

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 140 (1989)

Heft: 3

Artikel: Zur Erhebung des Wildverbisses mittels Stichproben

Autor: Eiberle, Kurt / Lanz, Adrian

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-764217>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 20.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Zur Erhebung des Wildverbisses mittels Stichproben

Von Kurt Eiberle und Adrian Lanz

Oxf.: 156.5

(Institut für Wald- und Holzforschung der ETH Zürich, Fachbereich Waldbau, CH-8092 Zürich)

1. Einleitung

In Nr. 2/1989 dieser Zeitschrift wurde über Teilergebnisse aus einer Diplomarbeit berichtet (*A. Lanz, 1987*), die sich mit der Erhebung des Rehwildverbisses mittels Stichproben befasste. Damals ging es um Probleme der korrekten Ansprache des Wildverbisses, um die zweckdienliche Stratifizierung nach Baumarten, Pflanzengrößen und Waldteilen, vor allem aber auch um eine realistische Interpretation der statistischen Masszahlen. Zu diskutieren war dabei insbesondere die Bedeutung der Mittelwerte für die Beurteilung der Verbissbelastung. Diese steht mit der Verteilung des Wildverbisses im Gelände in engem Zusammenhang, so dass sich auf beschränkten Flächen stets überdurchschnittlich hohe Verbissintensitäten ergeben können. Zahlreiche Dispersionsfaktoren spielen dabei eine bedeutsame Rolle.

Wie damals bereits angekündigt, bedürfen diese Erfahrungen einiger wesentlicher Ergänzungen. Es handelt sich dabei um grundlegende methodische Kenntnisse, welche das Stichprobenkonzept betreffen. Die vorliegenden Ergebnisse beziehen sich zwar auf ein einziges Waldgebiet und dürfen deshalb nur unter vergleichbaren Voraussetzungen bezüglich Standort, Pflanzendichte und Geländegestalt auf anderweitige Objekte übertragen werden. Dennoch zeigt dieses Beispiel deutlich die Richtung auf, in der wir weiter arbeiten müssen, um die Planung von Stichprobenerhebungen zu verbessern. Die Grundlagen dazu liefern Fragestellungen über die Genauigkeit und den diesbezüglichen Arbeitsaufwand.

2. Problemstellung

Für grössere Waldgebiete ist die Ermittlung der Verbissbelastung stets mit einem erheblichen Arbeitsaufwand verbunden (*K. Eiberle et al., 1986*), der für

praktische Zwecke möglichst klein gehalten werden soll. Es kommt folglich sehr darauf an, den erforderlichen Aufwand für eine vertretbare Genauigkeit sicherzustellen, gleichzeitig aber dafür zu sorgen, dass mit den eingesetzten Mitteln ein Maximum an präziser Information erreicht werden kann.

Unser Konzept beruht zunächst auf einer einheitlichen Grösse der Probestflächen, auf denen sämtliche jungen Waldbäume taxiert worden sind. Dieses Vorgehen entspricht der idealen Voraussetzung, wonach jede Verbisspflanze des Untersuchungsgebietes dieselbe Wahrscheinlichkeit besitzen sollte, in die Stichprobe aufgenommen zu werden. Ausserdem bewältigte eine einzige Person sämtliche Feldarbeiten, die sowohl das Einmessen der Stichprobenzentren und das Abstecken der Probestflächen als auch das Auszählen und die Taxation der Pflanzen umfassten. Für diese Arbeitsbedingungen haben wir mit Rücksicht auf die fehlenden Erfahrungszahlen und im Hinblick auf vergleichbare Untersuchungsgebiete vorerst einmal die beiden folgenden Fragen abgeklärt:

- Welches ist die optimale Grösse der Probestflächen?
- Welcher Stichprobenumfang ist notwendig für eine vorgegebene Genauigkeit?

Wir haben ein grosses Interesse daran, die erforderlichen Mittel möglichst rationell einzusetzen. Es stellt sich aus diesem Grunde die weitere Frage, ob nicht gewisse Vereinfachungen des Aufnahmeverfahrens zulässig sind, ohne dass dadurch die Genauigkeit der Resultate wesentlich beeinträchtigt wird. Eine derartige Arbeitersparnis ist denkbar, wenn man auf eine vollständige Aufnahme auf einheitlich grossen Flächen verzichtet und von den Stichprobenzentren aus lediglich eine beschränkte, nach bestimmten Kriterien festgelegte Anzahl Pflanzen berücksichtigt. Ein entsprechendes Verfahren wurde bereits von der *Bayerischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt* (1987) in grossem Umfang angewendet, was uns veranlasste, einige Varianten einer weniger aufwendigen Aufnahmetechnik eingehend zu überprüfen.

3. Untersuchungsmethode

3.1 Umfang und Konzept der Stichprobenerhebung

Die Stichprobenerhebung erstreckte sich über ein Teilareal des wildkundlichen Versuchsreviers der ETH Zürich, das 168 ha oder rund 59 Prozent der im Revier vorhandenen Waldfläche umfasst. Über die Lage und die standörtlichen Besonderheiten des Untersuchungsareals orientiert unsere erste Publikation (K. Eiberle und A. Lanz, 1989).

Die Stichprobenzentren waren systematisch im Verband 100 x 100 m über die Waldfläche verteilt ohne Rücksicht auf bestimmte Waldentwicklungsstufen oder Standortsfaktoren. Die Grösse der einzelnen Probefläche betrug einheitlich 25 m², wobei es allerdings aus Zeitgründen nicht möglich war, die Breite des Probestreifens der Geländeneigung anzupassen.

Um die Aufnahmen in dem schwer begehbaren Gelände zu erleichtern, verlegte man die Probeflächen entlang den Höhenlinien als schmale Streifen mit den Abmessungen 12,5 x 2,0 m in allgemeine Richtung E. Diese Probestreifen wurden zudem in fünf Abschnitte von je 5 m² Grösse unterteilt (*Abbildung 1*), so dass es möglich war, bei der Auswertung nicht nur die Gesamtheit der aufgenommenen jungen Waldbäume, sondern auch eine variable Zahl von Pflanzen zu berücksichtigen.

Für jeden der fünf Abschnitte A bis E wurden sämtliche jungen Waldbäume im Grössenbereich zwischen 0,10 und 1,30 m ausgezählt und bezüglich Wildverbiss taxiert. Neben der Baumart registrierte man die Verbissintensität im obersten Teil des Leittriebes, wobei darauf geachtet werden musste, einen vollständigen Jahresverbiss möglichst präzise zu erfassen.

Die Zahl der im Gelände aufgesuchten Stichprobenzentren betrug gesamt 177. Davon waren aber nur 131 Flächen für die Kontrolle des Wildverbisses tauglich. Neun Stichprobenzentren befanden sich ausserhalb des Waldareals, acht Probeflächen lagen innerhalb von Zäunen, und 29 Flächen enthielten keine jungen Waldbäume.

Durch unsere Stichprobenerhebung wurden insgesamt 11 571 junge Waldbäume erfasst, wobei Bergahorn und Esche mit einem Anteil von 87,5 Prozent sehr stark dominierten. Die Resultate, die sich in dieser Studie auf sämtliche Baumarten beziehen, sind deshalb fast ausschliesslich durch diese beiden Arten bedingt.

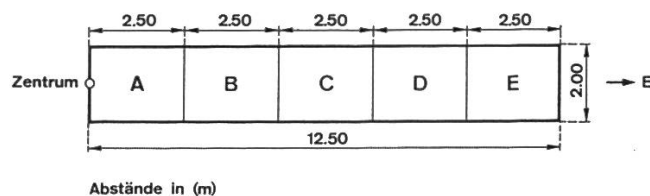


Abbildung 1. Grösse und Gliederung der Probeflächen.

3.2 Statistische Grundlagen

Als Grundlage für die beabsichtigten Ableitungen verwendeten wir das Rechenverfahren für die Anteilsschätzung (*W. G. Cochran, 1977*). Die diesbezüglichen statistischen Masszahlen sind folgendermassen definiert:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{\sum_{i=1}^n z_i}$$

$$s_p = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left\{ z_i \left(\frac{v_i}{z_i} - \bar{p} \right) \right\}^2}{n-1}}$$

$$s_{\bar{p}} = \pm \frac{s_p}{\sqrt{n}}$$

$$VB - \bar{p} - \frac{t \cdot s_p}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{p} + \frac{t \cdot s_p}{\sqrt{n}}$$

Es bedeuten:

- n : Umfang der Stichprobe, Anzahl Stichprobenflächen
- v_i : Anzahl verbissene Pflanzen in der i-ten Stichprobenfläche
- z_i : Anzahl vorhandene Pflanzen in der i-ten Stichprobenfläche
- \bar{z} : Mittlere Anzahl vorhandener Pflanzen pro Stichprobenfläche
- \bar{p} : Relative Häufigkeit der verbissenen Pflanzen auf n Stichprobenflächen
- S_p : Standardabweichung der Anteile verbissener Pflanzen
- $S_{\bar{p}}$: Absoluter Standardfehler der Anteilsschätzung
- VB : Vertrauensbereich; t-Werte gemäss *Student* für eine statistische Sicherheit von 95 Prozent und n-1 Freiheitsgrade (*E. Weber, 1980*); μ : Mittelwert der Grundgesamtheit.

4. Untersuchungsergebnisse

4.1 Ableitung der optimalen Probeflächengrösse

4.1.1 Beziehung zwischen Varianz und Probeflächengrösse

Die erste Grundlage, die zur Ableitung der optimalen Probeflächengrösse benötigt wird, ist die Kenntnis über den Zusammenhang zwischen der Varianz S_p^2 und der Grösse der Probeflächen a.

Aus den erhobenen Daten konnten der durchschnittliche Anteil verbissener Pflanzen \bar{p} und die entsprechenden Streuungsmasse S_p für fünf verschiedene Probeflächengrössen zwischen 5 und 25 m² ermittelt werden. Für die Berechnung von \bar{p} und S_p wurde pro Stichprobe jeweils der Mittelwert von allen möglichen Kombinationen der Teilflächen A bis E benützt.

Tabelle 1. Statistische Masszahlen für unterschiedliche Probeflächengrößen.

Grösse der Probe- flächen, a im m ²	n	Anteilschätzung			
		\bar{p}	S_p	$t \times S_{\bar{p}}$	VB
5	112	0,197	0,261	0,049	0,148 – 0,246
10	124	0,197	0,237	0,042	0,155 – 0,239
15	128	0,197	0,226	0,040	0,157 – 0,237
20	130	0,197	0,221	0,038	0,159 – 0,235
25	131	0,197	0,217	0,038	0,159 – 0,235

Wie die Zusammenstellung in der *Tabelle 1* zeigt, nimmt die Streuung S_p mit zunehmender Grösse der Probefläche deutlich ab. Dabei ergibt sich zwischen der Varianz S_p^2 und der Grösse der Probefläche a (m²) in doppelt-logarithmischer Darstellung eine sehr straffe, lineare Regression (*Abbildung 2*). Die entsprechenden Gleichungen lauten:

$$\log S_p^2 = -1,023 - 0,220 \log a \quad \text{oder:}$$

$$S_p^2 = 0,095 a^{-0,220} \tag{1}$$

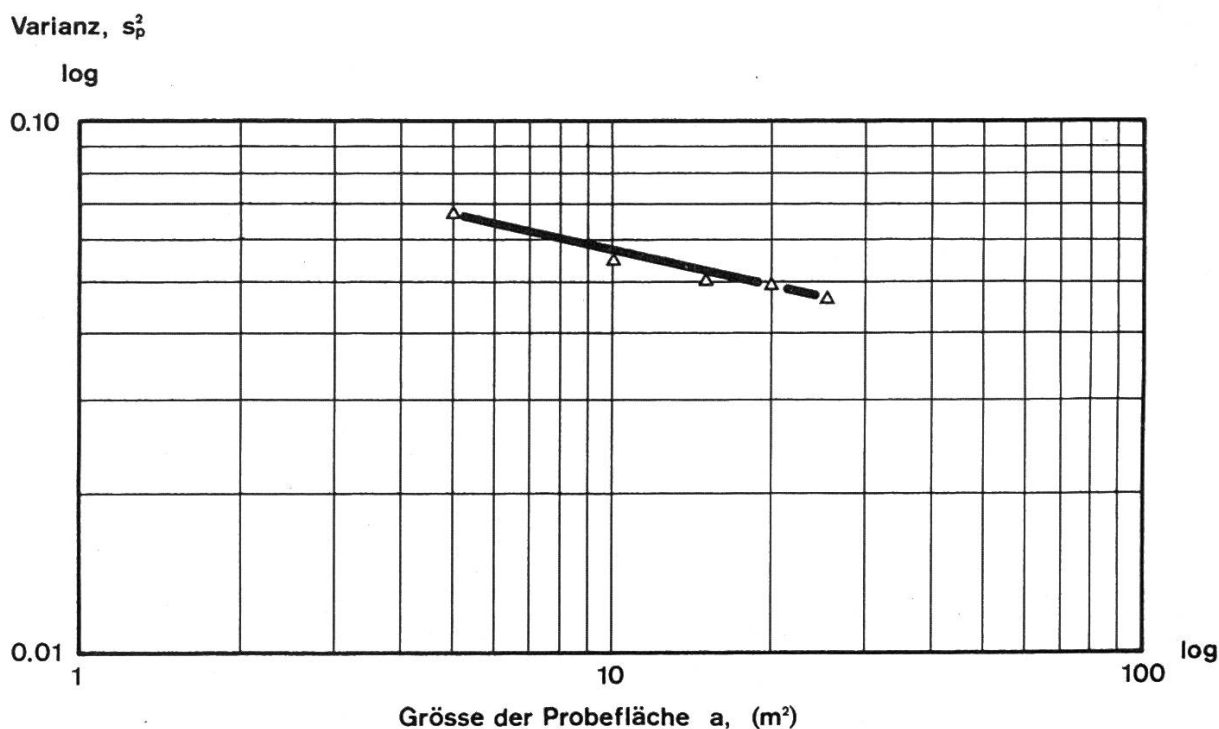


Abbildung 2. Zusammenhang zwischen Varianz und Probeflächengrösse.

4.1.2 Probeflächengrösse und Zeitaufwand

Die zweite, unentbehrliche Grundlage für die Berechnung der optimalen Probeflächengrösse liefert der ermittelte Zeitaufwand. Erhoben wurde der durchschnittliche Zeitbedarf pro Probefläche in Minuten, wobei die folgenden Anteile zu berücksichtigen waren:

- t_1 : Zeitbedarf für das Aufsuchen und Einmessen der Stichprobenzentren im Gelände.
- t_2 : Zeitbedarf für das Auszählen und die Taxation der Pflanzen.
- t_3 : Zeitbedarf für die Eingabe der Rohdaten in den Computer.

Zwischen dem Wert t_1 und der Grösse der Probefläche besteht kein Zusammenhang. Der durchschnittliche Zeitbedarf für das Auffinden der Stichprobenzentren betrug:

$$t_1 = 12,5$$

Die Werte t_2 und t_3 sind abhängig von der Probeflächengrösse. In beiden Fällen muss somit die Beziehung zwischen der Grösse der Probefläche a und der durchschnittlichen Zahl der vorhandenen Pflanzen $N(a)$ in Rechnung gestellt werden (*Abbildung 3*). Die Berechnung der einfachen, linearen Regression auf Grund der mittleren Pflanzenzahlen auf fünf unterschiedlich grossen Probeflächen zwischen 5 und 25 m² ergab:

$$N(a) = 3,5 + 3,392 a$$

Mittlere Anzahl Pflanzen
pro Probefläche
 $N(a)$

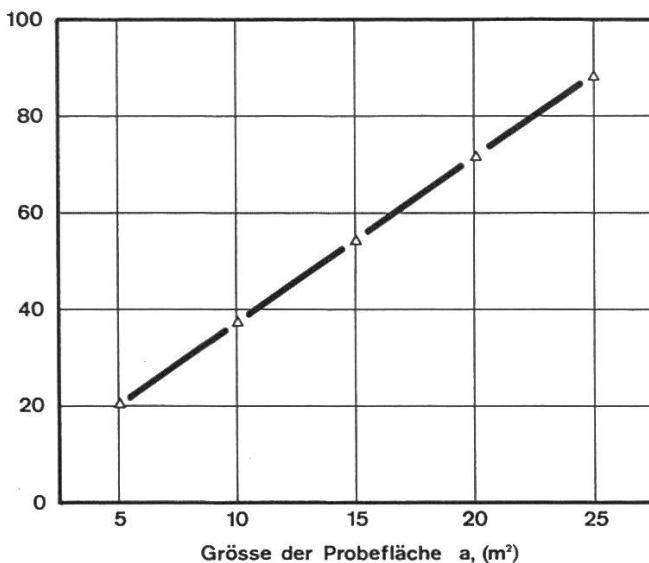


Abbildung 3. Anzahl Pflanzen und Grösse der Probefläche.

**Zeitaufwand
in Minuten**

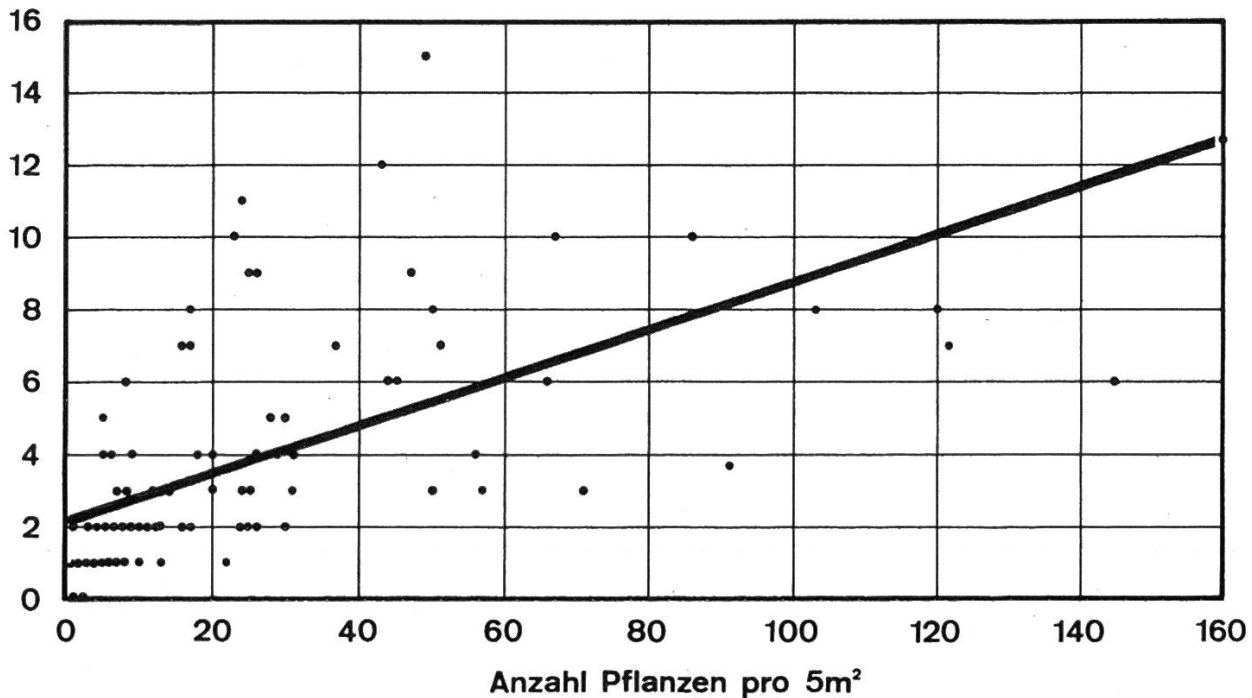


Abbildung 4. Zeitaufwand für das Auszählen und die Taxation der Pflanzen. Probeflächengrösse 5 m².

Je mehr Pflanzen auf einer Probefläche vorhanden sind, um so grösser wird der Zeitaufwand für das Auszählen und die Taxation der Pflanzen. Aus *Abbildung 4* ist ersichtlich, dass der Zusammenhang zwischen dem erforderlichen Zeitaufwand und der Pflanzenzahl N (a) ebenfalls durch eine einfache, lineare Regression näherungsweise wiedergegeben werden kann. Die Regressionsgleichung lautet:

$$t_2 = 2,1 + 0,066 N (a) \qquad \text{oder: } t_2 = 2,3 + 0,224 a$$

Der Zeitaufwand für das Eingeben der Rohdaten in das Datenverarbeitungsprogramm betrug für die rund 12 000 Pflanzen insgesamt acht Stunden. Daraus folgt:

$$t_3 = 0,04 N (a) \qquad \text{oder: } t_3 = 0,1 + 0,136 a$$

Für den gesamten Zeitbedarf, wie er zur Ableitung der optimalen Probeflächengrösse benötigt wird, ergibt sich schliesslich durch Addition:

$$\underline{t = t_1 + t_2 + t_3 = 14,9 + 0,360 a} \qquad (2)$$

4.1.3 Berechnung der optimalen Probeflächengrösse

Die Berechnung der optimalen Probeflächengrösse erfolgte in Anlehnung an die von W. G. Cochran (1977) gegebene Anleitung.

Für die Bestimmung der optimalen Probeflächengrösse geht man aus vom Quadrat des Standardfehlers $S^2_{\bar{p}}$ sowie vom durchschnittlichen Zeitaufwand t , der pro Probefläche für die Felddaufnahmen und für die Eingabe der Rohdaten in den Computer benötigt wird:

$$S^2_{\bar{p}} = \frac{S^2_p(a)}{n} \qquad T = n \times t(a) \qquad S^2_{\bar{p}} = \frac{S^2_p(a) \times t(a)}{T}$$

Die Werte S^2_p und t sind beide abhängig von der Grösse der Probeflächen a und lassen sich mit Hilfe der Formeln 1 und 2 eindeutig berechnen. Damit kann die Frage geprüft werden, ob eine Flächengrösse a existiert, bei welcher das Quadrat des Standardfehlers $S^2_{\bar{p}}$ ein Minimum erreicht. Ist dies der Fall, wird auch der Standardfehler $S_{\bar{p}}$ möglichst klein.

T bedeutet den Zeitaufwand für die gesamte Stichprobe. Da es sich dabei um einen vorgegebenen, von der Grösse der Probefläche a unabhängigen Wert handelt, muss er für die Optimierung nicht weiter berücksichtigt werden. Die Optimierungsfunktion besitzt dann die folgende Form:

$$F = S^2_p(a) \times t(a) \qquad \text{oder durch Einsetzen der Formeln 1 und 2:}$$

$$F = 0,095 a^{-0,220} (14,9 + 0,360 a) \qquad (3)$$

Die Werte von F sind in der *Abbildung 5* in Funktion der Probeflächengrösse a dargestellt. Sie zeigen, dass eine bestimmte Inventurgenauigkeit sowohl mit wenig grossen als auch mit vielen kleinen Probeflächen erzielt werden kann.

$F = s^2_p(a) \cdot t(a)$

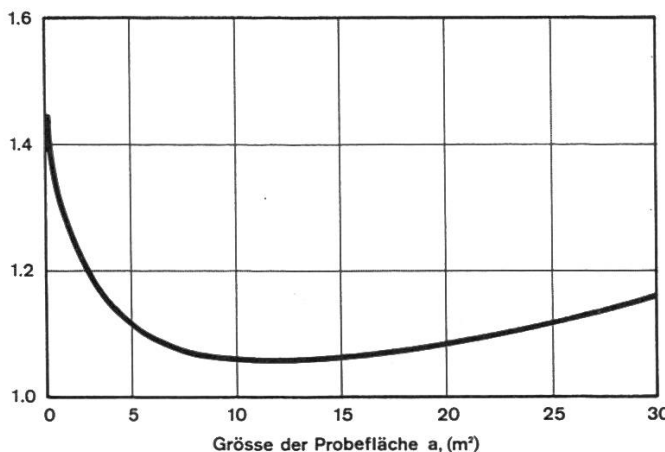


Abbildung 5. Verlauf der Optimierungsfunktion.

Die grösste Genauigkeit wird tatsächlich bei mittleren Probeflächengrössen erreicht, die für unsere Stichprobenerhebung in einem relativ breiten Optimalbereich zwischen 8 und 16 m² liegen.

Der exakte Wert für die optimale Probeflächengrösse ergibt sich dann, wenn die 1. Ableitung der Optimierungsfunktion F gleich 0 gesetzt wird:

$$F' = 0,095 a^{-0,220} (14,9 + 0,360 a)^1 + (0,095 a^{-0,220})^1 (14,9 + 0,360 a) = 0$$

Aus dieser Gleichung errechnet sich eine optimale Probeflächengrösse von $a = 11,67 \text{ m}^2$. Dieser Wert ist gültig für vergleichbare Pflanzendichten und ähnliche topographische Verhältnisse, für die Bewältigung der Feldaufnahmen durch eine Person und für eine Inventur ohne permanente Stichprobenzentren.

4.2 Erforderlicher Stichprobenumfang

4.2.1 Anzahl Probeflächen

Die Anzahl Probeflächen n , die für eine Stichprobenerhebung notwendig ist, hängt von der geforderten Genauigkeit ab.

Das mutmassliche Vertrauensintervall E kann für fünf Prozent Überschreitungswahrscheinlichkeit ($t = 2$, nach Student) aus der Varianz S^2_p und der Anzahl Probeflächen n bestimmt werden (F. Zöhler, 1980). Es gilt:

$$E = \pm 2 \frac{\sqrt{S_p^2}}{\sqrt{n}} \quad \text{oder: } n = \frac{4S_p^2}{E^2} \quad (4)$$

Setzt man die Formel 1 in die Formel 4 ein, lässt sich für ein vorgegebenes Vertrauensintervall und für die optimale Probeflächengrösse von 11,67 m² die erforderliche Anzahl Probeflächen folgendermassen ermitteln:

$$n = \frac{4 \times 0,05533}{E^2} \quad \text{oder: } n = \frac{0,22132}{E^2}$$

Die Anzahl erforderlicher Probeflächen ist in Funktion der geforderten Genauigkeit E aus der *Abbildung 6* ersichtlich. Für ein gewünschtes Vertrauensintervall von ± 2 Prozent wären unter vergleichbaren Voraussetzungen 550 Probeflächen notwendig. Für ein Vertrauensintervall von ± 3 Prozent reduziert sich diese Zahl auf 245 Probeflächen. Nimmt man ein Vertrauensintervall von ± 4 Prozent in Kauf, was für praktische Zwecke ausreichen dürfte, kommt man mit etwa 140 Probeflächen aus.

4.2.2 Zeitbedarf

Damit der Zeitbedarf für eine Inventur mit vorgeschriebener Genauigkeit abgeschätzt werden kann, muss vorerst einmal der feste Aufwand für die Planung und Organisation sowie für die Auswertung und Darstellung der Resultate berücksichtigt werden. Dieser Aufwand betrug insgesamt 25 Stunden.

Sodann muss der variable Zeitaufwand in Rechnung gestellt werden, der abhängig ist von der Anzahl Probeflächen und dem Zeitbedarf für die Aufnahme einer einzelnen Stichprobe.

Ein zusätzlicher Aufwand entsteht durch den Anteil jener Probeflächen, die zwar aufgesucht werden müssen, welche aber keine jungen Waldbäume enthalten. Dieser Anteil belief sich auf $p = 0,25$.

Wiederum für die optimale Probeflächengröße von $11,67 \text{ m}^2$ lässt sich auf dieser Grundlage der gesamte Zeitbedarf für die Inventur wie folgt berechnen:

$$T_{\text{tot}} = 25 + \frac{nt}{60} + \frac{nt_1}{60} \left(\frac{p}{1-p} \right) \quad \text{oder durch Einsetzen von Formel 2:}$$

$$T_{\text{tot}} = 25 + \frac{n(19,10120)}{60} + \frac{n(12,5)(0,33333)}{60} = 25 + \frac{n}{60} 23,26783 \quad (5)$$

In der *Abbildung 6* ist entsprechend der Formel 5 der Zeitaufwand in Funktion der Anzahl Probeflächen ebenfalls dargestellt. Für ein gewünschtes Vertrauensintervall von ± 2 Prozent beträgt der erforderliche Zeitaufwand gesamt haft 240 Stunden, für ein solches von ± 3 Prozent 120 Stunden. Ein toleriertes

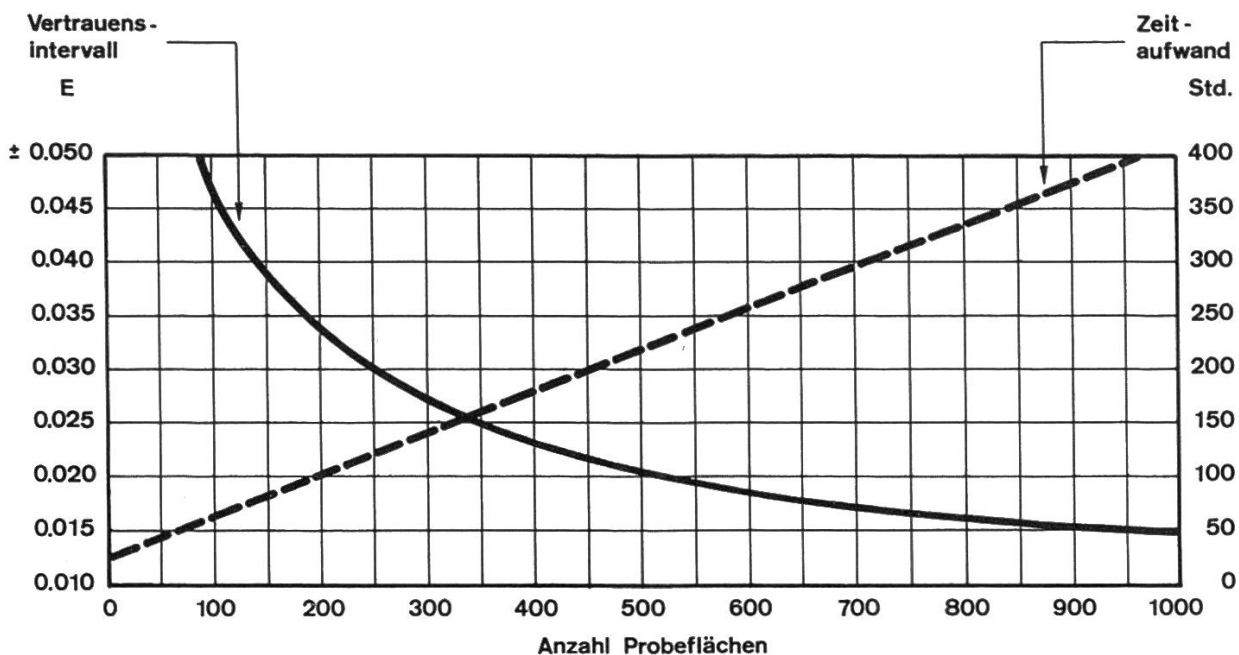


Abbildung 6. Vertrauensintervall und Zeitaufwand in Funktion der Anzahl Probeflächen.

Vertrauensintervall von ± 4 Prozent erfordert noch immer einen Zeitaufwand von rund 80 Stunden oder von zehn vollen Arbeitstagen für eine Person.

Für eine hohe Genauigkeit bedarf es eines bemerkenswerten und oft unterschätzten Zeitaufwandes. Dieser Sachverhalt wäre vor allem auch dann sorgfältig zu beachten, wenn Stichprobenerhebungen für ökologische Forschungen eingesetzt werden sollten.

4.3 Varianten einer vereinfachten Stichprobentechnik

4.3.1 Beschränkung der Zahl der aufgenommenen Pflanzen

Es wurde bereits erwähnt, dass bei einer korrekten Anwendung der Stichprobenverfahren jede Pflanze dieselbe Wahrscheinlichkeit besitzen muss, in die Stichprobe aufgenommen zu werden. Diese Bedingung setzt Probeflächen einheitlicher Grösse voraus.

Ein derartiges Vorgehen ist aber ausserordentlich arbeitsintensiv, weil das Abstecken der Probeflächen im Gelände viel Zeit benötigt und auf pflanzenreichen Probeflächen wesentlich mehr Pflanzen taxiert werden müssen, als für eine bestimmte Genauigkeit unbedingt erforderlich wäre.

Die Frage ist deshalb von erheblicher praktischer Bedeutung, ob Abweichungen vom Prinzip der einheitlichen Probeflächengrösse zulässig sind. Als Alternative zu dieser Methode besteht die Möglichkeit – unabhängig von der Flächengrösse –, pro Stichprobe nur eine beschränkte Anzahl Pflanzen in die Erhebung einzubeziehen.

Durch die Unterteilung der Aufnahmen in fünf gleich grosse Abschnitte A bis E (*Abbildung 1*) und durch die getrennte Protokollierung einer gewissen Anzahl, dem Stichprobenzentrum möglichst nahe gelegenen Pflanzen konnten drei Varianten einer stark vereinfachten Aufnahmetechnik simuliert werden.

Diese weniger aufwendigen Aufnahmeverfahren bedürfen jedoch des Nachweises, dass damit keine Verfälschung der Anteilsschätzung und keine wesentlichen Einbussen an Genauigkeit verbunden sind. In den folgenden Tabellen werden deshalb die statistischen Masszahlen dieser Methoden mit dem Gesamtergebnis verglichen, das sich auf sämtliche Pflanzen auf 25 m² grossen Probeflächen stützt.

4.3.2 Festlegung einer maximalen Pflanzenzahl

Bei dieser ersten Variante setzte man pro Stichprobe eine maximale Zahl aufzunehmender Pflanzen fest. Dieses Vorgehen entspricht der Aufnahme in einem Probekreis mit festem Radius, in dem man die vorhandenen Pflanzen sektorenweise bis zu einer vorgegebenen Anzahl erfasst. Nur Probekreise,

deren Pflanzenzahlen den vorgesehenen Maximalwert nicht erreichen, werden vollständig ausgezählt.

Für die Gruppierung der Stichproben überprüfte man in unserem Fall zunächst die gesamte Probefläche A bis E (25 m²). Waren auf dieser Fläche beispielsweise weniger als 30 Pflanzen vorhanden, wurde sie in die Stichprobe aufgenommen. Fanden sich dagegen mehr als 30 Pflanzen vor, stellte man weiter fest, ob die Teilfläche A bis D (20 m²) weniger als 30 Pflanzen enthielt. Erforderlichenfalls wurde diese Auszählung fortgesetzt bis hinunter zur Teilfläche A (5 m²).

Auf dieser Basis liessen sich für Stichproben mit einer unterschiedlichen Menge von maximal registrierten Pflanzen die zugehörigen, statistischen Masszahlen berechnen (Tabelle 2).

Die Beschränkung der pro Probefläche aufgenommenen jungen Waldbäume auf einem relativ tiefen Niveau bewirkte im Vergleich mit dem Gesamtergebnis eine deutliche Unterschätzung des Anteils verbissener Pflanzen \bar{p} . Es ist dies eine Folge davon, dass in unserem Versuchsrevier Probeflächen mit hoher Pflanzendichte oft überdurchschnittlich hohe Verbissgrade aufweisen. Zahlreiche junge Waldbäume derartiger Probeflächen wurden somit bei diesem Aufnahmeverfahren einseitig vernachlässigt.

Allgemein lässt sich sagen: je ausgeprägter der Zusammenhang zwischen der Häufigkeit des Wildverbisses und der Pflanzendichte ist, um so stärker wird mit dieser Aufnahmemethode die Verzerrung der Anteilsschätzung ausfallen.

Tabelle 2. Anteilsschätzung für Aufnahmen mit unterschiedlichen maximalen Pflanzenzahlen.

Aufgenommene Pflanzen, Stk.	n	Anteilsschätzung			
		\bar{p}	S_p	$t \times S_{\bar{p}}$	VB
höchstens 20	131	0,192	0,215	0,037	0,155 – 0,229
40	131	0,188	0,197	0,034	0,154 – 0,222
60	131	0,187	0,191	0,033	0,154 – 0,220
80	131	0,185	0,210	0,036	0,149 – 0,221
100	131	0,193	0,234	0,041	0,152 – 0,234
150	131	0,192	0,238	0,041	0,151 – 0,233
200	131	0,196	0,238	0,041	0,155 – 0,237
Gesamtergebnis	131	0,197	0,217	0,038	0,159 – 0,235

4.3.3 Festlegung einer minimalen und maximalen Pflanzenzahl

In einer zweiten Variante wurden für die Aufnahme pro Probefläche sowohl minimale als auch maximale Pflanzenzahlen vorgeschrieben. Dieses Aufnahmeverfahren unterscheidet sich von der ersten Variante (Kapitel 4.3.2) lediglich dadurch, dass Probeflächen mit einer sehr geringen Pflanzendichte aus der Bewertung ausscheiden. Entsprechend vermindert sich der Stichprobenumfang n .

Auf Grund unseres Aufnahmematerials konnte eine grössere Zahl von Stichprobenerhebungen simuliert werden, deren Aufnahmen auf unterschiedlichen Kombinationen zwischen minimalen und maximalen Pflanzenzahlen beruhen (Tabelle 3).

Zu beachten ist an diesen Resultaten, dass bei den Aufnahmen mit kleinen Pflanzenmengen (5/30 und 10/30) ebenfalls eine Verzerrung der Anteilsschätzung festzustellen ist. Der Anteil verbissener Pflanzen wird damit etwa im gleichen Ausmass unterschätzt wie bei der ersten Variante (Tabelle 2). Bei allen übrigen Kombinationen stimmen dagegen die Werte \bar{p} und S_p sehr gut mit dem Gesamtergebnis überein.

Tabelle 3. Anteilsschätzung für Aufnahmen mit minimalen und maximalen Pflanzenzahlen.

Aufgenommene Pflanzen, Stk.	n	Anteilsschätzung			
		\bar{p}	S_p	$t \times S_{\bar{p}}$	VB
5 - 30	123	0,190	0,198	0,035	0,155 - 0,225
5 - 50	123	0,194	0,191	0,034	0,160 - 0,228
5 - 100	123	0,193	0,228	0,041	0,152 - 0,234
10 - 30	108	0,191	0,191	0,037	0,154 - 0,228
10 - 50	110	0,195	0,185	0,035	0,160 - 0,230
10 - 100	110	0,194	0,219	0,041	0,153 - 0,235
20 - 30	72	0,201	0,183	0,043	0,158 - 0,244
20 - 50	87	0,199	0,177	0,038	0,161 - 0,237
20 - 100	90	0,196	0,207	0,043	0,153 - 0,239
Gesamtergebnis	131	0,197	0,217	0,038	0,159 - 0,235

Bemerkenswert ist das Resultat, wonach die Kombination 20/30 – trotz des verminderten Stichprobenumfangs – bereits eine präzise Anteilschätzung erlaubt. Es handelt sich dabei um den ersten Hinweis, dass die vollständige Aufnahme sämtlicher Pflanzen auf Probeflächen einheitlicher Grösse nicht unbedingt erforderlich ist, um zu einer zuverlässigen Schätzung zu gelangen.

4.3.4 Festlegung einer bestimmten Pflanzenzahl

Schliesslich wurde in einer dritten Variante eine ganz bestimmte Anzahl Pflanzen pro Stichprobe in die Aufnahme einbezogen. Dabei protokollierte man stets diejenigen jungen Waldbäume, die dem Stichprobenzentrum am nächsten standen.

Insgesamt führten wir drei verschiedene Stichprobenerhebungen aus mit Pflanzenzahlen von fünf, zehn und 20 Stück pro Stichprobenpunkt (Tabelle 4). Gemäss den Angaben in der Tabelle 4 fiel die Anteilschätzung \bar{p} zu niedrig aus, wenn lediglich fünf oder zehn Probepflanzen pro Stichprobenpunkt aufgenommen wurden. Dieser Befund bestätigt erneut, dass bei einer allzu kleinen Zahl von Probepflanzen die weniger häufig verbissenen Individuen aus pflanzenarmen Arealteilen ein zu grosses Gewicht erhalten.

Mit 20 Pflanzen pro Stichprobe wurde dagegen bereits eine sehr gute Übereinstimmung zwischen der Anteilschätzung \bar{p} und dem Gesamtergebnis erzielt. Diesem Aufnahmeverfahren darf deshalb eine grosse praktische Bedeutung beigemessen werden, weil es eine ausreichende Genauigkeit und den Vorteil einer wesentlichen Zeitersparnis bei den Feldaufnahmen miteinander verbindet. Um dieselbe Genauigkeit wie bei der Gesamtinventur zu erzielen, mussten mit 20 Probepflanzen pro Stichprobenpunkt lediglich 23 Prozent der auf den ursprünglichen Probeflächen (25 m²) vorhandenen Pflanzen taxiert werden.

Tabelle 4. Anteilschätzung mit einer vorgegebenen Pflanzenzahl.

Aufgenommene Pflanzen, Stk.	n	Anteilschätzung			
		\bar{p}	S_p	$t \times S_{\bar{p}}$	VB
5	125	0,157	0,231	0,041	0,116 – 0,198
10	111	0,179	0,203	0,038	0,141 – 0,217
20	92	0,200	0,203	0,042	0,158 – 0,242
Gesamtergebnis	131	0,197	0,217	0,038	0,159 – 0,235

5. Diskussion

Die in dieser Studie erworbenen Erfahrungen können dazu dienen, einige Unzulänglichkeiten bei der Erfassung des Wildverbisses zu vermeiden. Von Interesse sind für diesen Zweck insbesondere die folgenden Feststellungen:

- Der Anteil verbissener Pflanzen \bar{p} beträgt gegenwärtig im wildkundlichen Versuchsrevier der ETH Zürich $19,7 \pm 3,8$ Prozentpunkte. Die obere Grenze des Vertrauensintervalles liegt demzufolge präzise beim kritischen Grenzwert von 23,5 Prozent, wie er von uns für Esche und Bergahorn ermittelt worden ist (K. Eiberle, 1985). Da die ausgewiesene Verbissbelastung grösstenteils auf diesen beiden Baumarten beruht, wurde das Ziel der Wildbestandesregulierung für Esche und Bergahorn tatsächlich erreicht. Das Beispiel zeigt, wie wichtig es ist, dass man für die Beurteilung der Verbissbelastung nicht nur die Anteilschätzung, sondern auch deren Genauigkeit kennt. In keinem Fall sollte deshalb auf die Berechnung der Vertrauensgrenzen verzichtet werden.
- Für die Erfassung des Wildverbisses auf Probeflächen einheitlicher Grösse, wie dies theoretisch für die korrekte Anwendung der Stichprobenverfahren erforderlich ist, konnte unter den gegebenen Voraussetzungen eine optimale Probeflächengrösse von rund 12 m^2 ermittelt werden. Da die Optimierungsfunktion zwischen 8 und 16 m^2 sehr flach verläuft, darf in diesem relativ weiten Bereich mit einem günstigen Standardfehler gerechnet werden.
- Die optimale Probeflächengrösse gilt streng genommen nur für eine vergleichbare Begebarkeit des Geländes, für ähnliche Pflanzendichten und für eine Erhebung ohne permanente Stichprobenzentren. Der von uns abgeleitete Erfahrungswert sollte aber dennoch beachtet werden, weil sich damit die Wahl extrem ungünstiger Probeflächengrössen vermeiden lässt. Wenn infolge einer höheren Pflanzendichte der Zeitaufwand pro Probefläche grösser ist als in unserem Fall, vermindert sich die optimale Probeflächengrösse.
- Der Genauigkeit sind bei der Erhebung des Wildverbisses mittels Stichproben deutliche Grenzen gesetzt. Ein Vertrauensintervall von ± 2 Prozent liesse sich nur mit einem übermässigen und in der Praxis nicht mehr realisierbaren Arbeitsaufwand erreichen.
- Eine Vereinfachung des Aufnahmeverfahrens mit einer festen Anzahl Probepflanzen pro Stichprobenpunkt, wie sie in Bayern angewendet wurde (B. G. Encke, 1986; Bayerische Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, 1987), lässt sich auf Grund unseres Methodenvergleiches durchaus rechtfertigen. Nach unseren Erfahrungen wären dann aber für jede Baumart, die getestet werden soll, mindestens 20 Probepflanzen pro Stichprobenpunkt notwendig.

Es ist sicher wünschenswert, dass für das Schweizerische Mittelland zusätzliche Untersuchungen mit ähnlicher Fragestellung ausgeführt werden könnten. Dringend notwendig wäre aber ein solcher Methodenvergleich für den Gebirgswald, weil dort grundlegend andere Voraussetzungen bezüglich Pflanzendichten bestehen.

Résumé

A propos de relevés d'abrouissement par le gibier sur des placettes d'échantillonnage

Au début de l'été 1987, nous avons taxé l'abrouissement par le gibier sur une surface de 168 ha, située dans le district expérimental de chasse de l'EPF Zurich.

Les relevés ont été effectués sur des placettes d'échantillonnage de 12,5 x 2,0 m réparties systématiquement sur l'ensemble de la surface forestière en un réseau à mailles carrées de 100 x 100 m de côté. Sur les 177 placettes planifiées, 131 ont pu faire l'objet d'une mise en valeur. Nous avons examiné le nombre de pousses principales abrouties l'année précédente pour toutes les espèces d'arbres qui se trouvaient dans la strate comprise entre 0,10 et 1,30 m de hauteur.

Pour les relevés sur des placettes de même grandeur, nous avons pu déterminer une surface optimale d'échantillonnage et la quantité d'échantillons nécessaire à une précision donnée. Pour les conditions données, la grandeur optimale des surfaces d'échantillonnage a été de 12 m² et pour un intervalle de confiance inférieur à $\pm 4\%$ (seuil de confiance: 95 pour cent), le nombre d'échantillons s'est élevé au minimum à 140 placettes.

De plus, il a pu être prouvé qu'il n'était pas indispensable de faire les relevés sur des placettes de même grandeur. Afin d'obtenir une estimation de la proportion de précision comparable, il aurait suffi, dans les conditions données, de taxer vingt plantes par point d'échantillonnage. Cette valeur devrait, de toute manière, être exigée pour chaque espèce d'arbre dont la pression d'abrouissement doit être vérifiée.

Traduction: *L. Portier*

Literatur

- Bayerische Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt*, (1987): Auswertung der Verbissgutachten aus dem Jahre 1986, München, 124 Seiten.
- Cochran, W. G.* (1977): *Sampling Techniques*. 3. Auflage. John Wiley and Sons, New York and London. 430 Seiten.
- Eiberle, K.* (1985): Bergahorn und Esche: Belastungsgrenzen für den Wildverbiss. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 136, 10: 849–856.
- Eiberle, K. et al.* (1986): Zur Kontrolle des Wildverbisses – Einige Daten über den erforderlichen Stichprobenumfang. *Feld Wald Wasser/Schweiz. Jagdztg.*, 74/34, 8: 32–37.
- Eiberle, K. und Lanz, A.* (1989). Zur Dispersion des Rehwildverbisses. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 140, 2: 119–138.
- Encke, B. G.* (1986): Zustand der Waldverjüngung als Weiser für die Abschussplanung. Stichprobenverfahren zum Erfassen der Verbisschäden durch Schalenwild in Bayern. *Allg. Forstz.*, 41, 19: 463–465.
- Lanz, A.* (1987): Erhebung der Verbissbelastung im wildkundlichen Versuchsrevier der ETH Zürich. Diplomarbeit Abt. Forstwirtschaft ETH Zürich. 49 Seiten (unveröffentlicht).
- Weber, E.* (1980): *Grundriss der biologischen Statistik*. 8. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart und New York. 652 Seiten.
- Zöhner, F.* (1980): *Forstinventur. Ein Leitfaden für Studium und Praxis*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. 207 Seiten.