**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal =

Journal forestier suisse

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 132 (1981)

Heft: 5

Artikel: Ein Fehler der Stammholz-Volumenbestimmung

Autor: Kuera, L.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-764407

#### 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:** 26.11.2025

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

# Ein Fehler der Stammholz-Volumenbestimmung<sup>1</sup>

Von L. Kučera Oxf.: 521.23 (Aus dem Institut für Wald- und Holzforschung der ETH Zürich)

#### 1. Einleitung

Die Bedeutung der Stammholzvermessung und -klassierung liegt in ihrer unmittelbaren Auswirkung auf den wirtschaftlichen Erfolg des Forstbetriebes. Eine kürzlich an dieser Stelle erschienene Arbeit von P. Schmid-Haas, J. Werner und E. Baumann (1980) befasste sich detailliert mit den Fehlern der D. Messgerät — die der Rundholzvermessung. Es wurden dabei sowohl das Messgerät — die Kluppe als auch die Ausführung der Messung kritisch überprüft. Die festgestellten Fehler wurden in drei Gruppen geordnet, nämlich: Fehler bei der Durchmessermessung, Fehler bei der Längenmessung und Fehler bei der Dimensionen Bereich; ihr Dimensionsklassierung. Alle diese Fehler liegen im empirischen Bereich; ihr Auftrat Auftreten hängt letztlich von der menschlichen Sorgfalt ab. Die nachfolgenden Ausgebauer beiset prinzipbedingten den Ausführungen sind einem systematischen, das heisst prinzipbedingten Fehler. Ausmass — unter ge-Fehler gewidmet, der — obschon eher geringfügig im Ausmass — unter gegebenen Genauigkeit auftritt. Es gebenen Bedingungen mit naturwissenschaftlicher Genauigkeit auftritt. Es handelt sich hierbei um den von W. Tischendorf (1927) als «Kreisflächenabweist der effektiven Stammquerabweichung» bezeichneten Unterschied zwischen der effektiven Stammquerfläche und der gemessenen und berechneten Kreisfläche.

### 2. Die Definition des Fehlers

Die «Schweizerischen Holzhandels-Gebräuche» (1961) schreiben für die Rundholzmessung unter anderem vor:

- © 2. Der Inhalt wird nach einer der gebräuchlichsten Kubierungstafeln auf zwei Dezimalen genau berechnet.
- § 8. Der Mittendurchmesser ist an entrindeter Messstelle zu erheben, die Ohne Berücksichtigung des Zumasses festgestellt wird. Es werden zwei beliebige aufeinander senkrecht stehende (in der Regel der grösste und

Herrn Dipl.-Forsting. Jean-Paul Farron von der ETH Zürich danke ich für die Sche Dural ... kritische Dipl.-Forsting. Jean-Paul Farron von der ETH Zurich uanze ich tobler hat die E tobler hat die Entwürfe der Bilder sorgfältig angefertigt.

Schweiz. Z. Forstwes., 132 (1981) 5: 319—338.

der kleinste) Durchmesser gemessen, und aus beiden Messungen wird das Mittel gezogen. Es wird das Mittel gezogen Es wird das Mittel gezogen es wird das Mittel gezogen es wird das Mittel gezogen. das Mittel gezogen. Es wird also beispielsweise gemessen: 42/44 = 43oder 42/43 = 42.

§ 9. ... aus diesen beiden Durchmessern ist das Mittel auf den vollen Zentimeter zu nehmen.»

Setzen wir einen elliptischen Rundholzquerschnitt mit dem grössten rehmesser a (cm) und dem 11 Durchmesser a (cm) und dem kleinsten Durchmesser b (cm) senkrecht dazu voraus: der Realitätsbarra die voraus; der Realitätsbezug dieser Annahme wird im Abschnitt «Diskussion» kritisch geprüft. Für die Ellipsenfläche Fe gilt bekanntlich die Formel:

$$Fe = \frac{1}{4}\pi a b.$$

Gemäss den Holzhandels-Gebräuchen wird der Mittendurchmesser d (cm) folgt berechnet: wie folgt berechnet:

$$d = \frac{a+b}{2} \qquad \text{(cm)}.$$

Die Querschnittsfläche Fk (cm<sup>2</sup>) wird dann aus der Kreisflächenformel nittelt: ermittelt:

$$Fk = \frac{1}{4} \pi d^2, \tag{3}$$

wobei d den Durchmesser des Kreises darstellt. Nach der Substitution aus (2) erhalten wir (2) erhalten wir

$$Fk = \frac{1}{4} \pi \left(\frac{a+b}{2}\right)^2 \text{ (cm}^2). \tag{4}$$

Voraussetzung für die Richtigkeit dieses Vorgehens ist die Annahme, die tatsächliche Stammquerfläche und die konstruierte Kreisfläche identisch sind, das heisst sind, das heisst (5)

$$Fe = Fk$$

und nach dem Einsetzen der Ausdrücke aus (1) und (4)

$$\frac{1}{4} \pi a b = \frac{1}{4} \pi \left(\frac{a+b}{2}\right)^2.$$
 (6)

Die Gleichung (6) kann in die folgende Endform geführt werden: (1)

$$(a-b)^2 = 0;$$

sie besitzt eine einzige Lösung, nämlich

was die Kreisform bedeutet und unserer Aufgabenstellung widerspricht. Die Schlussfolgerung ist dass die Transfer Schlussfolgerung ist, dass die Transformation von der elliptischen zur Kreisform nach gewohnter Methode in jedem Fall einen Fehler einschliesst. Es nachlässigt werden darf, beziehungsweise wann eine Korrektur vorgenommen werden sollte

#### 3. Das Ausmass des Fehlers

Das Ausmass des Fehlers kann in folgender Art und Weise dargestellt werden:

- als Fehler bei der Bestimmung der Querschnittsfläche: der Flächenfehler (Ef in cm²),
- b) als Fehler bei der Berechnung des Holzvolumens: der Volumenfehler (E<sub>V</sub> in m<sup>3</sup>), und
- c) als Prozentsatz der wahren Fläche beziehungsweise des wahren Volumens: der Relativfehler (Er in %).

### 3.1. Der Flächenfehler

Dieser Fehler ergibt sich aus der Differenz der Ellipsen- und der Kreis-

$$Ef = Fk - Fe (cm2).$$
 (9)

Nach der Substitution aus (1) und (4) erhalten wir die Form

Ef = 
$$\frac{1}{4} \pi \left( \frac{a+b}{2} \right)^2 - \frac{1}{4} \pi a b$$
 (cm²), (10)

Welche wie folgt aufgelöst werden kann:

Ef = 
$$\frac{1}{16} \pi (a-b)^2 (cm^2)$$
. (11)

Führen wir nun den Begriff der Durchmesserdifferenz i (cm) ein:

$$i = a - b$$
 (cm), (12)

dann kann die Gleichung (11) vereinfacht als

$$Ef = \frac{1}{16} \pi i^2 \text{ (cm}^2)$$
 (13)

geschrieben werden.

Man stellt zunächst fest, dass der Flächenfehler nur von der Durchdas bedeutet, dass der Fehler nur positive Werte annehmen kann. Mit anfläche. Der Kreisfläche ist stets grösser als die gemessene Ellipsenfläche. Der Flächenfehler wird gleich gross sein für einen Stamm mit den

Durchmessern 26/35 wie für einen anderen mit 66/75 (alle Masse in cm), nämlich:

Ef = 
$$\frac{1}{16} \pi 9^2 = 15,90 \text{ cm}^2$$
.

## 3.2. Der Volumenfehler

Das Auftreten dieses Fehlers setzt voraus, dass sich die Exzentrizität in ihrem Ausmass — nicht unbedingt in ihrer Orientierung — über die ganze Länge des Stammes oder Stammabschnittes erstreckt. Diese Bedingung ist oft erfüllt, besonders bei stark exzentrischen Stämmen. Die Berechnung dieses Fehlers erfolgt nach der Formel:

Ev = Ef L 
$$10^{-4}$$
 (m<sup>3</sup>),

wobei L die Länge des Stammes oder Stammabschnittes in Metern darstellt. Diese Gleichung kann nach der Substitution aus (11) oder (13) wie folgt geschrieben werden:

Ev = 
$$\frac{1}{16} \pi (a-b)^2 L 10^{-4}$$
 (m³), oder

Ev = 
$$\frac{1}{16} \pi i^2 L 10^{-4}$$
 (m<sup>3</sup>).

Es ist offenbar, dass sich der Volumenfehler sowohl zum Flächenfehler als auch zur Länge des Abschnittes direkt proportional verhält. Der Volumenfehler steigt linear mit der Stammeslänge und quadratisch mit der Durchmesserdifferenz. Da die beiden Einflussgrössen nur positive Werte annehmen können, muss der Volumenfehler ebenfalls stets positiv sein. Das bedeutet, dass das aus dem maximalen und dem minimalen Mittendurchmesser rechnerisch ermittelte Volumen bei Stämmen mit elliptischer Querschnittsform stets grösser sein wird als das tatsächliche Holzvolumen.

Wenn man im Beispiel aus dem Abschnitt 3.1. eine Stammlänge von <sup>15 m</sup> einsetzt, dann beträgt der Volumenfehler in beiden Fällen gleich viel, nämtlich

Ev = 
$$\frac{1}{16} \pi 9^2 15.10^{-4} = 0,024 \text{ m}^3$$
.

Bild 1 zeigt den Zusammenhang zwischen der Durchmesserdifferent (0,00 (0-20; cm), der Stammeslänge (5-20; m) und dem Volumenfehler (0,00 bis 0,15; m³).

Beispiel: Eine Durchmesserdifferenz von 16 cm bewirkt bei einer Stammeslänge von 10 m einen Volumenfehler von 0,05 m³. Bereits ein Fehler von 0,001 m³ kann die Rundholz-Volumenbestimmung durch veränderte Rundung beeinflussen. Ein Fehler von 0,01 m³ schlägt direkt auf die Rechnung.

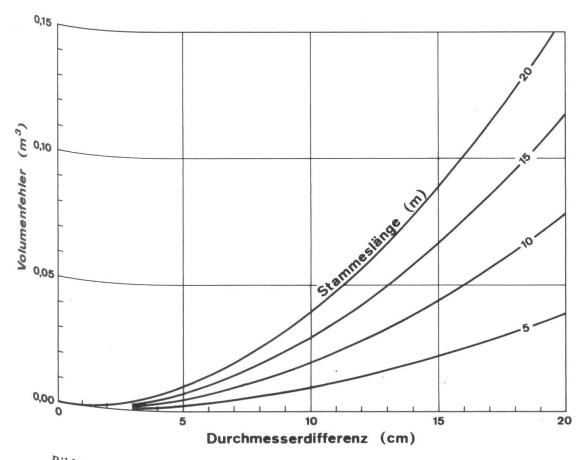


Bild 1. Diagramm zur Bestimmung des Volumenfehlers (m³) aufgrund der Durchmesserdifferenz (cm) und der Stammeslänge (m).

### 3.3. Der Relativfehler

Um den beschriebenen Volumenfehler mit einem Realitätsbezug zu verden, kann er als Prozentsatz des wahren Holzvolumens ausgedrückt werden. Der berechnete Relativfehler gilt übrigens auch als prozentuale Ausdrucksweise des Flächenfehlers. Die entsprechende Formel lautet:

$$Er = \frac{Fk L 10^{-4} - Fe L 10^{-4}}{Fe L 10^{-4}} 100 (\%),$$
 (17)

<sup>oder</sup> nach der Substitution aus (1) und (4)

$$Er = \frac{\frac{1}{4} \pi \left(\frac{a+b}{2}\right)^2 L \cdot 10^{-4} - \frac{1}{4} \pi a b L \cdot 10^{-4}}{\frac{1}{4} \pi a b L \cdot 10^{-4}} \quad 100 (\%). \tag{18}$$

Diese Gleichung kann zu folgender Form vereinfacht werden:

$$E_{\rm r} = \frac{25 (a-b)^2}{a b} (\%);$$
 (19)

nach dem Einsetzen aus (12) erhält man

$$Er = \frac{25 i^2}{a^2 - a i}$$
 (%).

Daraus folgt, dass der Relativfehler mit dem Quadrat der Durchmesserdifferenz steigt und proportional zur steigenden Querschnittsfläche abnimmt. Anders gesagt, der Relativfehler von zwei gleich stark exzentrischen Stämmen wird beim Stamm mit grösserer Querschnittsfläche kleiner sein. Der Relativfehler ist unabhängig von der Stammeslänge, daher kann er sowohl auf die Fläche als auch auf das Volumen bezogen werden.

Kehren wir nun zu unserem Beispiel zurück, so können nach der Formel (19) folgende Relativfehler errechnet werden:

Für den Stamm 26/35 ein Relativfehler von

$$Er = \frac{25 \cdot 9^2}{26 \cdot 35} = 2,23 \%,$$

und für den Stamm 66/75 ein Relativfehler von

$$Er = \frac{25 \cdot 9^2}{66 \cdot 75} = 0,41 \%.$$

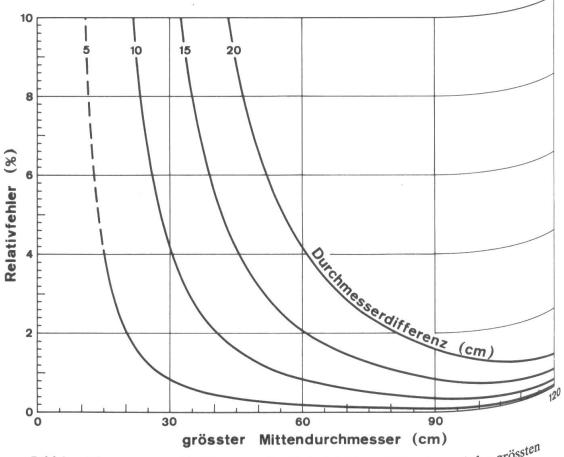


Bild 2. Diagramm zur Bestimmung des Relativfehlers (%) aufgrund des grössten Mittendurchmessers des Stammes (cm) und der Durchmesserdifferenz (cm).

Bild 2 zeigt den Zusammenhang zwischen dem grössten Mittendurchmesser des Stammes (0—120; cm), der Durchmesserdifferenz (5—20; cm)
und dem Relativfehler (0—10; %).

Beispiel: Bei einem grössten Mittendurchmesser von 60 cm und einer Durchmesserdifferenz von 15 cm entsteht nach der üblichen Ermittlungsmethode ein Fehler der Volumenbestimmung von 2,1 %.

#### 4. Die Korrektur des Fehlers

Der beschriebene Fehler kann korrigiert werden, indem zum Beispiel vom rechnerisch ermittelten Durchmesser eine bestimmte Grösse in Abzug gefaktors (Mit der Ausnahme der Einführung eines solchen Korrekturbestimmung voll eingehalten werden. Bei diesem Vorgehen wird zunächst korrigierte kreisförmige Querschnittsfläche definiert nach der Formel:

Fko = 
$$\frac{1}{4} \pi \left( \frac{a+b}{2} - K \right)^2$$
 (cm<sup>2</sup>), (21)

für die gelten soll, dass sie der ursprünglichen Ellipsenfläche gleicht:

$$Fko = Fe. (22)$$

Nach einer Substitution aus (1) und (21) erhalten wir

$$\frac{1}{4}\pi \left(\frac{a+b}{2} - K\right)^2 = \frac{1}{4}\pi a b.$$
 (23)

Die Auflösung dieser Gleichung nach K führt zu einer quadratischen Gleichung mit den Wurzeln

$$K_{1,2} = \frac{a+b\pm 2\sqrt{ab}}{2}$$
 (cm). (24)

Numerisch sind beide Lösungen korrekt, logisch jedoch nur die zweite,

$$K = \frac{a+b-2\sqrt{ab}}{2}$$
 (cm), (25)

<sup>0</sup>der nach einer Substitution aus (12)

$$K = a - \frac{i}{2} - \sqrt{a (a-i)}$$
 (cm). (26)

Der Korrekturfaktor hängt ab vom grössten Mittendurchmesser des Stamund von der Durchmesserdifferenz in einer nichtlinearen Art.

Unser Beispiel ergibt folgende Korrekturfaktoren:

$$K = 35 - \frac{9}{2} - \sqrt{35(35-9)} = 0,33 \text{ cm}$$

für den Stamm 26/35 und

$$K = 75 - \frac{9}{2} - \sqrt{75 (75 - 9)} = 0,14 \text{ cm}$$

für den Stamm 66/75.

Bild 3 zeigt den Zusammenhang zwischen dem grössten Mittendurchmesser des Stammes (0—120; cm), der Durchmesserdifferenz (5—20; cm) und dem Korrekturfaktor (0,0—2,0; cm).

Beispiel: Bei einem grössten Mittendurchmesser von 60 cm und einer Durchmesserdifferenz von 20 cm beträgt der Korrekturfaktor 1,0 cm. Die Bilder 1, 2 und 3 vermitteln dem Leser einen Überblick über die Grössen ordnung der besprochenen Fehler. Um nötige Korrekturen praktisch vor

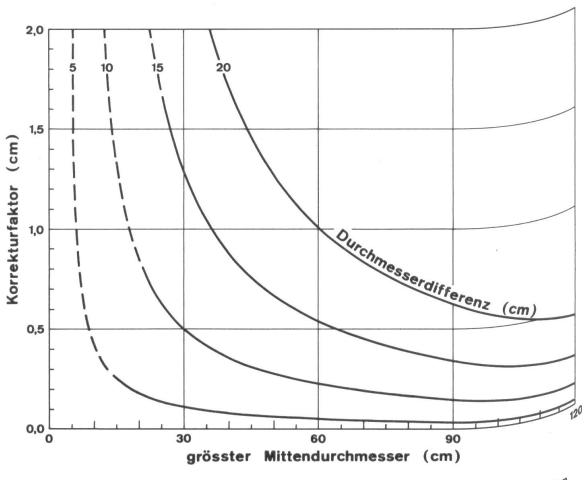


Bild 3. Diagramm zur Bestimmung des Korrekturfaktors (cm) aufgrund des grössten Mittendurchmessers des Stammes (cm) und der Durchmesserdifferenz (cm).

nach den gleichen Ordnungsgrössen wie im Bild 3 — nämlich nach dem grössten Mittendurchmesser und der Durchmesserdifferenz — aufgeführt. Wurde der Korrekturfaktor stets entsprechend auf- und abgerundet. Bei allen ungeraden Durchmesserdifferenzen — die den ungeraden Durchmesser- Mittendurchmesser — wird mit der üblichen Abrundung des mittleren Mittendurchmessers gerechnet.

Tabelle 1. Werte des Korrekturfaktors (cm) in Abhängigkeit vom grössten Mittendurchmesser (17—110+; cm) und der Durchmesserdifferenz (7—20; cm)

	Durchmesserdifferenz (cm)														
	17	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	18	_													
	19	_	1												
	20		1 1	_	1										
	21	_		_	1 1	1									
n)	22 23	_	_	_	1	_	1								
(0)	24	_	_	_	1	_	1	1							
Grösster Mittendurchmesser (cm)	25	_	_	_	1	_	1	1	2						
nes	26		_	_	1	_	1	1	1	1	•				
ch)	27			_	1 1	_	1 1	1 1	1 1	1 1	2	2			
dui	28 29	_	_	_	1		1	1	1	1	2	1	2		
ten	30	_	_	_	1		1	_	1	1	2	1	2	2	
Mil	31	_	_	_	1		1	_	1	1	2	1	2	2	3
er	32-33	_	_	_	_		1		1	1	1	1	2	2	3 2 2 2
sss	34- 26						1	_	1 1	1 1	1 1	1 1	2 2	2	2
225	3/-12	_		_	_	_	1		1		1	1	1	1	2
	43-44	_	_	_	_	_	_	_	1		1	1	1	1	2
	46-55	_	_	_	—	_	_		1	_	1	1	1	1	2 1
	26	_	_			_	_	_	1	_	1		1	1	1
	57—72 73	_		_	_	—	_	_	1	_	1	_	1	_	1
	73—90 91—110	_		_			_	_	_	_	1	_	1 1	_	1
_	110+	_		_			_		_	_	_		_	_	1
	-10+	_	_	_	_		_		_	_	_	_		_	_
							-								

Die besprochenen Mess-, Rechen- und Korrekturvorgänge können am Schnittes von a = 302 mm und dem kleinsten Durchmesser des Querveranschaulicht werden. Eine Stammscheibe dieser Linde ist im Bild 4a abaus den beiden extremen Durchmessern konstruierte Ellipse mit dem Inhalt der Formel (1), K ist der Kreis mit der Fläche nach der Formel (4)

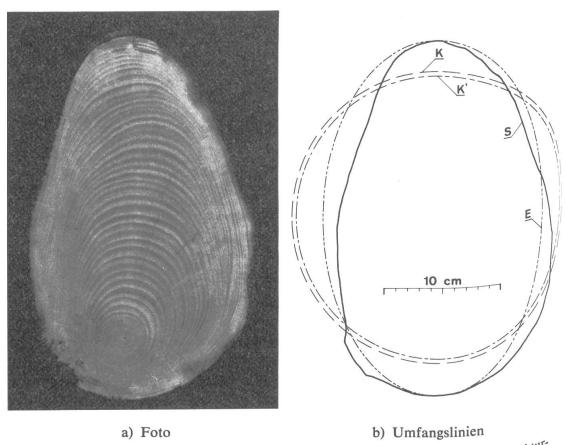


Bild 4. Schematische Darstellung der besprochenen Mess-, Rechen- und Korrekturvorgänge, dargestellt am Beispiel einer exzentrischen Lindenholz-Stammscheibe. Erklärungen siehe im Text.

und K' schliesslich der Kreis mit der korrigierten Fläche aufgrund der Formel (21). Die zu diesen Konturen zugehörigen Umfangs- und Flächenwerte sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Die Messungen sind mit einem Digitalisiergerät ausgeführt worden; die Messgenauigkeit betrug 0,025 mm. Die Angaben der Tabelle 2 zeigen, dass bei der Berechnung der Querschnittsfläche nach gewohnter Methode ein Fehler von 7,8 % entsteht. Selbst die Flächenbestimmung nach der Ellipsenformel schliesst in diesem Falle einen Fehler von 2,6 % ein. Bei der Transformation von der Ellipse zum Kreis wird der

Tabelle 2. Absolute und relative Umfangs- und Flächenwerte der Kurven aus dem Bild 4b

Kurve	l	Umfang	Fläche		
		mm	%	mm²	100.0
Wahrer Grundriss	(S)	798	100,0	44 629	100,0
Ellipse	(E)	787	98,6	45 778	102,5
Kreis	(K)	778	97,5	48 111	102,6 107,8 102,6
Korrigierter Kreis	(K')	758	95,0	45 778	102,0

Unfang reduziert, die Fläche jedoch vergrössert. Dies überrascht nicht, denn unter allen geschlossenen Kurven gleichen Umfanges besitzt der Kreis die grösste Fläche (vgl. dazu W. Buchheim 1938 und G. Müller 1957). Die Ellipse ist die einfachste exzentrische Form; bei allen anderen weniger regelmässigen Formen — wie in unserem Beispiel — wird der Flächenfehler eher grösser sein als berechnet.

#### 5. Diskussion

Das in diesem Aufsatz behandelte Thema ist keineswegs neu. Im Gegenteil, es existiert eine ganz beachtliche Anzahl von Untersuchungen, welche sich direkt oder indirekt mit diesem Problem auseinandersetzen. Es scheint mir richtig, die eigenen Überlegungen in einen breiteren sachlichen und ge-Schichtlichen Rahmen zu setzen mittels einer knappen Zusammenfassung der für dieses Problem relevanten Erkenntnisse aus der Literatur.

## <sup>5</sup>. 1. Das Objekt und die Zielsetzung der Querflächenbestimmung

Die Bestimmung der Querfläche dient in allererster Linie der Ermittlung des Stammholzvolumens und verwandter Grössen wie Jahrringbreite und Zuwachs. Die Form des Querschnittes findet meist wenig Beachtung, obgleich daraus Schlüsse auf die Schaftform und verarbeitungstechnische Konsequenzen gezogen werden können. Der Grund der Messungen ist entweder wirten gezogen werden können. Der Grund der Messungen ist entweder Wirtschaftlicher Art, oder es werden Forschungsfragen untersucht. Diese Untersoll iche Messgenauigkeit Unterscheidung ist insofern wichtig, als sie die erforderliche Messgenauigkeit beeinflusseit durch monetäre Überbeeinflusst. Im ersten Falle wird die Messgenauigkeit durch monetäre Überlegungen bestimmt und begrenzt, im zweiten Falle aber steht ein möglichst genaues Die Forschung wird angenaues Erfassen der Messgrössen im Vordergrund. Die Forschung wird angehalten gehalten, aufgrund kürzer werdender Untersuchungsperioden möglichst zu-Verlässige Extrapolierungen über Zuwachs und Ertrag (zum Beispiel im Pflegemassnahmen Zusammenhang mit neuen Züchtungen, mit bestimmten Pflegemassnahmen usw.) zu liefern. Dies erfordert eben eine hohe Messgenauigkeit. Neben dem direkten direkten Einfluss hat die Querflächenbestimmung zudem einen indirekten Einfluss hat die Querflächenbestimmung zudem einen indirekten Einfluss hat die Querflächenbestimmung zuwein einen Einfluss auf die Volumenermittlung im Zusammenhang mit den Formzahlen.

Die Wichtigsten Ziele der Querflächenbestimmung sind: Zuwachsermittlung, Vorratsbestimmung, Untersuchung der Stammform und Holzvolumen-bestimmung, Untersuchung der Stammform und Holzvolumenbestimmung beim Verkauf. Das zu messende Objekt ist entweder liegendes Holz od Fällen handelt es sich meist um Holz, oder es sind stehende Bäume. In beiden Fällen handelt es sich meist um eine einen des aber auch wiederkehrende, eine einmalige Messung, im zweiten Fall können es aber auch wiederkehrende, besondere Messungen sein. besonders gute Wiederholbarkeit erfordernde Messungen sein.

## 5.2. Die Querschnittsform

Es ist eine altbekannte Tatsache, dass die Stammquerflächen unserer Waldbäume nur selten kreisförmig sind (W. Tischendorf 1943b). Die Ab-

weichung einer Stammquerfläche von der Kreisform wird in der Forstwirt schaft als Exzentrizität bezeichnet und in der Regel durch das Verhältnis grössten zum bleineten Deuts grössten zum kleinsten Durchmesser charakterisiert. Diese Definition bezieht sich also nur auf die Unfamel sich also nur auf die Umfangsform und nicht auf die — meist unbekannte (W. Tischendorf 1943a). Es ist nämlich durchaus denkbar, dass ein vollkommen kreisrunder Starren kommen kreisrunder Stamm eine exzentrisch gelegene Markröhre aufweiselt kann. Der exzentrische Orangeleigen kann. Der exzentrische Querschnitt ist charakteristisch für Äste und für schief oder in einer Handlage waste in der oder in einer Hanglage wachsende Stämme; es sind aber auch auf ebenen und waagrechten Standauf et en Grief und waagrechten Standorten oft beträchtliche Exzentrizitäten der Quefschnittformen anzutreffen. Der Hauptfaktor, der die Exzentrizität beeinflusst, ist die Kronenform III. ist die Kronenform. Unregelmässige, einseitige Kronen führen stets exzentrischen Dickenwachstum. Weitere Faktoren sind: ein unregelmässiges Wurzelwerk und Zwieselbildung 3 Wurzelwerk und Zwieselbildung. Über die Ursachen, die zu diesen Faktoren führen ist bereits wiel die Literen führen, ist bereits viel diskutiert worden; eine Zusammenfassung der älteren Literatur findet man hei W. E. Literatur findet man bei W. Tischendorf (1943a). Man ist sich heute weitgehend einig dass die Heute gehend einig, dass die Hauptursachen Wind, einseitiger Lichtgenuss Schrägstellung des Poursahaften Schrägstellung des Baumschaftes (zum Beispiel durch Erdrutsch oder Schneellast) sind (W. Tischanderf 1042) last) sind (W. Tischendorf 1943a und 1943b; G. Müller 1958). Mit höheren Alter und steigendem Durch Alter und steigendem Durchmesser nimmt die Exzentrizität bei vielen Baum arten zu (Ph. Elver. 1901 W. T. arten zu (Ph. Flury 1891; W. Tischendorf 1943a; G. Müller 1958), ebenso bei der Fichte mit der Durcht bei der Fichte mit der Durchforstungsstärke (G. Müller 1958). Im Vergleich der Baumarten scheinen Föhre. Eine der Baumarten scheinen Föhre, Eiche, Buche und Ahorn häufiger exzentigen sche Stammquerflächen auf sche Stammquerflächen aufzuweisen als die Fichte und die Tanne (W. Tischendorf 1943a und G. Miller 1970) schendorf 1943a und G. Müller 1958) und die Laubholzarten generell öfter unregelmässige Umfangsformen. unregelmässige Umfangsformen zu besitzen als die Nadelhölzer. Diese letzte Erkenntnis fand ihre Pariialraid. Erkenntnis fand ihre Berücksichtigung in den Schweizerischen Holzhandels Gebräuchen die bei der Land in Gebräuchen, die bei der Laubholzsortierung nach Qualität für die a-Qualität die zvlindrische Form vorsehmit die zylindrische Form vorschreiben, während beim Nadelholz eine gleicht lautende Forderung fahlt lautende Forderung fehlt.

Die Form der exzentrischen Querfläche wird in den meisten Fällen mit der Ellipse und dem Oval angegeben (W. Schmidtborn 1863; W. Tischendorf 1943a). Ferner sind Kombinationen der Kurvenformen Kreis, Ellipse, oval und Parabel (zum Beispiel Halbkreis und Halbellipse) und auch unregelmässige Formen vorgeschlagen worden (W. Tischendorf 1927; L. Tirén 1929; mässige Formen vorgeschlagen worden (W. Tischendorf 1927; L. Tirén mit G. Müller 1957). Der exzentrische Stammquerschnitt ist zwangsläufig einem unregelmässigen Jahrringverlauf und oft mit der Reaktionsholzbildung (Druckholz bei den Nadelhölzern und Zugholz bei den Laubhölzern) ver (Druckholz bei den Nadelhölzern und Zugholz bei den Laubhölzern) ver Schälfurnier bedeutet bereits eine schwache Exzentrizität eine verringerte Ausbeute. Aber auch die Qualität des hergestellten Produktes ist beeinflusst, denn der ungleichmässige Jahrringbau und besonders das Reaktionsholz verdenn der ungleichmässige Jahrringbau und besonders das Reaktionsholz vermehrt Rissbildungen und Deformationen (das «Werfen») erleiden. Mit der vermehrt Rissbildungen und Deformationen (das «Werfen») erleiden. Mit der

Deklassierung eines exzentrischen Laubholzstammes wird der verminderten qualitativen und quantitativen Ausbeute Rechnung getragen. Der Fehler jedoch, der den Gegenstand dieser Arbeit bildet und sowohl beim Laubals auch beim Nadelholz vorkommt, wird damit nicht abgegolten.

## 5.3. Die Mess- und Berechnungsverfahren

Die beiden wichtigsten Messverfahren zur Ermittlung der Stammquerfläche sind die Durchmessermessung mit einer Kluppe und die Umfangmessung mit einem Messband. Während die Umfangmessung eindeutig definiert ist, kann die Kluppung in folgenden Varianten ausgeführt werden: einfache Kluppung, kreuzweise Kluppung, Kluppung des kleinsten und des grössten die VI. Durchmessers und Kombinationen dieser Varianten. Ferner kann die Kluppung in vorbestimmten Richtungen (Himmelsrichtungen, Orientie-Vor- Hanges) oder zufällig orientiert erfolgen. Die Literatur über die Vor. und Nachteile dieser beiden Messverfahren ist umfangreich, ein ab-Schliessendes Urteil ist kaum möglich. Die Befürworter der Umfangmessung betone betonen die folgenden Vorzüge dieser Methode: Sie ist einfacher, billiger, besitzt besitzt eine bessere Wiederholbarkeit (wichtig für wiederkehrende Grundflächenaufnahmen) als die Kluppung und zeigt nur positive Fehler (M.D. Chaturvedi 1926; E. Assmann 1956; G. Müller 1957). Die Anhänger der Durchmessermessung heben ihrerseits die unbestritten höhere Genauigkeit und Anpassungsfähigkeit der Kluppung hervor, welche besonders bei exzentri-Schen Querflächen ins Gewicht fallen (W. Schmidtborn 1863; T. Heikkilä 1927; L. Tirén 1929). Ein starkes Argument zugunsten der Kluppung hat G. Müller (1957) ungewollt geliefert, indem er bewies, dass die Fläche der Ellings Ellipse und des Ovals bei gleichen Durchmesserextremen gleich ist, das Oval aber einen grösseren Umfang besitzt.

Die Auswertung der Umfangmessung ist wiederum eindeutig; bei der Kluppung — drei verschiedene Formeln angewendet werden. Dazu muss zunächst einer der folgenden Mittelwerte berechnet werden:

$$der geometrische Mittelwert dg = \sqrt{a b}, (27)$$

$$der$$
 arithmetische Mittelwert  $da = \frac{a+b}{2}$  oder (28)

$$de_{r}$$
 quadratische Mittelwert  $dq = \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{2}}$  (29)

Es ist allgemein anerkannt, dass die Fläche aus dem geometrischen Mittelwert die besten und jene aus dem quadratischen Mittelwert die schlechte-L. Tirén 1929; M. Prodan 1965).

Tabelle 3. Formeln zur Berechnung einer elliptischen Querfläche aus ihrem Umfang (U) beziehungsweise aus dem grössten (a) und dem kleinsten (b)

Durchmesser und die systematischen Fehler dieser Berechnungsmethoden

Berechnungsgrundlage	Flächenformel	Fehlergrösse
cometrischer Mittelwert	$F = \frac{1}{4} \pi a b$	_
rithmetischer Mittelwert	$F = \frac{1}{4} \pi \left( \frac{a+b}{2} \right)^2$	$\frac{2}{32} \pi (a-b)^2$
nfang	$\mathrm{F}=rac{\mathrm{U}^2}{4\pi}$	$\frac{3}{32} \pi (a-b)^2$
adratischer Mittelwert	$F = \frac{1}{4} \; \pi \; \left(\frac{a^2 \! + \! b^2}{2}\right)$	$\frac{4}{32} \pi (a-b)^2$

Tabelle 3 zeigt die Formeln zur Querflächenbestimmung aus Umfangund Durchmessermessung und die systematischen Fehler der einzelnen Berechnungsverfahren. Die Fehlergrösse der Umfangmessung basiert auf Angaben von M.D. Chaturvedi (1926) und stellt eine Annäherung dar. Tabelle zeigt die Werte des Flächenfehlers (cm²) bei der Bestimmung einer elliptischen Stammquerfläche in Abhängigkeit von der Durchmesserdifferen (1—20; cm) und der verwendeten Berechnungsmethode.

Tabelle 4. Werte des Flächenfehlers (cm²) bei der Bestimmung einer elliptischen Querfläche in Abhängigkeit von der Durchmesserdifferenz (1—20; cm) und der verwendeten Berechnungsmethode

		Berechnungsmethode						
Durchmesser- differenz (cm)	Geom. Mittelwert	Arithm. Mittelwert	Quadrat. Mittelwert					
1		0,2	0,3	0,4				
2	_	0,8	1,2	1,6				
3		1,8	2,7	3,5				
4	_	3,1	4,7	6,3				
5		4,9	7,4	9,8				
6		7,1	10,6	14,1				
7	_	9,6	14,4	19,2				
8		12,6	18,8	25,1				
9	_	15,9	23,9	31,8				
10	_	19,6	29,5	39,3				
1	_	23,8	35,6	47,5				
12		28,3	42,4	56,5				
3	_	33,2	49,8	66,4				
14		38,5	57,7	77,0				
15		44,2	66,3	88,4				
16		50,3	75,4	100,5				
17	_	56,7	85,1	113,5				
18		63,6	95,4	127,2				
19	_	70,9	106,3	141,8				
20	_	78,5	117,8	157,1				

Man sollte berücksichtigen, dass diese Fehlerberechnung sich auf die Systematischen Fehler beschränkt und dass sie einen ideal-elliptischen Querschnitt zur Voraussetzung hat. Die tatsächlichen Fehler sind — wie es im ergaben, dass der mittlere positive Fehler der Querflächenbestimmung aus der Durchmessermessung (kreuzweise Kluppung) 2—5 % (W. Schmidtborn (M. D. Chaturvedi 1926) und aus der Umfangmessung zusätzlich 3—10 % lichen Unterschied von 3 % zwischen den Ergebnissen der Kluppung und der Umfangmessung an grossen Stichproben.

Die exzentrische Querschnittsform ist nicht die einzige Ursache des Flächenfehlers. B. Matérn (1956) führt den Flächenfehler aus der Umfangmessung auf zwei Komponenten zurück, nämlich das Konvexdefizit und das die c. de Zeinstein zwei Komponenten zuruck, nammen das Zeinsteinsche Zeinsteinsche Defizit. Unter dem Begriff «Konvexdefizit» stelle man sich die c. die Summe der Flächen vor, die durch zentripetale Abweichungen (Einbuchtungen) Das tungen) der Umfanglinie von einer idealen Kurvenlinie gebildet werden. Das «isoperimetrische Defizit» trägt diese Bezeichnung, weil die Flächenberechnung im Falle der Umfangmessung isoperimetrisch (das heisst mit gleich-bleiben. Falle der Umfangmessung isoperimetrisch (das heisst mit gleichbleibender bleibendem Umfang) und nicht isoareal (das heisst mit gleichbleibender Fläche) Fläche) ausgeführt wird. Für die kreuzweise Kluppung sind jedoch diese Begriffe weniger zutreffend. Die Berechnung der Querfläche aus zwei Durchmessen messern ist nicht ein isoperimetrischer Vorgang (vgl. dazu die Umfangswerte in den Tabellen 2 und 5). Im Zusammenhang mit einer generellen Kritik der Klupp. (1956) dass jede Kluppung und der Umfangmessung bewies B. Matérn (1956), dass jede Querflächenbestimmung aus Messungen an der Mantelfläche eines Stammes («Aussenmessung») fehlerhafte Resultate liefern muss und dass nur aus Messungen im Querschnitt («Innenmessung») die wahre Querfläche ermittelt

# 6. Ein Modell der systematischen Fehler der Querflächenbestimmung

Jedes Messen ist mit Fehlern verbunden, da eine infinite Genauigkeit Verhältnis zum Resultat zu halten. Dazu bedarf es einer genauen Kenntnis in systematische (prinzipbedingte) und empirische (zufallsbedingte) unterbefassen.

In nahezu allen Untersuchungen beschränken sich die Autoren auf die Messung vom Umfang und die Kluppung von zwei Durchmessern. Der abrelative Güte (Genauigkeit, Wiederholbarkeit, Aufwand) der beiden Verdahren, lässt jedoch die Berechnung von absoluten Fehlern nicht zu, da die

wahren Grundflächen unbekannt bleiben. Der Fehler der jeweiligen Methode wird als eine einheitliche C." wird als eine einheitliche Grösse angesehen, obgleich beide Querflächen Ermittlungsverfahren aus je einem messtechnischen und einem rechnerischen Teil zusammengesetzt sind Wilde Teil zusammengesetzt sind. Wir können in beiden Fällen von 2 Transformationen der Dimensionen anzachen Bei der der Dimensionen sprechen. Bei der ersten Transformation werden die Wahren Dimensionen (Umfang, Fläche, Form) in Messresultate umgewandelt; man kann diesen Vorgens els kann diesen Vorgang als «messtechnische Transformation» und den dabei entstandenen Fehler als «Messfehler» der jeweiligen Methode bezeichnen. Bei der zweiten Transformation werden aus den Messresultaten Rechnungsresultate abgeleitett dieser V resultate abgeleitet; diesen Vorgang kann man als «rechentechnische Transformation» und den dabei resultierenden Fehler als «Auswertungsfehler» zeichnen. Es stellen sich bei zeichnen. Es stellen sich hier offenbar zwei Fragen, nämlich eine nach absoluten Febler und die absoluten Fehler und die andere nach seinen Komponenten. Um diese beiden Fragen beantworten zu können, müsste eine Untersuchung so angestellt Weften dass man zunächst die den, dass man zunächst die wahren Dimensionen aus dem Querschnitt all liegenden Holz ermittelt und in den liegenden Holz ermittelt und sie nachfolgend mit den Ergebnissen der Klup pung und der Umfangsmessung vergleicht. Bei den beiden Verfahren müsste nicht nur des Endresultet nicht nur das Endresultat, sondern auch die Ergebnisse der ersten und zweiten Transformation auf zweiten Transformation erfasst und mit den wahren Dimensionen verglichen werden. Eine solche Unternahmen werden. Eine solche Untersuchung wäre noch vor einigen Jahren auf enorme messtechnische Schwisziele messtechnische Schwierigkeiten gestossen, die jedoch durch die Fortschritte der Bildanalyse (Disitalisiananna) der Bildanalyse (Digitalisiergeräte) beseitigt wurden.

Die obigen Vorstellungen können am Beispiel einer exzentrischen spannrückigen Pappelholz-Stammscheibe mit dem grössten Durchmesser des Querschnittes von a = 219 mm und dem kleinsten Durchmesser b = 164 mm überprüft werden. Das Vorgehen und die besprochenen griffe werden im Bild 5 veranschaulicht; es wird insbesondere deutlich, beide Bestimmungsverfahren je zwei verschiedenartige systematische Fehler aufweisen. Die Resultate der Messungen und Berechnungen sind in der Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5. Absolute und relative Umfangs- und Flächenwerte der Kurven aus dem Bild 5

Messverfahren	Umfan	g	Fläche	%
Kurve	mm	%	mm²	
Wahrer Grundriss	615	100,0	27 229	100,0
Umfangmessung: nach der 1. Transformation nach der 2. Transformation	613	99,7	27 768	102,0
	613	99,7	29 903	109,8
Kreuzweise Kluppung: nach der 1. Transformation nach der 2. Transformation	605 602	98,4 97,9	28 208 28 802	103,6

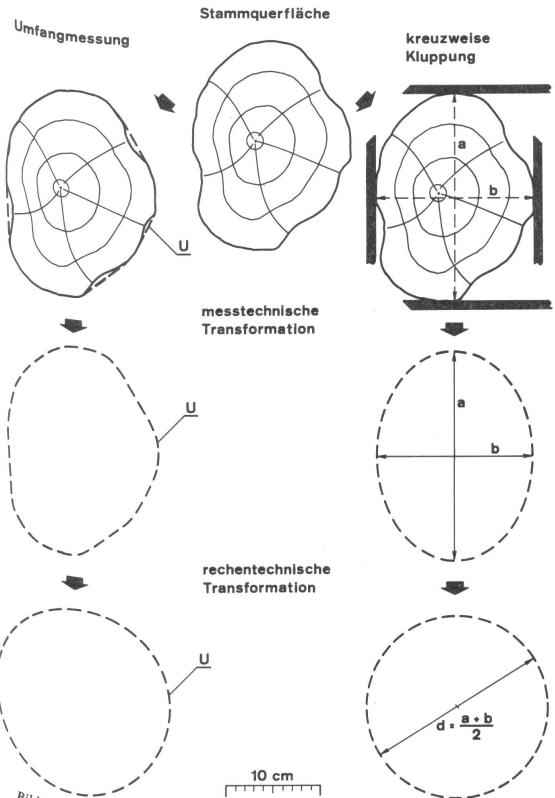


Bild 5. Schematische Darstellung der systematischen Fehler bei der Querflächenermittlung durch Umfang- und Durchmessermessung, dargestellt am Beispiel einer exzentrischen und spannrückigen Pappelholz-Stammscheibe. Erklärungen siehe im Text.

Die Ergebnisse der ersten Transformation zeigen den Messfehler der jeweiligen Methode. Die Umfangmessung weist in unserem Beispiel einen Flächenfehler von 2,0 %, die kreuzweise Kluppung einen solchen von 3,6 % auf. Obschon die Fläche vergrössert wird, erfährt der Umfang eine Reduktion von 0,3 % beziehungsweise 1,6 %.

Der Unterschied zwischen dem Resultat nach der zweiten und der ersten Transformation ergibt den Auswertungsfehler. Die Umfangmessung zeigt hier einen relativ hohen Flächenfehler von 7,8 % verglichen mit nur 2,2 % bei der kreuzweisen Kluppung (Berechnung der Fläche aufgrund des arithmetischen Mittelwertes der Mittendurchmesser). Der Umfang bleibt bei der ersten Methode unverändert: die Flächenberechnung gleicht hier einer isoperimetrischen Transformation. Bei der zweiten Methode wird der Umfang um 0,5 % reduziert.

Gesamthaft gesehen ist der Flächenfehler aus der Umfangmessung mit 9,8 % grösser als jener aus der kreuzweisen Kluppung mit nur 5,8 %. Man darf festhalten, dass der relativ grosse Flächenfehler der Umfangmessung im vorliegenden Fall nicht im messtechnischen Bereich liegt, sondern durch die Auswertung (Formel) herbeigeführt wird. Der Umfang wird übrigens in bei den Flächen reduziert, um 0,3 % bei der Umfangmessung (dies ist das Ausmass des Konvexdefizits in diesem Falle) und um 2,1 % bei der kreuzweisen Kluppung.

Das aufgeführte Beispiel darf keineswegs verallgemeinert werden; die Methode scheint jedoch geeignet zu sein, um über die systematischen Fehler der Umfang- und der Durchmessermessung anhand geeigneter Stichproben Genaueres zu ermitteln. Zugleich könnten biologisch und technologisch interessante Erkenntnisse über das Verhältnis der äusseren zur inneren Exzentrizität und die Beziehung der Exzentrizität zum Reaktionsholzvorkommen im Stammholz gewonnen werden.

## 7. Schlussfolgerungen

Aufgrund vorliegender Berechnungen und der Erkenntnisse aus der Literatur kann folgendes empfohlen werden:

- 1. Bei allen Querflächenbestimmungen, die am umfangreichen Material durchgeführt werden, besonders bei wiederkehrenden Messungen am gleichen Baum, ist für die Ermittlung der Stammquerflächen die kreuzweise Kluppung und die Anwendung der Ellipsenformel den anderen Verfahren vorzuziehen.
- 2. Bei der Volumenermittlung einzelner Stämme oder Stammabschnitte (liegendes Holz) sollte der als arithmetischer Mittelwert berechnete Mittel durchmesser im Bedarfsfalle entsprechend den Angaben der Tabelle korrigiert werden.

3. Untersuchungen über die Querschnittsform und -fläche sollten so angestellt werden, dass die wahren Grössen (Umfang, Fläche, Form) erfasst und mit den Resultaten aus der Umfangsmessung und der kreuzweisen Kluppung verglichen werden.

#### Résumé

#### Une erreur dans le cubage des grumes

L'article traite d'une erreur systématique dans le cubage des grumes, erreur provenant de la conversion d'une surface elliptique ou ovale en une surface circuerreur. L'erreur est définie et représentée comme erreur de surface, de volume et trée à l'aide de plusieurs exemples. L'auteur apporte un facteur de correction traité graphiquement ainsi qu'à l'aide d'une table. La table devrait permettre au praticien une correction rapide du cubage des bois abattus, si le besoin s'en fait de l'ellipse pour déterminer la surface de la section transversale. Sous la rubrique discussion, les calculs et réflexions revêtent un aspect général et historique. L'erun modèle distinguant faute de calcul et faute de mesure avec exemple à l'appui.

Traduction: S. Croptier

#### Literatur

- Assmann, E.: Wie kann der Grundflächenzuwachs auf Dauer-Versuchsflächen genauer bestimmt werden? Abhandlungen der 12 VVVII a. 2005, bestimmt werden? Abhandlungen des 12. IUFRO-Kongresses, Band 3, pp. 52-55, Oxford 1956.
- Buchheim, W.: Kluppung und Kreisform des Stammquerschnittes. Über Stammquerschnittes. Über Stammquerschnittes. schnitte gleicher Breite in allen Richtungen. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 70 (12): 656—658, 1938 70 (12): 656—658, 1938.
- Chaturvedi, M. D.: Measurements of the cubical contents of forest crops. Oxford University Press, London: Humphrey Milford 1026
- Flury, Ph.: Untersuchungen über die Genauigkeit der Grundflächenermittelung das Bestandesaufnahmen. Mittheilungen der Grundflächenermittelung das
- Heikkilä, T.: Über die Ermittelung der Querfläche eines Stammes. Acta Forestalia Fennica 32: 1—6, 1927 nica 32: 1—6, 1927.
- Matérn, B.: On the geometry of the cross-section of a stem. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut 46 (11): 1 22 1050 Skogsforskningsinstitut 46 (11): 1—28, 1956.
- Müller, G.: Untersuchungen über die Querschnittsform der Baumschäfte. 1. Mitteilung. Forstwissenschaftliches Centralblate 76 24 Forstwissenschaftliches Centralblatt 76: 34—54, 1957.
- Müller, G.: Untersuchungen über die Querschnittsform der Baumschäfte. 2. Mitteilung. Forstwissenschaftliches Controller 77. 14. Forstwissenschaftliches Centralblatt 77: 41—59, 1958.
- Prodan, M.: Holzmesslehre. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main 1965, pp. 79—87. 79—87.
- Schmid-Haas, P., Werner, J., und Baumann, E.: Fehler bei der Rundholzmessung.
  Schweizerische Zeitschrift für Foretween 132 (2)
- Schmidtborn, W.: Soll man die Stärke (Querfläche) der Modellstämme nach Jagd-Durchmesser oder nach dem Umfanz Durchmesser oder nach dem Umfang ermitteln? Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung 39 (11): 408—413 1863
- Schweizerische Holzhandels-Gebräuche vom 30. November 1949, Neuauflage mit Teilrevisionen von 1961. Forstwirtschaftlich 7 revisionen von 1961, Forstwirtschaftliche Zentralstelle, Solothurn 1961, pp. 5-19.

  n, L.: Über Grundflächenbergel
- Tirén, L.: Über Grundflächenberechnung und ihre Genauigkeit. Meddelanden Statens Skogsförsöksanstalt 25: 220 204 1020
- Tischendorf, W.: Lehrbuch der Holzmassenermittlung. Verlagsbuchhandlung Paul Parrey, Berlin 1927, pp. 50—57
- Tischendorf, W.: Über Gesetzmässigkeit und Ursache der Exzentrizität von Baum querflächen. Centralblatt für des gesende E querflächen. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 69 (2): 33-54, 1943a.
- Tischendorf, W.: Der Einfluss der Exzentrizität der Schaftquerflächen auf das gesungsergebnis bei Bestandesermittlussen der Schaftquerflächen auf das gesungsergebnis bei Bestandesermittlungen durch Kluppung. Centralblatt für das ge-samte Forstwesen 69 (3): 87\_04\_10421