

# Volumen- und Sortenermittlung bei der Bundeswaldinventur (BWI)

Von J. Hradetzky, E. Kublin, G. Scharnagl und W. Schöpfer,  
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

Das Volumen des Schaftes (Schaft- bzw. Derbholzvolumen) oder seiner Teile (Sortenvolumen) kann am stehenden Baum nicht direkt gemessen werden. Es wird mit Hilfe von Tabellen oder Gleichungen aus meßbaren Größen wie BHD und Baumhöhe abgeleitet. Da am stehenden Baum die Durchmesser nur mit Rinde erhoben werden können, Volumenangaben aber auch für den Holzkörper ohne Rinde gefordert werden, sind zusätzliche Angaben über die Rindenstärke an der Meßstelle erforderlich.

Im Vordergrund steht die Frage nach der Anzahl und der Lage der erforderlichen Meßstellen am Baum. Sie führt letztlich zu einem Optimierungsproblem: Mit geringstem Aufwand, d. h. mit möglichst wenig Messungen an gut zugänglichen Stellen, ein Höchstmaß an Genauigkeit bei der Volumenermittlung zu gewährleisten.

## Alternative Lösungen

In bezug auf die Anzahl der Meßstellen gibt es zwei Möglichkeiten der Volumenermittlung:

- Ist die Zahl der Meßstellen ausreichend, kann das Volumen des Schaftes oder seiner Teile durch abschnittsweise Berechnung über Mittendurchmesser oder Enddurchmesser der Abschnitte, ggf. unter Zuhilfenahme geeigneter Interpolationsformeln, erfolgen.
- Bei nur wenigen Meßstellen (im Extremfall nur BHD und Höhe) muß auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden, die als Massen- oder Formzahltafeln bzw. auch Ausbauchungsreihen zur Verfügung stehen (beides kann auch in Gleichungsform vorliegen).

Für die BWI wurden beide Verfahren erwogen:

- Die Fünf-Punkt-Methode von BITTERLICH, bei der mit Hilfe des Telerelaskops neben der Höhenmessung an vier Stellen optisch Durchmessermessungen vorgenommen werden, aus denen die Schaftform für die dazwischenliegenden Ab-

schnitte durch geeignete Interpolation abgeleitet wird.

Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß die Schaftform ohne Zuhilfenahme vorgefertigter Schaftformmodelle beschrieben werden kann. Der Nachteil: Die Messungen können nur mit dem Telerelaskop auf Stativ durchgeführt werden und sind sehr aufwendig. Über die Genauigkeit der Interpolationsformel liegen bislang kaum Erfahrungen vor. Die Fünf-Punkt-Methode wurde aus diesen Gründen für die BWI nicht empfohlen.

- Wesentlich geringer ist der Meßaufwand bei dem für die Inventur vorgeschriebenen Verfahren mit zwei Meßstellen (neben der Baumhöhe): Durchmesser in Brusthöhe und in 7 m Höhe. Die Schaftform zwischen den Meßstellen kann bei dieser geringen Zahl von Meßwerten nur unter Zuhilfenahme standardisierter Schaftformmodelle beschrieben werden. Diese müssen durch die Auswertung einer Vielzahl von sektionsweise vermessenen Baumschäften vor der Anwendung bei der Inventur hergeleitet werden.

Es ist die Frage zu stellen, ob der Mehraufwand, der durch die Hinzunahme der Meßstelle in 7 m Höhe ( $D_7$ ) entsteht, gerechtfertigt ist. Schließlich arbeiten die Forsteinrichtung und die Waldbewertung nur mit dem BHD und der Höhe, also ohne einen oberen Durchmesser. Massentafeln sind nur nach diesen beiden Eingangsgrößen gestaffelt.

Abb. 1 zeigt am Beispiel der Fichte, welcher Genauigkeitsgewinn mit der Messung des  $D_7$  verbunden ist. Die Unterschiede in der Formausprägung bei Schäften mit gleichem BHD und gleicher Länge (Baumhöhe) sind beachtlich. Ohne den Einbezug eines oberen Durchmessers kann eine für einen konkreten Schaft zutreffende Kurve nicht eindeutig bestimmt werden und ersatzweise muß auf die mittlere Kurve ausgewichen werden. Die damit verbundene Ungenauigkeit ist groß. Steht ein weiterer Meßwert oberhalb des BHD zur Verfügung, so können aus der vorliegenden Kurvenschar jene Kurven herausgegriffen werden, die exakt durch den BHD, die Höhe und den oberen Durchmesser verlaufen. Auch von diesen Kurven gibt es noch eine Vielzahl (Abb. 2), doch ist ihre Ähnlichkeit weitaus größer und die Ungenauigkeit in der Beschreibung der wahrscheinlichen Schaftform zwischen den Meßstellen wesentlich geringer als im oben beschriebenen Fall mit nur zwei Meßstellen. Das bedeutet, daß auch die Volumenermittlung auf der Grundlage von BHD, Höhe und oberem Durchmesser im Vergleich zu den sonst üblichen Verfahren ohne oberen Durchmesser wesentlich genauer sein muß.

Allein für die Volumenermittlung ist die mathematische Beschreibung der Schaft-

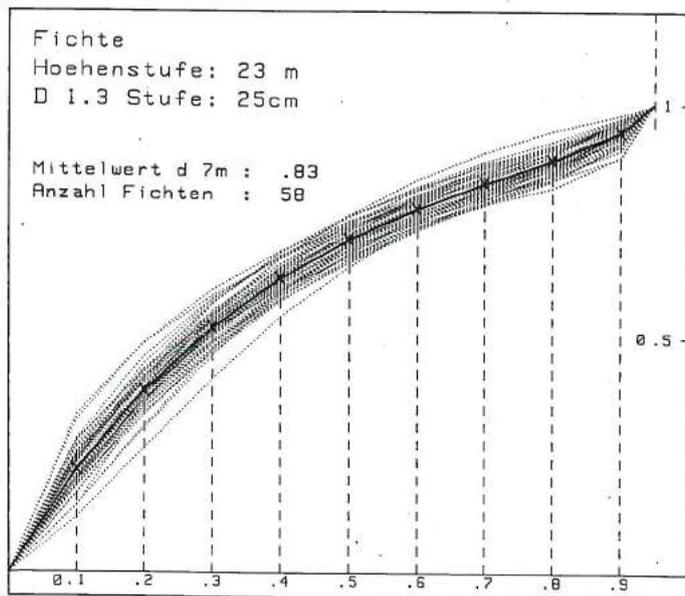


Abb. 1: Formenvielfalt bei gleichem BHD und gleicher Höhe.

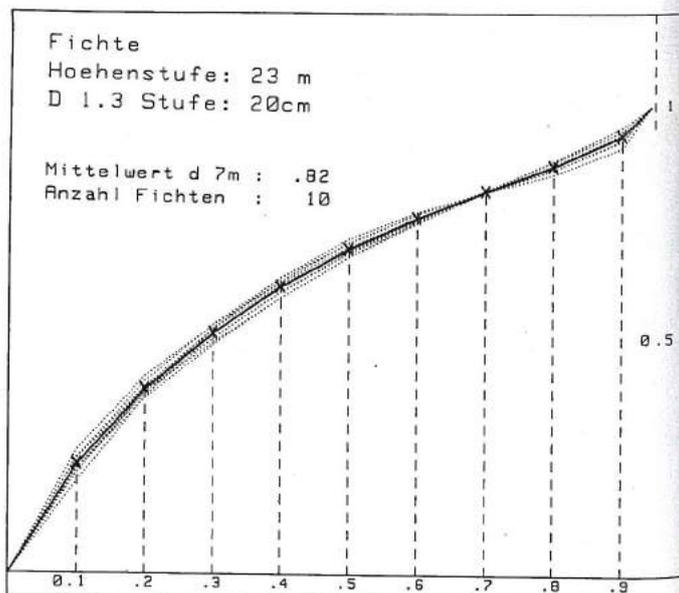


Abb. 2: Eingeschränkte Formenvielfalt bei gleichem BHD, gleicher Höhe und gleichem  $D_7$ .

form nicht erforderlich: Das Volumen kann zu den Meßwerten (BHD, Höhe, oberer Durchmesser) in Bezug gesetzt und in Form von Tabellen (Massentafeln) oder Funktionen (Volumenfunktionen) ausgedrückt werden. Wird aber eine ideale Sortierung der gemessenen Schäfte einschließlich der Berechnung der entsprechenden Sortenanteile in Erwägung gezogen, so sind Schaftformbeschreibungen unverzichtbar. Umgekehrt kann bei gegebener Schaftform neben der Sortenberechnung auch die Volumenberechnung mit Hilfe der Schaftformgleichung erfolgen. Aufgrund dieser Überlegungen wurde entschieden, für die BWI grundsätzlich mit Formgleichungen zu arbeiten und sie zur Grundlage sowohl der Volumen- als auch der Sortenberechnung zu machen.

### Schaftformgleichungen

Die Schaftformgleichungen der BWI definieren für eine Baumart bzw. Gruppe von Baumarten den Schaftdurchmesser in Höhe  $h$  als Funktion dieser Höhe sowie des Brusthöhendurchmessers, der Baumhöhe und des oberen Durchmessers  $D_7$ :

$$D = f(h; D_{1,3}, H, D_7)$$

Sind die Meßwerte  $D_{1,3}$ ,  $H$ ,  $D_7$  bekannt, kann der Durchmesser für jede beliebige Höhe im Stamm berechnet werden.

Als mathematische Grundlage für die Schaftformgleichung wurden sog. Spline-Funktionen gewählt. Es sind stückweise zusammengesetzte Funktionen mit stetigen Übergängen an den Intervallgrenzen. Sie wurden bislang mit Erfolg zur Beschreibung von Schaftformen innerhalb einzelner BHD-Höhenklassen verwendet. Für die BWI war es erforderlich, eine Verknüpfung der klassenspezifischen Formgleichungen über die Meßwerte BHD und Höhe in mathematischer Form herbeizuführen und gleichzeitig die zusätzlichen Meßwerte  $D_7$  in die Gleichung einzubringen. Die schaftabbildenden Spline-Funktionen mußten in ein mehrdimensionales mathematisches Modell mit den Variablen BHD, Höhe und  $D_7$  eingebettet werden.

Der Herleitung des Globalmodells und der Berechnung der Gleichungsparameter für die einzelnen Baumarten bzw. Gruppen von Baumarten liegt eine Vielzahl sektionweise vermessener Einzelbäume zu-

grunde. Sie entstammen der über hundertjährigen Arbeit forstlicher Versuchsanstalten auf dem Gebiet der heutigen Bundesrepublik Deutschland, schwerpunktmäßig aus dem südwestdeutschen Raum, aber auch aus Bayern und Niedersachsen. Diese Daten wurden durch eigene Messungen vor allem für den Starkholzbereich ergänzt. Diese Zusatzerhebungen verteilen sich auf mehrere Bundesländer. Die Tabelle gibt eine Übersicht über Herkunft und Umfang des Materials.

Die Meßwerte der Einzelstämme wurden in eine Datenbank eingebracht und in einem ersten Rechengang mit Hilfe von Plausibilitätsprüfungen durchleuchtet und korrigiert. In einem zweiten Auswertungsgang wurde Stamm für Stamm am Bildschirm graphisch dargestellt und visuell überprüft. Dabei wurden Stämme mit untypischer Form (Zwiesel, Kronenbruch etc.) als solche gekennzeichnet und aus den weiteren Auswertungen ausgeschlossen. Für jeden der verbliebenen Stämme wurde eine Ausgleichskurve auf Spline-Basis hergeleitet und am Bildschirm ebenfalls dargestellt. Im Dialog mit dem Rechner konnten die Ausgleichskurven modifiziert und so den Meßwerten bestens angepaßt werden. Durch die Abspeicherung der ausgeglichenen Werte für die relative Lage 0,1, 0,2, ..., 0,8, 0,9, 0,95, gemessen vom Wipfel, konnten Meßwertreihen verschiedenster Art (2- bzw. 3-m-Sektionen, Relativsektionen) auf eine einheitliche Grundlage gebracht werden – eine für eine zusammenfassende Auswertung unabdingbare Voraussetzung.

Die Entwicklung des mathematischen Modells und die Berechnung der Gleichungsparameter mittels der Methode der kleinsten Quadrate erfolgte anhand der Relativwerte. Dafür wurden zunächst „gleichwertige“ Kurven, d. h. Schaftkurven gleicher Höhen-, Durchmesser- und  $d_{0,7}$ -Stufen ( $d_{0,7} = D_{0,7} / D_{0,95}$ ) zu mittleren Kurven zusammengefaßt. Diese wurden gesichtet und miteinander verglichen.

Obwohl für die Auswertung der Schaftkurven im Rahmen der BWI nur Meßwerte zur Verfügung stehen, deren Lage im Stamm in Absolutwerten (in 1,3 m bzw. 7 m Höhe) ermittelt wurden, wurde ein Modell mit relativen Meßstellen mit den Eingangsgrößen Durchmesser in 5 % und

### Anzahl der sektionweise vermessenen Probestämme

Nadelbaumart	Anzahl *) der Probestämme	Laubbaumart	Anzahl *) der Probestämme
Fichte	5 100	Buche	5 900
Tanne	3 900	Eiche	4 000
Douglasie	1 200	Roteiche	3 400
Kiefer	3 500		
Lärche	2 600		

\*) Herkunft des Materials: Forstliche Versuchsanstalten Freiburg, Göttingen und München sowie Sondererhebungen in den Ländern Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen.

in 30 % der Stammhöhe gewählt. Der Vorzug dieses Modells besteht darin, daß es, bedingt durch die immer gleichbleibende Lage der Meßstellen am Stamm, verhältnismäßig einfach ist. Die Stützwerte bei 5 % und 30 % liegen andererseits bei Bäumen durchschnittlicher Höhe nicht allzu weit von den tatsächlichen Meßstellen entfernt: Für einen 25 m hohen Baum bei 7,5 gegenüber 7 m für den oberen Durchmesser und 1,25 m gegenüber 1,30 m für den BHD. Dennoch müssen dem Relativmodell Gleichungen vorgeschaltet werden, die es ermöglichen, die Durchmesser in den relativen Meßstellen aus den Meßwerten zuverlässig abzuleiten. Beispiele solcher Gleichungen für die Fichte sind in Abb. 3 dargestellt. Die Durchmesser werden so modifiziert, daß der errechnete  $D_{1,3}$  und  $D_7$  mit den Meßwerten übereinstimmt. Ein Vergleich der aus BHD, Höhe und  $D_7$  errechneten Schaftkurven mit sektionweise erhobenen Meßwerten ist in Abb. 4 für einige Fichten und Lärchen wiedergegeben.

Eine Vereinfachung des Modells konnte zusätzlich durch die Einführung des Durchmesserverhältnisses  $d_7 = D_7 / D_{1,3}$  als Variable der Gleichung anstelle des Meßwertes  $D_7$  (in cm) erreicht werden.

### Überprüfung des Modells

Eine Überprüfung des Schaftkurvenmodells erfolgte in mehreren Stufen: Zunächst wurde an einer Vielzahl von Schäften eine graphische Gegenüberstellung der errechneten Kurvenwerte und der Meßwerte aus der sektionweisen Vermessung vorgenommen. Dabei konnte ein guter Einblick in die Schaftformausprägung für sehr unterschiedliche Kombina-

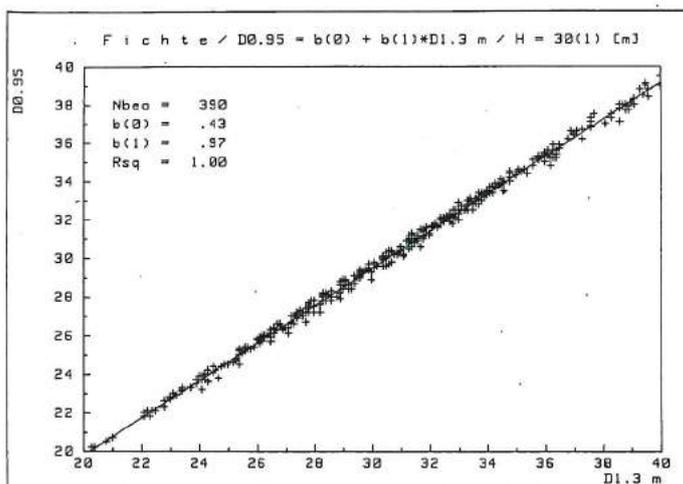


Abb. 3 a: Abhängigkeit des  $D_{0,95}$  vom BHD innerhalb einer Höhenstufe.

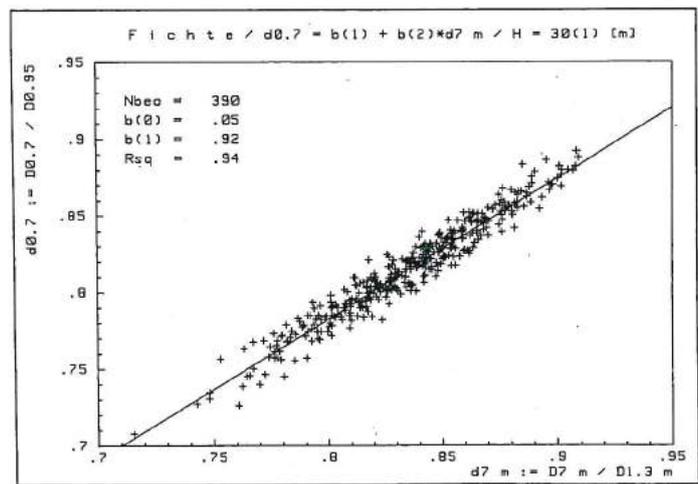


Abb. 3 b: Abhängigkeit des  $D_{0,7}$  vom BHD innerhalb einer Höhenstufe.

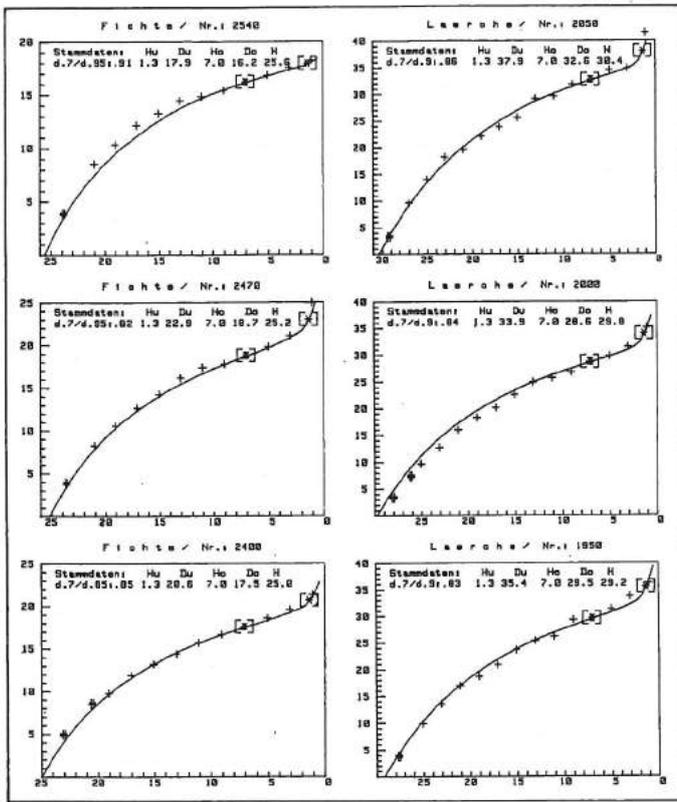


Abb. 4: Anwendung des Modells an Einzelbäumen (Fi, LÄ). Die Eingangsgrößen  $D_7$  und BHD sind mit \* markiert.

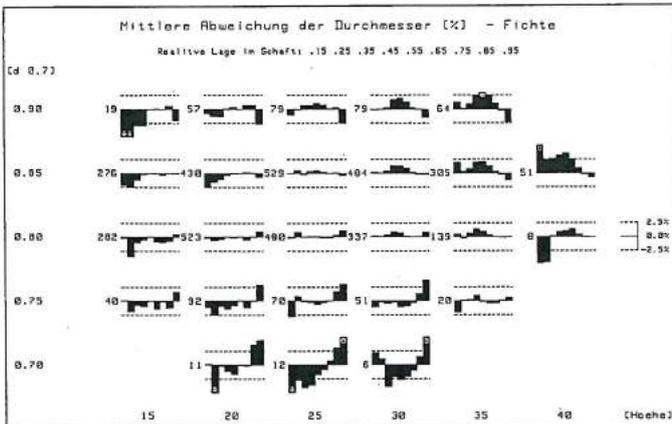


Abb. 5: Abweichung der Meßwerte von den Modellwerten (= 100 %) bei verschiedenen relativen Lagen im Stamm. Bei negativen Abweichungen sind die Modellwerte kleiner als die Meßwerte. Die Zeichen '+/-' deuten an, daß die Abweichungen den Grenzwert von 5 % überschreiten.

tionen von Eingangsgrößen BHD,  $D_7$  und Höhe gewonnen werden. Dazu wurden auch Meßwerte herangezogen, die nicht zur Herleitung des Modells verwendet wurden.

Gesicherte Maßzahlen über die Übereinstimmung der mit dem vorgesehenen Anpassungsalgorithmus abgeleiteten Schaftkurvenwerte mit dem Meßwert wurden dadurch gewonnen, daß für sämtliche Schäfte Modellwerte berechnet und deren Abweichung von den Meßwerten ermittelt wurden. Nach Höhen- und Durchmesserstufen getrennt wurden die Abweichungen für die relativen Bereiche am Stamm gesondert berechnet und in tabellarischer und graphischer Form aufbereitet. Abb. 5

zeigt beispielhaft die Ergebnisse für die Fichte. Die Abweichungen offenbaren eine insgesamt gute Anpassung des Modells an die Meßwerte. Bereiche mit überwiegend positiven oder negativen Abweichungen, die auf ungenügende Flexibilität des Modells hinweisen würden, sind nicht vorhanden. Innerhalb der Schäfte sind die relativen Abweichungen im oberen Stammbereich größer als im unteren.

Die Genauigkeit bei der Volumenermittlung kann am unmittelbarsten durch den Vergleich der Formzahlen des Modells mit denen der sektionsweise gemessenen Bäume beurteilt werden. Für die Fichte sind die Ergebnisse eines derartigen Vergleichs in Abb. 6 getrennt nach Höhen-,

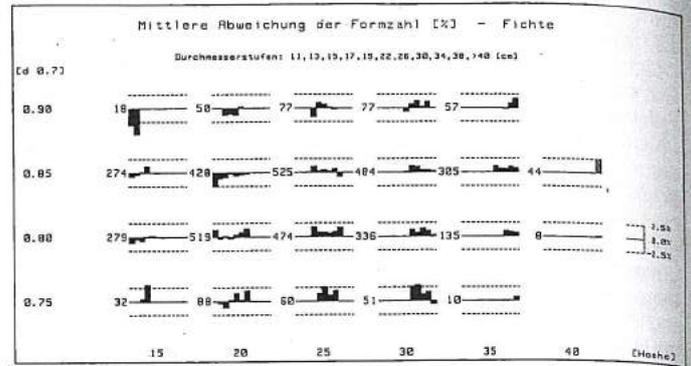


Abb. 6: Abweichungen der Formzahlen (Formzahl des Modells gegenüber Formzahl aus den Meßwerten) für Fichte, getrennt nach Höhen-,  $d_{0,7}$ - und BHD-Stufen.

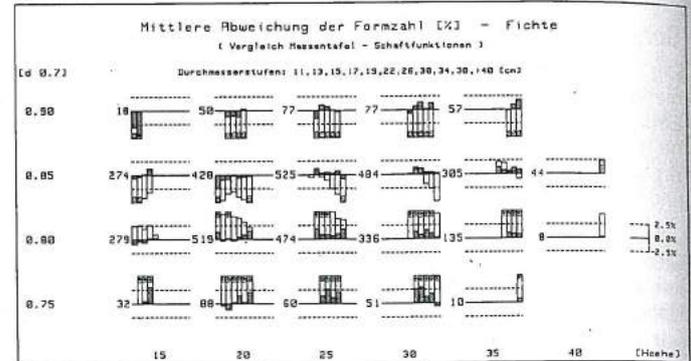


Abb. 7: Vergleich der Formzahlen aus Massentafeln und aus dem Modell mit denen aus den Meßwerten errechneten. Helle Säulen: Massentafeln, schraffierte Säulen: Modellwerte.

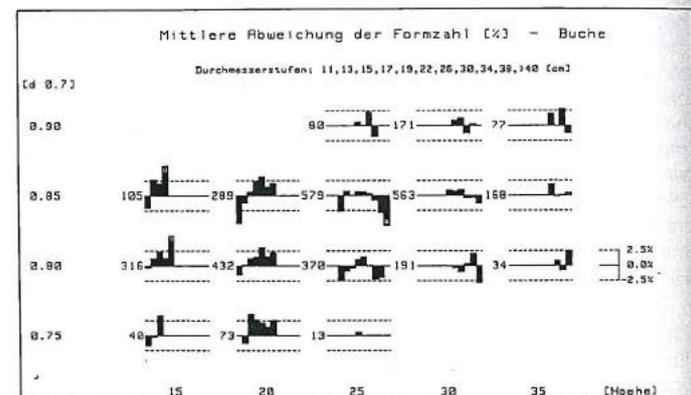


Abb. 8: Abweichungen der Formzahlen (Formzahl des Modells gegenüber der aus den Meßwerten) für Buche, getrennt nach Höhen-,  $d_{0,7}$ - und Durchmesserstufen. Im schwachen Durchmesserbereich liegen die Modellwerte über den Meßwerten.

$d_{0,7}$ - und Durchmesserstufen wiedergegeben. Die Abweichungen überschreiten in dem mit Meßwerten gut belegten Bereich kaum die 1%-Grenze; nur in Randbereichen mit wenig Probestämmen und gleichzeitig mit Bäumen von extremer Form treten vereinzelt größere Abweichungen auf. Insgesamt beschreibt das Modell die Meßwerte sehr gut.

Interessant erscheint ein Vergleich des Modells mit gültigen Massentafeln. Abb. 7 zeigt die Ergebnisse für die Fichte. Erwartungsgemäß sind die Abweichungen beachtlich: Innerhalb einer Durchmesser-Höhenstufe spiegeln die Massentafeln nur mittlere Formverhältnisse wider, das Modell dagegen ist durch den oberen Durch-

messer wesentlich anpassungsfähiger. Für jede Durchmesser-Höhenstufe gibt es daher einen bestimmten  $d_{0,7}$ -Bereich, in dem die Modellwerte mit denen der Massentafeln gut übereinstimmen; diese Bereiche sind in der Graphik deutlich zu erkennen.

### Besonderheiten der Laubbäume

Die Beschreibung der Schaffform durch Gleichungen stößt dann auf Schwierigkeiten, wenn die Abgrenzung des Schaftes zu den Ästen weniger ausgeprägt ist als beim Nadelholz. Beim Laubholz bewirken abgehende stärkere Äste eine Veränderung der Form des darüberliegenden Schaftes. Im Extremfall kann sich oberhalb eines bestimmten Punktes der Schaft vollständig in Äste auflösen. Eine Schaffformbeschreibung erscheint dann wenig sinnvoll.

Die Unregelmäßigkeit in der Astausbildung im Laubholz führt dazu, daß eine Schaffformbeschreibung nur für den unterhalb des ersten starken Astes liegenden Stammteil angebracht ist. Die Beschreibung der Derbholzmasse des Baumes mit Hilfe von Schaffformgleichungen scheint somit nicht möglich. Hierin liegt ein grundsätzlicher Unterschied zu den Schaffformmodellen der Nadelbäume, bei denen Derbholz in den Ästen nur ausnahmsweise vorkommt und folglich die Derbholzmasse aus den Schaffkurven berechnet werden kann. Um dennoch ein einheitliches Vorgehen bei Laub- und Nadelbäumen zu gewährleisten, wurden auch für Laubbäume Schaffformgleichungen bis zum Wipfel hergeleitet. Ihre Anwendung als Formgleichungen zur Durchmesserberechnung ist allerdings nur für den Stammteil unterhalb des ersten starken Astes möglich; sie können aber zur Herleitung des Derbholzvolumens des ganzen Baumes verwendet werden. Damit ist die Einheitlichkeit des Schaffformmodells und der Volumenberechnung bei Laub- und Nadelbäumen gewahrt.

Folgende Überlegungen liegen dieser Lösung zugrunde: Das Derbholzvolumen z. B. zweier Buchen mit gleichen Meßwerten für BHD, Höhe und  $D_7$ , von denen eine wipfelschäftig, die andere in zwei oder mehr starke Äste verzweigt ist, dürfte annähernd gleich sein. Es kann folglich für beide Bäume aus der gleichen Schaffformgleichung berechnet werden. Zur Berechnung der Sortendurchmesser aber darf die Schaffformgleichung beim wipfelschäftigen Baum im gesamten Schaftbereich angewendet werden, beim verzweigten aber nur bis unterhalb der Verzweigung.

Berechtigt ist die Frage, ob die Schaffform des verzweigten Baumes unterhalb der Verzweigung die gleiche ist wie beim verzweigten. Da BHD und  $D_7$  (ebenso die Höhen) gleich sind, sind größere Formunterschiede im unteren Stammteil bis ca. 12 m Schafthöhe kaum zu erwarten. Umfassende Vergleiche anhand des Datenmaterials haben gezeigt, daß signifikante Unterschiede nicht vorkommen.

Gewisse Schwierigkeiten ergeben sich aus der Derbholzgrenze. Bei schwächeren Bäumen sind auch starke Äste überwiegend Nichtderbholz, d. h., sie werden bei der Ermittlung des Derbholzes nicht einbezogen. Bei einem starken Baum dagegen

werden die im Verhältnis zum Schaftdurchmesser ebenfalls starken Äste noch als Derbholz aufzunehmen sein. Wipfelschäftige Bäume weisen daher im schwachen Bereich mehr Derbholzmasse auf als verzweigte.

Diese Problematik tritt nicht nur bei der Herleitung von Schaffformgleichungen auf. Sie zeigt sich auch bei der Aufstellung von Massentafeln, nur in weniger offenkundiger Form: Im Schwachholzbereich ist die Derbholzformzahl stark vom Anteil der wipfelschäftigen Stämme im Untersuchungsmaterial abhängig. Bei formbeschreibenden Untersuchungen wird dieser Zusammenhang wesentlich deutlicher; hier hängt die Formgleichung (und somit die Formzahl) vom Anteil der wipfelschäftigen Stämme ab. Scheiden die extrem verzweigten Stämme aus der Modellbildung aus, kommt es zu einer Überschätzung der mittleren Schaffform und somit auch der Formzahl durch überproportionalen Anteil der wipfelschäftigen Stämme. Dieser Trend ist in Abb. 8 zu sehen. In den Höhenstufen 15 und 20 m überwiegen positive Abweichungen der Formzahlen, d. h., die Formzahlen des Modells sind größer als die mittleren Formzahlen der Probebäume in diesem Bereich. Bei der Anwendung der Gleichungen kann dem entgegengewirkt werden, indem die Grenze der Derbholzberechnung aus dem Modell auf einen Wert größer als 7 cm heraufgesetzt wird.

### Anwendung der Schaffformgleichungen

Im Gelände wird für jeden Probebaum der BHD, die Höhe und der  $D_7$  gemessen. Ist eine Ermittlung des oberen Durchmessers  $D_7$  nicht möglich oder wird sie nicht verlangt, wird der wahrscheinlichste Wert für diesen Durchmesser rechnerisch aus BHD und Höhe hergeleitet. Aufgrund des Meßwerttripels BHD, Höhe,  $D_7$  wird die Schaffform des Probebaumes durch Anpassung der geeigneten Formgleichung an die Meßwerte rekonstruiert. Anschließend wird der Probebaum anhand der Formgleichungen rechnerisch „vermessen“. Sowohl das Derbholzvolumen insgesamt als auch das Volumen von Sortenanteilen kann auf diese Weise bestimmt werden, ebenso die Stärkeklasse.

### Die Rindenstärke

Der Holzvorrat stehender Bestände wird in Vorratsfestmetern Derbholz mit Rinde angegeben. Auch die Grundausswertungen der BWI werden an dieser Vereinbarung zu orientieren sein. Da die Schaffformgleichungen sich auf Durchmesser mit Rinde beziehen, bringt ihre Anwendung anstelle von Massentafeln diesbezüglich keinerlei grundsätzliche Veränderung: Die Angaben der Massentafeln sind ebenfalls Vorratsfestmeter mit Rinde. Zur Berechnung des Derbholzvolumens (Vorratsfestmeter mit Rinde) können somit die Formgleichungen unmittelbar verwendet werden.

Anders ist es bei der Berechnung der Sortenstruktur bzw. bei Auswertungen im Zuge der Holzaufkommensprognose. Da die Stärkeklassen auf Durchmesserangaben des Holzkörpers (also ohne Rinde) beruhen, ist die Rindenstärke bei derartigen Berechnungen von der Schaffkurve in

Abzug zu bringen. Es werden also Angaben erforderlich, die die (doppelte) Rindenstärke an einer beliebigen Stelle im Stamm zu den Meßwerten des Probestammes bzw. zu den rechnerisch aus ihnen abgeleiteten Durchmesserwerten in Beziehung setzen.

Umfangreiche Rindenstärkeuntersuchungen der letzten Jahre (1) haben gezeigt, daß für alle wirtschaftlich bedeutsamen Baumarten, mit Ausnahme von Kiefer und Lärche, ein verhältnismäßig straffer Zusammenhang besteht zwischen Rindenstärke und dem entsprechenden Durchmesser mit Rinde. Dieser Zusammenhang wird aber wenig von regionalen Faktoren oder auch der Lage der Meßstelle im Stamm beeinflusst. Nur bei der Kiefer und Lärche ist der Zusammenhang Durchmesser – Rindenstärke für den unteren Stammbereich ein anderer als für den mittleren oder oberen. Die Fragestellung der BWI und der ihr nachzuschaltenden Holzaufkommensprognose können also durchaus mit Rückgriff auf die in der o. g. Arbeit ermittelten Rindengleichungen mit hinreichender Genauigkeit beantwortet werden: Für die aus den Schaffformgleichungen berechneten Durchmesser  $m. R.$  in beliebiger Lage im Stamm kann aus den Rindengleichungen die doppelte Rindenstärke für diese Durchmesser hergeleitet werden. Für Kiefer und Lärche sind dabei je nach relativer Lage der Durchmesser im Stamm unterschiedliche Rindengleichungen zu verwenden.

### Folgerungen

Bei einem Stichprobenverfahren, wie es die Bundeswaldinventur darstellt, ist ein Höchstmaß an Genauigkeit nicht nur bei der Erhebung der Meßwerte, sondern auch bei der Ermittlung der aus ihnen abgeleiteten Kenngrößen zu gewährleisten.

Bezüglich des Derbholzvolumens genügen herkömmliche Massentafeln dieser Forderung nicht: Brusthöhendurchmesser und Höhe allein reichen nicht aus, um das Derbholzvolumen eines Probebaumes hinreichend genau zu bestimmen. Die BWI sieht daher für die Probebäume die Messung eines weiteren Durchmessers (bei 7 m Schafthöhe –  $D_7$ ) vor. Zusammen mit BHD und Baumhöhe stehen je Probebaum somit drei Meßwerte zur Verfügung, die es erlauben, die Form des Baumschaftes unter Zuhilfenahme standardisierter Schaffformgleichungen hinreichend genau zu beschreiben.

Die Verwendung von Formgleichungen hat gegenüber Massentafeln bzw. -funktionen mit gleichen Einflußgrößen (Höhe, BHD,  $D_7$ ) den Vorteil, daß sie neben der Volumenermittlung auch die Berechnung von Durchmessern für beliebige Schaft Höhen im Stamm erlauben und somit zur Bestimmung von Sortenanteilen geeignet sind.

#### Literaturhinweise

- 1) ALTHERR et al.: Statistische Rindenbeziehungen als Hilfsmittel zur Ausformung und Aufmessung unentrindeten Stammholzes. Mitteilungen der FVA, Heft 61, 68, 78, 90, 93.
- 2) KUBLIN, E.: Das Konzept der Volumenermittlung für die Bundeswaldinventur, in PELZ, D. R., CUNIA, T. (eds.): Forstliche Nationalinventuren in Europa, Mitt. der Abt. Forstl. Biometrie, Universität Freiburg, 85-3, S. 223-236.