

**DIE SCHAFTFORMFUNKTION DER FICHTE
UND DIE BESTIMMUNG DER SORTIMENTSANTEILE
AM STEHENDEN BAUM**

ABHANDLUNG

zur Erlangung

des Titels eines Doktors der Technischen Wissenschaften

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN
HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

PENTTI ROIKO – JOKELA

dipl. Forstingenieur Universität Helsinki

geboren am 21. Dezember 1941

von Kannus (Finnland)

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. A. Kurt, Referent

PD Dr. P. Schmid, Korreferent

aku-Fotodruck

Zürich

1974

5 Zusammenfassung

Mit vorliegender Arbeit wird ein Beitrag zur rationellen Ermittlung der Sortimentsanteile am Schaft von stehenden Bäumen geleistet. Die vielen Sortierungsarten und -vorschriften erheischen insbesondere genaue Kenntnis der Formkurve des ent-rindeten Schaftes. Deshalb bildet die Bestimmung der Schaftformkurve die Hauptaufgabe dieser Untersuchung.

Für die Bestimmung der Schaftformkurve oder der Sortimentsanteile ist neben dem Brusthöhendurchmesser ($d_{1,3}$) und der Scheitelhöhe (h) eine dritte Messgrösse notwendig. Daher wird zusätzlich die Kenntnis des Durchmessers in 7 m Höhe am Stamm (d_7) vorausgesetzt, wie das der schweizerischen Kontrollstichprobenmethode entspricht. Bei der Stichprobenerhebung werden dabei von Probebäumen die Baumdaten ($d_{1,3}$, d_7 und h) gemessen und die Qualitätsgrenzen angesprochen. Diese Baumdaten sind die Eingangsgrössen für die mathematischen Schätzungsmodelle der Schaftformkurven.

Aufgrund von über 13'000 sektionsweise gemessenen Fichten (Tabelle 2) wird vorerst die Formkurve des Schaftes durch Daten von Bäumen mit Pinde bestimmt. Bei der Konstruktion des Modells der Formkurve wird eine möglichst geringe Abweichung der gemessenen von den geschätzten Durchmessern angestrebt (Gleichung (1)). Dies geschieht durch möglichst weitgehende Beseitigung des systematischen Schätzfehlers im Modell (s. Gleichung (3)). Das gelingt dann, wenn der untere, konkave Stammteil mit der hyperbolischen Funktion (39), der obere, konvexe mit der logarithmischen Funktion (40) und mit einem Kegel (41) von 5 m Länge geschätzt werden (Abbildung 10). Die Parameter des Formkurvenmodells werden iterativ bestimmt. Sie sind für dieses beste Modell der Formkurve im Abschnitt 254 angegeben.

Der konkave Wurzelanlauf des Stammes wird am besten von der Hyperbel geschätzt. Wegen der einfachen mathematischen Formulierung ist sie dem Logarithmus oder der Exponentialfunktion weit

überlegen, die hinsichtlich Schätzungsgenauigkeit fast gleichwertig sind. Im konvexen, mittleren Stammteil wird der Logarithmus des bedeutend grösseren Anwendungsbereiches wegen der Parabel vorgezogen.

Die allgemeine Formkurve des berindeten Fichtenschaftes ist schematisch in Abbildung 14 dargestellt. Die Bäume bis 7 m Scheitelhöhe können mit einem Kegel genügend genau geschätzt werden. Für die höheren Bäume ist zusätzlich der Logarithmus erforderlich. Auf Bäume von über 12 m Höhe soll das vollständige Lösungsverfahren angewendet werden, das Zylinder-Hyperbel-Logarithmus-Kegel-Modell. Für die untersten 80 cm des Stammes wird dabei aus Sicherheitsgründen der Zylinder eingesetzt.

Die systematischen Schätzfehler des besten Modells der Formkurve (in Tabelle 6) sind so geringfügig, dass sie vernachlässigt werden dürfen. Die Genauigkeit der Durchmesserschätzung durch die Formkurve entspricht somit praktisch dem zufälligen Fehler, der durch die Unterschiede der Stämme mit gleichen Eingangsgrössen bedingt ist und daher nur durch die Erhebung weiterer Messgrössen unterschritten werden könnte.

Ein weiteres Problem stellt die Bestimmung des Durchmessers für den Stamm ohne Rinde. Zwischen den Durchmessern des Fichtenschaftes mit und ohne Rinde besteht aber eine einfache lineare Beziehung; diese Gesetzmässigkeit kann benützt werden, um einen beliebigen Durchmesser des entrindeten Schaftes durch die Schaftformkurve zu schätzen (s. Gleichungen (62) und (65)). Die Schätzungsgenauigkeit für den Durchmesser des Stammes ohne Rinde ist aus Tabelle 8 ersichtlich. Diese Werte stellen die Summen der Fehlervarianzen des Schätzfehlers für den Durchmesser des berindeten Schaftes und des Schätzfehlers von Gleichung (62) (Tabelle 7) dar.

Die Bestimmung der Formkurve des entrindeten Schaftes erlaubt nun, die Dimensionsbestimmung der Holzhandelsgebräuche auch auf stehende Bäume anzuwenden. Die Sortierung soll vollautomatisch mit Computer so erfolgen, dass jene Sortimentskombination ausgewählt wird, die den maximalen Wert für den

ganzen Stamm ergibt. Dies geschieht durch Verfahren der dynamischen Programmierung (s. Abbildungen 17 und 18).

Das Sortierungsprogramm gestattet es, für jede stehende Fichte eine optimale und individuelle Sortenzerlegung durchzuführen. Die Kontrollstichprobenmethode macht es ferner möglich, das Verfahren durch Herstellung von Sortimentstarifen auf einen Bestand oder auf ein beliebiges Waldareal anzuwenden. Der Weg zur rationellen Lösung von Problemen, die mit der Schätzung von Sortimenten am stehenden Baum zusammenhängen, ist damit offen.