

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 145 (1994)
Heft: 8

Artikel: Die Zuwachsschätzung im zweiten Schweizerischen Landesforstinventar
Autor: Köhl, Michael
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-766622>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

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

Die Zuwachsschätzung im zweiten Schweizerischen Landesforstinventar

Von Michael Köhl

FDK 56: 524.6: (494)

1. Einleitung

Bei der Präsentation der Ergebnisse der Erstaufnahme des Schweizerischen Landesforstinventars (LFI) lieferten die unerwartet hohen Werte für den Holzvorrat einigen Stoff für Diskussionen. Dass beim Übergang von Vorratsschätzungen zu Stichprobeninventuren erfahrungsgemäss ein höherer Vorrat resultiert, ist eine unter Inventurmethodikern unbestrittene Tatsache, die auch bei der deutschen Bundeswaldinventur beobachtet werden konnte. Der Hektarvorrat in den Bundesländern Bayern [347 m³/ha] und Baden-Württemberg [361 m³/ha] liegt deutlich über den Schweizer Werten [333 m³/ha].

Vom zweiten LFI sind bezüglich der Vorratsschätzung keine Überraschungen zu erwarten. Anders kann es sich allerdings mit den Zuwachswerten verhalten, die erstmals für die gesamte Schweiz auf der Basis einer Stichprobenerhebung hergeleitet werden können. Dieser Beitrag soll die Methoden der Zuwachsschätzung im zweiten LFI vorstellen und auf die methodischen Probleme hinweisen. Es erfolgt eine Beschränkung auf die Darstellung des Volumenzuwachses, da dieser nach *Kramer* (1988) die wichtigste Grösse zur Leistungskontrolle ist.

2. Definitionen

Die Grundlagen zur Erfassung des Volumenzuwachses durch permanente Beobachtungen wurden von *Gurnaud* (1878) gelegt und von *Biolley* (1921) in der Schweiz eingeführt. Der Volumenzuwachs zwischen zwei Erhebungen wird durch die Gleichung

$$I = V_2 + V_c - V_1 \quad (1)$$

festgelegt, wobei V_2 und V_1 den Vorrat zum zweiten bzw. ersten Zeitpunkt bezeichnen und V_c das Volumen der Nutzungen. Der Nettozuwachs I beinhal-

tet den Einwuchs. *Beers* (1962) erweiterte die Zuwachsgleichung von *Gur-naud*, indem er neben der Nutzung die Zuwachskomponenten Einwuchs und Mortalität berücksichtigt. Unter Einwuchs werden die Bäume verstanden, die zwischen dem ersten und zweiten Inventurzeitpunkt einen Mindestdurchmesser überwachsen. Im LFI ist der Mindestdurchmesser durch die Kluppschwelle von 12 cm festgelegt. Mortalität bezeichnet die Bäume, die zwischen dem ersten und zweiten Inventurzeitpunkt aufgrund natürlicher Ursachen wie Insekten, Alter, Wind, Schnee, Krankheiten oder Konkurrenz abgestorben sind. Gefällte Bäume werden als Nutzung bezeichnet, wobei es unerheblich ist, ob die Bäume im Bestand verbleiben oder aus dem Bestand entfernt werden.

3. Methoden zur Zuwachsschätzung im LFI

Meyer (1953) hat die Beziehungen zwischen den verschiedenen Zuwachsfdefinitionen und Zuwachskomponenten wie folgt charakterisiert:

Bruttozuwachs = Nettozuwachs + Mortalität

Nettozuwachs = Nettozunahme + Nutzung

Nettozunahme = $V_2 - V_1$

Mit den Definitionen von Mortalität, Nutzung und Einwuchs stellte *Beers* (1962) folgende Zuwachsgleichungen auf (siehe auch *Loetsch et al.*, 1972):

$$I_g = V_2 + V_M + V_C - V_I - V_1 = \text{Bruttozuwachs des Anfangsvolumens} \quad (2)$$

$$I_{g+i} = V_2 + V_M + V_C - V_1 = \text{Bruttozuwachs inklusive Einwuchs} \quad (3)$$

$$I = V_2 + V_C - V_I - V_1 = \text{Nettozuwachs des Anfangsvolumens} \quad (4)$$

$$I_{n+i} = V_2 + V_C - V_1 = \text{Nettozuwachs inklusive Einwuchs} \quad (5)$$

$$I_d = V_2 - V_1 = \text{Nettozuwachs} \quad (6)$$

Die Zuwachskomponenten werden wie folgt definiert:

V_1 = Volumen zu Beginn der Periode (Erstaufnahme)

V_2 = Volumen am Ende der Periode (Zweitaufnahme)

V_M = Volumen der Mortalität

V_C = Volumen der Nutzungen

V_I = Volumen des Einwuchses

Die Mortalität wird nur bei der Herleitung des Bruttozuwachses berücksichtigt und fließt bei der Herleitung des Nettozuwachses in die Grösse V_1 ein. Soll die Zuwachskomponente Einwuchs ausgeschlossen werden, muss der Nettozuwachs des Anfangsvolumens bzw. der Bruttozuwachs des Anfangsvolumens hergeleitet werden. Die Terme für den Bruttozuwachs inklusive Einwuchs und den Nettozuwachs inklusive Einwuchs oder kurz Brutto- und Nettozuwachs beinhalten *per definitionem* den Einwuchs. Übersteigen die

Mortalität und die Nutzungen den Zuwachs, kann ein negativer Nettozuwachs folgen. Diese Situation ist bei grossflächigen Epidemien, Sturmschäden, Übernutzung oder während der Umwandlung von Naturwald in Wirtschaftswald zu beobachten.

Die bisherigen Betrachtungen gehen davon aus, dass die einzelnen Komponenten für die beiden Zeitpunkte zusammengefasst werden und zur Herleitung von Werten für Probeflächen oder Befundeinheiten ohne die Bestimmung des Zuwachses der Einzelbäume angewendet werden. Ein anderer Ansatz geht von einer einzelbaumweisen Betrachtung aus. Hier werden die Veränderungen der Einzelbaumvolumen als Eingangsgrössen zur Zuwachsberechnung verwendet. Dieser Ansatz bedingt eine Modifikation der Formeln (2) bis (6). Beers (1962) empfiehlt eine Aufsplittung des Gesamtvolumens zu beiden Inventurzeitpunkten in die jeweiligen Einzelbaumkomponenten. Das Volumen des ersten und zweiten Zeitpunkts setzt sich wie folgt zusammen:

$$V_1 = V_{s1} + V_M + V_C \quad (7)$$

$$V_2 = V_{s2} + V_I \quad (8)$$

mit

V_{s1} = das Volumen der überlebenden Bäume zum Zeitpunkt 1

V_{s2} = das Volumen der überlebenden Bäume zum Zeitpunkt 2

V_M = das Volumen zum Zeitpunkt 1 der Bäume, die zwischen beiden Aufnahmen abgestorben sind

V_C = das Volumen zum Zeitpunkt 1 der Bäume, die zwischen beiden Aufnahmen genutzt wurden

V_I = das Volumen des Einwuchses (zum Zeitpunkt 2)

Der Zuwachs der überlebenden Bäume (*survivor growth*), G_s , folgt nach

$$G_s = V_{s2} - V_{s1} \quad (9)$$

und ist gleich dem Bruttozuwachs des Anfangsvolumens nach Formel (2).

$$\begin{aligned} I_g &= V_2 + V_M + V_C - V_I - V_1 \\ &= (V_{s2} + V_I) + V_M + V_C - V_I - (V_{s1} + V_M + V_C) \\ &= V_{s2} - V_{s1} = G_s \end{aligned}$$

Die anderen Zuwachsgleichungen (3) bis (6) müssen in der gleichen Weise umgeformt werden.

$$\begin{aligned} I_{g+i} &= V_{s2} + V_I + V_M + V_C - V_{s1} - V_M - V_C \\ &= G_s + V_I \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned}
I_{n+i} &= V_{s2} + V_I + V_C - V_{s1} - V_M - V_C \\
&= G_s + V_I - V_M
\end{aligned}
\tag{11}$$

$$\begin{aligned}
I_n &= V_{s2} + V_I + V_C - V_I - V_{s1} - V_M - V_C \\
&= G_s - V_M
\end{aligned}
\tag{12}$$

$$\begin{aligned}
I_d &= V_{s2} + V_I - V_{s1} - V_M - V_C \\
&= G_s + V_I - V_M - V_C
\end{aligned}
\tag{13}$$

Beers (1962) zeigt, dass bei einer konsistenten Beachtung der Zuwachsdefinitionen für beide Ansätze die gleichen Werte resultieren. Eine Zusammenstellung der Formel für die Berechnung über Gesamtvolumen oder Einzelbäume findet sich in *Tabelle 1*.

Tabelle 1. Formeln für die Zuwachsberechnung (nach Beers, 1962).

Zuwachsbezeichnung	Formeln für	
	Gesamtwerte	Einzelbaumwerte
Bruttozuwachs des Anfangsvolumens	$= V_2 + V_M + V_C - V_I - V_1$	$= V_{s2} + V_I + V_M + V_C - V_I - V_{s1} - V_M - V_C$ $= V_{s2} - V_{s1} = G_s$
Bruttozuwachs (inklusive Einwuchs)	$= V_2 + V_M + V_C - V_1$	$= V_{s2} + V_I + V_M + V_C - V_{s1} - V_M - V_C$ $= G_s + V_I$
Nettozuwachs des Anfangsvolumens	$= V_2 + V_C - V_I - V_1$	$= V_{s2} + V_I + V_C - V_I - V_{s1} - V_M - V_C$ $= G_s - V_M$
Nettozuwachs (inklusive Einwuchs)	$= V_2 + V_C - V_1$	$= V_{s2} + V_I + V_C - V_{s1} - V_M - V_C$ $= G_s + V_I - V_M$
Nettozuwachs	$= V_2 - V_1$	$= V_{s2} + V_I - V_{s1} - V_M - V_C$ $= G_s + V_I - V_M - V_C$

Das Volumen der Nutzungen und der Mortalität kann entweder definiert werden als das Volumen zum Zeitpunkt der Nutzung bzw. des Absterbens oder als das Volumen zum Zeitpunkt der ersten Inventur, das heisst das Anfangsvolumen der abgestorbenen oder genutzten Bäume.

Wird der Bruttozuwachs des Anfangsvolumens berechnet, indem für die Mortalität und die Nutzungen das Volumen zum ersten Zeitpunkt berücksichtigt ist, fliesst nur der Zuwachs der überlebenden Bäume (*survivor growth*) in die Zuwachsbestimmung ein. Der Zuwachs zwischen der Erstaufnahme und der Nutzung bzw. dem Absterben wird somit nicht berücksichtigt, woraus eine Unterschätzung des Zuwachses resultiert. Die Unterschätzung kann abhängig von Alter und Länge des Zeitintervalls unterschiedlich stark ausfallen und muss bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden. Die Erfassung des exakten Zeitpunkts der Nutzung oder des Absterbens ist allenfalls bei

intensiven Betriebsinventuren, nicht jedoch bei grossräumigen Nationalinventuren möglich.

Es existieren verschiedene Vorschläge zur Bestimmung des exakten Zeitpunktes der Fällung. Bei einigen Inventuren, zum Beispiel der Schwedischen Reichswaldtaxation (*Hagberg*, 1957) oder der Österreichischen Bundeswaldinventur, wurden sogenannte Stockinventuren zur Ermittlung des Volumens genutzter Bäume durchgeführt. Dazu muss der Bhd der genutzten Bäume aus den Stockdurchmessern abgeleitet werden; das Volumen wird anschliessend zum Beispiel durch Tariffunktionen bestimmt, in die der abgeleitete Bhd als unabhängige Variable einfliesst. Besonders bei grossen Stockdurchmessern ist die Herleitung des Bhd problematisch (*Schmid-Haas*, 1983). Nach *Zöhrer* (1980) «muss davor gewarnt werden, Stöcke einer längeren Einschlagperiode von über einem Jahr bis zu ca. 10 Jahren nach dem Verfallsstadium des Holzes und der Rinde zu beurteilen. Nur der letzte Jahreseinschlag kann hinreichend sicher dem letzten Einschlagsjahr zugeordnet werden.»

Schmid-Haas (1983) empfiehlt Stockinventuren nur zur Schätzung der Nutzung der letzten ein oder zwei Jahre. Da das exakte Fälldatum durch die Stockinventur nicht bestimmbar ist, können Verzerrungen bei der Herleitung der Höhe der Nutzung auftreten. Die Nutzung kann räumlich sehr stark variieren, somit sind tolerierbare Stichprobenfehler nur bei einem relativ hohen Stichprobenumfang realisierbar. Die Herleitung des Fälldatums durch das Auffinden von Weiserjahren an Stöcken und das Auszählen von Jahringen scheidet aus Praktikabilitätsgründen aus.

Eine weitere Alternative ist die Schätzung des Zuwachses der Nutzungen und der Mortalität, indem das halbe Inventurintervall als Fälldatum oder Zeitpunkt des Absterbens gewählt wird (*Schmid-Haas*, 1983). Der Zuwachs wird für diesen Zeitraum geschätzt. Voraussetzung für diese Methode ist die Verfügbarkeit von Wachstumsmodellen oder von Zuwachstarifen.

Die einzelnen Zuwachskomponenten können als eigene Probeflächenattribute behandelt werden. Somit sind die allgemeinen Algorithmen, die für die Auswertung des zweiten LFI angewendet werden und von Köhl (im Druck) beschrieben wurden, anwendbar. Die Zuwachskomponenten können somit auch getrennt für unterschiedliche Aussageeinheiten hergeleitet werden. Eine Übertragung der für den Volumenzuwachs gezeigten Methoden auf andere Zuwachsgrössen, wie Stammzahlveränderungen oder Grundflächenzuwachs, ist möglich.

4. Probleme der Zuwachsschätzung bei Stichprobeninventuren

Die von *Beers* (1962) vorgestellten Zuwachsgleichungen können im zweiten LFI aufgrund mehrerer Punkte nicht direkt angewendet werden.

(1) Durch die Wahl von konzentrischen Probekreisen sind neben den Bäumen, welche die 12-cm-Kluppschwelle überwachsen, die Bäume gesondert zu behandeln, die bei der Erstaufnahme einen Bhd unter 36 cm hatten, bei der Zweitaufnahme aber über diese Schwelle gewachsen sind. Hier besteht ein der Winkelzählprobe analoges Problem. Stehen die betrachteten Bäume auf dem 200-m²-Kreis, liegt eine Beobachtung zum ersten Zeitpunkt vor. Der Baum wird bei der Zweitaufnahme als zum 500-m²-Kreis zugehörig betrachtet, weshalb der Hochrechnungsfaktor geändert werden muss. Bei Bäumen auf dem 500-m²-Kreis ist keine entsprechende Erstaufnahme vorhanden. Werden diese Bäume bei der Zuwachsermittlung ausgelassen, nimmt die Anzahl der Beobachtungen gerade in einem Durchmesserbereich ab, der wesentlich zum Gesamtzuwachs beiträgt. Eine Alternative ist die Anwendung von Zuwachstarifen, die eine Schätzung der Veränderungen erlauben.

(2) Die Anwendung der oben gezeigten Zuwachsformeln ist daher nicht ohne Berücksichtigung der Zeitintervalle zwischen den Aufnahmen möglich. Auch hier können Zuwachstarife die Auswertung erheblich vereinfachen. Bei Folgeinventuren werden die Veränderungen zwischen der Erstaufnahme und der Folgeaufnahme festgestellt. Die Zeitdifferenz zwischen beiden Zeitpunkten sollte für alle Probeflächen konstant sein. Der Zwang, die Feldaufnahmen über mehrere Jahre hinweg durchzuführen und in grossen, zusammenhängenden Gebieten zu konzentrieren, kann dazu führen, dass bei einer unglücklichen Planung der Feldaufnahmen die Zeitabstände auf den einzelnen Proben um mehrere Jahre differieren.

(3) Die Messung des Bhd mit der Kluppe ist zwar annähernd frei von Verzerrungen, hat aber einen relativ hohen Messfehler, der besonders in Beständen mit geringem Zuwachs den Bhd-Zuwachs überschreiten kann. Ist der bei der Zweitaufnahme gemessene Bhd geringer als bei der Erstaufnahme, resultiert ein negativer Einzelbaumzuwachs. Da dieses Problem konzentriert in einzelnen Auswerteeinheiten auftreten wird, kann nicht von einem Ausgleich dieses Fehlers ausgegangen werden. Das Problem der Messfehler bei Kluppen ist bekannt, die Anwendung der Umfangmessung wird daher bei permanenten Erhebungen empfohlen, obwohl hier – bedingt durch das Konvexdefizit – eine systematische Überschätzung des Durchmessers erfolgt (*Matern*, 1956). Werden Zuwachstarife konsequent für alle Bäume des zweiten Zeitpunktes angewendet, können die durch die Kluppenmessung auftretenden Messfehler und Inkonsistenzen bei der Zuwachsschätzung ausgeglichen werden. Ein Übergang zur bei permanenten Erhebungen bewährten Umfangmessung ist damit bereits im zweiten LFI möglich.

(4) Wird das Volumen der Mortalität oder der Nutzungen zum Zeitpunkt der Erstaufnahme bestimmt, wird der Zuwachs bis zum Zeitpunkt des Absterbens oder der Nutzung ignoriert. Diese «stille Reserve» kann aber einen nicht zu vernachlässigenden Anteil am Zuwachs haben. Der Zuwachs zwischen Erstaufnahme und Ausscheiden aus dem Bestand kann über Zuwachstarife

geschätzt werden, wobei als Zeitpunkt des Ausscheidens das halbe Inventurintervall gewählt wird. Im Gegensatz zu den bisher erwähnten Zuwachstarifen muss hier allerdings keine Rückdatierung, sondern eine Prognose des Zuwachses erfolgen.

Die Herleitung der Zuwachstarife kann erst nach Abschluss der Zweitaufnahme erfolgen und wird sich wesentlich auf die Tarifprobestämme abstützen. Die Baumart und Angaben zur Beschreibung der Wuchsbedingungen des Einzelbaums wie zum Beispiel die soziale Stellung müssen bei der Konstruktion der Tarife berücksichtigt werden.

5. Ausblick

Durch das zweite Schweizerische Landesforstinventar wird es erstmals möglich sein, die Zuwachsverhältnisse im gesamten Schweizer Wald auf einer repräsentativen Basis zu beschreiben. Die Ergebnisse der Zuwachsschätzung im LFI werden von bisher existierenden, nicht auf Stichprobenerhebungen basierenden Schätzungen abweichen, sind aber aufgrund der Objektivität der Datenerhebung weitaus zuverlässiger.

Die repräsentative Quantifizierung der Zuwachsverhältnisse wird es ermöglichen, die Ergebnisse von Betriebsinventuren direkt mit den Ergebnissen des LFI zu vergleichen und damit einem allgemeinen Standard gegenüberzustellen.

Die Bedeutung einer repräsentativen und objektiven Zuwachsschätzung für forstpolitische Zwecke ist unbestritten. Darüber sollten allerdings die Möglichkeiten nicht vergessen werden, die sich bei langfristigen Beobachtungen zur Überwachung der Zuwachsleistung des Schweizer Waldes bieten. Im Gegensatz zu räumlich und anzahlmässig begrenzten Erhebungen, wie zum Beispiel auf Dauerbeobachtungsflächen, kann die Zuwachsleistung in einer repräsentativen Weise auf Trends untersucht werden. Allfällige Trends sind damit allgemein übertragbar und können möglichen Umweltveränderungen gegenübergestellt werden.

Verdankung

Ich danke Herrn Dr. Peter Brassel, Leiter der Sektion Landesforstinventar, Herrn Dr. Walter Keller, Leiter der Sektion Vegetationskunde, und Herrn Andreas Zingg, Leiter der Gruppe Bewirtschaftung und Ertrag, für wertvolle Anregungen und die kritische Durchsicht des Manuskripts.

Résumé

L'estimation de l'accroissement réalisée dans le cadre du deuxième inventaire forestier national suisse

Le deuxième inventaire forestier national suisse permettra pour la première fois d'allier la description de l'état de la forêt à un bilan représentatif des modifications qu'elle a subies à l'échelle du pays. D'où l'importance de l'accroissement qui constitue l'une des variables cibles des inventaires répétés. Ce travail présente diverses définitions de l'accroissement et quelques possibilités de l'estimer. Il expose aussi les exigences imposées par la méthode de calcul de l'accroissement adoptée lors de ce deuxième inventaire forestier national.

Traduction: *Monique Dousse*

Literatur

- Beers, T. W., 1962: Components of forest growth, *J. For.* 60 (4): 245–248.
- Biolley, H. E., 1921: L'aménagement des forêts par la méthode expérimentale et spécialement la méthode du contrôle, Paris, Neuchâtel, 90 S.
- Gurnaud, A., 1878: Cahier d'aménagement pour l'application de la méthode par contenance exposée sur la forêt des Eperous, Paris, 160 S.
- Hagberg, N., 1957: The Swedish National Forest Survey, *Unasylva*, 11 (1): 3–8.
- Köhl, M. (im Druck): Statistisches Design für das zweite Schweizer Landesforstinventar: Ein Folgeinventurkonzept unter Verwendung von Luftbildern und terrestrischen Aufnahmen, Mitt. der Eidg. Anst. Wald, Schnee, Landsch.
- Kramer, H., 1988: Waldwachstumslehre, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 374 S.
- Loetsch, F., Zöhrer, F., Haller, K. E., 1972: Forest Inventory, Vol. II, BLV Verlagsanstalt, München, Bern, Wien, 469 p.
- Matern, B., 1956: On the geometry of the cross-section of a stem, *Medd. Stat. Skogsforskn. Inst.*, 46 (11), 28 pp.
- Meyer, H. A., 1953: Forest Mensuration, Penns Valley Publishers Inc., State College, PA, 357 p.
- Schmid-Haas, P., 1983: Information on Drain by Forest Inventories, in: Forest Inventories for Improved Management, Helsingin Yliopiston Metsänarvioimistieteen Laitos, Tiedonantoja no. 17: 50–61.
- Zöhrer, F., 1980: Forstinventur, Paul Parey, Hamburg, 207 S.

Verfasser: PD Dr. Michael Köhl, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Sektion Landesforstinventar, CH-8903 Birmensdorf.