentafeln, *Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt*, 1973 Göttingen.
- NAGEL, J.: *Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt*, 1988, Göttingen
- SABOROWSKI, J., DAHM, S.: Möglichkeiten zur Stratifizierung bei Waldinventuren. In: *Deutscher Verband forstliche Versuchsanstalten. Sektion Forstliche Biometrie und Informatik. Tagung (9; 1996; Oybin/ZittauerGebirge)* S. 92 - 100.
- SLOBODA, B.; GAFFREY, D.; MATSUMURA, N.: Regionale und lokale Systeme von Höhenkurven für gleichaltrige Waldbestände. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 1993, Heft 12, S. 225 - 228