

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

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 135 (1984)

**Heft:** 1

**Artikel:** Zur Ermittlung des Schaftholzvolumens im Rahmen von Waldinventuren

**Autor:** Rhody, Bruno / Gehrts, Eike

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-766758>

### **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:** 02.02.2025

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

# Zur Ermittlung des Schaftholzvolumens im Rahmen von Waldinventuren

## Ein Vorschlag zur verwendungsangepassten Voluminierung am stehenden Holz

Von *Bruno Rhody*, Hamburg und *Eike Gehrts*, Mölln

Oxf.: 524.1:524.6

### 1. Einleitung

Wenn die Problematik der Ermittlung des Schaftholzvolumens behandelt wird, so beruht das darauf, dass bei der Holzmessung bisher die Bestimmung des Derbholz-, Baumholz- und konventionellen Schaftholzvolumens im Vordergrund stand und nunmehr die verwendungsangepasste Voluminierung am stehenden Holz auch hinsichtlich der funktionalen Definition und Diversifikation beim Nadel- und Laubholz einer neuen Betrachtung unterstellt wird.

Das konventionelle Schaftholzvolumen wird in der forstlichen Biometrie als ein formverschiedener Rotationskörper von der Stockhöhe bis zur höchsten Stelle der Krone (*Pollanschütz 1976*) bis zur Endknospe (*Assmann 1961*), bis zum Gipfel (*Prodan 1965*), bis zum kleinstmöglichen Zopf (*Assmann 1965*) bezeichnet.

Auf die Bedeutung des eigentlichen Schaftholzvolumens wurde bereits sehr früh (*Hohenadl 1922/1923*) hingewiesen, und die Einführung des Schaftholzvolumens an Stelle des sonst üblichen Derbholzvolumens gefordert. Die Derbholzgrenze wird als ein «willkürliches, aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten gewähltes Mass» (*Engstler 1965*) angesehen.

Tatsächlich hat die Derbholzgrenze heute überhaupt keine wirtschaftliche Bedeutung mehr, da zum Beispiel bei schwachem Nadel-Industrieholz oftmals 3 bis 5 cm Zopfdurchmesser, dagegen beim Laubholz meist nur Stammholz bis zum Kronenansatz angenommen wird, wobei der Zopfdurchmesser über 20 cm liegen kann. Schwächeres Holz, auch Äste und Teile des Kronenschaftholzes (beim Nadelholz), die nicht für die industriellen Verfahren der Holzverwertung geeignet sind, können heutzutage aufgrund der

ständig steigenden Kosten der Energieerzeugung aus fossilen Energieträgern wieder als regenerative Energiequelle nutzbar gemacht werden.

Dies gilt vor allem in ländlichen Gebieten mit hohem Waldflächenanteil, entweder direkt durch Verbrennung, oder für industrienaher Gebiete für die Holzkohlerzeugung und Vergasung oder durch Verwandlung zu höherwertigen Energieträgern, wie Alkohole und Treibstoffe.

Aus ertragskundlicher Sicht liegt die Bedeutung des wirtschaftlich nutzbaren Schaftholzvolumens darin, dass der Schaft das Hauptgewicht der Produktion trägt und dem Holzvorrat gegenüber Schäden wie Wind, Schneebruch und Umgebungseinwirkungen Stabilität verleiht. In mittelalten und alten Beständen enthält der Schaft sicher mehr als 90 % des Wertes und 70 % des wirtschaftlich nutzbaren Volumens und weist 60 bis 80 % der Bestandeshöhe auf. Sortierung und Nutzung werden von der Form und Stärke des Schaftes massgeblich bestimmt. Zuwachs-, Qualitäts- und Wertleistungen des Waldes erhalten durch die Dimension des Baumschaftes eine grosse wirtschaftliche Bedeutung.

## 2. Definition des Schaftholzvolumens

Das konventionelle Schaftholzvolumen kann allenfalls für Nadelhölzer bis zum kleinstmöglichen Zopf gelten, die durchgehende Schäfte beim Aufwachsen in geschlossenem Bestand bilden, nicht hingegen für das Laubholz. Astholz sollte jedoch in keinem Fall in das Schaftholz einbezogen werden, auch nicht bei den Nadelhölzern, die grössere Anteile an Astholz aufweisen (zum Beispiel Kiefer).

Stammschaftholz und Kronenschaftholz zusammen ergeben das «Schaftholz» nach herkömmlicher Definition (Prodan 1965, Assmann 1965 und Bergel 1973).

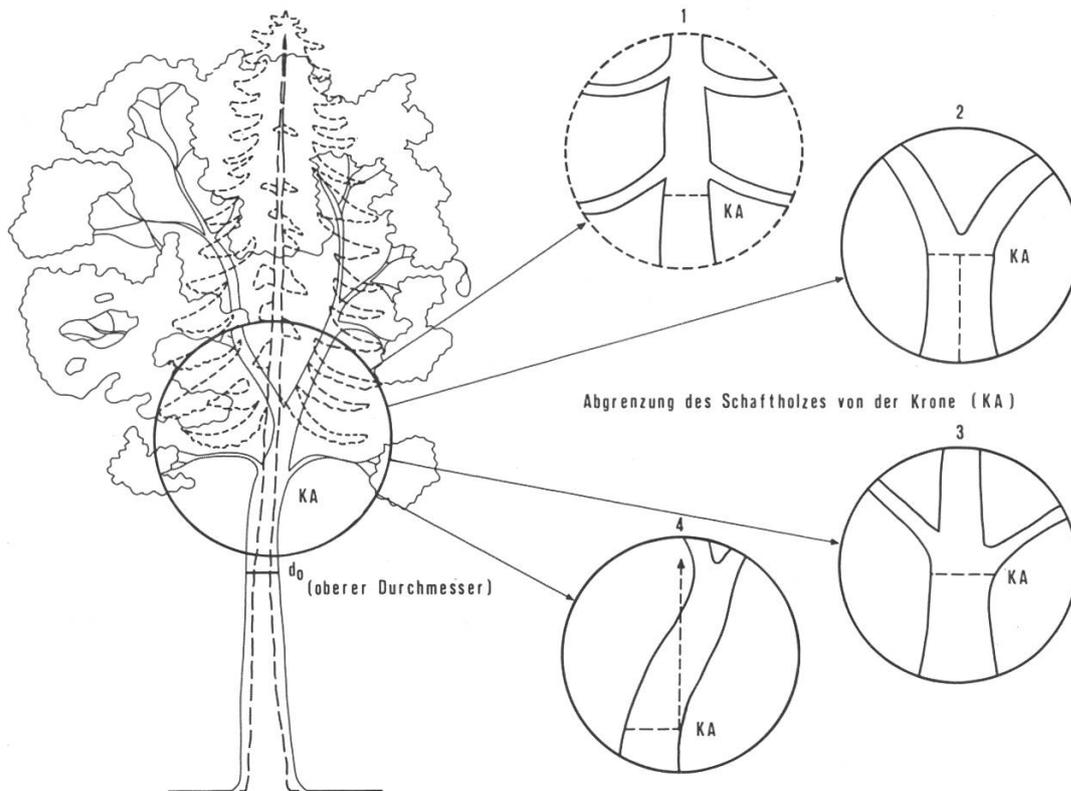
In den eigentlichen Schaft sollte beim Laubholz jedoch kein Astholz einbezogen werden, weil es aufgrund von Krümmungen, Bildung von Reaktionsgeweben usw. nicht mehr den qualitativen und technologischen Ansprüchen an das Schaftholz genügt (Mayer-Wegelin 1953/1954).

Für Laubhölzer und laubholzähnliche Nadelhölzer wird deshalb folgende Definition des Schaftholzes empfohlen, wie sie auch den Volumenerhebungen in den Tropen von Haller (1969), von Loetsch und Zöhrer (1973) und Brünig (1971) entspricht:

«Bei Laubhölzern und Nadelhölzern mit laubholzähnlichem Habitus ist das Schaftholz das Volumen des durchgehenden Schaftes vom Boden bis zum Kronenansatz.»

Der vorliegenden Abgrenzung des Schaftholzvolumens liegen folgende Kriterien zugrunde:

- Verzweigung im Kronenansatz: Die Abgrenzung des Schaftes gegenüber der Krone wird dann vorgenommen, wenn ein Seitenast, der kein Klebast sein darf, einen Mindestdurchmesser von  $1/2$  des Stammdurchmessers an der Verzweigungsstelle erreicht; vergleiche *Abbildung 1.1*. Dies gilt fernerhin für hoch ansetzende Zwiesel; vergleiche *Abbildung 1.2*.



*Abbildung 1.* Abgrenzung des Stamm-Schaftholzes von der Krone (Kronenansatz) beim Nadel- (gestrichelte Linie) und beim Laubholz (ausgezogene Linie). Vergleiche Text.

- Bei drei- und mehrfacher Verzweigung: die Abgrenzung zwischen Schaft und Krone ist dann vorzunehmen, wenn einer der Seitenäste mindestens  $1/3$  des Stammdurchmessers unterhalb der Verzweigungsstelle erreicht; vergleiche *Abbildung 1.3*.
- Bei Krümmungen im Bereich des Kronenansatzes: gemäss obiger Definition ist das Schaftende unterhalb der Krümmungsstelle anzusetzen, wenn die vertikale Projektion der Stammachse nach oben an irgendeiner Stelle im Krümmungsbereich vollständig ausserhalb des richtungsgleichen Schaftverlaufs liegt (*Abbildung 1.4*).
- Späteste Abgrenzung zwischen Schaft und Krone: sie ist dann vorzunehmen, wenn die Schaftdurchmesser unter  $1/3$  des oberen Stammdurchmesser (gemessen in 5, 6 oder 7 m Höhe in Abhängigkeit von der Bestandeshöhe) absinkt.

Wenn man von der Begründung der Abgrenzung des Schaftholzes ausgeht, dass beim Minimaldurchmesser im Bereich des Kronensatzes die

Gewähr für eine hochwertige Holzverwendung nicht mehr gegeben ist, so ergibt sich für die Stamm-Schaftholzabgrenzung ein Unterschied zur Festsetzung des Minimumdurchmessers beim Nadelholz, da sich hier bei Nadelholzbaumarten mit laubholzähnlichem Habitus die Durchmesserabnahme stärker auf die Verwertbarkeit auswirkt als bei Nadelhölzern mit durchgehenden Schäften. Durch die hier vorgeschlagene Abgrenzung ist vor allem eine klare Unterscheidung in geringwertige und hochwertige Holzsortimente möglich, die mit relativ einfachen Messmethoden am stehenden Stamm vorgenommen werden kann, wie sie zum Beispiel für die Holzsortimentsbestimmung am stehenden Stamm von *Roiko-Jokela* (1976) für Fichte vorgeschlagen wird. Unter diesem Aspekt sollte, obwohl bei vorliegender Untersuchung auch eine obere Durchmesser messung mit variabler Höhe durchgeführt wurde, die Messung des oberen Stammdurchmessers in fixer Höhe empfohlen werden.

### **3. Inventurtechnische Aspekte bei der Ermittlung des Schaftholzes**

Da die Ermittlung einer Schaftholzvolumenfunktion für flächenbezogene Befundeinheiten gleicher beziehungsweise ähnlicher Bestandesstruktur repräsentativ erfolgen muss, ist die Messung der Parameter an ausgewählten Probebäumen auf Stichproben im Rahmen von Intensiv- und Grossrauminventuren durchzuführen. Die Stichproben sollten nach mathematisch-statistischen Methoden bei Beachtung einer hohen Wirtschaftlichkeit, Objektivität der Messung und erforderlicher Genauigkeit erhoben werden.

Eine Hilfe für die Auswahl der Stichproben und Probebäume sowie deren flächenbezogener Zuordnung zu Vorratsstraten stellen grossmassstäbige Luftphotographien mit fixer Aufnahmebasis dar, die aus geringer Flughöhe über Grund von Helikoptern oder leichten Flächenflugzeugen aufgenommen werden (*Rhody* 1977; 1982). Durch eine Streifenbefliegung können für die Herleitung der Volumenfunktion repräsentative Straten interpretiert und kartiert werden und auch Einzelbaumparameter photogrammetrisch hergeleitet werden.

Die Messung der Parameter für die regressionsanalytische Herleitung der Volumenfunktion braucht bei der Erstinventur nur bis zu der Anzahl von Probebaummessungen durchgeführt zu werden, die eine gesicherte Herleitung der Volumenfunktion für alle im Inventurgebiet vorkommenden nach Schlussgrad, baumartenspezifischer Mischung und Entwicklungsstufen klassifizierten Befundeinheiten erlaubt. Hierbei sollten zur Adjustierung der Volumenfunktion sowohl sektionsweise Kubierungen an stehenden Probebäumen wie auch Messungen an liegenden Stämmen zum Beispiel auf zurzeit der Inventur in der Umgebung der Stichprobepunkte durchgeführten Schlä-

gen vorgenommen werden. Nach Absicherung der Volumenfunktion kann bei allen weiteren Messungen eine drastische Reduktion der Messung auf unbedingt notwendige Parameter, zum Beispiel eines oberen Durchmessers in 5 m, 6 m oder 7 m Höhe, und die Schafthöhe erfolgen. Dadurch wird der zu Beginn der Inventur erforderliche Mehraufwand kompensiert.

Um Daten für die Entwicklung von dynamischen Modellen zu erhalten, sind die Messungen der Parameter periodisch auf permanenten Stichproben zu wiederholen. Zu diesem Zweck werden die Stichprobenzentren fix angelegt, das heisst mit einem bis unter den Boden eingeschlagenen kurzen Rundeisen oder Rohrabschnitt unsichtbar, aber dauerhaft fixiert. Sie können bei der Wiedermessung grob mit Kompassrichtung und Schrittmaß angegangen, und das Zentrum kann mit einem Metalldetektor aufgefunden werden. Die Probebäume sollten vom Zentrum aus mittels Polarwinkeln (Azimut) und Distanzmessung festgelegt werden.

#### 4. Messverfahren

Als Messverfahren für die Ermittlung der Messparameter zur Schaftholzbestimmung stehen unterschiedliche Methoden und Geräte zur Verfügung. An die Eignung dieser Verfahren und Messgeräte sind besondere Anforder-

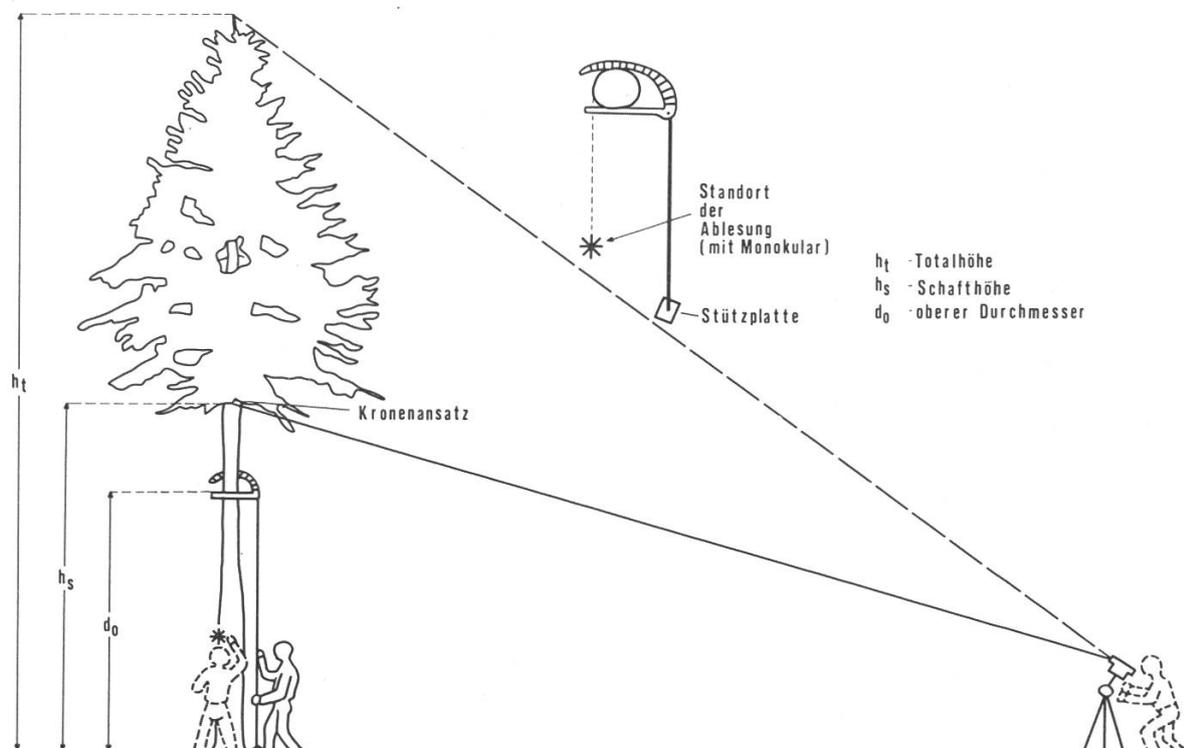


Abbildung 2. Probebaumauswahl und Messung der Parameter für die Bestimmung des Schaftholzvolumens (mit Teleskop und Parabolkluppe).

rungen hinsichtlich ihrer Genauigkeit sowie des Personal- und Zeitaufwandes für die Probebaummessungen zu stellen. Bei grundlegender Untersuchung kann deren Eignung für spätere Einsätze bei Waldinventuren erhalten werden.

Zu unterscheiden sind Verfahren und Geräte, die aus variablen Entfernungen zum Probebaum auf optischem Wege relative Messwerte und solche, die in fixer Höhe und direktem Messkontakt absolute Messwerte ergeben. Vergleiche *Abbildung 2*.

Unter Messgeräten, die in direktem Kontakt arbeiten, werden die Kluppen zur Messung eines oberen Durchmessers in fixer Entfernung vom Boden verstanden. Diese Geräte sind angezeigt, wenn hohe Genauigkeitsanforderungen zu stellen sind.

Die Parabolkluppe (vergleiche *Abbildung 2* oben rechts) wird auf einem zerlegbaren Aluminiumrohr montiert, das aus je zwei Teilen von 2,5 m und 1 m Länge besteht. Auf diese Weise können Durchmesser in zum Beispiel 5, 6 und 7 m Höhe in Abhängigkeit von der Bestandeshöhe gemessen werden. Die Stangenhöhe dient dabei als Messparameter für Höhenbestimmungen. Beim Vorhandensein starker Durchmesser der Probebäume lässt sich die Parabolkluppe auswechseln oder mit Verlängerungselementen erweitern. Zur Verbesserung der Ablesegenauigkeit auf mindestens 0,5 cm dient ein monokulares Fernglas mit 4facher Vergrößerung, das zur Vermeidung von paralaktischen Fehlern in einem seitlichen Abstand zur Stange gehalten wird, der dem oberen Durchmesser entspricht. Das Gewicht der Parabolkluppe beträgt insgesamt 5 bis 6 kg.

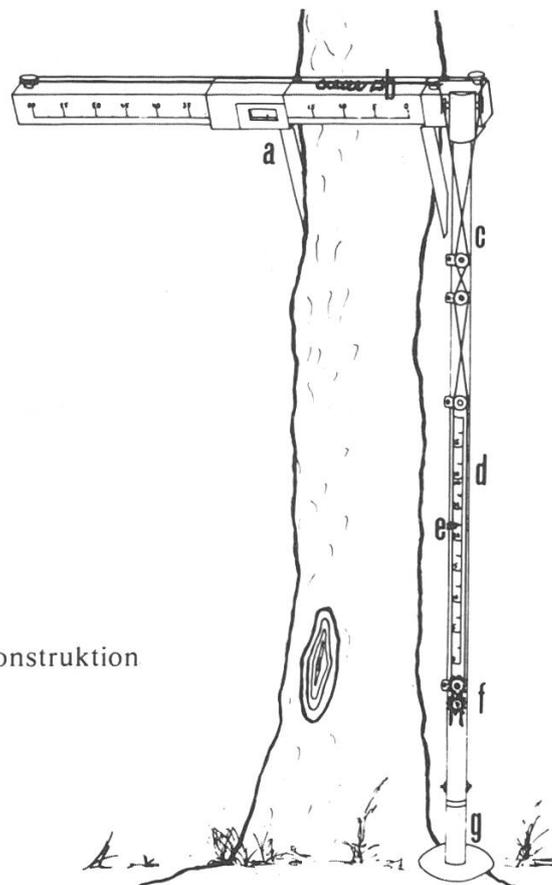
Das für die Ablesung der Parabolkluppe verwendete Monokular kann auch zur Ansprache der Kriterien zur Abgrenzung des Schaftes von der Krone, ebenso wie das Relaskop von Bitterlich, benutzt werden (vergleiche *Abbildung 1*). Mit einer in die optische Ebene eingravierten Messteilung lässt sich ausserdem eine Abgrenzung des Schaftdurchmessers am Kronenansatz in Relation zum oberen Durchmesser, zum Beispiel  $d_7$ , im Proportionalteilungsverfahren vornehmen.

Eine Verbesserung der Messmethodik oberer Schaftdurchmesser lässt sich durch eine von Rhody entwickelte Schaftkluppe erreichen. *Abbildung 3* zeigt einen in technischer Verbesserung befindlichen Prototyp einer solchen Kluppe. Die Aluminium-Haltestange kann durch Rohransätze den unterschiedlichen Messhöhen oberer Durchmesser angepasst werden. Die Ablesung erfolgt in Sichthöhe an einem Messskalenzeiger, der an einem über Rollen geführten dünnen Drahtseilzug am unteren Rohrende befestigt ist. Dieser Anzeiger ist für jede Messhöhe adjustierbar.

Zur Messung von Baumparametern mit variabler Höhe über dem Boden eignen sich das Relaskop besonders gut (Bitterlich 1972 a, b; 1974). Mit dem Relaskop nach Bitterlich kann ebenfalls die Auswahl der Probebäume in variablen oder fixen Probeflächen proportional zu ihrer Kreisfläche erfolgen.



Abbildung 3.  
 Kluppe zur Messung  
 oberer Stammdurch-  
 messer in 3 m, 5 m, 6 m  
 und 7 m Höhe  
 (Nach Rhody).



Unten: schematische Darstellung der Konstruktion

- a) Kluppe
- b) Spannfeder
- c) Drahtseilzug
- d) Ableseskala in 1,5 m Höhe
- e) Anzeiger im mm-Bereich
- f) Kupplung für Verlängerung
- g) Steckfuss mit Aufsetzscheibe

Mit dem Telerelaskop werden bei der Bestimmung des nutzbaren Schaft-holzvolumens folgende Messungen ausgeführt:

- Messung der Schafthöhe  $H_S$  (Kronenansatz) und der Baumhöhe  $H_t$  (Totalhöhe).
- Messung oberer Stammdurchmesser  $d_0$  und des Brusthöhendurchmessers  $d_{1,3}$ .

Auf der Basis der Relaskopdaten kann eine:

- Einzelstammkubierung mit Sektionen gleicher Länge, oder
- Einzelstammkubierung mit Sektionen gleicher relativer Länge proportional zur Kreisfläche auf Relaskopprobeflächen oder auf Probeflächen mit fixem Radius durchgeführt werden.

Für eine PPS (probability proportional to size)-Auswahl auf Probeflächen eignet sich ein Kleinrechner mit entsprechenden Programmen.

Die Vorteile der Telerelaskopie liegen vor allem in der Probebaumauswahl nach der Grenzwinkelmethode, in der Möglichkeit der Messung sonst nicht zugänglicher höher gelegener Messparameter, zum Beispiel oberer Durchmesser in relativer Länge zur Gesamthöhe des Probebaumes.

Die Nachteile der optischen Messung mit dem Telerelaskop bestehen in der Möglichkeit systematischer Fehler der Durchmesser- und Höhenbestimmung an in Messrichtung geneigten Stämmen und durch den Überstrahlungseffekt bei starkem Lichtwechsel zwischen Messobjekt und Hintergrund. In dichten Beständen tritt ausserdem die Schwierigkeit auf, mit vertretbarem Zeitaufwand einen Messpunkt zu finden, der die obigen Fehlerrisiken mindert oder ausschliesst und ausserdem frei von Sichtbehinderungen durch Stammteile, Äste und Belaubung ist.

Das optische Messverfahren in variabler Höhe über dem Boden zeigt allerdings systematische negative Abweichungen gegenüber Kontaktmessungen mit fixer Höhe. *Sterba* (1976) gibt eine systematische Abweichung der Messung des Brusthöhendurchmessers mit dem Telerelaskop von minus 4 mm im Vergleich zur Kluppe an, der durch vorliegende Untersuchungen bestätigt wird. Bei einem Probebaumabstand zwischen 12 und 15 m liegt das Fehlerminimum für die Messung des Brusthöhendurchmessers in diesem Bereich. Messfehler oberer Stammdurchmesserbestimmungen lassen sich natürlich durch eine Regressionsanalyse mittels Liegendmessung ausgleichen.

Ein wesentliches Problem der Messverfahren zur Volumenschätzung ist, dass nur Vorratsfestmeter mit Rinde erhoben werden. Zur Ermittlung des Volumens ohne Rinde sollten daher Rindenabzüge regressionsanalytisch hergeleitet werden.

## 5. Ermittlung der Schaftholzformzahl zur Bestimmung des Schaftholzvolumens

Die Ableitung der Schaftholzformzahlfunktion auf Probeflächen dient als notwendiger Vorlauf für die eigentliche Waldinventur bei der dann mit den hier beschriebenen Kontaktmessverfahren gearbeitet werden kann. Im Rahmen der Waldinventurmessungen ist dann die Gültigkeit der Schaftholzformzahlfunktion für das gesamte Inventurgebiet nach Befundeinheiten zu verifizieren und im Rückkoppelungseffekt notwendigenfalls zu diversifizieren.

Ist das für das gesamte Inventurgebiet erfolgt, so kann die Schaftholzformzahlfunktion auch bei Folgeinventuren zur Ermittlung des Schaftholzvolumens herangezogen werden, wodurch gleichzeitig Informationen über den Zuwachs und die Bestandesentwicklung gewonnen werden.

Die Schaftholzformzahl kann, wie aus früheren Untersuchungen von Hohenadel (1922/1923), nach Prodan (1951) und vorliegenden Versuchen hervorgeht, mit einer vergleichsweise geringen Anzahl sektionsweiser Messungen am stehenden oder liegenden Stamm abgeleitet werden.

Das Schaftholzvolumen lässt sich durch Stammkubierung nach fünf Sektionen gleicher Länge ermitteln; Engstler (1955). Diese Verfahren bringen jedoch insbesondere bei der Bestimmung des Schaftholzvolumens am stehenden Stamm einen hohen Messaufwand mit sich, wobei die Anwendung in der Praxis eingeschränkt wird. Um den Messaufwand gering zu halten, sollte die Ermittlung des Schaftholzvolumens zweckmässigerweise als Basiswert den Brusthöhendurchmesser  $d_{1,3}$  und nach Pollanschütz (1965) einen oberen Durchmesser in 0,3 der Totalhöhe des Probebaumes verwenden.

Die Formel lautet: 
$$f_s = b_0 + b_1 \cdot \frac{d_{0,3h}}{d_{1,3}} + b_2 \cdot \frac{h}{d_{1,3}}$$

Hierin bedeuten:

- $f_s$  = Schaftholzformzahl bezogen auf den Brusthöhendurchmesser
- $b_0, b_1, b_2$  = Regressionskoeffizienten
- $d_{0,3h}$  = Durchmesser in 0,3 der Baumhöhe
- $d_{1,3}$  = Brusthöhendurchmesser
- $h$  = Baumhöhe

Der Brusthöhendurchmesser ist allerdings, wie seit langem bekannt, ein unzuverlässiger Messparameter, der zu Ungenauigkeiten der Ableitung des Holzvolumens unter Verwendung von gemittelten Höhen und Formzahlen führt.

Die Nachteile des Brusthöhendurchmessers in 1,3 m:

- Problematische Messung des Durchmessers beim Vorliegen von Wurzelanläufen, insbesondere in den Tropen sowie bei Verformung durch innere und äussere Schäden.

- Keine Aussage über eine Sortimentsgliederung und die Qualitätsbewertung der Stämme.
- Nicht ausreichende Repräsentation für die regressionsanalytische Herleitung des Holzvolumens.

Gegenüber der Messung eines oberen Durchmessers in relativer Länge zur Baumhöhe hat die Messung oberer Durchmesser in fixer Höhe Vorteile, wenn:

- das Volumen unterschiedlicher baumartenspezifischer Schaftformen bei Laubholzbestockungen mit grossem Kronenvolumen und Nadelhölzern mit unterschiedlichem Habitus hergeleitet wird;
- die Zuwachsermittlung im Rahmen permanenter Inventuren an durch Polarkoordinaten eingemessenen Probebäumen mit Berücksichtigung des Einwuchses und der Nutzung erfolgt.

Obere Durchmesser in fixer Höhe zur Volumenermittlung stehender Probebäume verwenden *Schmid et al. (1971)* bei einem optimalen Messbereich zwischen 5 und 9 m Höhe. Messungen in Höhen über 9 m am Stamm führen zu ungenauen Ablesungen und sind auch wegen des hohen Messaufwandes nicht mehr vertretbar.

Die Volumenermittlung auf der Basis der Messung eines oberen Durchmessers in fixer Höhe am stehenden Stamm, zum Beispiel in 7 m Höhe, mit der Parabolkluppe ergibt gute Resultate; wie auch *Schmid et al. (1971)* feststellen: «The Finnish caliper is such a favourable measuring instrument that even the combination without height measurement turned out well.» Hier-nach wird die Messung eines oberen Durchmessers am stehenden Stamm in fixer Höhe als ausreichend angesehen, so dass bei der Zweitmessung gegebenenfalls auf eine Bestimmung der Baumhöhe verzichtet werden kann.

Die Ableitung der Schaftholz-Volumenfunktion ergibt sich wie folgt (*Gehrts 1978*):  $v_s = f(d_o, d_{hs}, h_s)$

Hierin bedeuten: (Vergleiche *Abbildung 2*)

$d_o$  = oberer Stammdurchmesser in fixer Höhe angepasst an die Bestandesstruktur (Stangenholz, Baumholz, Altholz) und an die Bestandeshöhe gemessen in 5, 6 und 7 m am Stamm.

$d_{hs}$  = Durchmesser am Schaftholzende (Kronenansatz).

$h_s$  = Stammschafthöhe vom Boden bis zum Schaftende beziehungsweise bis zum Beginn des Kronenansatzes.

Mit diesen Messparametern ergibt sich folgende, allgemeine Form für die Schaftholzformzahlfunktion, in Anlehnung an die von *Pollanschütz* benützte Formzahlfunktion:

$$f_s = b_0 + b_1 \cdot \frac{d_{hs}}{d_o} + b_2 \cdot h_s$$

Hierin bedeuten:

$f_s$  = Schaftholzformzahl

$b_0, b_1, b_2$  = Regressionskoeffizienten

$d_{hs}$  = Durchmesser am Schaftholzenende (Kronenansatz)

$d_o$  = oberer Durchmesser (in 5, 6 oder 7 m Höhe)

$h_s$  = Schafthöhe

In einem früheren Versuch der Autoren wird eine solche Schaftholzformzahlfunktion für einen Laubholztaltbestand ermittelt, wobei in diesem Fall noch als Basiswert der Brusthöhendurchmesser benutzt wird. Der obere Durchmesser wird jedoch in 7 m Höhe gemessen. Nach dem Test verschiedener Kombinationen von Variablen ergibt sich folgende Schaftholzformzahlfunktion:

$$f_s = 0,068316 + 0,96608 \frac{d_7}{d_{1,3}} - 0,010666 h_s$$

Das multiple Bestimmtheitsmass, das sich hier auf einen 64 ha grossen Laubholztaltbestand bezieht liegt bei  $B = 0,643$ , ( $r = 0,802$ ). Für einen begrenzten Bereich auf unter 60 cm Brusthöhendurchmesser (bei Buche) verbessert sich das Bestimmtheitsmass auf  $B = 0,803$  ( $r = 0,896$ ).

Anzahl und Verteilung der Probebäume, an denen das «wahre» Volumen zu ermitteln ist, richten sich nach den bestandesstrukturellen, klimatischen und geographischen Befundeinheiten. Soll die Formzahlfunktion Gültigkeit für bestandesstrukturell, geographisch-klimatisch unterschiedliche Regionen haben, so ist die Grundgesamtheit für die Bestimmung des «wahren» Volumens entsprechend der Diversität des zu repräsentierenden Datenmaterials zu vergrössern.

Die Kubierung erfolgt entweder in Sektionen gleicher absoluter Länge oder in stets gleichbleibenden Sektionen relativer Länge. Letzteres Messverfahren hat den Vorteil, dass der Aufwand an allen Probenbäumen in etwa gleich ist. Eine Kubierung in fixer Höhe, zum Beispiel in 2 m Intervallen, würde allerdings die Genauigkeit der Volumenermittlung etwas erhöhen. Die für die Schaftholzkubierung gewählte Befundeinheit sollte möglichst gut mit dem späteren Anwendungsbereich der Schaftholzformzahlfunktion übereinstimmen. Das ist der Fall, wenn repräsentative Stichproben ausgewählt werden, wobei zerstörungsfreie Stichproben vorzuziehen sind.

Es erscheint sinnvoller, die Probebaummessungen auf die Ableitung des Schaftholzvolumens aus Messparametern am Schaft zu konzentrieren und daraus regressionsanalytisch das Baumholzvolumen (Baumbiomasse) zu bestimmen, als umgekehrt zu verfahren. Dann ist auch die praktizierte, äusserst genaue Durchmesserbestimmung im Millimeter-Bereich gerechtfertigt.

## 6. Schlussbetrachtung

Da das Schaftholzvolumen für flächenbezogene Bestände repräsentativ sein sollte, sind die Erhebungen der Parameter für die Schaftholzfunktion an durch Polarwinkel und Distanz zum Zentrum eingemessenen Probestämmen durchzuführen. Diese Messbedingung erfüllen nach mathematisch-statistischen Methoden in einem Koordinatenraster angeordnete und mit Eisenrohr unsichtbar markierte permanente Stichproben, wie sie für Waldinventuren üblich sind. Auf diese Weise können durch periodische Wiederholung der Messung Daten für die Entwicklung eines dynamischen Modells erhalten werden.

Für die Schätzung der Schaftholzvolumenfunktion wird eine Mehrpunkt-methode angewandt, die sich schliesslich auf die Messung der Schaftholzlänge und eines oberen Durchmessers in 5 m, 6 m oder 7 m in Abhängigkeit von der Bestandeshöhe reduziert. Hierzu dient eine vom Autor entwickelte Kluppe für obere Durchmesser. Aus der Schaftholzvolumenfunktion kann die Rest-Biomasse des Baumes abgeleitet werden. Es ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei der dargestellten Methode zur Schaftholzvolumenermittlung um eine problemorientierte Leituntersuchung an einem Laubholz-Altbestand handelt, die sich in Anbetracht der guten Korrelation zwischen dem Schaftvolumen und dem oberen Durchmesser auf ein grösseres Spektrum von Baumarten und regionale Einheiten erstrecken sollte.

## Résumé

### Estimation du volume du tronc lors des inventaires forestiers

Dans l'aménagement forestier traditionnel, on estime généralement, pour calculer le matériel, l'accroissement et la possibilité, le volume de tout le bois dépassant un diamètre minimum (par exemple, 7 cm) à l'aide de tables ou de graphiques. Dans le présent travail en revanche, considérant que le tronc représente en qualité et en valeur le bois utilisable, c'est le volume du tronc que l'on cherche à déterminer.

L'établissement de fonctions d'évaluation du volume des troncs par peuplement se fonde sur les mesures d'arbres-échantillons faites lors de l'inventaire forestier. On mesure toutefois en plus le diamètre des troncs à 5, 6 ou 7 mètres de hauteur, selon la structure du peuplement. Pour ce faire, des instruments optiques et mécaniques sont employés, en particulier un compas forestier monté sur perche que l'auteur a mis au point.

La fonction d'évaluation du volume des troncs peut aussi être utilisée pour estimer le volume du reste de la biomasse (houppiers, branches).

Un programme de recherches préliminaires a été réalisé dans un vieux peuplement feuillu. Les résultats obtenus ont fait apparaître une bonne corrélation entre le diamètre supérieur du tronc et son volume et encouragent donc à poursuivre les recherches.

Traduction: *Vivien Pleines*

### Literatur

Verwendete Abkürzungen:

- AFZ Wien = Allgemeine Forstzeitung, Wien
- AFJZ = Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, Frankfurt/Main
- FA = Forstarchiv, Hannover
- FwCbl = Forstwissenschaftliches Centralblatt, München
- HZ = Holz-Zentralblatt, Stuttgart

*Assmann, E.* (1961): Waldertragskunde, 490 S., BLV, München/Bonn/Wien.

– (1965): Vorläufige Fichten-Ertragstafel für Bayern. Autorenreferat. Forstwiss. Centralbl. 84: 13–43.

*Bergel, D.* (1973a): Formzahluntersuchungen an Buche, Fichte, europäischer und japanischer Lärche zur Erstellung von Massentafeln, AFJZ, 144, 5/6: 117–124.

– (1973b): Massentafeln für Nordwestdeutschland I: Buche, Fichte, europäische und japanische Lärche, Douglasie, Niedersächs. Forstl. Versuchsanstalt, Göttingen, 38 S.

*Bitterlich, W.* (1972a): Theoretische Grundgedanken um die Winkelzählprobe, AFZ, Wien, 83, 1: 7–8.

– (1972b): Das Telerelaskop. AFZ Wien, 83, 6: 138–139.

– (1974): Stammkubierung mit dem Telerelaskop, AFZ Wien, 85, 6: 135–139.

*Brünig, E. F.* (1971): Forstliche Produktionslehre, 318 S., Lang Bern und Frankfurt/Main.

*Engstler, F.* (1955): Abweichung und Berichtigung der Einzelstamm- und Bestandesmessung nach Verfahren «Hohenadl» gegenüber der Massenermittlung in 2-m-Sektionen, Mitt. der Württ. Forstl. Versuchsanstalt, Bd. XII, Heft 1, 43 S., Stuttgart.

- Gehrts, E.* (1978): Ermittlung des Schaftholzvolumens nach mechanischem und optischem Verfahren in einem Buchenaltbestand, Diplomarbeit, 36 & III S., Ordinariat für Weltforstwirtschaft, Universität Hamburg.
- Haller, K. E.* (1969): The determination of the variable round wood potential from measurable inventory data, as a new way of quality assessment in tropical forest inventories, demonstrated on the species *Shorea albida*, posthum zusammengest. von F. Loetsch und F. Zöhner, in: Mitt. der Bundesforschungsanstalt f. Forst- und Holzwirtschaft, Reinbek, 74: 95–141.
- Hohenadl, W.* (1922/1923): Neue Grundlagen der Holzmessung. Forstw. Centralblatt 1922/1923.
- Loetsch, F.* und *Zöhner, F.* (1973): Methodik der Voluminierung und der Beurteilung der Holzqualität bei Waldinventuren, Mitt. der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg-Reinbek, Nr. 95, 192 S.
- Loetsch, F., Haller, K. E.* und *Zöhner, F.* (1973): Forest Inventory, Vol. II, 469 pp., BLV, München/Bern/Wien.
- Mayer-Wegelin, H.* (1953): Einfluss von Schaftform und Holzfehlern auf den Wert des Buchenstammes, Holz als Roh- und Werkstoff, 11, 9: 342–349.
- (1954): Produktion und Verwertung der Rotbuche, HZ, 80, 123: 1431–1433.
- Pollanschütz, J.* (1965): Eine neue Methode der Formzahl- bzw. Massenermittlung stehender Bäume. Neue Form- bzw. Kubierungsfunktionen und ihre Anwendung. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanst. Mariabrunn/Wien, Nr. 68, 186 S.
- (1976): Schaftholzvolumentabellen der Hauptbaumarten Österreichs, AFZ, Wien, 87, 6: 146–148.
- Prodan, M.* (1951): Messung der Waldbestände, 259 S. Sauerländer, Frankfurt /M.
- (1961): Forstliche Biometrie, 432 S., BLV, München/Bonn/Wien.
- (1965): Holzmesslehre. Frankfurt/M., 644 p.
- Rhody, B.* (1982): Ein kombiniertes Inventurverfahren mit photogrammetrischen und terrestrischen Stichproben für Intensiv- und Grossrauminventuren. Forstwiss. Centralbl. Hamburg u. Berlin 101, 36–48.
- (1977): Anwendung eines 70 mm Stereo-Kammersystems mit grossmassstäbiger photogrammetrischer Auswertung für die Waldinventur, FA 48, 4: 65–70.
- Roiko-Jokela, P.* (1976): Die Schaftformfunktionen der Fichte und die Bestimmung der Sortimentanteile am stehenden Stamm, Mitt. d. Eidgen. Anst. für das Forstl. Versuchswesen, Bd. 52, Heft 1, S. 5–84.
- Schmid, P. et al.* (1971): The optimal determination of the volume of standing trees. Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanst., Wien, 91: 33–45.
- Sterba, H.* (1976): Fehlerstudie zur «Stammkubierung mit dem Telerelaskop», Centralbl. f. d. ges. Forstwesen, Berlin, 93, 1: 39–59.
- Zöhner, F.* (1977): Der Prüfbereich bei Winkelzählproben, AFZ, Wien, 88, 9: 246–248.
- (1973): s. Loetsch, F.