

erkundung im Rahmen der Forsteinrichtungsarbeiten angeregt hat, daß der Leiter des Forstamtes Zwiesel-Ost (Ofm. K. KLOTZ) die Freilandmessungen tatkräftig förderte und daß die genannten Beobachter unter schwierigen Bedingungen gewissenhaft die Meßgänge ausgeführt haben. Für die statistischen Arbeiten fand eine Rechenmaschine Verwendung, die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Verfügung gestellt worden ist.

Literatur

1. BAUMGARTNER, A.: Temperatur und Niederschlagsverteilung im Bergwald. La Météorologie IV, Serie Nr. 45/46, 251-256 (1957). — 2. BAUMGARTNER, A.: Zur Höhenabhängigkeit von Regen und Nebelniederschlag am Gr. Falkenstein (Bayer. Wald). UGGJ, Comptes Rendus et Rapports-Assemblée générale de Toronto 1957, Tome I, 529-534, Gentbrugge 1958. — 3. BAUMGARTNER, A.: Regen, Nebel und Schnee als Standortfaktor am Gr. Falkenstein. Wiss. Mitt. Meteorolog. Inst. München 1958 (im Manuskript). — 4. BAUMGARTNER, A., u. HOFMANN, G.: Elektrische Fernmessung der Luft und Bodentemperatur in einem Bergwald. Archiv für Meteorologie, Geophys. u. Bioklima, Serie B, 8, 215-231 (1957). — 5. BAUMGARTNER, A., KLEINLEIN, G., und WALDMANN, G.: Forstlich-phänologische Beobachtungen und Experimente am Gr. Falkenstein. Forstw. Centralbl. 75, 290-303 (1956). — 6. Deutscher Wetterdienst: Monatliche Witterungsberichte für 1954 und 1955. Bad Kissingen 1954 und 1955. — 7. GEIGER, R.: The modification of microclimate by vegetation in open country and in hilly country. Arid Zone Research, Nr. IX, Proc. of the Canberra symposium, Paris 1958. — 8. GRUNOW, J.: Niederschlagsmessungen am Hang. Meteorolog. Rundschau, 6, 85-91 (1953). — 9. GRUNOW, J.: Die Niederschlagsmessung mit hangparallelen Auffangflächen. Methode, Erfahrungen, Folgerungen. UGGJ. Int. Hydr. Sci. Assemblée générale, Rome 1954. Umdruck Meteorolog. Observatorium Hohenpeissenberg 1954. — 10. Reichsamt für Wetterdienst: Klimakunde des Deutschen Reiches. Verl. Dietrich Reimer. Berlin 1939.

Radialzuwachs und Flächenzuwachs

Genauere Bestimmung des Grundflächenzuwachses mit Bohrspänen
und Stammscheiben

Von E. SIOSTRZONEK

(Aus dem Institut für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München)¹

Vorbemerkung

Beim Beginn von Forschungsarbeiten, welche die Zuwachsverhältnisse an freigestellten Bestandsrändern aufklären sollen, stellte sich eine entscheidende Schwierigkeit heraus: Bei dem zwangsläufig geringen Umfang der jeweils zu untersuchenden Gesamtheiten galt es, den Querschnittszuwachs von Einzelbäumen sowohl in Brusthöhe als auch in größeren Schafthöhen mit Hilfe von Bohrkernen und Stammscheiben mit wesentlich größerer Genauigkeit als bisher üblich, zu erfassen. Die vielfach auftretenden exzentrischen Querschnittsverformungen wirkten dabei besonders erschwerend. So war es unumgänglich, durch methodische Voruntersuchungen erst einmal brauchbare Meßverfahren abzuleiten. Dies ist Herrn Assessor des Forstdienstes E. SIOSTRZONEK, wie aus nachfolgender Arbeit ersichtlich, gelungen. ASSMANN

I. Problemstellung

Es sind schon fast 100 Jahre vergangen, seitdem der Tharandter Büchsenmacher RYSEL nach Anleitung PRESSLERS den ersten Zuwachsbohrer konstruierte. Inzwischen wurde

¹ Die Arbeit wurde durch eine Beihilfe der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.

der Zuwachsbohrer wesentlich verbessert, und moderne Jahrringmikroskope erlauben die Messung der Jahrringbreite mit $\frac{1}{100}$ mm Genauigkeit. Trotzdem gibt es heute noch eine Zahl von Forstleuten, die den Zuwachsbohrer in ihrem Walde nicht gerne sehen. Dies mag zum Teil ästhetische Gründe haben – so manchem forstlichen Herzen tut es weh, einen gesunden Baum anzubohren –, zum größeren Teil liegt die Ursache des Mißtrauens aber in der immer noch erheblichen Ungenauigkeit der Ergebnisse.

Wegen der großen Streuung der Einzelwerte mußte man nach den bisherigen Methoden mindestens 50 bis 100 Bäume anbohren, um einen einigermaßen gesicherten Grundflächenzuwachs berechnen zu können. Trotzdem blieben die Ergebnisse mit mehr oder minder großen systematischen Fehlern behaftet.

Da auch die an sich genauere Art der Zuwachsbestimmung, nämlich die Messung und Auswertung von Stammscheiben mit den heute üblichen Methoden ebenfalls systematisch ungenaue Ergebnisse bringt und die bei der Zuwachsbohrung und Stammscheibenmessung gemachten Fehler zum großen Teil auf gemeinsamen Ursachen beruhen, soll sich die vorliegende Arbeit mit beiden Zuwachsermittlungsmethoden befassen.

Im Institut für Ertragskunde München werden zur Zeit Untersuchungen über den Einfluß von Aufhieben auf den Zuwachs der Randbestockung durchgeführt. Dabei sind an die zu wählende Zuwachsermittlungsmethode zwei besondere Folgerungen zu stellen:

1. *Der Zuwachs muß sich auch bei einem sehr kleinen Kollektiv genau ermitteln lassen.* Die Probestellen sind in Zonen gleicher Entfernung vom Rand unterteilt; in jede Zone fallen 15 bis 30 Bäume, auf jede Baumklasse in einer Zone nur 3 bis 8 Bäume. Dabei ist es erforderlich, den Zuwachs je Zone und Baumklasse getrennt zu erfassen.
2. *Der Zuwachs muß bis zu einem Zeitpunkt von 10 Jahren vor dem Auftrieb zurückverfolgt werden,* also bei manchen Flächen für einen Zeitraum von 35 Jahren.

Die bisherigen Methoden waren für diese Zwecke zu ungenau und versagten gleich bei den ersten Versuchsflächen. Es ergab sich also eine zwingende Notwendigkeit, nach neuen Wegen zu suchen.

Es muß möglich sein, durch systematische Untersuchungen zur Klärung folgender Fragen und damit zu genaueren Zuwachsermittlungsmethoden zu gelangen:

1. Wie oft und an welchen Stellen und in welchen Richtungen soll man bohren und messen?
2. Wie soll man den Bezugsdurchmesser oder -radius bestimmen?
3. Wie soll man die Einzelwerte mitteln?

Obwohl in der einschlägigen Fachliteratur gerade in der letzten Zeit viel über die Zuwachsermittlung geschrieben wurde, wick man diesen grundlegenden Fragen meist aus oder behandelte sie nur stiefmütterlich. Die älteste Anleitung zur Anwendung des Zuwachsbohrers, nämlich die von PRESSLER (10), ist immer noch die genaueste.

II. Theoretische Überlegungen über die Fehlerursachen der Zuwachsberechnung

1. Allgemeines

Nehmen wir an, man würde keine Meß-, Schreib- oder Rechenfehler machen, so sind trotzdem noch folgende Fehlerursachen möglich:

- a. Falsche Wahl der Bohrstelle(n), der Bohr- und Meßrichtung(en).
- b. Systematisch falsche Bestimmung des Ausgangsdurchmessers.
- c. Falsche Mittelbildung der Einzelwerte.

Alle diese drei Möglichkeiten verursachen meist systematische, also einseitige Fehler, die auch beim großen Kollektiv sich gegenseitig nicht ausgleichen.

Auf die Möglichkeit a wird hier im theoretischen Teil nicht näher eingegangen, da es allgemein bekannt ist, daß der Radialzuwachs nicht gleichmäßig um den Stamm an-

gelegt wird und daß es nicht gleichgültig ist, wo und wie man bohrt oder mißt. Mit diesem Thema befassen sich die Ausführungen über die praktischen Untersuchungen im Abschnitt III 3.

2. Einfluß des Durchmesserfehlers auf den Grundflächenzuwachs

Während die Zuwachsermittlungen an Stammscheiben eine direkte Messung der gewünschten Radien (auch der früheren) und damit eine relativ genaue Ermittlung der Grundflächen und des Grundflächenzuwachses erlauben, kann bei den üblichen Verfahren der Zuwachsbohrung nur der Durchmesser (Umfang) mit Rinde unmittelbar gemessen werden. Der Durchmesser ohne Rinde sowie die früheren Durchmesser können erst durch Abzug der Rindenstärke und des an Bohrspänen gemessenen (doppelten) Radialzuwachses sozusagen rekonstruiert werden. Da nun der Ausgangsdurchmesser (Jetztdurchmesser) und der Durchmesserzuwachs in verschiedener Weise bestimmt werden, besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, daß sie zueinander nicht passen und selbst aus einem richtig gemessenen Durchmesserzuwachs ein falscher Grundflächenzuwachs resultiert. Die Ursache dafür kann liegen

1. in einer mangelhaften Durchmesser-Bestimmungsmethode (darüber wäre eine eigene Arbeit nötig) oder
2. in fehlender oder ungenügender Berücksichtigung der Rindenstärke.

Wie stark sich die fehlerhafte Bestimmung des Ausgangsdurchmessers auf den Grundflächenzuwachs auswirkt, soll an Hand eines Beispiels einer 100j. Fi.-Stammscheibe gezeigt werden (Tabelle 1).

Der Grundflächenzuwachs wurde hier dreimal berechnet, und zwar

- a. mit richtigem Ausgangsdurchmesser,
- b. mit einem um die doppelte Rindenstärke zu großen Ausgangsdurchmesser ($\Delta D = 1,8 \text{ cm} = 4,4 \text{ ‰}$),
- c. mit einem um $\frac{1}{100} D$ zu großen Ausgangsdurchmesser ($\Delta D = 0,4 \text{ cm} = 1,0 \text{ ‰}$).

Dabei ist deutlich zu ersehen, daß der Grundflächenzuwachsfehler mit der Tiefe der Bohrung zunimmt. Ein Durchmesserfehler von $+ 4,4 \text{ ‰}$ (also bei Nichtbeachtung der Rindenstärke) verursacht in der letzten Zuwachsperiode einen Grundflächen-Zuwachsfehler von $+ 4,6 \text{ ‰}$, bei der viertletzten Periode dagegen einen von $+ 9,3 \text{ ‰}$. Auch bei kleinen Fehlern des Ausgangsdurchmessers nimmt der Grundflächenzuwachsfehler nach innen stark zu.

Soll die Zuwachsermittlung die Entwicklung des Grundflächenzuwachses über mehrere Perioden vergleichsfähig aufzeigen, so muß, um falschen Schlußfolgerungen vorzubeugen, diesem systematischen Fehler unbedingt ausgewichen werden. Dazu werden in Abschnitt IV 3 zwei Möglichkeiten vorgeschlagen.

3. Überlegungen über das arithmetische, geometrische und quadratische Mittel der gemessenen Radien

Nachdem der Grundflächenzuwachs gleich der Differenz zweier Grundflächen ist, kann er nur dann genau bestimmt werden, wenn die beiden Grundflächen genau ermittelt werden.

Es ist allgemein bekannt, daß *je mehr* – nach einem bestimmten System ausgewählte – *Radien gemessen werden, desto genauer das Ergebnis* wird. Über das rechnerische Verfahren der Mittelbildung wird aber fast nie nachgedacht. In der forstlichen Praxis und Forschung ist es üblich, die Stammscheiben kreuzweise (also 4 Radien im Winkel von jeweils 90° zueinander) zu messen und die Grundflächen nach dem arithmetischen Mittel der 4 Radien zu bestimmen. Was nützt aber die größte Genauigkeit der Messung – mit dem Baur'schen Zuwachsstab (2) auf 0,5 mm, mit dem Jahrring-

Tabelle 1

Ein Beispiel für den Einfluß des Ausgangsdurchmesser-Fehlers auf die Genauigkeit der Grundflächenzuwachsrechnung

	1957	1947	1937	1927	1917
Gemessener Z_{G}	4,2	4,5	5,8	3,9	
a. Berechnung des wirklichen Grundflächenzuwachses:					
d	41,0	36,8	32,3	26,5	22,6
G	1320,3	1063,6	819,4	551,5	401,1
($\%$)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
Z_{G}	256,7	244,2	267,9	150,4	
($\%$)	(100)	(100)	(100)	(100)	
b. Berechnung mit einem Fehler des Ausgangsdurchmessers von + 1,8 cm (= 2 × Rinde)					
d	42,8	38,6	34,1	28,3	24,4
G	1438,7	1170,2	913,3	629,0	467,6
($\%$)	(109,0)	(110,0)	(111,5)	(114,1)	(116,6)
Z_{G}	268,5	256,9	284,3	161,4	
($\%$)	(104,6)	(105,2)	(106,1)	(109,3)	
c. Berechnung mit einem Fehler des Ausgangsdurchmessers von + 0,4 cm (= 1/100 d)					
d	41,4	37,2	32,7	26,9	23,0
G	1346,1	1086,9	839,8	568,3	415,5
($\%$)	(102,0)	(102,2)	(102,5)	(103,0)	(103,6)
Z_{G}	259,2	247,1	271,5	152,8	
($\%$)	(101,0)	(101,2)	(101,4)	(101,6)	

Alle Angaben in cm bzw. in cm².

mikroskop auf 0,01 mm –, wenn durch die Wahl des arithmetischen Mittels ein Grundflächenfehler von etwa minus 5% bei exzentrischen Scheiben entsteht. In diesem Abschnitt soll der Einfluß der verschiedenen Mittelbildungsmöglichkeiten auf die Genauigkeit der Flächenbestimmung theoretisch untersucht werden.

Dieser Untersuchung dienen ein Kreis und ein Oval (= $\frac{1}{2}$ Kreis + $\frac{1}{2}$ Ellipse), die nach den in Abschnitt III 3a beschriebenen Erkenntnissen über die Form der Stammscheiben konstruiert wurden. Die unterstellten extremen Abweichungen betragen: Verschiebung der Markröhre beim Kreis = $\frac{1}{2} r$, beim Oval = $\frac{1}{4} D$; das Verhältnis $D : d = 1 : 0,8$.

An jeder dieser geometrischen Formen wurden nach den Systemen der Winkel- und Umfangteilung je 16 Radien bestimmt und deren Längen analytisch exakt berechnet. Die Flächenberechnung erfolgte nach den verschiedenen Möglichkeiten der Mittelbildung von je 2, 4, 8 oder 16 dieser Radien. Die Formeln hierfür lauten:

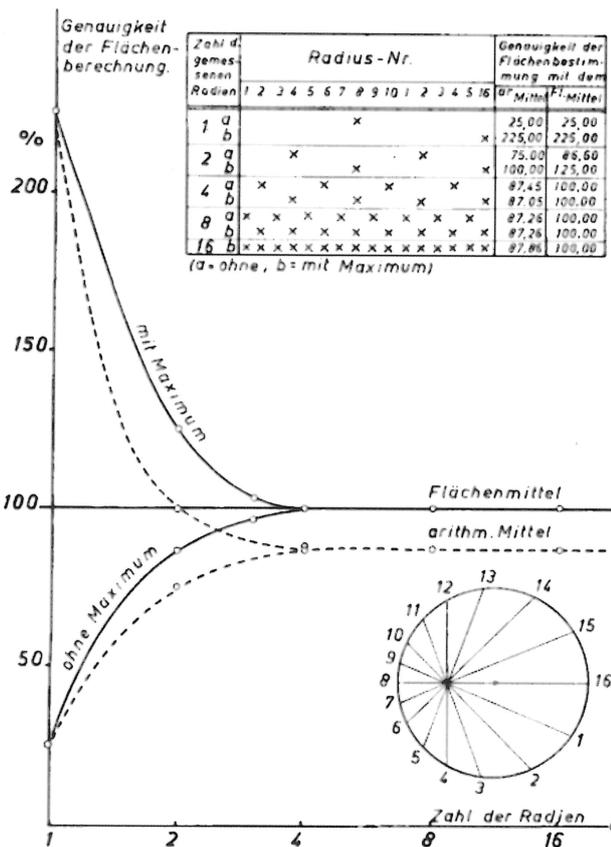


Abb. 1. Genauigkeit der Flächenberechnung eines Kreises mit einem um r/2 „verschobenen Mittelpunkt“ in Abhängigkeit von der Zahl der nach der Winkelteilung bestimmten und gemessenen Radien und von der Art der Mittelbildung

arithmetisches Mittel: $r_m = \frac{r_1 + r_2 + \dots + r_n}{n}$

geometrisches Mittel: $r_m = \sqrt[n]{r_1 \cdot r_2 \cdot \dots \cdot r_n}$

quadratisches Mittel oder Flächenmittel:² $r_m = \sqrt{\frac{r_1^2 + r_2^2 + \dots + r_n^2}{n}}$

Die Abweichung der so ermittelten von der wirklichen Fläche ist aus nachstehenden Darstellungen zu ersehen.

1. Winkelteilung am Kreis (Abb. 1)

Tabelle und Zeichnung lassen erkennen, welche Radien jeweils gemittelt wurden. Die Zahlenwerte und die Ordinatenwerte der Zeichnung geben die berechneten Flächen in Prozent der wirklichen Fläche an. Da die beiden Kurven „mit Maximum“ und „ohne

² Die Bezeichnung „Flächenmittel“ wurde der Schrift von PERKAL (9) entnommen und wird in dieser Arbeit verwendet.

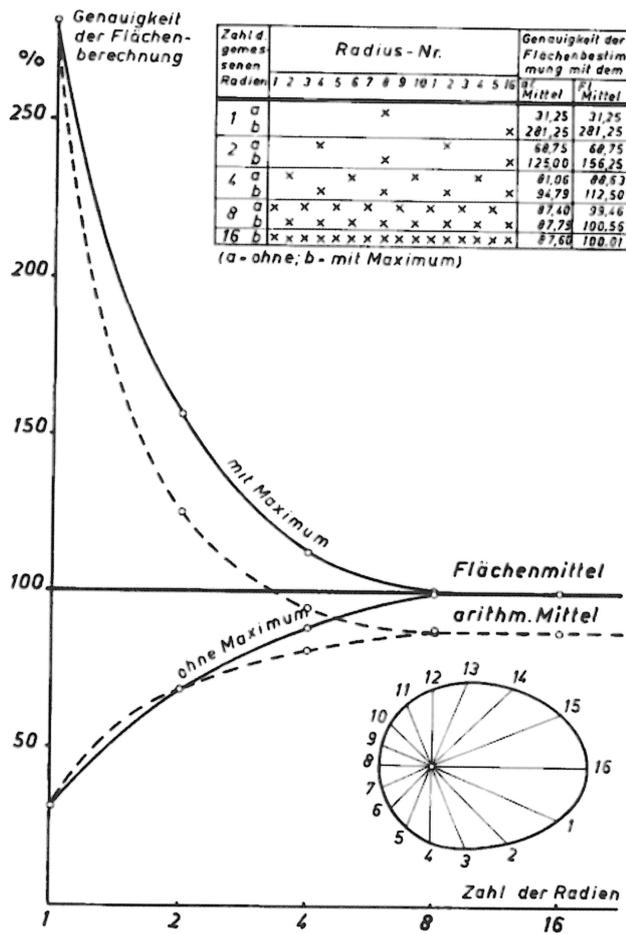


Abb. 2. Genauigkeit der Flächenberechnung einer Ellipse mit einem um D/4 „verschobenen Mittelpunkt“ in Abhängigkeit von der Zahl der nach der Winkelteilung bestimmten und gemessenen Radien und von der Art der Mittelbildung

Maximum“ die größtmögliche Abweichung von der richtigen Fläche angeben, bilden sie die Grenzwerte, innerhalb derer sich der Flächenwert bewegen muß, falls man die Winkelteilung um einen beliebigen Winkel drehen würde. Die Zahlenreihen der Tabelle und die Kurven beweisen, daß bei einem Kreis mit „verschobener Markröhre“ das arithmetische Mittel aus noch so zahlreichen Radiusmessungen immer zu geringe Werte gibt, und daß das Flächenmittel schon bei 4 Radien und ohne Rücksicht auf die Lage des „Kreuzes“ zu absolut richtigen Flächen führt. Das geometrische Mittel liegt bei der Winkelteilung noch weit unterhalb des arithmetischen Mittels und wurde in den Zeichnungen 1 und 2 deshalb nicht dargestellt.

2. Winkelteilung am Oval (Abb. 2)

Auch hier gibt das arithmetische Mittel zu geringe, das Flächenmittel dagegen die richtigen Werte an. Nur braucht man hier für praktisch genaue Ergebnisse 8, für absolut genaue Ergebnisse 16 Messungen. Will man aber mit 4 Radien die richtige Fläche ermitteln, so muß das „Kreuz“ eine Mittelstellung zwischen 4a und 4b einnehmen, es

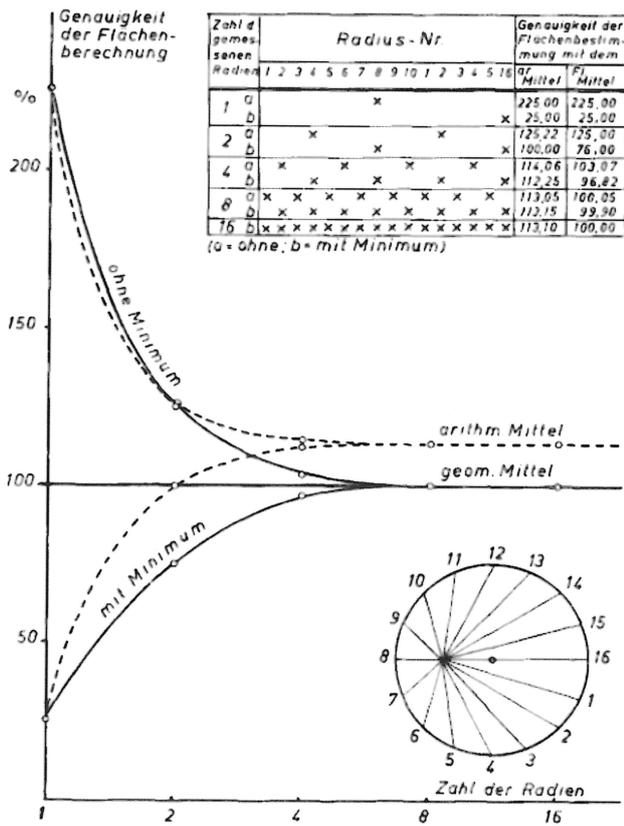


Abb. 3. Genauigkeit der Flächenberechnung eines Kreises mit einem um $r/2$ „verschobenen Mittelpunkt“ in Abhängigkeit von der Zahl der nach der Umfangteilung bestimmten und gemessenen Radien und von der Art der Mittelbildung

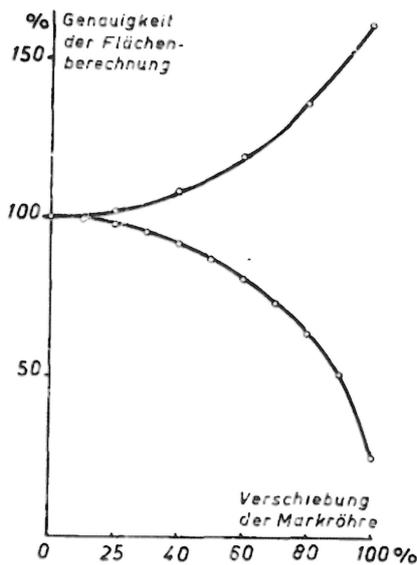
muß also um $22,5^\circ$ vom größten Durchmesser verdreht werden. (Eine Untersuchung an einer Ellipse zeigte die gleichen Verhältnisse wie am Oval.)

3. Umfangteilung am Kreis (Abb. 3)

Im Gegensatz zur Winkelteilung geben das arithmetische und das Flächenmittel bei der Umfangteilung zu hohe, das geometrische Mittel dagegen den wahren Wert an. Die Mindestzahl der zu messenden Radien (bei Nichtbeachtung der R_{max}) beträgt 8.

4. Fehler des arithmetischen Mittels

Der Fehler, welcher durch die Wahl des arithmetischen Mittels verursacht ist (Abb. 4), und, wie oben gesagt, bei der Winkelteilung negativ, bei der Umfangteilung positiv ist, steigt mit dem Quadrat der Verschiebung der Markröhre vom Mittelpunkt des Kreises. Bei den untersuchten 20 (100.) Fichtenscheiben wurde eine mittlere Verschiebung der Markröhre im Betrage von 0,2 des mittleren Radius festgestellt. Die durch das arithmetische Mittel verursachte Fehlerkomponente müßte also theoretisch minus 2% der Fläche betragen. Dies entspricht auch ungefähr den tatsächlich gemessenen Fehlerwerten.



Zusammenfassend kann man sagen, daß für eine genaue Flächenbestimmung folgende Punkte zu beachten sind:

1. das richtige Mittelungsverfahren (also bei Winkelteilung das Flächenmittel, bei Umfangteilung das geometrische Mittel),
2. die Mindestzahl der zu messenden Radien,
3. die Richtung des größten Radius oder Durchmessers, wenn die Mindestzahl unterschritten wird.

Abb. 4. Genauigkeit der Flächenberechnung eines Kreises nach dem arithmetischen Mittel von 16 gemessenen Radien der Umfangteilung (untere Kurve) und der Winkelteilung (obere Kurve) in Abhängigkeit von der „Verschiebung des Mittelpunktes“

III. Praktische Untersuchungen an Stammscheiben

1. Untersuchungsmaterial

Die Untersuchungen beschränkten sich bisher auf die Fichte. Es wurden gemessen: 20 etwa 100j. Brusthöehenscheiben aus dem Forstamt Jettingen (Randschadenversuchsfläche) und 6 etwa 50j. Brusthöehenscheiben aus dem Forstamt Sauerlach (Randschadenversuchsfläche). (Bei Kiefer wurden vorläufig 24 Brusthöehenscheiben der Randschadenversuchsflächen Falkenberg I und II zwecks Bestimmung der Lage des flächenrichtigen Radius nur planimetriert.)

2. Methode der Untersuchungen

Die große Mannigfaltigkeit der Querschnittsformen erlaubt nicht, ein allgemein brauchbares Zuwachsermittlungsverfahren aus einzelnen Stammscheiben abzuleiten. Es mußte deshalb folgender Weg beschritten werden:

1. Bildung einer mittleren Form aus vielen reellen Querschnitten,
2. Ermittlung von Meßmethoden, die bei dieser mittleren Form (also auch für den Durchschnitt des Kollektivs) genaue Werte geben,
3. Überprüfung dieser Methode an einzelnen Scheiben auf Streuung und danach endgültige Auswahl der besten Methoden für die Praxis.

Die Konstruktion der „mittleren Querschnittsform“ soll die Untersuchungen erleichtern, indem sie die ersten Überlegungen von den Schwankungen der Form und der Jahrringbreiten einzelner Bäume unabhängig macht. Sie wurde jeweils getrennt nach Gruppen annähernd gleichalter, gleichstarker und vom gleichen Standort stammender Scheiben durchgeführt. Dies geschah durch Messung zahlreicher, systematisch entweder nach Winkel- oder Umfangteilung auf den Querschnitt verteilter Radien, wobei entweder vom größten Radius oder vom größten Durchmesser ausgegangen wurde. So wurden jeweils die Radien der letzten sowie der um 10, 20, 30 und 40 Jahre zurück-

hat die Vorteile, daß sie an Stammscheiben leicht durchführbar ist, daß sie, einmal durchgeführt, für alle Jahrringe der Scheibe zutrifft und daß die Berechnung der Flächenmittel mit der Maschine keine Schwierigkeiten bereitet. Weil sie aber an stehenden Bäumen nicht durchführbar ist, wird sie in der Praxis auf die Messungen an Stammscheiben beschränkt bleiben müssen.

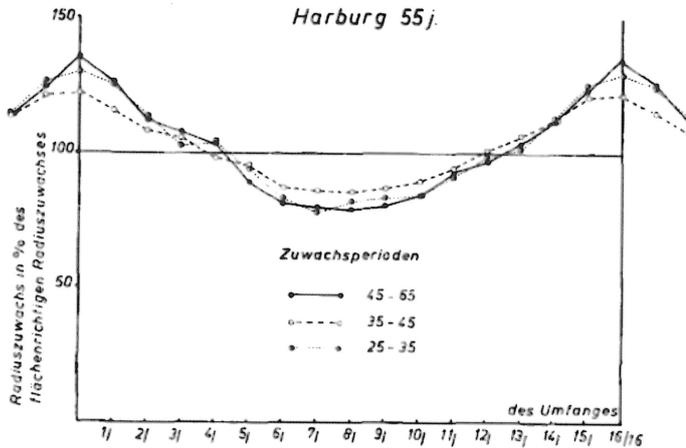


Abb. 6. Zuwachsverteilungskurve über dem Umfang als Mittel von 20 Brusthöehenscheiben aus dem FA Harburg

Die Umfangteilung eignet sich dagegen vor allem für die Zuwachsbohrung, weil man am stehenden Baum nur den Umfang eindeutig teilen kann. Sie hat außerdem den Vorteil, daß die vor allem auf der Druckholzseite des Querschnitts auftretenden großen Schwankungen der Jahrringbreite weniger stark bewertet werden, wodurch die Streuung vermindert wird.

3. Ergebnisse der Untersuchung

a. Mittlere Form der Brusthöehenscheiben

Die wichtige Erkenntnis, die sich aus der Konstruktion der „Musterscheiben“ sowie aus der Betrachtung zahlreicher einzelner Scheiben ergibt, ist, daß es keine allgemeingültige durchschnittliche Querschnittsform gibt, sondern daß die Bäume während ihres Lebens in einer bestimmten Reihenfolge verschiedene Phasen der Formentwicklung durchlaufen.

Bei den untersuchten Brusthöehenscheiben der Fichte wurde folgende Entwicklungsfolge beobachtet:

1. Kreis mit zentral gelegener Markröhre,
2. Kreis mit exzentrisch gelegener Markröhre,
3. Oval (= $\frac{1}{2}$ Kreis + $\frac{1}{2}$ Ellipse) mit ebenfalls verschobener Markröhre,
4. Spitzere Form als Oval, ähnlich der Kombination „Parabel-Kreis“ (= $\frac{1}{2}$ Kreis + $\frac{1}{2}$ Parabel)³,

³ Es ist interessant, daß GOTTFRIED MÜLLER (8) auf einem ganz anderen Wege, nämlich aus dem Vergleich der Durchmesserextreme mit der Umfangmessung, auch zu der Erkenntnis kam, daß die Querschnittsformen der Baumschäfte im Durchschnitt weder der Ellipse noch dem Oval, sondern einem „Parabel-Kreis“ ähnlich sind.

- Wellenförmige Ausbildung der äußeren Jahrringe; insbesondere Bildung von seitlichen Nasen; dadurch Übergang zu unregelmäßigen, abgerundet vieleckigen Formen.

Die Verschiebung der Markröhre beträgt bei den gemessenen 100j. Brusthöhen-scheiben 10 bis 32%, im Durchschnitt 19% des mittleren Radius (maximal an Scheiben aus der Kronenregion 42%). Das Verhältnis $D:d$ übersteigt an den beobachteten Scheiben nie den Wert 100:80.

Die Musterscheibe, also die mittlere Querflächenform von 20 Brusthöhen-scheiben (Abb. 5) zeigt, daß die Scheiben nur bis zum Alter 35 ovale Form hatten. Mit zunehmendem Alter wurde dann nicht nur die „Ellipsenhälfte“ spitzer, sondern auch an der „Kreishälfte“ tritt eine gewisse Abflachung auf, die merkwürdigerweise meist einseitig ist. Die Scheiben werden dann asymmetrisch, und das Radius-Minimum liegt nicht mehr dem Maximum gegenüber.

b. Untersuchung der Zuwachsverhältnisse nach der Winkelteilung

Die ersten an 10 etwa 100j. Harburger Scheiben mittels der Winkelteilung durchgeführten Untersuchungen lassen schon recht wertvolle Einblicke in die Zuwachsverhältnisse zu:

- Die Jahrringmessung und Zuwachsbohrung muß radial, also geradlinig auf die Markröhre zu erfolgen, wenn man den Zuwachs auch der tieferliegenden Jahrringe richtig erfassen will.
- Der mittlere (flächentreue) Zuwachs der letzten 30 Jahre der untersuchten Scheiben liegt bei den Radien 69° und 288° vom r_{\max} im Uhrzeigersinn, also rund 70° links und rechts vom r_{\max} (= 22,3% des Umfangs an der Musterscheibe).
- Der flächenrichtige Zuwachs, berechnet aus dem arithmetischen Mittel zweier gegenüberliegender Radial-Messungen, ist bei 24° und 204° bzw. bei 144° und 324° vom r_{\max} aus gemessen zu suchen (deutliche Asymmetrie).
- Bei 4 senkrecht zueinander (kreuzweise) vorgenommenen Messungen ergeben sich die richtigen Werte bei Zugrundelegen des arithmetischen Mittels, wenn ein Schenkel des Kreuzes mit r_{\max} zusammenfällt. Wählt man das Flächenmittel, so muß man das Kreuz um $1/16$ bzw. um $22,5^\circ$ vom r_{\max} aus verdrehen. Daß man mit dem arithmetischen Mittel auch brauchbare Ergebnisse erzielen kann, liegt daran, daß sich hier zwei entgegengerichtete Fehler annähernd aufheben. Das arithmetische Mittel gibt nämlich einen negativen Fehler. Andererseits verursacht der eine Schenkel des Kreuzes, der im Maximum liegt, einen positiven Fehler, weil das Zuwachs- und Radiusmaximum viel stärker und spitzer ausgeprägt ist als das flach verlaufende Minimum (siehe Zuwachsverteilungskurven).
- Der Zuwachs wird nur selten symmetrisch, vielmehr meist asymmetrisch angelegt. Die nördlich des größten Durchmessers gelegene Hälfte scheint stärkeren Zuwachs anzulegen (vorläufig noch nicht gesichert).

c. Untersuchungen der Zuwachsverhältnisse nach der Umfangteilung

Bei der Wiederholung der Untersuchung nach der Umfangteilung wurde das Material auf 20 Scheiben erweitert. Außerdem wurde, um einen möglichen Einfluß des Alters auf die Querflächenentwicklung aufzuzeigen, die Umfangteilung nicht nur beim 100., sondern auch beim 55. Jahrring durchgeführt. Der Auswertung liegen somit die Radien der Jahrringe 100, 90, 80, 70, 60 sowie 55, 45, 35, 25 zugrunde. Die weitere Auswertung (Musterscheiben- und Zuwachsverteilungskurven) geschah wie oben.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen:

- Die Zuwachsverteilungskurven über der Umfangteilung (z. B. Abb. 6) haben ein

wesentlich flacheres Maximum als diejenigen über der Winkelteilung und ähneln so einer Sinuskurve.

2. Die Lagen des flächenrichtigen Radius und des flächenrichtigen Radialzuwachses je Periode sind nicht identisch (vgl. Abb. 5). Bei der Messung beider Radien gleichen sich die Zuwachsfehler aber annähernd aus.
3. Der flächenrichtige Radiuszuwachs liegt im Durchschnitt der 20 hundertjährigen Harburger Scheiben in der Zuwachsperiode 80–100 bei 24,5% des Umfanges, von r_{\max} aus gerechnet, in der Periode 60–80 bei 22,7%, dann bei den gleichen Scheiben mit der Umfangteilung des 55. Jahrringes in der Periode 35–55 bei 23,0% und in der Periode 25–35 bei 24,5%. Bei den Sauerlacher und Jettinger Scheiben liegt der mittlere Zuwachs auch in dem Bereich von 21–25% des Umfanges. Der Durchschnitt aller Gruppen liegt bei rund 23,5%, von r_{\max} aus gerechnet.
4. Mit zunehmendem Alter nimmt die Exzentrizität zu; die Zuwachsverteilungskurven werden steiler, die Lage der Radien mittleren Zuwachses bleibt aber annähernd die gleiche.
5. Wie der Vergleich der Zuwachsverteilungskurven von Sauerlach und Jettingen zeigt, besteht eine enge Abhängigkeit zwischen Standort und Exzentrizität; ein Einfluß des Standorts auf die Lage des flächenrichtigen Radius scheint aber auch hier nicht gegeben zu sein.
6. Aus 2, 3, 4 und 5 folgt, daß es möglich sein muß, mit Messung (Bohrung) der flächenrichtigen Radien, also bei 23,5% des Umfanges links und rechts von r_{\max} bei Fichte (bei Kiefer in Falkenberg bei 21%) den Zuwachs im Durchschnitt mehrerer Stämme annähernd richtig zu erfassen.
7. Befriedigende Ergebnisse geben auch die arithmetischen Mittel der Radien 2, 6, 10 und 14 (d. Umfangteilung) oder nur der Radien 2 und 10 oder 6 und 14⁴.

IV. Zweckmäßige Methoden der Zuwachsermittlung

1. Streuung

Die oben beschriebenen Methoden, welche, bezogen auf den Durchschnitt des Kollektivs (= Musterscheibe), brauchbare Resultate ergeben, sollen nun auf die Genauigkeit der Einzelmessungen überprüft werden. Dieser Untersuchung soll auch die Methode von PRESSLER unterzogen werden.

PRESSLER empfiehlt in seiner „gedrängt-populären Gebrauchsanweisung zum Zuwachsbohrer“ (10), durch etwa vierfache Kreuzmessungen den „mittleren Durchmesser“ zu bestimmen, diesen am Stamm aufzusuchen und dort in der Richtung des mittleren Durchmessers (also auch, wenn dieser nicht genau auf die Markröhre zeigt oder nicht rechtwinkelig zu den Jahrringen verläuft) zwei entgegengesetzte Bohrspäne zu entnehmen. Die Messung erfolgt in Richtung des Bohrspans. In den folgenden Untersuchungen wurden statt der 4 Radien d_{\max} und d_{\min} gemessen und arithmetisch gemittelt.

Im einzelnen wurden folgende Methoden auf ihre Streuung untersucht (Abb. 7):

1. Messung nur eines um 23,5% = $\frac{15}{64}$ des Umfanges von r_{\max} entfernten Radius, also des wahrscheinlichen mittleren (= flächenrichtigen) Radius.
2. Messung beider wahrscheinlich mittleren Radien (je 23,5% links und rechts vom Maximum). Zuwachsberechnung nach dem arithmetischen Mittel beider Radien.
3. Die gleichen Radien geometrisch gemittelt.

⁴ Diese Methode deckt sich etwa mit dem Vorschlag von ASSMANN (1), die Zuwachsbohrung in der Richtung von 45° zur Hauptwindrichtung bzw. zur Richtung des größten Durchmessers durchzuführen.

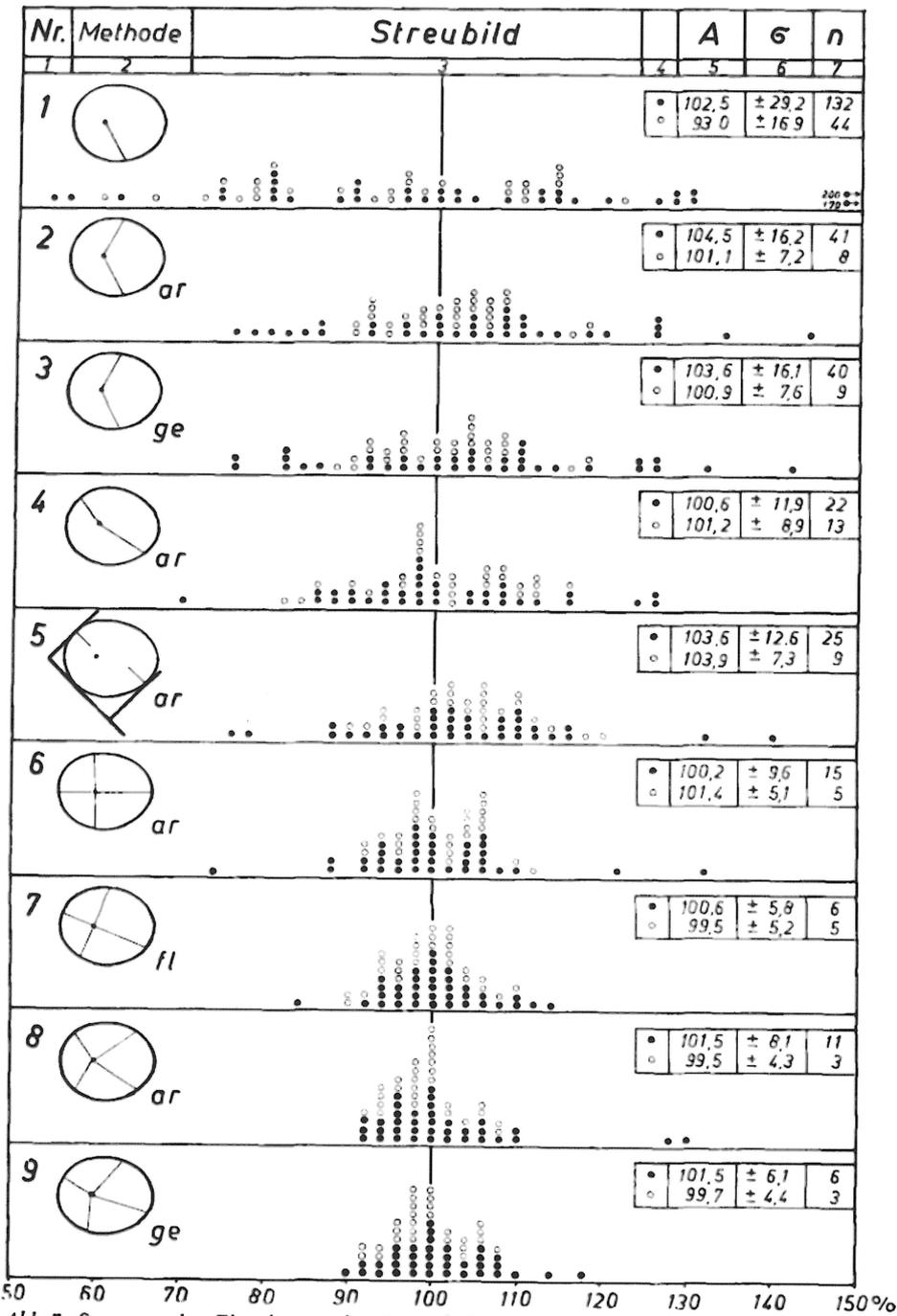


Abb. 7. Streuung der Einzelwerte des Grundflächenzuwachses 10jähriger Perioden einzelner Brusthöhenkreise (gemessen an 9 Scheiben aus dem FA Harburg).
 Zeichenerklärung: • = Grundflächenzuwachs an einer Scheibe in einer 10j. Periode zwischen 25 bis 55 J. in % des planimetrierten Zuwachses; ○ = das gleiche zwischen 60 und 100 J.; A = arithmetisches Mittel; δ = mittl. quadratische Abweichung vom ar. Mittel; n = Mindeststammzahl für eine geforderte Genauigkeit von $\pm 5\%$.

4. Messung der Radien 2 und 10 der Umfangteilung, arithmetisch gemittelt.
5. Preßlersche Methode.
6. Messung der Radien 4, 8, 12 und 16 der Winkelteilung (= kreuzweise Messung mit einem Schenkel im r_{\max}), arithmetisch gemittelt.
7. Messung der Radien 1, 5, 9 und 13 der Winkelteilung (kreuzweise Messung mit einem um $1/16$ Umdrehung verdrehten Kreuz), Flächenmittel.
8. Messung der Radien 2, 6, 10 und 14 der Umfangteilung, arithmetisch gemittelt.
9. Messung der Radien 1, 5, 9 und 13 der Umfangteilung, geometrisch gemittelt.

Mit Hilfe dieser Methoden wurde an neun 100j. Harburger Scheiben der Grundflächenzuwachs der einzelnen 10j. Zuwachsperioden bestimmt und in Prozent des wahren (planimetrierten) Zuwachses umgerechnet.

Das Planimetrieren der Stammscheiben ist möglich, wenn man sie glatt abgehobelt und unter eine große, nicht zu dicke, mit einem Cellophanfilm bezogene Glasplatte legt. Der Cellophanfilm ermöglicht ein gleichmäßiges Gleiten des Planimeterrädchen. Damit man beim Führen des Planimeters immer senkrecht auf die Scheibe schauen kann, muß dieser mit einer Fahrlupe ausgestattet sein.

Die in Prozent ausgedrückten Zuwachsgrößen (keine Zuwachsprozente) geben die Genauigkeit der einzelnen Methoden je Scheibe und je Zuwachsperiode an. Ihre Verteilung um den wahren Zuwachswert (= 100) ist aus der Abb. 7 zu ersehen.

Weiterhin wurde für jede Methode, getrennt nach Zuwachsperioden 25–55 und 60–100, das arithmetische Mittel (A), die mittlere quadratische Abweichung (σ) und die Mindeststammzahl (n) errechnet. Wenn man den Zuwachs einer Periode mit z_i bezeichnet, so lauten die mathematischen Definitionen für diese drei Größen wie folgt:

$$A = \frac{\sum z_i}{N}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (z_i - A)^2}{N - 1}} \quad \text{berechnet nach der Formel } \sigma = \sqrt{\frac{\sum z_i^2 - A^2 N}{N - 1}}$$

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{v^2} \quad \text{wobei } t = \text{eine Zahl, die die statistische Sicherheit charakterisiert,} \\ v = \text{Vertrauensintervall}$$

(Näheres siehe bei ERNA WEBER [121], S. 178.)

Die hier errechnete, in Abb. 7 Spalte 7 wiedergegebene Mindestgröße des Stichprobenumfangs bezieht sich auf eine geforderte, in der forstwissenschaftlichen Forschung übliche statistische Sicherheit von 95 % und einen zulässigen Fehler (= Vertrauensintervall) von $\pm 5\%$. (Würde man dagegen – wie z. B. in der Medizin – eine Sicherheit von 99 % und ein Vertrauensintervall von $\pm 1\%$ unterstellen, so würde die Mindeststammzahl bei der Methode 1 [Zuwachsperiode 60–100] 5667, bei Methode 9 [gleiche Zuwachsperiode] 247 betragen.) Wegen des geringen Untersuchungsmaterials wurde von weiteren statistischen Auswertungen abgesehen.

Die Überprüfung der Streuung zeigt, daß die Genauigkeit der Zuwachsermittlung am Einzelbaum im allgemeinen von folgenden Faktoren abhängig ist:

1. von der Zahl der Messungen,
2. vom Alter der Stämme,
3. von der Auswahl der Radien und
4. von der rechnerischen Auswertung

außerdem bei Methode 5 (und sicher auch bei anderen Methoden mit Bohrungen senkrecht zur Oberfläche) von der Tiefe der Bohrung. Bei der Methode 5 beträgt nämlich das arithmetische Mittel für die letzten drei Zuwachsperioden 101,2 %, für die letzten vier Zuwachsperioden dagegen 103,6 %, für die Periode 60–70 allein 110,7 %.

2. Auswahl der Methoden

Welche Methode für die Praxis als zweckmäßig zu empfehlen ist, läßt sich allgemein nicht beantworten, sondern es muß von Fall zu Fall entschieden werden. Bei der Auswahl spielt das Alter und die Anzahl der Bäume, die für eine einheitliche Zuwachsermittlung zur Verfügung stehen, eine entscheidende Rolle. Die in Abb. 7 Spalte 7 angegebenen Mindeststammzahlen sind zwar wegen des geringen Untersuchungsmaterials leider noch nicht genügend gesichert, sie können aber trotzdem dem Praktiker eine wertvolle Hilfe bei der Wahl der Methode leisten.

Beispiel 1: Soll die Grundfläche eines einzigen Baumes genau erfaßt werden, so ist es nur mit Hilfe der Messungen der Stammscheibe möglich. Da die Methoden mit vier Radien nicht mehr ausreichen, muß man die Scheibe entweder planimetrieren oder den Zuwachs über die Messung und das Flächenmittel von 8 Radien der Winkelteilung bestimmen.

Beispiel 2: Stehen an einer Probestfläche 50 etwa 50j. Fichten, so genügt die Methode 1, wären sie dagegen 100j., müßte eine der Methoden 2 bis 5 gewählt werden, um einen gesicherten Zuwachs zu erhalten.

Besonders wirtschaftlich erscheint die Kombination von zwei Methoden, wie etwa im folgenden Beispiel:

Beispiel 3: In einem 80j. Fichtenbestand soll der Zuwachs nur an 20 Bäumen ermittelt werden. Man wählt allgemein die Methode 4, für die Stämme der Baumklasse Kraft 1 aber die Methode 8. Dadurch, daß die Baumklasse 1 nur gering an der Stammzahl vertreten ist, erfordert die an ihr durchgeführte vierfache Bohrung keinen wesentlichen Mehraufwand an Arbeit. Andererseits entfällt auf diese wenigen Bäume ein Großteil des Grundflächenzuwachses, der hier genauer erfaßt wird, wodurch die Genauigkeit der ganzen Aufnahme erheblich gesteigert wird.

Bevor die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit im einzelnen vorlagen, wurde im Sommer 1957 an sechs Randschadenversuchsflächen der Zuwachs nach der Methode 2 gebohrt. Die Auswertungen brachten befriedigend genaue Ergebnisse. Daß das arithmetische Mittel bei den untersuchten Scheiben (Abb. 7, Sp. 5) so hoch liegt, beruht wahrscheinlich auf Zufälligkeiten des zu geringen Untersuchungsmaterials.

3. Behandlung der Rindenstärke

Alle vorhergehenden Untersuchungen beruhen auf der Messung verschiedener Radien des Holzkörpers. Da wir in der Praxis der Zuwachsbohrung berindete Bäume vor uns haben und eine ungenügende Berücksichtigung der Rinde bzw. eine unrichtige Bestimmung des Ausgangsdurchmessers die Genauigkeit des Grundflächenzuwachses ungünstig beeinflusst (vgl. Abschnitt II/2), ist es nötig, diesen Fehlerursachen auszuweichen. Dazu werden folgende zwei Möglichkeiten vorgeschlagen:

a. Methode 5 (Preßler)

Man sucht mit der Kluppe den mittleren Durchmesser am Stamm auf, mißt an beiden Berührungspunkten der Kluppschenkel die Rindenstärke und bohrt an gleichen Punkten senkrecht zu den Kluppschenkeln mit dem Zuwachsbohrer ein. Durch Abzug der Rindenstärke vom Mitteldurchmesser bekommt man den genauen Durchmesser des Holzkörpers und durch weiteren Abzug des an beiden Bohrspänen gemessenen Durchmesserzuwachses je Zuwachsperiode die früheren Durchmesser. Alle drei Größen: Durchmesser, Rindenstärke und Durchmesserzuwachs werden also an gleichen Stellen gemessen und stimmen überein. Diese Forderung sollte man auch bei Zuwachsbohrungen beachten, die nur der Ermittlung des Zuwachsprozentes nach der SCHNEIDERSCHEN

Formel dienen sollen. Ist eine größere Genauigkeit erforderlich, so kann man beide mittlere Durchmesser aufsuchen, viermal die Rinde messen und viermal bohren. Wie bereits in Abschnitt IV₁ ausgeführt, gibt diese Methode nur für die letzten 30 Jahre befriedigend genaue Ergebnisse.

b. Bohrung bis zur Markröhre

Sind die zu untersuchenden Bäume nicht zu stark und ist die Zurückverfolgung des Grundflächenzuwachses über mehrere Perioden erforderlich, so ist es ratsam, nach der Methode 2 oder 4 (oder einer anderen außer 5) bis zur Markröhre zu bohren und an den Bohrspänen die Radien von der Markröhre aus bis zu den Grenzjahrringen der einzelnen Zuwachsperioden zu messen. Die gesamte Zuwachs- und Grundflächenberechnung erfolgt dann mit Hilfe dieser Radien. Klappung oder Umfangmessung sowie Rindenmessung erübrigen sich.

Im Sommer 1957 wurden bei der Aufnahme der Randschadenversuchsfläche Falkenberg III (Ki, 50j.) alle Bäume einschließlich der Probestämme nach der Methode 2 bis zur Markröhre gebohrt; außerdem wurde an allen der Umfang und die Rindenstärke gemessen. An den planimetrierten Brusthöhen Scheiben der gefällten Probestämme wurde dann festgestellt, daß die aus den beiden Radien sich ergebende Grundfläche sogar etwas genauer war als die aus dem Umfang und der Rindenstärke errechnete. Der Einwand mancher Leser, es sei schwierig, die Markröhre zu treffen, wird durch gute Erfahrungen des Verfassers und anderer Angehöriger des Instituts widerlegt. Um die Richtung der Markröhre zu finden, kann man sich an etwa vorhandenen Ästen oder Aststummeln orientieren, in deren rückwärtiger Verlängerung die Markröhre zu suchen ist. Hierauf hat schon PRESSLER hingewiesen.

V. Zusammenfassung

1. Die Fehler der Grundflächenzuwachsrechnung können außer in Meß-, Schreib- und Rechenfehlern folgende Ursachen haben:
 - a. Falsche Wahl der Bohrstelle(n) am Stamm (oder Radien an Scheiben),
 - b. falsche Bohr- oder Meßrichtung,
 - c. systematisch falsche Bestimmung des Ausgangsdurchmessers (Rinde!),
 - d. falsche Mittelbildung der Einzelwerte.
2. Um den Einfluß der Mittelbildung auf die Flächenberechnung festzustellen, wurden an geometrischen Figuren (Kreis, Ellipse, Oval) die einzelnen Radien analytisch genau berechnet und arithmetisch, quadratisch oder geometrisch gemittelt. Das Ergebnis lautet:
 - a. Werden an einer Stammscheibe zwecks genauerer Flächenbestimmung mehrere Radien gemessen, so gibt ihr arithmetisches Mittel einen zu kleinen Wert an, wenn die Radien nach dem System der Winkelteilung ausgewählt wurden, und einen zu hohen, falls sie nach dem System der Umfangteilung bestimmt wurden. Richtige Flächen errechnen sich bei der Winkelteilung aus dem „Flächenmittel“ (quadratisches Mittel) aller gemessenen Radien, bei der Umfangteilung aus dem geometrischen Mittel (Abb. 1 und 2).
 - b. Wird bei einer kreisförmigen Stammscheibe mit einer exzentrisch gelegenen Markröhre die Richtung des größten Radius nicht beachtet, so müssen mindestens 4 Radien bei der Winkelteilung oder 8 bei der Umfangteilung gemessen und entsprechend gemittelt werden, um die Fläche exakt berechnen zu können. Bei einer Ellipse oder Oval braucht man mindestens 8 Radien. Folgerung: Da man in der Praxis höchstens 4 Radien mißt, muß immer die Richtung des größten Durchmessers beachtet werden.
3. Durch systematische Untersuchungen an Fichtenscheiben wurde festgestellt:
 - a. Die Formentwicklung des Querschnittes in der Brusthöhe durchläuft im allgemeinen folgende Stufen:

1. Kreis,
 2. Kreis mit verschobener Markröhre,
 3. Oval (also $\frac{1}{2}$ Kreis + $\frac{1}{2}$ Ellipse) mit ebenfalls verschobener Markröhre,
 4. Übergang zu noch spitzerer Form als Oval (etwa „Parabel-Kreis“ nach G. MÜLLER),
 5. Wellenförmige Verformung der Oberfläche, insbesondere Bildung von seitlichen „Nasen“, dadurch Übergang zu unregelmäßigen, abgerundet-viel-eckigen Formen.
- b. Die bei vielen Autoren allgemein unterstellte Querschnittsform der Vollellipse kommt in keiner der Entwicklungsphasen vor.
 - c. Die Exzentrizität, die unregelmäßige Ausbildung der Jahrringe und damit auch die Unsicherheit jeder Zuwachsermittlung nehmen mit dem Alter zu.
 - d. Der flächenrichtige Radius und Radiuszuwachs liegen im Durchschnitt der untersuchten Fichten bei rund 70° bzw. $23,5\%$ des Umfanges links und rechts vom größten Halbmesser gerechnet. Dies sind die Stellen, an denen man mit einer oder zwei Bohrungen in Richtung auf die Markröhre den Zuwachs annähernd genau ermitteln kann (Abb. 7, Methode 1 und 2).
 - e. Die Lage dieses flächenrichtigen Radius ist anscheinend weder vom Alter noch vom Standort, dagegen aber von der Holzart abhängig.
 - f. Das arithmetische Mittel zweier Bohrungen gibt im Durchschnitt gute Werte, wenn bei $\frac{2}{16}$ und $\frac{10}{16}$ des Umfanges, von r_{\max} aus gerechnet, in Richtung auf die Markröhre gebohrt wird (Methode 4).
 - g. Die von PRESSLER empfohlene Methode (Nr. 5) (zweifache Bohrung in Richtung des gekluppten mittleren Durchmessers) gibt brauchbare Ergebnisse für die äußeren (höchstens 30) Jahrringe.
 - h. Für Zuwachsermittlung durch Messung von 4 Radien (sowohl bei der Bohrung wie bei der Scheibenmessung) sind genau und zu empfehlen: Kreuzweise Messung mit einem Schenkel des Kreuzes in r_{\max} , arithmetisch gemittelt (Methode 6), oder noch genauer: kreuzweise Messung, wobei das Kreuz um $\frac{1}{16}$ Drehung von r_{\max} verdreht ist und die Radien quadratisch gemittelt werden (Methode 7) oder Messung von 4 Radien bei $\frac{2}{16}$, $\frac{6}{16}$, $\frac{10}{16}$ und $\frac{14}{16}$ des Umfanges von r_{\max} gerechnet, arithmetisch gemittelt (Methode 8).
 - i. Die aus den einzelnen Zuwachswerten errechneten Streuungsbeträge und davon abgeleiteten erforderlichen Mindeststammzahlen sind abhängig vom Alter der Bäume, Zahl der gemessenen Radien und von der Methode (vgl. Absatz c).
 - k. Der Einfluß einer fehlerhaften Ermittlung des Ausgangsdurchmessers auf den Grundflächenzuwachs ist auch bei richtiger Zuwachsbohrung sehr groß und nimmt mit der Tiefe der Bohrung zu. Bei genauer Zuwachserhebung ist deshalb entweder bis zur Markröhre zu bohren und die Berechnung nur auf den Radiusmessungen aufzubauen oder die Durchmesserklappung, Rindenmessung und Zuwachsbohrung an gleichen Stellen und in gleicher Richtung am Stamm durchzuführen.

Literatur

1. ASSMANN: „Anleitung zu örtlichen Zuwachserhebungen“. Hilfstabeln für die Forsteinrichtung (Bay.) 1955. — 2. BAUR: „Holzmeßkunde“. Berlin 1891. — 3. GEHRHARDT: „Kann die Methode des Zuwachsbohrens den Anforderungen einer exakten Untersuchung des periodischen Flächen- und Massenzuwachses gerecht werden?“ Allg. F. u. J. Z. 1900, S. 149. — 4. HECK: „Vom schwedischen Zuwachsbohrer“. Allg. F. u. J. Z. 1932, S. 67. — 5. KRÄUTER: „Zu einigen Fragen der Massenzuwachsermittlung“. Archiv 1956, S. 753. — 6. LOETSCH: „Massenzuwachsermittlung durch Bohrspanproben“. Z. f. Weltfo. 1953. — 7. MÜLLER, UDO: „Lehrbuch der Holzmeßkunde“. Berlin 1923. — 8. MÜLLER, GOTTFRIED: „Untersuchungen über Querschnittsformen der Baumschäfte“. Fw. Cbl. 1957. — 9. PERKAL: „O oznaczeniu objętości pni drzewnych“ (= Über die Bestimmung der Stamminhalte). Prace wrocławskiego towarzystwa naukowego. Seria B,

Nr. 31, 1956. — 10. PRESSLER: „Forstzuwachskunde“ mit dem Anhang: „Gedrängt populäre Gebrauchsanweisung zum Zuwachsbohrer“. Dresden 1868. — 11. PRODAN: „Messungen der Waldbestände“. Berlin 1957. — 12. RICHTER, GROSSMANN, THILLE: „Zuwachsermittlung mit Hilfe von Bohrspanproben“. Archiv 1956, S. 104. — 13. WEBER, ERNA: „Grundriß der biologischen Statistik“. 2. Auflage, Jena 1956.

MITTEILUNGEN

Aldo Pavari zum siebzigsten Geburtstag

Aldo Pavari ist am 16. August 1888 in Rom geboren; er hat also gerade das siebzigste Lebensjahr vollendet. Pavari gehört zu den bekanntesten Gelehrten, die heute die Forstwissenschaft in der Welt repräsentieren. So ist es angebracht, auch an dieser Stelle des großen italienischen Professors zu gedenken und einen lieben Kollegen herzlich zu beglückwünschen.

Pavari besuchte die Scuola di Viticoltura e di Enologia di Alba (Piemonte) und anschließend die Scuola Superiore di Agricoltura di Milano, wo er 1910 das Lauroat der Landwirtschaftswissenschaft errang. Vorübergehend Assistent an der Landwirtschaftlichen Lehrkanzel in Siena, ging er zum Studium der Forstwissenschaft 1912 nach Tharandt, gemeinsam mit dem späteren Professor Merendi. Nach seiner Rückkehr trat er 1913 in den Corpo Reale delle Foreste ein; er war zunächst Assistent beim Lehrstuhl für Waldbau und Technologie in Florenz und beauftragt, an der Organisation des neuen Höheren Forstinstituts mitzuarbeiten. 1919 bis 1922 wirkte er als Verwalter des Staatsforstes Vallombrosa. 1922 wurde A. Pavari Direktor der Forstlichen Versuchsanstalt in Florenz. Aber schon 1921 war er auf die Professur für Waldbau an der Universität Florenz berufen worden, die er 1943 mit der Professur für Forstbotanik vertauschte, auf der er bis heute tätig ist. Faßt man zusammen, so dient Pavari seit 45 Jahren der italienischen Forstwissenschaft, er lehrt seit 37 Jahren an der Universität Florenz und seit 36 Jahren leitet er die Forstliche Forschungsanstalt. Dem Internationalen Verband Forstlicher Forschungsanstalten stand er 1953 bis 1957 als Präsident vor, zeitweise präsierte er die *Silva Mediterranea*. Zahlreiche weitere Funktionen bekleidete er in staatlichen und wissenschaftlichen Organisationen.

Die reiche wissenschaftliche Produktivität wird ausgewiesen durch ein Verzeichnis der Veröffentlichungen, das über 260 Titel umfaßt und in das Gelegenheitsaufsätze nicht aufgenommen sind. Sieht man nach den Problemen, so kann ihre Vielfalt dadurch gekennzeichnet werden, daß alles behandelt ist, was in der italienischen Forstwirtschaft und darüber hinaus in der mittelländischen eine Rolle spielt. Es wäre abwegig, praktische Rezepte zu vermuten, zumeist geht es um erste wissenschaftliche Grundlegungen. Es war naheliegend, daß Pavari frühzeitig den Aufforstungen sich zugewandt hat. Um an die Problematik heranzukommen, hat er einerseits schon 1916 eine bis heute ausgezeichnet bewährte klimatisch-vegetationskundliche Gliederung Italiens vorgeschlagen und andererseits eine große Zahl einheimischer und ausländischer Baumarten hinsichtlich ihrer Lebensansprüche, ihrer Wuchsleistungen und ihrer waldbaulichen Behandlung untersucht. Sein 1941 erschienenes, gemeinsam mit A. de Philippis bearbeitetes Buch über die ausländischen Baumarten ist ein Standardwerk, das in seiner Bedeutung weit über Italien hinausgeht. Dutzende von Arbeiten vorbereiten oder ergänzen dieses Buch, Dutzende andere greifen Fragen der Forstgenetik, der Holzkunde, der Baumkrankheiten, der Forstpolitik, der Waldlandschaften auf.

Die italienische Forstwissenschaft und Forstwirtschaft verdankt Pavari außerordentlich viel. Er hat nicht nur Methoden für die Grundlagenforschung und die Zweckforschung gewiesen, sondern ist *der* Lehrer einer ganzen Generation von Forstmännern