

# Untersuchungen über die Querschnittsformen der Baumschäfte

Von G. MÜLLER

(Veröffentlichung aus dem Institut für Ertragskunde der Forstl. Forschungsanstalt München)<sup>1</sup>

## 3. Mitteilung

### Vorbemerkungen

Eine erste Bearbeitung der Aufnahmen von 15 Versuchsflächen ergab bereits einige Aufschlüsse über Ursache und Ausmaß der Exzentrizität der Stammquerflächen (3).

Die gewonnenen Unterlagen wurden inzwischen weiter ausgewertet. Im Mai 1957 wurden noch drei Fichtenversuchsflächen im Forstamt Otrobeuren aufgenommen, um bei der Fichte auch für höhere Durchmesserstufen ausreichende Unterlagen zu bekommen und die bei den übrigen Flächen gefundenen Gesetzmäßigkeiten überprüfen und ergänzen zu können.

Für die Mithilfe bei diesen Außenaufnahmen habe ich Herrn cand. forest BUCKWAR zu danken. Ein besonderes Anliegen ist es mir, an dieser Stelle auch Herrn Ing. BALLING für seine mir immer freundlichst gegebenen Auskünfte herzlichen Dank zu sagen. Herr BALLING besorgt seit nunmehr fast 3 Jahrzehnten den Hauptteil der Aufnahmen auf den Dauerversuchsflächen des Instituts für Ertragskunde. Seine genaue Kenntnis der Versuchsflächen und seine langjährige Erfahrung bedeuteten für die Planung und Durchführung meiner Arbeit eine große Hilfe.

Im Rahmen dieser Veröffentlichung ist es nicht möglich, auf alle durchgeführten Berechnungen im einzelnen einzugehen. Nur zwei wichtigere Ergebnisse werden näher erläutert; im übrigen soll versucht werden, ein kurzes Fazit aus den bisherigen Untersuchungen über die Querschnittsformen zu ziehen.

Neben der hier ausschließlich verwendeten Umfang- und Durchmessermessung in Brusthöhe am stehenden Stamm werden neuerdings von Forstassessor E. STORZONEX auch Messungen an den Radien der Stammscheiben vorgenommen, um bei Bohrspauswertungen und Stammscheiben-Messungen flächenrichtige Zuwachswerte zu bekommen. Die auf getrennten Wegen gefundenen Ergebnisse ergänzen sich gut.

### A. Die durchschnittliche Exzentrizität der Brusthöhenquerflächen von Fichtenstämmen

Bei den auf sehr unterschiedlichen Standorten, nämlich in den Forstämtern Eglharting und Otrobeuren, aufgenommenen reinen Fichtenversuchsflächen und bei den Parkkirchener Mischwaldflächen mit überwiegend Fichtenanteil fiel auf, daß sich die Exzentrizität der Bestandesmittelstämme im allgemeinen nicht allzusehr unterschied. Es war möglich, zwischen den von Fall zu Fall etwas streuenden mittleren Durchmesserdifferenzen der Kreisflächenmittelstämme eine Ausgleichskurve zu ziehen, aus

<sup>1</sup> Die Untersuchungen wurden durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft ermöglicht.

der man ersuchen konnte, daß mit steigendem Mitteldurchmesser der Bestände auch die Exzentrizität der Baumquersflächen leicht ansteigt. — In der Abbildung 1 ist diese Kurve mit eingetragen.

Da aus den untersuchten Beständen immerhin ein in mannigfacher Hinsicht statistisch gut auswertbares Material von 2137 gemessenen Fichtenstämmen vorliegt, schien es aussichtsreich, nicht nur eine Aufgliederung nach einzelnen Beständen vorzunehmen, sondern auch einmal alle Werte, ohne Rücksicht auf Standort und Bestandeszugehörigkeit, hinsichtlich des Zusammenhanges zwischen den Durchmesser in Brusthöhe (aus dem Umfang bestimmt) und den zugehörigen Mittelwerten der Differenz grösster und kleinster Durchmesser in Brusthöhe zu überprüfen.

Das Ergebnis bietet Abb. 1. Wie ersichtlich, war es nicht schwierig, eine vom Koordinatenursprung ausgehende und bis zu einer Brusthöhen-Durchmesserstärke von 70 cm reichende Ausgleichskurve zwischen den arithmetischen Mittelwerten der Durchmesserdifferenzen  $\Delta$  je Durchmesserstufe zu ziehen.

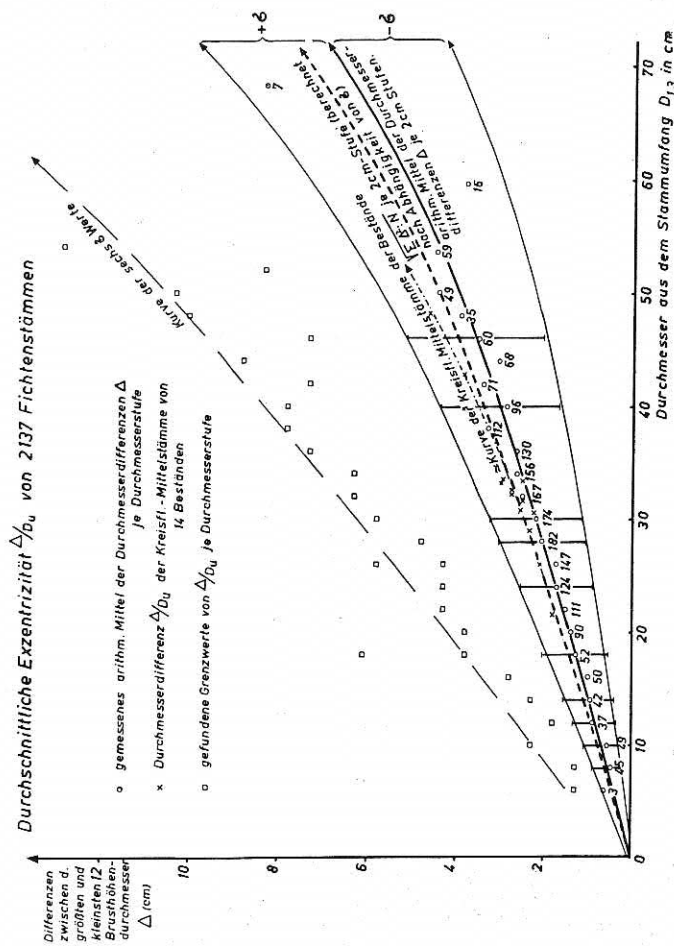


Abb. 1. Die mittlere Durchmesserdifferenz zwischen dem grössten und kleinsten Brusthöhen-durchmesser und damit die Exzentrizität der Quersflächen nimmt bei der Fichte mit steigenden Durchmessern gesetzmäßig zu. Auch die Streuung der Einzelwerte um die Ausgleichskurve vergrößert sich gesetzmäßig mit zunehmenden Schaftholzdurchmessern.

Die in der Zeichnung angegebenen Zahlen geben die Anzahl der gemittelten Einzelwerte je 2-cm-Durchmesserstufe an. Sie sind in der Mehrzahl der Fälle für eine Mittelbildung voll ausreichend. Bis zu einem Durchmesser von etwa 54 cm betragen die Höchstabweichungen von der Ausgleichskurve nur  $\pm 5$  mm Durchmesserdifferenz. Mit geringer werdender Anzahl der Werte je Durchmesserstufe steigt natürlich bei zunehmendem Durchmesser auch die Streuung der Mittelwerte um die Ausgleichskurve. Aber auch die mittlere Streuung  $\sigma$  der Einzelwerte um das arithmetische Mittel je Durchmesserstufe nimmt mit steigendem Durchmesser systematisch zu. Die Streu-

ung  $\sigma$  wurde für die Durchmesserstufen 8, 10, 12, 14, 18, 24, 28, 30, 40 und 46 cm ausgerechnet und in der Zeichnung von den Werten der Ausgleichskurve ab eingetragenen. Es ist offensichtlich, daß auch die Streuung um die arithmetischen Mittelwerte durch eine ganz ähnliche Kurvenfunktion ausgeglichen werden kann, wie sie den arithmetischen Mittelwerten selbst bei steigenden Durchmessern zugrunde liegt. — Für diese Zeichnung wurde immer dieselbe Schiffscurve (SCHILLER H 15) benutzt. Das Kurvenlineal wurde nur einmal etwa im Ordinaten-Ursprung eingehängt, und die vier Kurven ließen sich sodann durch einfaches Verändern des Steigungswinkels gut ausgleichen.

Die Durchmesserdifferenz  $\Delta$  des Kreisflächenmittelstammes eines Bestandes ist abhängig von der mittleren Streuung der  $\Delta$ -Werte um den entsprechenden arithmetischen Mittelwert. Auch die Durchmesserdifferenzen der Mittelstämme je 2-cm-Stufe lassen sich entweder direkt nach der in der *Mitteilung 1* (3) Seite 42 angegebenen Formel 16, oder aber auch der Streuung  $\sigma$  der Einzelwerte um das arithmetische Mittel berechnen. Die Durchmesserdifferenzen der Mittelstämme je Durchmesserstufe, — also die Wurzel aus dem Mittel der Summe der quadrierten Durchmesserdifferenzen je Durchmesserstufe — ergeben eine über den arithmetischen Mittelwerten verlaufende Kurve. Diese Kurve stimmt, wie man in der *Abb. 1* sieht, bis zu der Durchmesserstufe von 32 cm befriedigend mit der Kurve der Durchmesserdifferenzen der Kreisflächen-Mittelstämme der untersuchten Bestände überein. Von diesem Durchmesser an aufwärts steigt jedoch die Kurve der Bestandesmittelwerte steiler an. Der Grund dafür ist selbstverständlich der, daß der Kreisflächen-Mittelstamm eines Bestandes der Repräsentant nicht nur einer Durchmesserstufe allein ist. Um den Kreisflächen-Mittelstamm ordnen sich ja die Brusthöhendurchmesser der einzelnen Bestandglieder in den bekannten schiefen Verteilungskurven an, deren Streuung zudem ebenfalls mit steigenden Mitteldurchmessern zunimmt. Es ist deshalb für den Bestandes-Mittelwert gerade bei höheren Durchmessern auch die Streuung um die mittlere Durchmesserdifferenz größer, als dies bei einer Aufteilung nach nur 2-cm-Stufen in Erscheinung treten kann.

Als oberste Grenzkurve wurde in der Zeichnung schließlich noch die Kurve der, von der Abszisse aus abgetragenen, sechsfachen Werte der Streuung  $\sigma$  eingezeichnet. Zwischen den 6fachen Werten der Streuung  $\sigma$  liegen theoretisch bei einer Normalverteilung 99,7% aller vorkommenden Werte. Tatsächlich finden sich auch nur 4 von 2137 Meßwerten, also 1,9‰ außerhalb des gefundenen Bereiches. — Da die zugrunde liegenden Verteilungskurven eine sehr starke „Schiefe“ aufweisen, die, nach Art der Poisson-Verteilung, mit steigenden Mittelwerten sich der Normalverteilung nähern, wurden die  $\pm 3\sigma$ -Werte nicht von dem arithmetischen Mittelwert aus abgetragen. Es muß nämlich der untere Grenzwert der Durchmesserdifferenz  $\Delta$  für alle Durchmesserstufen immer gleich Null sein (kreisrunde Baumquerschnitte!). Deshalb wurde die Abszisse als untere Grenzlinie gewählt, von der aus die 6fachen  $\sigma$ -Werte nach oben abgetragen wurden.

Es erscheint nun widerspruchsvoll, daß man einmal bei einer Aufgliederung des Untersuchungsmaterials nach Beständen oder Baumklassen mehr oder minder große, z. T. systematische Unterschiede findet, zum anderen aber bei einem Zusammenwerfen aller Einzelwerte feststellen muß, daß das Material aus einer Grundgesamtheit zu stammen scheint.

Den Ursachen kommt man näher, wenn man sich etwas eingehender mit den Wachstumsvorgängen von Baum und Bestand beschäftigt. So macht man bei einer genauen Analyse von Durchforstungsversuchen in Fichtenbeständen die Beobachtung,

daß die Bäume offensichtlich zwei verschiedene Möglichkeiten haben, um sich auf stärker werdende Zug- oder Druckbelastungen einzustellen (4).

Die eine schon weitgehend bekannte Reaktion der durch Freistellung stärker dem Winddruck ausgesetzten Bäume ist bei Nadelbäumen eine einseitig verstärkte Bildung von Druckholzjahrringen. (1 u. 6.)

Eine andere Reaktion der Bäume besteht darin, daß sich die dem Winde stärker ausgesetzten Bäume eines aufgelichteten Bestandes im Laufe der Jahre mit ihrer ganzen Schaftform durch ein relatives Nachlassen des Höhenzuwachses bei einer gleichzeitigen Verstärkung des unteren Stammteiles auf die größer gewordenen statischen Belastungen einstellen. Hat sich der Baum aber in seiner ganzen Schaftform, also im Verhältnis von Brusthöhendurchmesserstärke zu Baumhöhe und Schaftvolumen, auf die Freistellung eingestellt, so geht die zu Beginn der Freistellung einseitig stark angestiegene Querschnittbelastung pro qcm Brusthöhenquerschnittfläche wieder zurück, und somit verringert sich auch die zu Anfang erhebliche exzentrische Querschnittverformung. — Die Formanpassung der Baumschäfte kann man bei Durchforstungs- oder Lichtungsversuchen sehr eindrucksvoll an der Änderung der Tariffunktionen (gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen Brusthöhendurchmesser- und Volumenentwicklung) nachweisen. (Vergleiche 4 u. 5.)

Die exzentrische Querschnittverformung der Bäume ist so in vielen Fällen nur eine vorübergehende erste Absicherungsmaßnahme gegen eine plötzlich verstärkte auftretende Biegebelastung. Bei einer fortwährenden einseitigen Windbelastung der Bäume ist jedoch als Gegenreaktion während des ganzen Entwicklungsganges eines Baumes eine einseitige, mit zunehmender Baumhöhe mehr oder weniger stark ansteigende exzentrische Druckholzbildung zu erwarten, da ja auch die Windbelastung mit zunehmender Baumgröße ansteigen dürfte.

Wesentlich ist es also, um wieder auf unsere Zeichnung *Abb. 1* zurückzukommen, daß die Exzentrizität sowohl der Einzelstämme als auch der Bestandesmittelstämme im Laufe größerer Wachstumszeiträume um einen mittleren, normalen Wert je Durchmesserstufe zu pendeln scheint, je nachdem, ob gerade eine stärkere Belastung durch Freistellung oder Schiefstand der Bäume aufgetreten ist, oder ob durch die aktive Wirkung des Druckholzes und durch die Formanpassung der Schäfte die vorübergehende einseitige Höchstbelastung der Querschnitte wieder auf ein normales Maß zurückgeführt worden ist.

In der Zeichnung dürften durch die Mittelkurven die Normalfälle gekennzeichnet sein. Um die Kurve der arithmetischen Mittelwerte ordnen sich die je Durchmesserstufe möglichen Fälle mehr oder weniger starker Exzentrizität in schiefen Verteilungskurven an. In der Zeichnung ist zudem der Rahmen der 6fachen Streuung, gerechnet von der  $x$ -Achse ab, angegeben. Nach Meinung des Verfassers dürfte eine weitere Aufnahme von ganz verschieden gelegenen Fichtenbeständen keine wesentlichen Veränderungen der Kurve der durchschnittlichen Exzentrizität der Brusthöhen-Querschnitte von Fichtenstämmen mehr ergeben. Allem Anschein nach unterscheiden sich die Einzelstämme je nach soziologischer Stellung (Baumklasse) und die Mittelstämme je nach Bestandesdichte besonders durch ein verschiedenes Verhältnis von Brusthöhendurchmesser zu zugehöriger Stammhöhe, also durch verschiedene Tarife. (4) Es ist deshalb auf lange Sicht gesehen kein wesentlicher Unterschied in der mittleren Exzentrizität der Stammquerschnitte auf verschiedenen Standorten zu erwarten, da in den meisten Fällen die unterschiedlichen statischen Bedingungen weitgehend durch die mehr oder weniger starke Voll- oder Abholzigkeit in der Schaftform der Bäume ausgeglichen wird.



## B. Einige Beobachtungen über die Form der Brusthöhenquerflächen der Bäume und ihre meßtechnischen Folgerungen

Theoretische Erwägungen über Sinn und Ursache der Druckholzbildung machen es zur Gewißheit, daß es sich bei den exzentrischen Querflächen der Bäume nicht um einfache Vollenipsen handeln kann. Da das Reaktionsholz, solange eine bestimmte vorherrschende Biegebelastung des Baumstammes auftritt, von den Bäumen lediglich einseitig bis zum Erreichen eines statisch wirksamen Gegendrucks angelegt wird, können die exzentrischen Querflächenformen allenfalls Ovalen, also Kombinationen von Ellipsen und Halbkreisen, ähnlich sein. Aber auch dies scheint sich nach vorliegenden Untersuchungen bei den Brusthöhenquerflächen nicht, oder doch nur in seltenen Fällen zu bestätigen. Die Winkel zwischen den größten und kleinsten Durchmessern liegen bei den einzelnen Beständen im Mittel zwischen etwa  $60^\circ$  und  $75^\circ$ . Die bei den einzelnen Bäumen gemessenen Winkel staffeln sich in schiefen Verteilungskurven zwischen  $20^\circ$ - und  $90^\circ$ -Winkeln, wobei sich allerdings das zahlenmäßige Maximum dieser Verteilungskurven fast immer den  $90^\circ$ -Winkeln nähert.

Aber selbst wenn man nur die Bäume herausgreift, die einen Winkel von genau  $90^\circ$  zwischen dem größten und kleinsten Brusthöhendurchmesser aufweisen, so muß man aus einem Vergleich der Ergebnisse von Umfangmessung, normaler kreuzweiser Klappung und Klappung der Extremwerte – die ja richtungsmäßig nur selten genau übereinstimmen – feststellen, daß auch diese Querflächen anscheinend keine einfache ovale Form haben können. Es handelt sich auch in diesen Fällen wohl um Kombinationen von etwas abgeflachten Halbkreisen, auf der Seite der kleineren Querflächenradien, mit Parabeln oder Hyperbeln auf der Gegenseite, die spitzer als Ellipsen zulaufen. Solche Querschnittsformen umschließen bei gleichen Halbmessern wie Ellipsen kleinere Flächenstücke (vgl. hierzu Mitteilung 1 (3), S. 51/52).

Leider gelang es nicht mehr, zu einer theoretischen Lösung des Problems der statisch wirksamsten Querschnittsformen zu gelangen. Eine Vorstellung über die bei den Bäumen etwas komplizierten Zusammenhänge zwischen den auftretenden Belastungsrichtungen und der exzentrischen Querschnittsverformung soll jedoch an Hand der Abb. 2 kurz gegeben werden.

Teilt man das Untersuchungsmaterial nach Klassen gleicher Richtung der größten bzw. kleinsten Durchmesser auf, so findet man einen Hinweis zur Lösung der in Frage stehenden Probleme. Es zeigt sich nämlich, daß der mittlere Winkel zwischen dem größten und kleinsten Durchmesser abhängig ist von den Richtungen der auf den Baum einwirkenden Zug- oder Schubkräfte. Dies läßt sich am einfachsten bei den in ebenem Gelände liegenden Egharter Fichtenbeständen nachweisen. Die Hauptwindrichtung ist dort West-Ost, und mit dieser Richtung stimmt das zahlenmäßige Maximum der Richtungsverteilung der größten Durchmesser genau überein (vgl. Mitteilung 2 (3)). Demnach sind alle Bäume, bei denen die Richtung des größten Brusthöhendurchmessers aus der Hauptwindrichtung ausschert, mindestens 2 verschieden gerichteten Biegebelastungen ausgesetzt. Die einzelnen Bäume hängen beispielsweise, da sie vom Nachbarbaum abgedrängt wurden, in eine von der Hauptwindrichtung abweichende Himmelsrichtung und bilden in dieser Richtung ihren größten Durchmesser aus. Zugleich jedoch bleibt, je nach Baumklasse, die Belastung in der Hauptwindrichtung mehr oder minder stark bestehen. Der Baum muß sich also in solchen Fällen nach zwei verschiedenen Himmelsrichtungen durch eine entsprechende Verformung der Querflächen absichern.

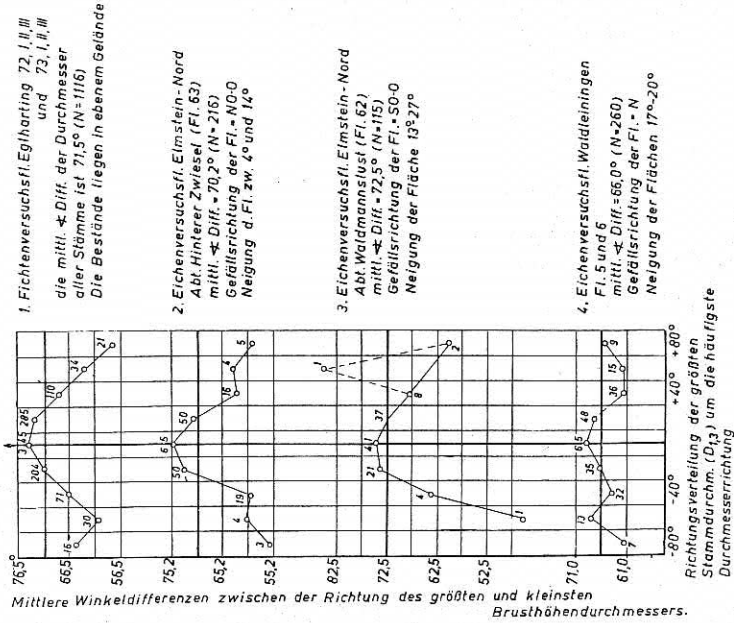


Abb. 2. Die Winkel zwischen den größten und kleinsten Durchmessern der Schaftquerflächen in Brusthöhe sind abhängig von den auf die Bäume einwirkenden, verschieden gerichteten, Zug- oder Druckbelastungen. Tritt nur eine Belastungsrichtung besonders in Erscheinung, so steigt die mittlere Winkeldifferenz über  $70^\circ$  an, in den übrigen Fällen werden die Winkel im Mittel kleiner als etwa  $70^\circ$ .

deren größter Durchmesser sich quer zur Hauptwindrichtung einstellt, auf unter  $60^\circ$  ab. Eine analoge Beobachtung macht man bei den Pfälzer Eichenversuchsflächen. Bei dem Bestand 63 Abt. „Hinterer Zwiessel“ (Beisp. 2 d. Abb.) stimmen Hanggefällsrichtung und Windrichtung überein. Es ergibt sich wiederum eine eindeutige Abhängigkeit der zwischen den extremen Durchmessern gefundenen mittleren Winkeldifferenz von der Himmelsrichtung des größten Durchmessers. Auch bei Beispiel 3 stimmt die teilweise sehr steile Hanggefällsrichtung mit der möglichen Hauptwindrichtung weitgehend überein, es findet sich deshalb eine ähnliche Verteilungskurve wie bei Beispiel 1 und 2.

Dagegen läßt sich bei den zwei am Nordhang stockenden Waldleiningener Flächen 5 und 6 keine direkte Abhängigkeit zwischen der Richtung der größten Baumdurchmesser und der gefundenen Winkeldifferenz der extremen Durchmesser ableiten. Dieser Fall bildet jedoch keinen Widerspruch zu den bisher untersuchten Flächen, denn es überschneiden sich hier offensichtlich mindestens zwei verschieden gerichtete Biegebelastungen der einzelnen Baumstämme. Die Hauptwindrichtung liegt nämlich hier fast genau quer zur Hanggefällsrichtung. Man erkennt dies auch an dem Mittelwert aller auftretenden Winkeldifferenzen, der – im Gegensatz zu dem Mittelwert bei den an-

Abb. 2 läßt erkennen, daß in den Fällen, in denen die größten Durchmesser der Bäume von der Hauptwindrichtung abweichen, – wenn also zwei verschieden gerichtete Kräfte auftreten – die Winkel zwischen den größten und kleinsten Brusthöhendurchmessern kleiner als  $70^\circ$  werden. Dagegen nähern sich offenbar im Falle der Richtungs-Übereinstimmung der größten Durchmesser mit der Hauptwindrichtung die mittleren Winkel zwischen den extremen Durchmessern etwas mehr dem  $90^\circ$ -Winkel. Bei den 1116 Stämmen der Egharter Flächen ist der mittlere Winkel zwischen den größten und kleinsten Durchmessern  $71,5^\circ$ . Die Bäume, deren größter Durchmesser in die Hauptwindrichtung zeigt, haben im Mittel eine Winkeldifferenz von  $74,4^\circ$ . In beinahe stetiger Folge sinkt die mittlere Winkeldifferenz bei den Bäumen,

deren Flächen — auf  $66^\circ$  abgesunken ist.

Näheres über die Verhältnisse der soeben angeführten Versuchsflächen kann man in der Mittheilung 2 (3) nachlesen. Man findet dort auch Angaben über die mittleren Winkeldifferenzen bei den Parkenkirchener Mischwaldflächen. Bei Fläche 1 wurde damals festgestellt, daß offenbar „verschieden gerichtete Einflüsse im Spiel sein müssen“ (Mittheilung 2, S. 53). Vergleicht man die damals ebenfalls angegebene mittlere Winkeldifferenz bei den übrigen untersuchten Flächen, so stellt man analog dem obigen Beispiel 4 der Abb. 2 fest, daß der entsprechende Winkel bei dieser Fläche ebenfalls nur  $63,9^\circ$  beträgt. Die übrigen 4 Versuchsflächen in Parkenkirchen haben dagegen mittlere Winkeldifferenzen von über  $70^\circ$ .

Aus allen bisher angeführten Beispielen ließ sich folgern, daß die Querschnittsform der Baumschäfte weitgehend durch Biegebeanspruchungen bestimmt wird. Da in sehr vielen Fällen mindestens zwei überwiegende Belastungsrichtungen auftreten, können die Querflächen solcher Bäume keine regelmäßig geformten Umfangslinien aufweisen, sondern der kleinste Durchmesser wird sich in Richtung der geringsten Belastung einspielen, der größte Schaftdurchmesser dagegen zeigt in die Hauptbelastungsrichtung. Ob nun aber in dem einfachsten Falle einer ausschließlich einseitigen Belastung die Baumquerflächen von dem ursprünglichen Normalfalle der Kreisform zu einer *ovalen* Querflächenform übergehen, oder ob die günstigsten statischen Bedingungen durch eine andere Querflächenform erfüllt werden, kann bisher nicht mit Sicherheit gesagt werden.

Jedenfalls steht fest, daß die „wirkliche Querfläche“ der Stämme in Brusthöhe in den meisten Fällen auch bei kreuzweiser Klappung nur mehr oder weniger fehlerhaft ermittelt werden kann. Da es sich bei den Baumquerflächen weder um Ellipsen noch um einfache Ovale handelt, muß eine Berechnung solcher Querflächen mit den einfachen Ellipsenformeln in der Regel zu einer positiven Überschätzung der „wirklichen Flächen“ führen. Diese fehlerhafte Überschätzung der exzentrischen Schaftquerflächen schwankt zudem von Baumklasse zu Baumklasse und teilweise auch von Bestand zu Bestand.

Auch bei der Umfangmessung der Bäume tritt ein systematisch positiver Fehler auf. *Aber es ist anzunehmen, daß die infolge der wechselnden Winkeldifferenzen zwischen den größten und kleinsten Durchmessern auftretende Fehlerstreuung bei kreuzweiser Klappung noch erheblich größer ist als bei der Umfangmessung.* Der mittlere Durchmesser je Stamm stützt sich bei kreuzweiser Klappung auf nur zwei *gekluppelte* Durchmesser, dagegen entspricht der aus der Umfangmessung, je Stammquerfläche über die Kreisform ermittelte Durchmesser *dem arithmetischen Mittel sämtlicher, in Richtung von  $0$  bis  $360^\circ$ , an der Stammquerfläche gekluppelter Durchmesser.* — Vergleichliche MATERN (2) S. 6 und 7 —. Es werden deshalb bei der Umfangmessung die tatsächlichen Veränderungen der Querflächenformen der Bäume besser berücksichtigt als dies selbst bei kreuzweiser Klappung geschieht, und außerdem wird die Fehlerstreuung der aufgenommenen Meßwerte verringert. Deshalb ist, zusätzlich zu den schon in Mittheilung 1 und 2 erörterten, z. T. rein gerätetechnischen Gründen, für langfristige genaue Zuwachsberechnungen von Versuchsflächen die Umfangmessung der kreuzweisen Klappung überlegen.

### Zusammenfassung

#### Zu Abschnitt A

An Hand der Abb. 1 wird die durchschnittliche Exzentrizität von 2137 Fichtenstämmen, die z. T. in verschiedenen Gebieten aufgenommen wurden, erläutert. Im Mittel nimmt die Exzentrizität der Brusthöhenquerflächen, bei größer werdenden Schaft-

durchmessern, regelmäßig zu. Auch die Streuung um die Mittelwerte steigt mit dem Durchmesser systematisch an.

Sobald sich bei den Bäumen die statischen Bedingungen durch größeren Winddruck, Freistellung oder dergleichen ändern, kann man im Laufe der Jahre nicht nur eine exzentrische Verformung der Schaftquerflächen, sondern auch eine Anpassung des ganzen Schaftaufbaues feststellen. Dabei scheint die starke exzentrische Anlagerung von Druck- oder Zugholz nur eine vorübergehende, erste Absicherungsmaßnahme zu sein, die später durch die Veränderung der ganzen Schaftform der Bäume wieder auf ein normales Maß zurückgeführt werden kann.

Die in Abb. 1 eingezeichneten Mittelwertskurven mit zugehöriger Streuung stellen den „Normalfall“ und den möglichen Rahmen der bei der Fichte auftretenden Exzentrizität der Brusthöhenquerflächen je Durchmesserstufe dar.

#### Zu Abschnitt B

Eine Untersuchung der Winkel zwischen den größten und kleinsten Brusthöhendurchmessern zeigt, daß es sich in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle nicht um einfache elliptische oder ovale Baumquerflächenformen handelt. Es sind meist unregelmäßige Querflächenformen, die durch die Intensität der auf die Bäume in den verschiedensten Richtungen einwirkenden Belastungen bestimmt werden. Der größte Durchmesser zeigt in die Richtung der stärksten Schub- oder Zugbelastungen. Die Richtung des kleinsten Durchmessers ergibt gleichzeitig die Richtung der geringsten Belastungsintensität.

Tritt bei den Beständen eine Belastungsrichtung besonders stark hervor, so steigt der mittlere Winkel zwischen den extremen Durchmessern auf über  $70^\circ$  an. Bei zwei quer zueinander liegenden Hauptbelastungsrichtungen dagegen sinkt der mittlere Winkel zwischen dem größten und kleinsten Durchmesser auf einen Wert unter  $70^\circ$  ab.

Die Umfangmessung ergibt bei unregelmäßigen Querschnittsformen weniger streuende Aufnahmewerte als die kreuzweise Klappung. Sie ist deshalb zur genauen Zuwachsberechnung langfristiger Versuchsflächen geeigneter. Die „wirkliche Querfläche“ der Baumschäfte kann jedoch mittels Klappung oder Umfangmessung meist nur annähernd werden!

### Literaturverzeichnis

1. KNUCHEL, H. Das Holz, Aarau/Frankfurt a. M., 1954. — 2. MATERN, B. On the Geometry of the Cross-Section of a Stem Meddelanden Från Statens Skogsforskningsinst. Bd. 46, 1956. —
3. MÜLLER, G. Untersuchungen über die Querschnittsformen der Baumschäfte, Mittheilung 1 und 2, Forstw. Cbl. 1957 und 1958. — 4. MÜLLER, G. Über Gesetzmäßigkeiten im Wachstumsgang von reinen gleichaltrigen Fichtenbeständen unter besonderer Berücksichtigung verschiedener Durchforstungsstärken, Diss. Freiburg, 1957. — 5. MÜLLER, G., und ZAHN, E. Eine gute Ausgleichsfunktion zur Konstruktion von Massentafeln, Forstw. Cbl., 1958, Heft 5/6. —
6. TRENDELENBURG, K., MAYER-WEGELIN, H. Das Holz als Rohstoff, München 1955.