

zone bezeichnete Gewebe, zu über 70% aus nicht lignifizierten Parenchymzellen besteht; der Gefäßanteil ist wesentlich geringer als im Normalgewebe, Holzfasern sind selten und die Holzstrahlen mehrreihig. Kurze Zeit vor dem Zweigabfall wird in der Mitte der Trennungszone durch intensive antiklinale Zellteilungen eine Trennungsschicht gebildet, an deren äußerer Grenze sich der Zweig ablöst. Die überwiegend lignifizierte und basal von einem Periderm begrenzte Trennungsschicht verbleibt am Hauptzweig und bildet ein Schutzgewebe. Das Alter der abgeworfenen Zweige schwankte bei *Populus 'Robusta'* zwischen ein und zehn Jahren mit einem deutlichen Maximum von zwei- und dreijährigen Abwürfen. Das Wachstum der Kurztriebe ist bei dreijährigen Zweigen im wesentlichen abgeschlossen. Der Zweigabwurf kann als eine natürliche Reinigung der Krone angesehen werden.

### Summary

Investigations on *Populus 'Robusta'* have shown that a large number of short shoots are cast off at the end of each growing period. These side shoots possess in all stages of development at their base a specialized zone which is macroscopically visible after removal of the bark. The abscission takes place in this zone and evinces a characteristic abscission area.

By histological methods it could be found that this so-called abscission zone is composed more than 70% of unlignified parenchyma cells. The percentage of vessels is relatively low, the wood fibres are rare and the ray cells mostly multiseriate. Just before abscission of the branches, a special layer is formed in the middle region of the abscission zone through numerous anticlinal cell divisions. The branch is separated along the outer part of this abscission layer. The abscission layer is mostly lignified and possesses basally a periderm, it remains attached to the main branch and forms a protective tissue.

The age of the abscised shoots of *Populus 'Robusta'* ranges between one and ten years with a distinct maximum of 2–3 years. The growth of the short shoots is mostly completed at an age of three years. Abscission of branches can be regarded as a natural thinning process of the crown region.

Fräulein CHRISTA POETSCH danken wir für ihre Hilfe bei der Auswertung, Frau NATALIA Gräfin VON WALLWITZ für die Anfertigung der photographischen Aufnahmen.

### Literatur

ADDICOTT, F. T., 1965: Physiology of abscission. In: RUHLAND, W., Handbuch der Pflanzenphysiologie, Bd. 15, Differenzierung und Entwicklung, Teil 2, p. 1094–1126. Berlin-Heidelberg-New York, Springer. — CARNS, H. R., 1966: Abscission and its control. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **17**, 295–314. — HARTIG, TH., 1851: Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen Deutschlands. Berlin, Förstner. — HILF, H. H., 1956: Zu: Zweigabsprünge. *Allg. Forstz.* **11**, 192. — v. HÖHNEL, F. R., 1878: Über den Ablösungsvorgang der Zweige einiger Holzgewächse und seine anatomischen Ursachen. *Mitt. forstl. Versuchsw. Österr.* **1**, 258–272. — v. HÖHNEL, F. R., 1880: Weitere Untersuchungen über den Ablösungsvorgang von verholzten Zweigen. *Mitt. forstl. Versuchsw. Österr.* **2**, 247–256. — HUBER, B., 1948: Bau und Leben der Waldbäume. In: RUBNER, K., Neudammer Forstliches Lehrbuch, Bd. 1, p. 101 bis 208. Radebeul und Berlin, Neumann. — HUBER, B., 1955: Zweigabsprünge. *Allg. Forstz.* **10**, 620–621. — MAYER-WEGELIN, H., 1952: Das Aufästen der Waldbäume. Hannover, Schaper. — v. MOHL, H., 1860a: Über die anatomischen Veränderungen des Blattgelenkes, welche das Abfallen der Blätter herbeiführen. *Bot. Ztg.* **18**, 1–7, 9–17. — v. MOHL, H., 1860b: Über den Ablösungsprocess saftiger Pflanzenorgane. *Bot. Ztg.* **18**, 273–277. — PFEIFFER, H., 1928: Die pflanzlichen Trennungsgewebe. In: LINSBAUER, K., Handbuch der Pflanzenanatomie, 1. Abt., 2. Teil: Histologie, Band V. Berlin, Borntraeger.

## Vorläufige Untersuchungsergebnisse über die Erfassung oberirdischer Baumorgane an einer 76-j. vorherrschenden Fichte im Ebersberger Forst bei München<sup>1</sup>

Von B. v. DROSTE ZU HÜLSHOFF

Aus dem Institut für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München

### A. Das Ebersberger Projekt

Der Ebersberger Forst liegt 30 km südöstlich von München. Auf einer 1200 qm großen Versuchsfläche wird in einem 76jährigen Fichtenbestand gemeinsam durch die Institute für Forstmeteorologie, Forstbotanik und forstliche Ertragskunde die Ökologie der Primärproduktion im Rahmen des Internationalen Biologischen Programms und der Internationalen Hydrologischen Dekade untersucht. Während die meteorologischen Untersuchungen unter Leitung von Dr. BAUMGARTNER in München bereits wertvolle Aufschlüsse über den Energie-, Wärme- und Wasserhaushalt ergeben haben, stehen wir erst am Beginn intensiver pflanzenphysiologischer und baummorphometrischer Untersuchungen. Mit Hilfe der von Dr. KOCH im Forstbotanischen Institut in München in Zusammenarbeit mit der Firma Siemens entwickelten temperatur- und feuchtegeregelten Gaswechselfeßkammern ist eine quantitative Ermittlung von Assimilation, Respiration und Transpiration unter Freilandbedingungen in greifbare Nähe gerückt.

ODUM (1967) definierte Ökologie als die Wissenschaft von Struktur und Funktion in der Natur. Die Erforschung der kausalen Zusammenhänge – vor allem des oberirdischen Stoffwechselgeschehens in Abhängigkeit von Klimafaktoren – sind Ziel unserer meteorologischen und pflanzenphysiologischen Untersuchungen. Das Verständnis dieser sehr komplizierten Vorgänge ist aber nur möglich, wenn wir gleichzeitig eine exakte Erfassung und Beschreibung von oberirdischen Einzelbaum-Strukturen und der Bestandesstruktur vornehmen.

### B. Das Untersuchungsverfahren

Bei den strukturellen Untersuchungen ist es zweckmäßig, zwischen Baum-Strukturelementen und Bestandes-Strukturelementen zu unterscheiden.

Oberirdische Baum-Strukturelemente sind die nach Struktur und Funktion unterschiedlichen Baumorgane. Folgende Erfassungseinheiten können unterschieden werden:

<sup>1</sup> Die Arbeit ist Herrn Professor Dr. E. ASSMANN, dem Initiator und Koordinator des Ebersberger Projektes, zu seinem 65. Geburtstag in Dankbarkeit gewidmet. Die Veröffentlichung beruht auf eigenen Untersuchungen, die durch vier Seminararbeiten der Studenten der Forstwissenschaft HELMING, HULJUS, v. INGELHEIM und VERBEEK ergänzt wurden.

## A. Trag- und Leitorgane

### I. Hauptachse = Schaft

### II. Seitenachsen

1. I. Ordnung = Äste
2. II. Ordnung = Zweige
3. III. Ordnung = Seitenzweige
4. IV. Ordnung = Seitenzweige am Seitenzweig
5. V.-VIII. Ordnung = Seitenachsen höherer Ordnung

## B. Assimilationsorgane

## C. Reproduktionsorgane Blüten, Zapfen.

Bei den Trag- und Leitorganen ist die unterste Erfassungseinheit der Jahrestrieb.

Bestandesstrukturelemente sind die den Bestand bildenden Einzelbäume in ihrer unterschiedlichen Verteilung über die Bestandesfläche, wobei ihre soziologische Stellung im Bestandesgefüge, die mit einem bestimmten Wuchsverhalten verbunden ist, besondere Beachtung verdient. Die Erfassung der Bestandesstruktur setzt aber zunächst eine genaue Kenntnis der Einzelbaumstrukturen voraus.

Im folgenden wird über Untersuchungsverfahren und vorläufige Untersuchungsergebnisse an einer vorherrschenden 76jährigen Fichte, die mit einem  $d_{1,3}$  von 31,46 cm m. R. und einer Schafthöhe von 28,98 m weitgehend den Abmessungen des Kreisflächenmittelstammes der Probestfläche entspricht, berichtet. Die Freilandmessungen fanden im August 1967 statt.

## 2. Ermittlung der äußeren, durch die Nachbarn beeinflussten Wuchskonstellation

Bevor wir mit der Strukturerefassung am Probebaum begannen, war es notwendig, die Stellung des Probebaumes selber innerhalb der Biogruppe (ASSMANN, 1967), die er mit seinen unmittelbaren Nachbarn bildet, zu ermitteln. Dazu dienten Höhen- und Durchmessermessungen in Brusthöhe an allen Stämmen der Biogruppe und die Ansprache der sozialen Stellung nach der Einteilung von KRAFT. Darüber hinaus nahmen wir an allen Kronen dieser Stämme acht Ablotungen vor. Zusätzlich ermittelten wir Winkel und Entfernungen zu den einzelnen Stammfüßen, so daß später aus den Kronenkarten Schirm- und Standflächen planimetrisch ermittelt werden konnten.

## 3. Stichprobenerhebungen

Eine Vollaufnahme aller Baumorgane war von vornherein wegen der damit verbundenen enormen Kosten und des hohen Zeitaufwandes ausgeschlossen. Eine Untersuchung an Hand von Stichproben setzt aber voraus, daß die Stichproben repräsentativ für die Grundgesamtheit sind und dem Untersuchungszweck genügen. Hauptzweck unserer Untersuchung war die Herleitung der Oberflächen-, Volumen- und Massengliederung am Probebaum, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Strukturelementen in Abhängigkeit von der Höhe über dem Boden und der horizontalen Entfernung vom Schaft. Es ergab sich daher zunächst die Frage, in welchen Abständen dem Schaft Stammscheiben zu entnehmen sind, damit Wachstumsgang, Zuwachs und Oberfläche mit hinreichender Genauigkeit erfaßt werden. Selbst bei einer Entnahme von Stammscheiben nach jeweils 1 m Sektionslänge beträgt der Höhenfehler im Durchschnitt nach THOMAS (1962) nur maximal einen halben Jahrestriebzuwachs, wenn zu dem aus der Stammanalyse ermittelten Alter jeweils ein halbes Jahr zugezählt wird. Eine Entnahme von Stammscheiben in geringer Entfernung voneinander ist daher ohne schwerwiegenden Fehler bei der Ableitung des Zuwachses möglich.

Wir haben vom Kronenansatz an Stammscheiben in 1 m Abstand entnommen, damit — an Hand des Stammanalysenalters — auch eine Kontrolle der mit der Lupe an den Astquerschnitten ausgezählten Astalter erfolgen konnte. Die Formänderungen sind im unteren Schaftteil am größten und erfordern zur genaueren Oberflächen- und Volumenbestimmung die Entnahme von Stammscheiben in sehr geringen Abständen. Wir haben Stammscheiben in 0,25, 0,50 und 1,3 m Höhe über dem Boden entnommen, sind aber der Meinung, daß künftig bei morphometrischen Untersuchungen neben einer Scheibe in Bodenhöhe bis 1 m Schafthöhe weitere Stammscheiben im Abstand von 0,25 cm entnommen werden sollten. Bis zum Kronenansatz können dann weitere Scheiben im 2-m-Abstand aus dem Stamm getrennt werden.

Was nun die stichprobenartige Erfassung der Kronenaufbauelemente, vor allem der Seitenachsen unterschiedlicher Ordnung und Nadeln angeht, so konnten wir wertvolle Hinweise aus der Arbeit von SCHÖPFER (1961) entnehmen. SCHÖPFER beschreibt u. a. ein zweistufiges Auswahlverfahren zur Erfassung des Assimilationsapparates der Fichte. Primäreinheiten sind bei ihm die grünen Äste der Krone, Sekundäreinheiten der Auswahl die Zweige. Nach SCHÖPFER führt ein Auswahlatz bei der ersten Stufe von 20 bis 30 %, bei der zweiten Stufe von 10 % zu einer hinreichend genauen Abschätzung der Assimilationsmasse. Wir haben ebenfalls als primäre Auswahlinheit jeden 5. grünen Ast und als Unterauswahl jeden 10. Zweig in die Stichprobe einbezogen, wobei der Auswahlbeginn jeweils zufällig festgelegt wurde.

Eine Vollerfassung aller Jahrestriebe der Seitenzweige an den Stichprobenzweigen stellte sich als zu arbeitsaufwendig heraus. Es wurde daher eine dritte Auswahlinheit aus jedem 3. Seitenzweig der Zweigstichprobe gebildet. Kontrollmessungen ergaben später, daß die zusätzliche Bildung einer dritten Auswahlinheit bei der Hochrechnung für den einzelnen Ast nur zu geringfügigen zufälligen Fehlern führt, während beträchtliche negative und positive Fehler vor allem in der Schattenkrone durch die Unterauswahl von nur jedem 10. Zweig am Stichprobenast entstehen können. Zur Erzielung genauerer Schätzungsergebnisse ( $\pm 10\%$ ) ist wahrscheinlich die Unterauswahl von jedem 5. bis 6. Zweig am Stichprobenast in der Schattenkrone notwendig, wenn nicht, wie in unserem Falle, auch das gesamte Ast- und Nadeltriebgewicht der Stichprobenäste gleichzeitig, wie später noch ausgeführt, summarisch ermittelt wird. Auf weitere Einzelheiten des Stichprobenplans soll hier nicht eingegangen werden.

## 4. Morphometrische Meßtechnik

Aufgabe der morphometrischen Messungen ist die Erfassung der einzelnen Baumorgane nach Zahl, Größe und Lage im Raum. Die Raumposition der einzelnen Kronenorgane konnte nur teilweise über die Ansatzhöhe der Seitensprosse an den Seitensprossen der vorhergehenden Ordnungen berücksichtigt werden. Durch enge Zusammenarbeit mit der Firma Zeiss hoffen wir, demnächst mit Hilfe der terrestrischen Stereophotographie diese Lücke in unseren Untersuchungen schließen zu können.

Für die Stichprobenerhebungen war die fortlaufende Numerierung aller grünen Äste am liegenden Stamm notwendig. Die Kennzeichnung erfolgte mit beschriftetem Tesaband. Die Ansatzhöhen der Äste am Schaft ermittelten wir durch Ablesen am über die volle Schafthöhe gespannten Meßband. Da am stehenden Stamm vorher die Himmelsrichtungen gekennzeichnet waren, konnte die Himmelsrichtung der Äste festgestellt werden. Die Astbasisdurchmesser wurden mit einer Schieblehre auf mm genau in 5 cm Entfernung vom Astansatz am Schaft gemessen. Dieser Durchmesserwert ist als Bezugsgröße, wie schon SCHÖPFER (1961) ausführte, wegen der Verdickung der Astachsen am Astansatz zweckmäßig. An den Stichprobenästen stellten wir zusätzlich Astlängen und Astdurchmesser bei einem Viertel, der Hälfte und drei Viertel der Astlänge zur späteren Berechnung der Astmantelfläche und des Astvolumens fest. Diese Berechnungen erfolgten über die Mantelflächen- und Volumenformel für Kegelmantel. Es zeigt sich allerdings später, daß zur Erzielung einer höheren Berechnungsgenauigkeit künftig auch der Astdurchmesser am Astende und am Astanfang dicht beim Schaft gemessen werden sollte. Wir haben für die nicht ermittelten Anfangs- und Enddurchmesser theoretische Werte angenommen, und zwar für die Enddurchmesser einen Wert von 0,5 cm, während wir Mantelfläche und Volumen des 5 cm langen Astansatzstückes als Kreiszyylinder berechneten. Als Radius verwendeten wir hierbei den in 5 cm Astansatz gemessenen Astradius.

Die Stichprobenäste trennten wir dicht am Schaft ab und kennzeichneten anschließend im Institut mit Tesaband jeden zehnten Zweig am Ast. An allen Seitensprossen der Stichprobe stellten wir die Ansatzhöhe am Seitenspross der vorhergehenden Ordnung fest. Gesamtlänge sowie Basis- und Enddurchmesser der Sproßachsen wurden vermerkt. Die Altersbestimmung war vor allem in der Schattenkrone infolge des Ausfalls mehrerer Jahrestriebe mit großen Schwierigkeiten verbunden. Bei strittigen Fällen bestimmten wir das Alter an Hand von Triebquerschnitten mit der Lupe. Die Triebmengen wurden mit einem Stahlmeßband auf mm genau gemessen, während wir die Durchmesser mit einer Schieblehre, oft nach Wegnahme von Nadeln, auf 0,1 mm genau ermittelten. Achsenvolumen und Mantelflächen berechneten wir anhaltweise nach den stereometrischen Formeln für Kegelmantel. Die Sproßachsen teilten wir in Jahrestriebe auf, wobei Triebalter und Triebmengen vermerkt wurden.

An einzelnen Stichprobenästen, die über die gesamte Krone verteilt waren, entnahmen wir in Form einer Zufallsstichprobe je Trieb zufällig eine Nadel. Die Nadellänge wurde dann durch Auflegen auf Millimeterpapier gemessen.

## 5. Trockengewichtsbestimmung

An allen Stichprobeneinheiten nahmen wir nach Trocknung auf Gewichtskonstanz bei 105° C Trockengewichtsbestimmungen, getrennt nach Sproßachsen und Nadeln, vor. Bei der Trockengewichtsbestimmung bewährten sich nach einigen Versuchen folgende Verfahren:

### a. Jahrestriebe

Zunächst wurden 20 Nadeln je Trieb herausgelesen und deren Trockengewicht auf 0,001 g genau verwogen. Anschließend wurde das Gewicht sämtlicher Nadeln je Trieb bestimmt. Über das 20-Nadelgewicht konnte die Nadelzahl je Trieb errechnet werden. Zusätzlich wurde das Gesamttrieb-Trockengewicht auf 0,01 g genau gewogen. Aus der Differenz Gesamttrieb-Trockengewicht und Nadelgewicht ergab sich das Trockengewicht der Triebachsen.

### b. Seitenzweigreste

Seitenzweigreste entstanden auf Grund des Auswahlverfahrens, das nur jeden dritten Seitenzweig bei der morphometrischen Triebmessung erfaßte. Die morphometrisch nicht vermessenen Seitenzweige der Zweigstichprobe wurden zur Kontrolle der späteren Hochrechnung ebenfalls einer Trockengewichtsbestimmung, getrennt nach Nadel- und Achsentrockengewicht, unterzogen.

### c. Ast- und Zweigreste

Zusammen mit den Astachsen trockneten wir die nicht von der Stichprobe erfaßten Zweige. Nach der Trocknung der Astreste mit den Restzweigen trennten wir zunächst mit Hilfe eines engmaschigen Siebes Nadeln und Achsen voneinander. Wir entnahmen dann zufällig 300 Nadeln je Ast und bestimmten ihr Trockengewicht. Zusätzlich stellten wir auch hier das Gesamtnadel-Trockengewicht und das Zweig- und Astachsen-Trockengewicht fest. Auf diese Weise konnte durch Aufsummierung der Trockengewichte a-c das Gesamtgewicht der einzelnen Äste, getrennt nach Nadeln und Achsen, errechnet werden. Gleichzeitig waren aber über die Triebstichproben auch die morphometrischen und gravimetrischen Verteilungen innerhalb der Äste für die einzelnen Sproßordnungen, getrennt nach Alter und Entfernung vom Schaft, bekannt.

## 6. Nadeloberflächen- und Volumenbestimmung

Eine Berechnung der Nadeloberfläche setzt eine genaue Kenntnis der Nadelmorphologie voraus. Diese ist aber durch Auftreten unterschiedlicher Nadeln nicht nur von

der Nadelzahl, der Nadellänge, sondern auch von der Kronenhöhe und dem Nadelalter abhängig. Wir unterteilten die Gesamtkronenlänge in vier gleichlange Vertikal-schichten und entnahmen jeweils aus der Mittelzone dieser Schichten Nadelproben unterschiedlichen Alters.

Die Proben wurden unter dem Gefriermikrotom im Abstand von jeweils einem Fünftel der Nadellänge geschnitten und anschließend die Querschnitte nach Abzeichnen unter dem Episkop ausplanimetriert und die Umfänge mit einem Kurvenmesser ermittelt. Regressionsanalytische Berechnungen ergaben eine mit  $p = 0,001$  hochgesicherte Abhängigkeit der Nadelumfänge bzw. Nadelkreisflächen von der Ansatzhöhe der Äste am Schaft und dem jeweiligen Nadelalter. Die Funktionswerte wurden graphisch aufgetragen (Abbildung. 1) und dann die mittleren Nadelumfänge und Nadelkreisflächen für die jeweiligen Kronenzonen, getrennt für jedes Alter, aus der graphischen Darstellung entnommen. Die Nadellängesummen je Kronenschicht und Alter ergaben sich aus den

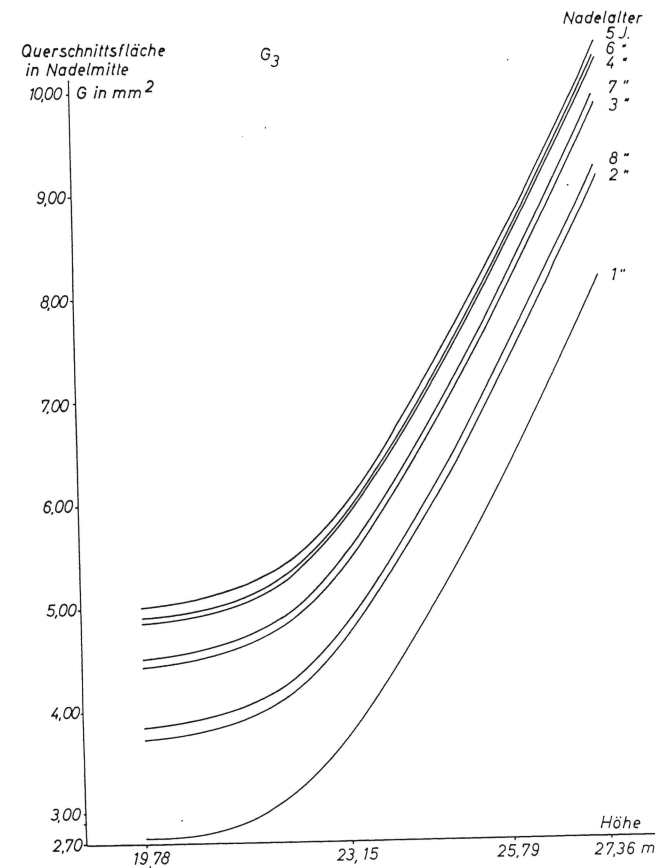


Abb. 1. Die Veränderung der Querschnittsfläche in der Nadelmitte in Abhängigkeit vom Nadelalter und der Baumhöhe

rechneten Nadelzahlen und den zugehörigen mittleren Nadellängen. Nadelvolumen und allseitige Nadeloberfläche konnten dann nach der Oberflächen- bzw. Volumenformel für Kreiszyylinder ermittelt werden.

## C. Untersuchungsergebnisse

### 1. Auswertung nach Vertikal- und Horizontalstufen

Wie bereits angedeutet, weisen die morphometrischen Meßdaten der einzelnen Kronenorgane eine erhebliche Streuung auf. Diese wird u. a. – wie wir später noch erfahren werden – durch unterschiedliche Belichtungsverhältnisse und Alter in der Krone hervorgerufen. Während im allgemeinen der Lichtgenuß zur Kronenperipherie hin größer

wird, weisen die Kronenaufbauelemente im Durchschnitt zum Kronenrand hin geringere Alter auf. Um diese Unterschiede deutlicher erfassen zu können, haben wir eine vertikale Aufteilung der 12 m langen Krone des Probebaumes in fünf jeweils 2,4 m umfassende Vertikalstufen vorgenommen, wobei die untere Schattenkrone mit Vertikalstufe I und die obere Lichtkrone mit Vertikalstufe V bezeichnet wurde. Analog dazu haben wir, ausgehend von der größten Astlänge von rund 4 m, fünf Horizontalstufen innerhalb der Vertikalstufen gebildet. Den Bereich vom Astansatz zum Schaft bis 0,80 m Astentfernung vom Schaft nannten wir Horizontalstufe I und die äußere Astzone von 3,20 bis 3,99 m Horizontalstufe V.

Jede dieser insgesamt 25 Teilstichproben lieferte einen Näherungswert  $x_1, x_2, x_3$  usw. für die „wahren“ Durchschnittswerte der einzelnen Erfassungseinheiten. Durch diese Aufteilung erreichen wir innerhalb jeder Schicht eine größere Homogenität, was sich auf die Güte der Teilstichprobe und der hieraus zusammengesetzten Gesamtstichprobe auswirkt. Wir können so eine beträchtliche Reduzierung der Meßwertstreuungen erwarten.

Morphometrische und gravimetrische Meßergebnisse haben wir, getrennt nach Sproßordnung und Alter, für die einzelnen Vertikal- und Horizontalstufen berechnet. Es kann hier nur ein Teil der Auswertungsergebnisse mitgeteilt werden.

## 2. Schaft

Schaftvolumen und Oberfläche konnten aus den Analysenwerten an 20 Stammscheiben stereometrisch nach der Zylinderformel berechnet werden. Einem Schaftvolumen von 1176,87 l entsprach eine durchschnittliche jährliche Volumleistung von 15,49 l. Wenn wir mit dem Raumdichtewert von 390 kg/fm (TRENDELENBURG, 1955) umrechnen, so sind an dem 76jährigen Baum durchschnittlich jährlich 6,039 kg Trockensubstanz am Schaft als Zuwachs abgelagert worden. Der jährliche Zuwachs erreichte eine deutliche Gipfelung in den Altern 69 und 70 mit 51 bzw. 53 l oder von rund 2,7 l je m<sup>2</sup> Standfläche, dem entspricht eine Trockenstoffproduktion von 19 bis 20 kg oder von ca. 1 kg je m<sup>2</sup> Standfläche. Selbstverständlich ist für exakte Leistungsvergleiche eine örtliche Bestimmung der Raumdichte unumgänglich. Sie wird auch künftig an Stammscheiben nach dem Archimedisches Prinzip durchgeführt. Wertvolle Hinweise über die praktische Durchführung gibt die Arbeit von KENNEL (1965).

### a. Kronenvolumen und Kronenmantelfläche

Da Länge und Himmelsrichtung der Stichprobenäste bekannt waren, konnte ein N-S- und ein O-W-Profil der Krone gezeichnet werden. Die dargestellte Kronenform (Abb. 2) ergab sich aus dem Mittel der Astlängen nach allen Himmelsrichtungen in den verschiedenen Kronenhöhen. In der Schattenkrone wies der Baum eine einseitige Bestattung auf, so daß hier die Mittelung der Astlängen zu einer auffallend schlanken Kronenform führt. Die Kroneneinbuchtung in der Vertikalstufe V entstand durch vorübergehende Zwieselbildung. Kronenvolumen und Kronenmantelflächen wurden an Hand der graphischen Darstellung im Verfahren einer praktischen Integration als Kegelstümpfe berechnet.

Kronenvolumen und Kronenmantelfläche sind im II. Kronenfünftel, also in der oberen Schattenkrone, am größten (siehe Tabelle S. 375).

In den Vertikalstufen II und III sind allein 85 % des Gesamtkronenvolumens vertreten. Hier erreichen auch die Kronenmantelflächen Höchstwerte. Das Verhältnis Kronenmantelfläche zu Kronenvolumen liegt in den beiden Lichtkronenfünfteln V und IV bei 4,1 und 1,6. Wir können außerdem für diese oberen Kronenschichten

Kronenfünftel	Kronenvolumen V	Kronenmantelfläche M	$\frac{M}{V}$
I	6,73 m <sup>3</sup> = 5,4 %	16,67 m <sup>2</sup> = 11,4 %	2,5
II	51,28 m <sup>3</sup> = 44,3 %	58,98 m <sup>2</sup> = 40,4 %	1,2
III	47,38 m <sup>3</sup> = 40,9 %	43,27 m <sup>2</sup> = 29,6 %	0,9
IV	9,63 m <sup>3</sup> = 8,3 %	22,13 m <sup>2</sup> = 15,7 %	1,6
V	1,18 m <sup>3</sup> = 1,0 %	4,84 m <sup>2</sup> = 3,32 %	4,1
Insgesamt . . . . .	115,73 m <sup>3</sup>	145,89 m <sup>2</sup>	

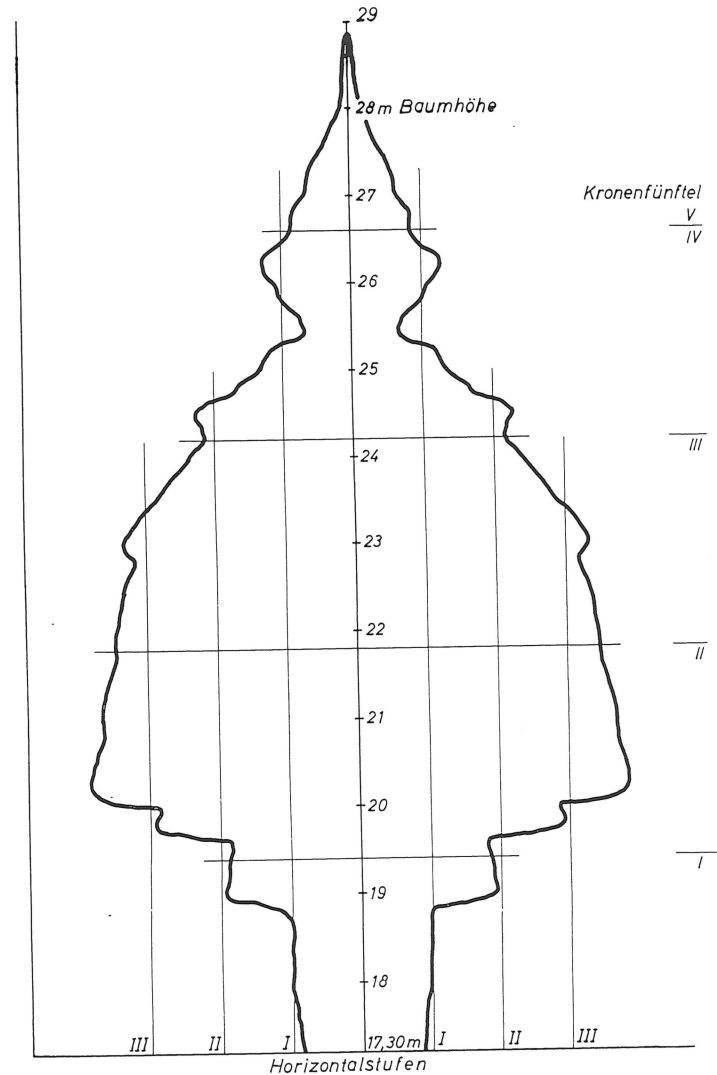


Abb. 2. Das Kronenprofil des Probebaumes, gezeichnet nach mittleren Astlängenwerten in N-S- und O-W-Richtung

günstigere Belichtungs- und Strahlungsverhältnisse annehmen, da eine schlankere Kronenform vorliegt und eine vertikale Lichtabdeckung durch darüberliegende Kronenschichten entfällt. Strahlungs- und Belichtungsverhältnisse, aber auch das Verhältnis von Mantelfläche zu Volumen (0,9) sind in der Vertikalstufe III wesentlich ungünstiger. In den unteren Kronenfünfteln II und I wird die durchschnittliche Kronenform wieder schlanker. Durch die Kronenmassen der darüberliegenden Vertikalstufen und durch die sich wieder verjüngende Kronenform ergeben sich für diese „Schattenkronenzone“ assimilationsungünstige Belichtungs- und Strahlungsverhältnisse. Es sei an dieser Stelle auch auf die Untersuchungen von MITSCHERLICH, KÜNSTLE und LANG (1967) zur Erfassung der Verteilung der Beleuchtungsstärken im Kronenraum verschieden durchforsteter älterer Douglasienbestände und eines Kiefern-Laubholz-Mischbestandes hingewiesen.

b. Äste

b. 1. Astverteilung

Einen weiteren Aufschluß über die Kronenstruktur gibt die Astverteilung der Grün-äste auf Durchmesserklassen in Abhängigkeit von der Schafthöhe.

Schafthöhe in m	Durchmesserklassen in cm					Insgesamt
	0,0—0,79	0,80—1,59	1,60—2,39	2,40—3,19	3,20—4,00	
17,0—19,39 m (I) .....	—	—	—	8	2	10
19,4—21,79 m (II) .....	—	—	5	8	9	22
21,8—24,19 m (III) .....	—	8	4	16	14	42
24,2—26,59 m (IV) .....	16	25	8	19	5	73
26,6—28,49 m (V) .....	77	20	5	1	—	103
Alle Stufen .....	93	53	22	52	31	251

Die einzelnen Vertikalstufen weisen eine deutlich unterschiedene Asthäufigkeits- und Aststärkenverteilung auf. 41,0% aller Äste kommen allein in der Vertikalstufe V der Lichtkrone vor, die Äste weisen jedoch wegen ihres geringen Alters und der Bildung zahlreicher schwächerer Zwischentriebe nur geringe Durchmesser auf. Mit der Abnahme der Vertikalstufen erfolgt ein kontinuierlicher Abfall der Asthäufigkeiten und eine Zunahme der durchschnittlichen Aststärken. Schließlich sind im unteren Schattenkronenfünftel nur noch 4% der Gesamtastzahl vertreten, die sich ausschließlich auf die beiden stärksten Astdurchmesserklassen verteilen. Die Anzahl der Äste je laufenden m Schaft nimmt mit der Schafthöhe exponentiell zu.

b. 2. Korrelationsmatrix der Astmerkmalsdaten

Übersicht 1 enthält verschiedene Korrelationskoeffizienten als Maß für die Straffheit der einfachen Zusammenhänge zwischen einigen Astmerkmalsgrößen, wobei der jeweilige Signifikanzgrad vermerkt ist.

Aus der Korrelationsmatrix wird deutlich:

1. eine hohe Korrelation von Astansatzhöhe und Astalter. Diese Größen verhalten sich entgegengesetzt. Mit wachsender Ansatzhöhe der Äste am Schaft werden die Astalter ständig geringer.

2. Die Merkmalswerte für die Astdimensionen: Astdurchmesser, Astlänge, Astmantelfläche und Astvolumen sind positiv mit dem Astalter und negativ mit der Ast-

Übersicht 1

Matrix der einfachen Korrelationskoeffizienten für verschiedene Astgrößen

	Asthöhe	Himmelsrichtung	Astdurchmesser	Astlänge	300 Nadelgewicht	Zweige am Ast	Astalter	Nadel-trocken-gewicht	Astrocken-gewicht	Nadeln je Ast	Astmantel-fläche	Astvolumen	Nadeln je Ast cm
Asthöhe .....	—												
Himmelsrichtung .....	+0,01 <sup>n.g.</sup>	—											
Astdurchmesser .....	-0,77 <sup>***</sup>	-0,05 <sup>n.g.</sup>	—										
Astlänge .....	-0,87 <sup>***</sup>	-0,15 <sup>n.g.</sup>	+0,92 <sup>***</sup>	—									
300 Nadelgewicht .....	+0,75 <sup>***</sup>	-0,08 <sup>n.g.</sup>	-0,53 <sup>***</sup>	-0,64 <sup>***</sup>	—								
Zweige am Ast .....	-0,51 <sup>***</sup>	-0,21 <sup>n.g.</sup>	+0,85 <sup>***</sup>	+0,77 <sup>***</sup>	-0,33 <sup>*</sup>	—							
Astalter .....	-0,93 <sup>***</sup>	-0,07 <sup>n.g.</sup>	+0,87 <sup>***</sup>	+0,95 <sup>***</sup>	-0,68 <sup>***</sup>	-0,68 <sup>***</sup>	—						
Nadel-trocken-gewicht je Ast .....	-0,37 <sup>**</sup>	-0,20 <sup>n.g.</sup>	+0,97 <sup>***</sup>	+0,67 <sup>***</sup>	-0,21 <sup>n.g.</sup>	+0,93 <sup>***</sup>	+0,55 <sup>***</sup>	—					
Astrocken-gewicht .....	-0,64 <sup>***</sup>	-0,16 <sup>n.g.</sup>	+0,80 <sup>***</sup>	+0,86 <sup>***</sup>	-0,44 <sup>**</sup>	+0,82 <sup>***</sup>	+0,79 <sup>***</sup>	+0,86 <sup>***</sup>	—				
Nadeln je Ast .....	-0,55 <sup>***</sup>	-0,15 <sup>n.g.</sup>	+0,85 <sup>***</sup>	+0,78 <sup>***</sup>	-0,39 <sup>**</sup>	+0,88 <sup>***</sup>	+0,69 <sup>***</sup>	+0,94 <sup>***</sup>	+0,94 <sup>***</sup>	—			
Astmantelfläche .....	-0,80 <sup>***</sup>	-0,18 <sup>n.g.</sup>	+0,92 <sup>***</sup>	+0,98 <sup>***</sup>	-0,56 <sup>***</sup>	+0,78 <sup>***</sup>	+0,91 <sup>***</sup>	+0,73 <sup>***</sup>	+0,92 <sup>***</sup>	+0,84 <sup>***</sup>	—		
Astvolumen .....	-0,75 <sup>***</sup>	-0,21 <sup>n.g.</sup>	+0,89 <sup>***</sup>	+0,94 <sup>***</sup>	-0,53 <sup>***</sup>	+0,75 <sup>***</sup>	+0,86 <sup>***</sup>	+0,74 <sup>***</sup>	+0,94 <sup>***</sup>	+0,85 <sup>***</sup>	+0,99 <sup>***</sup>	—	
Nadel-dichte je Ast cm .....	-0,41 <sup>**</sup>	-0,06 <sup>n.g.</sup>	0,80 <sup>***</sup>	+0,61 <sup>***</sup>	-0,30 <sup>*</sup>	+0,86 <sup>***</sup>	+0,55 <sup>***</sup>	+0,92 <sup>***</sup>	+0,77 <sup>***</sup>	+0,90	+0,65 <sup>***</sup>	+0,64 <sup>***</sup>	—

\* Gesichert für P = 0,05; \*\* gesichert für P = 0,01; \*\*\* gesichert für P = 0,001.

ansatzhöhe korreliert. Dies beruht wohl darauf, daß mit zunehmenden Astaltern der tieferliegenden Kronenschichten auch eine Zunahme der Astdimensionen durch Astdicken- und Astlängenwachstum erfolgt.

3. Zwischen den Astdimensionen einerseits und der Zahl der Zweige am Ast andererseits besteht eine hochgesicherte, nichtlineare Korrelation. Wie aus dem parabelförmigen Kurvenverlauf (Abb. 3) entnommen werden kann, weisen die Äste im Übergang von der Schatten- zu der Mittelkrone die höchsten Zweigzahlen auf. Die festgestellte Ausgleichskurve nimmt nach Erreichen des Höchstwertes bei 21,80 m wieder geringere Werte an.

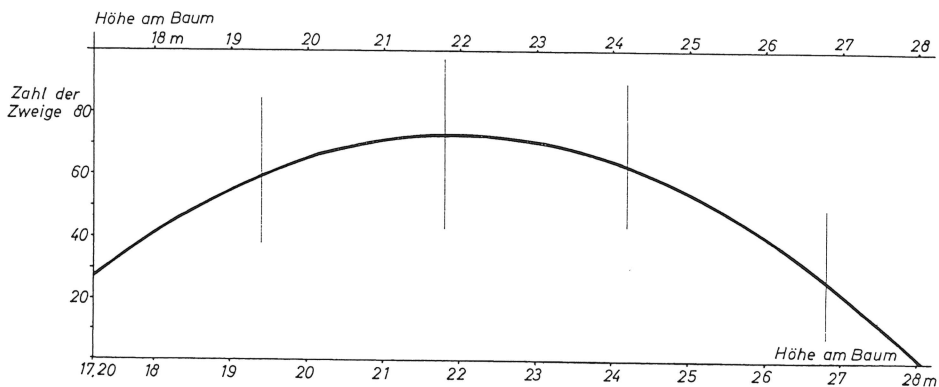


Abb. 3. Zahl der Zweige am Ast in Abhängigkeit von der Höhe der Äste am Schaft.  $\Sigma z = -901,849 + 88,6408 H - 2,01482 H^2$ ;  $B = 0,4899$ ,  $R = 0,6999$ ,  $S^2 = 739,4235$ ,  $S = 27,1923$

4. Die Asttrockengewichte und die Kenngrößen für die Assimilationsorgane – Nadel Trockengewicht, Nadelzahlen je Ast und die Nadeldichte je cm Astlänge – stehen in außerordentlich enger positiver Abhängigkeit zu den Astdimensionsgrößen.

5. Zwischen dem Nadel Trockengewicht und der Zweigzahl am Ast besteht ein hochgesicherter, positiver Zusammenhang.

6. Das durchschnittliche Nadelgewicht je Ast wird durch das 300-Nadelgewicht wiedergegeben. Es ist die einzige der beobachteten Merkmalsgrößen, die mit der Ansatzhöhe positiv korreliert ist (Abb. 4).

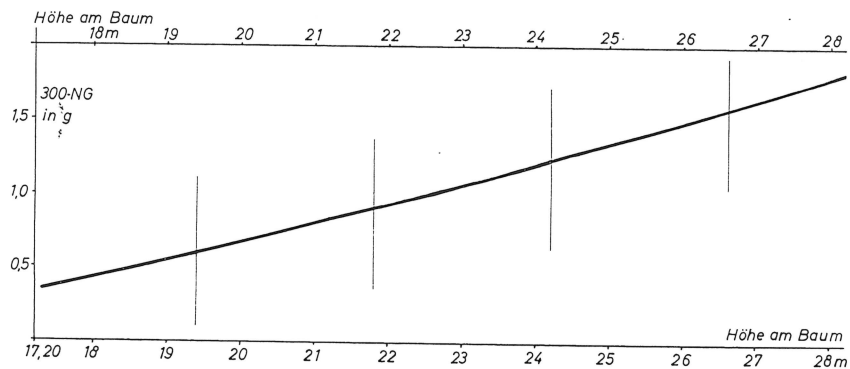


Abb. 4. Die Zunahme des 300-Nadelgewichts mit wachsender Kronenhöhe.  $300\text{-NG} = 123,852 + 6,44598 H + 0,156478 H^2$ ;  $B = 0,5633$ ,  $R = 0,7505$ ,  $S^2 = 1313,7330$ .  $S = 36,2454$

7. Die unabhängige Variable Himmelsrichtung der Äste bleibt ohne gesicherten Einfluß auf die übrigen Astkennwerten.

b. 3. Faktorenanalyse der Astmerkmalsdaten

Die Faktorenanalyse benützt als Rechengrundlage die Korrelationskoeffizienten zwischen sämtlichen zu prüfenden Größen. Das Verfahren bezweckt, die eingegebenen ursprünglichen Variablen in wenigen neuen Faktoren auszudrücken; diese sind statistisch voneinander unabhängig. Dadurch soll ein möglichst großer Teil der von diesen Variablen beschriebenen Gesamtvariation auf eine beschränkte Anzahl von Faktoren zurückgeführt werden. Da in unserem Falle hohe Interkorrelationen zwischen den

Variablen bestehen, ergeben sich für die beiden wichtigsten Faktoren hohe Eigenwerte. Ebenso stellen wir einen hohen kumulativen Anteil der beiden Faktoren an der Gesamtvarianz fest. Weitere Faktoren wiesen einen geringeren Eigenwert als 1,0 auf und werden daher nicht aufgeführt.

Rotierte Faktor-Matrix nach vier Iterationszyklen

$n = 47$ ,  $FG = 45$ , Grenzwert 1,0

Variable	Faktor	
	1	2
Ansatzhöhe	-0,21	-0,44
Himmelsrichtung	-0,09	+0,00
Durchmesser	+0,68	+0,67
Länge	+0,47	+0,83
300 NG	-0,12	-0,78
Zweigzahl	+0,85	+0,37
Alter	+0,37	+0,89
Nadel Trockengewicht	+0,93	+0,20
Ast Trockengewicht	+0,70	+0,52
Nadelzahl	+0,86	+0,39
Astmantelfläche	+0,53	+0,74
Astvolumen	+0,53	+0,69
Nadeldichte/cm	+0,93	+0,22
Eigenvalues	5,151	5,103
Kumulativer Anteil an der Gesamtvarianz	0,398	0,79

Faktor 1

Hohe Ladungen weisen die Kennwerte für die Assimilationsträger auf: die Nadeldichte je Ast cm, das Nadel Trockengewicht und die Nadelzahl je Ast. Der enge Zusammenhang dieser Größen untereinander und ihre Abhängigkeit v. a. von der Zahl der Zweige am Ast wird deutlich.

Faktor 2

Dieser Faktor umschreibt den Einfluß der Astansatzhöhe und des Alters. Der Einfluß dieser Größen auf die Astdimensionen wird gut wiedergegeben. Ebenso der mit der Zunahme der Astansatzhöhe in gleicher Richtung verlaufende Zunahmetrend des 300-Nadelgewichtes.

Die Faktorenanalyse bestätigt somit den bei der Interpretation der einfachen Korrelationsmatrix vorgefundenen Befund.

Zusammengefaßt können wir feststellen, daß alle Astmerkmalsgrößen mit hoher Wahrscheinlichkeit von der Astansatzhöhe bzw. dem sich gegenläufig verhaltenden Astalter abhängig sind. Die Krone weist in den vertikalen Kronenfünfteln signifikant verschiedene Astmerkmalsgrößen auf (Übersicht 2).

c. Gegenüberstellung der Kronenfünftel (Übersicht 2)

Die absoluten und relativen Werte für Trockengewicht, Volumen und Oberfläche der Äste, Triebe und Nadeln erreichen Höchstwerte in der III. Vertikalstufe. Hier liegt

Übersicht 2  
Verteilung auf die Kronenfünftel

Kronenfünftel in m	Astachsen				Triebe							
	Volumen		Aststrockengewicht		Triebzahlen		Triebvolumen		Triebmantelfläche			
	in l	%	in g	%	abs.	%	in l	%	m <sup>2</sup>	%		
I. 17,00-19,39	12,65	13,0	2,35	13,6	8478,1	11,1	12574	9,4	0,97	7,9	2,5	7,5
II. 19,40-21,79	28,25	29,0	4,40	25,5	17416,3	22,8	31547	23,6	2,44	19,8	6,1	18,9
III. 21,80-24,19	38,95	40,0	6,30	36,5	32049,2	41,9	58048	43,4	5,69	46,2	15,3	47,0
IV. 24,20-26,59	15,85	16,3	3,32	19,2	15635,4	20,6	25890	19,3	2,60	21,1	7,0	21,4
V. 26,60-28,99	1,65	1,7	0,90	5,2	2840,6	3,7	5735	4,3	0,62	5,0	1,6	5,2
Insgesamt . . . .	97,35	100,0	17,27	100,0	76419,5	100,0	133794	100,0	12,32	100,0	32,6	100,0

Kronenfünftel in m	Nadeln				Trockengewicht				
	Volumen		allseitige Oberfläche		Nadelzahlen		je m <sup>3</sup> Krone		
	in l	%	m <sup>2</sup>	%	abs.	%	in g	%	
I. 17,00-19,39	3,53	5,0	20,45	5,6	647250	7,3	997	3,1	159 g
II. 19,40-21,79	8,86	12,8	51,26	13,9	1622430	18,2	4058	12,5	79 g
III. 21,80-24,19	27,96	40,2	163,40	44,5	4100655	46,0	14210	43,8	300 g
IV. 24,20-26,59	22,99	33,0	106,40	28,9	2113105	23,7	10750	33,2	1116 g
V. 26,60-28,99	6,24	9,0	26,00	7,1	423470	4,8	2406	7,4	2039 g
Insgesamt . . . .	69,58	100,0	367,51	100,0	8906910	100,0	32422	100,0	—

der Schwerpunkt der Kronenmasse und Kronenoberfläche. Das Zustandekommen beruht auf der hier vertretenen relativ großen Anzahl stark dimensionierter Äste mit hohen Zweigzahlen. Kronenvolumen und Kronenmantelfläche zeigen dagegen, wie bereits erwähnt, Höchstwerte in der II. Vertikalstufe. Die untere Schattenkrone I und die obere Lichtkrone V haben am Gesamttrockengewicht, Gesamtvolumen und an der Gesamtoberfläche nur einen untergeordneten Anteil. Dies kann in der unteren Schattenkrone (I) durch das Absterben zahlreicher Äste und den Beginn des Absterbeprozesses an den noch vorhandenen Ästen erklärt werden. In der oberen Lichtkrone bedingt v.a. das geringe Alter der Sproßachsen eine geringere Verzweigung und Nadelmenge, so daß hier nur geringe Anteile an der Gesamtkrone vorhanden sind. II. und IV. Kronenfünftel stellen Übergangszonen zu diesen extremen Kronenteilen dar. Dabei weist das II. Kronenfünftel mit absolut und relativ höheren Werten für Äste und Triebe gegenüber dem IV. Kronenfünftel auf eine etwas zugunsten der Schattenkrone verschobene Asymmetrie der Kronenstruktur hin. Betrachten wir jedoch die entsprechenden Angaben für die Nadeln, so zeigt sich hier eine deutliche Schwerpunktsverschiebung der Assimilationsmasse zur unteren Lichtkrone. Dies ist wahrscheinlich eine Folge der günstigeren Belichtungsverhältnisse in der Oberkrone, die selbst bei geringerem Alter der Kronenorgane eine relativ hohe Assimilationsmasse ermöglichen. In den beiden oberen Kronenfünfteln befindet sich die Krone noch in einem „Aufbaustadium“, den mittleren Kronenbereich können wir als „vollausgebaute Kronenschicht“ bezeichnen, während die beiden unteren Kronenfünftel einen deutlichen „Kronenabbau“ zu erkennen geben.

Die unterschiedliche Verteilung von Nadelrockengewicht und Nadelzahl beruht auf der bereits erwähnten Zunahme des 300-Nadelgewichtes mit zunehmender Astansatzhöhe. Die Nadeloberfläche ist in der Schattenkrone, verglichen mit dem Nadelvolumen, relativ viel größer, als dies in der Lichtkrone der Fall ist. Die Nadeln werden im Durchschnitt mit wachsender Kronenhöhe nicht nur schwerer, sondern verändern auch gleichzeitig ihre Form. Für die Schattenkrone ergaben die Mikrotomquerschnitte eine langgestreckte, pantoffelartige Form, die sich mit wachsender Kronenhöhe immer mehr zugunsten einer quadratischen Gestalt verändert. Bei den Ästen stellen wir ein relatives Anwachsen der Astmantelflächen gegenüber dem Astvolumen mit wachsender Kronenhöhe fest. Dies ist eine Folge der Zunahme kleindimensionierter Äste in der Lichtkrone.

Besondere Beachtung verdient die Kenngröße Nadelrockengewicht in g je m<sup>3</sup> Kroneninhalte. Danach ist das Nadelrockengewicht je m<sup>3</sup> Kroneninhalte in der Lichtkrone 12,8mal größer als in der unteren Schattenkrone. Verglichen mit der oberen Schattenkrone (II) weist die Lichtkrone sogar das 25,8fache an Nadelrockengewicht auf.

Offensichtlich erlauben die günstigen Lichtverhältnisse im oberen Kronenbereich eine erheblich bessere Raumnutzung durch die Assimilationsorgane. Die hohe Nadeldichte im Wipfelraum (VST V, IV) ist wohl ein wichtiger Grund dafür, daß rund 60% des gesamten Energieflusses (BAUMGARTNER, 1956) bis zur Höhe des Kronenschlusses abgefangen werden.

d. Oberirdische Volumen- und Oberflächenverteilung (Übersicht 3)

Hervorzuheben ist u. a. der hohe Volumenanteil des Holzschafes mit 84,8% des gesamten oberirdischen Volumens. Immerhin entfallen aber 15,2% Volumenanteil auf die Seitenorgane und Nadeln der Krone. Dabei ist die glatte Schaftoberfläche mit 4,3% Oberflächenanteil recht gering. Selbst wenn man die beachtliche Oberflächenentfaltung in den unteren Schaftteilen durch die sich vom Schaft abhebenden Borkenschuppen mit in Betracht zieht und annimmt, daß hierdurch vielleicht ein 5faches des

Übersicht 3

Oberirdisches Baumorgan	Oberfläche			Volumen		
	m <sup>2</sup>	%	je m <sup>2</sup> Standfläche	in l	%	je m <sup>2</sup> Standfläche
Holzshaft .....	19,05	4,3	1,0 m <sup>2</sup>	1176,87	84,8	61,59 l
Grünäste .....	17,27	3,9	0,9 m <sup>2</sup>	97,35	7,0	5,09 l
Trockenäste .....	6,00	1,3	0,3 m <sup>2</sup>	32,00	2,3	1,67 l
Triebe .....	32,59	7,4	1,7 m <sup>2</sup>	12,32	0,9	0,64 l
Nadeln .....	367,51	83,1	19,2 m <sup>2</sup>	69,58	5,0	3,64 l
Insgesamt .....	442,42	100,0	23,1 m <sup>2</sup>	1388,12	100,0	72,63 l

angegebenen Oberflächenwertes zustande kommt, bleibt doch der Schaftoberflächenanteil unter 20%. Genau umgekehrt liegen die Verhältnisse bei den Nadeln, sind diese doch mit 83,1% an der Gesamtoberfläche beteiligt bei einem Volumenanteil von nur 5%. Die unterschiedlichen Volumen- und Oberflächenanteile legen den Gedanken an eine sehr zweckmäßige Anpassung der verschiedenen Baumorgane an ihre speziellen Aufgaben nahe. Die Nadeln erhalten durch große Oberflächenentfaltung die Möglichkeit zu hoher lichtabhängiger Assimilationsleistung. Die Seitenachsen sind offensichtlich zur Einschränkung von Respirationverlusten mit geringem Oberflächen- und Volumenanteil ausgestattet. Der kompakte Schaftbau schließlich entspricht den speziellen statischen und physiologischen Anforderungen, die dieses Baumorgan zu erfüllen hat. Da wir in zunehmendem Maße auch quantitative Unterlagen zur Beurteilung unterschiedlicher Wohlfahrtswirkungen im Walde benötigen und letztere, was z. B. Klima, Lärmschutz, Luftreinigung und Wasserabgabe angeht, weitgehend eine Funktion nicht nur des Volumens und der Masse, sondern auch der Oberfläche sind, ist die außerordentlich hohe Oberflächenentfaltung bei der Fichte – in unserem Beispiel das 23,1fache der Standfläche – bemerkenswert, zumal diese mit hoher Produktionsleistung verbunden ist.

Zusammenfassung

In einem 76j. Fichtenreinbestand im Ebersberger Forst werden im Rahmen des Internationalen Biologischen Programms Untersuchungen der oberirdischen Stoffproduktion durchgeführt. Vor allem die geplante Messung des pflanzlichen Gaswechsels erfordert eine exakte morphometrische Erfassung der oberirdischen Baumorgane.

An einer vorherrschenden 76j. Fichte, deren Abmessungen weitgehend dem Kreisflächenmittelstamm der Probestfläche entsprachen, wurde ein eigens hergeleitetes Verfahren zur morphometrischen Erfassung oberirdischer Baumorgane erprobt. Die Stichprobenerhebung an den Kronenorganen erfolgte in einem mehrstufigen Auswahlverfahren. Die unterste Erfassungseinheit war der Jahrestrieb.

Die strukturellen Unterschiede zwischen den einzelnen Kronenteilen treten besonders deutlich hervor, wenn die hochgerechneten morphometrischen Kenngrößen für jeweils fünf relativ gleichlange, vertikale Kronenschichten zusammengestellt werden (Übersicht 2).

Das obere Lichtkronenfünftel und das untere Schattenkronenfünftel haben nur geringen Anteil an der Gesamtassimilationsmasse. Der Hauptanteil der Assimilationsmasse liegt im mittleren Kronenfünftel (46% aller Nadeln, 44% des Gesamtnadel-trockengewichtes, 45% der Gesamt-Nadeloberfläche). Günstigere Lichtverhältnisse im

oberen Kronenbereich führen jedoch zu einer erheblich besseren Ausnutzung des Kronenraumes durch die Assimilationsorgane. Das Nadel-trockengewicht je m<sup>3</sup> Kroneninhalt ist in der Lichtkrone 12,8mal größer als in der unteren Schattenkrone; verglichen mit der oberen Schattenkrone weist die Lichtkrone sogar das 25,8fache des Nadel-trockengewichtes je m<sup>3</sup> Kroneninhalt auf.

Aus Übersicht 3 geht der hohe Volumenanteil des Holzschafes mit 84,8% am gesamten oberirdischen Volumen hervor. Der Schaft hat mit 4,3% nur einen geringen Oberflächenanteil. Dagegen sind die Nadeln mit 83,1% an der Gesamtoberfläche beteiligt bei einem Volumenanteil von nur 5%. Die oberirdischen Baumorgane weisen insgesamt eine allseitige Oberfläche von 442 m<sup>2</sup> auf; dies entspricht dem 23,1fachen der Standfläche.

Literatur

ASSMANN, E., 1961: Waldertragskunde. München: BLV-Verlagsges. — ASSMANN, E., 1967: Kurze Übersicht wichtiger Gesichtspunkte, die bei den anzulegenden Durchforstungsversuchen beachtet werden sollten. XIV. JUFRO-Kongreß, Referate Section 25, S. 232. — BAUMGARTNER, A., 1956: Untersuchungen über den Wärme- und Wasserhaushalt eines jungen Waldes. Bericht des Deutschen Wetterdienstes Nr. 28, Bd. 15. — HELMING, B., HULJUS, J., VERBEEK, A., und v. INGELHEIM, A., W/S 1967/68: Die Kronenstruktur einer 76jährigen Fichte im Ebersberger Forst. Seminararbeiten im Institut für Ertragskunde, München. — KENNEL, R., 1965: Untersuchungen über die Leistung von Fichte und Buche im Rein- und Mischbestand. AFJZ 136, S. 155-157. — KOCH, W., und WALZ, H., 1967: Kleinklimaanlagen zur Messung des pflanzlichen Gaswechsels. Die Naturwissenschaften, 54 Jahrg., H. 12, S. 231/232. — KOCH, W., KLEIN, E., und WALZ, H., 1968: Neuartige Gaswechselfeßanlagen für Pflanzen im Laboratorium und Freiland. Siemens Zeitschrift Nr. 42, S. 392-404. — MITSCHERLICH, G., KÜNSTLE, E., und LANG, W., 1967: Ein Beitrag zur Frage der Beleuchtungsstärke im Bestand. AFJZ 138, S. 221-222. — ODUM, 1967: Fundamentals of Ecology. Press of W. B. Saunders Company, USA, S. 4. — SCHÖPPER, W., 1961: Beiträge zur Erfassung des Assimilationsapparates der Fichte. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Bd. 10. — THOMASIU, H., 1962: Untersuchungen über systematische Fehler bei der Ermittlung des Höhenzuwachses von Einzelbäumen. Arch. Forstwes., Bd. 11, H. 2. — TRENDELENBURG, R., und MAYER-WEGELIN, H., 1955: Das Holz als Rohstoff, 2. Aufl., München.

III. BUCHBESPRECHUNGEN

**Waldbauliche Terminologie.** Von A. BONNEMANN. Frankfurt/Main: J. D. Sauerländer's Verlag 1967. 10,80 DM. (Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen, Bd. 40.)

Der Band beinhaltet rund 300 waldbauliche Fachausdrücke, dazu eine kurze Erklärung des damit bezeichneten Sachverhaltes, sowie die jeweiligen synonymen englischen, französischen, norwegischen und tschechischen Begriffe. Die fremdsprachigen Bezeichnungen, bei denen man sich für künftige Auflagen noch eine Ergänzung zumindest durch Spanisch wünscht, wurden von führenden Fachvertretern des jeweiligen Landes bearbeitet. Damit liegt für ein erstes Teilgebiet der Forstwissenschaft eine fachliche Terminologie vor, die für alle, die auf diesem Sektor wissenschaftlich arbeiten, aber auch für alle, die mit Ausländern zusammenarbeiten, in der Entwicklungshilfe auf forstlichem Gebiet tätig sind oder für Ausländer, die im deutschen Sprachraum Forstwissenschaft studieren, sehr wertvoll ist und dazu beitragen kann, Mißverständnisse zu vermeiden. Es wäre sehr erwünscht, daß dieser „Waldbaulichen Terminologie“ bald für andere forstliche Teilgebiete ähnliche Zusammenstellungen folgen.

BIBELRIETHER



# FORST- WISSENSCHAFTLICHES CENTRALBLATT

ZUGLEICH ZEITSCHRIFT FÜR DIE VERÖFFENTLICHUNGEN  
DER FORSTLICHEN FORSCHUNGSANSTALT MÜNCHEN

*Unter Mitwirkung von*

*E. Assmann, München / F. Backmund, München / H. Burger, Zürich  
V. Dieterich, München / R. Geiger, München / B. Huber, München / H.  
Jahnel, Tharandt / J. N. Köstler, München / W. Laatsch, München / K.  
Mantel, Freiburg / A. Richter, Eberswalde / E. Rohmeder, München  
W. Schwenke, München / J. Speer, München / L. Tschermak, Wien / K.  
Vanselow, München / W. Wittich, Göttingen*

*herausgegeben von*

*H. von Pechmann*

87. JAHRGANG

Mit 135 Abbildungen



1968

VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG UND BERLIN  
LANDWIRTSCHAFT · VETERINÄRMEDIZIN · GARTENBAU · FORSTWESEN · JAGD UND FISCHEREI  
HAMBURG 1 · SPITALERSTRASSE 12

# Inhaltsverzeichnis für den 87. Jahrgang

## I. ABHANDLUNGEN

ASSMANN, Prof. Dr. E., München: Zur „Theorie der Grundflächenhaltung“ . . . . .	321
BEUSCHEL, Forstass. G., München: 33- bis 54-jährige Anbauversuche mit <i>Abies grandis</i> in Bayern . . . . .	176
DIETERICH, Prof. Dr. Dr. h. c. V., Stuttgart: Waldgesinnung und forstwirtschaftliches Wertdenken . . . . .	65
DROSTE ZU HÜLSHOFF, Forstass. B. v., München: Vorläufige Untersuchungsergebnisse über die Erfassung oberirdischer Baumorgane an einer 76-jährigen vorherrschenden Fichte im Ebersberger Forst bei München . . . . .	369
FRANZ, Privatdozent Dr. F., München: Elektronische Datenverarbeitung in der Forstwissenschaft – Voraussetzungen, Einsatzmöglichkeiten und Aussagegrenzen . . . . .	257
FRÖHLICH, Landforstmeister Dr. H. J., Hann. Münden: Die Erbeigenschaften als forstlicher Produktionsfaktor . . . . .	341
HELLRIGL, Prof. Dr. B., Florenz: Versuche auf dem Gebiet der Einmannkluppierung . . . . .	297
HÖSTER, Dr. H. R., LIESE, Prof. Dr. W., und BÖTTCHER, Dipl.-Holzw. P., Reinbek: Untersuchungen zur Morphologie und Histologie der Zweigabwürfe von <i>Populus „Robusta“</i> . . . . .	356
KELLER, Dr. Th., Zürich-Birmensdorf: Die Wirkung einer Bodenabdeckung (Mulchung) im Forstpflanzgarten auf den Gaswechsel junger Fichten . . . . .	1
KENNEL, Oberforstmeister Dr. R., München: Die Auswertung eines Praxisdüngungsversuches als einfaches Beispiel integrierter Datenverarbeitung in der Forstwissenschaft . . . . .	269
KRAL, Dr. F., und MAYER, Prof. Dr. H., Wien: Pollenanalytische Überprüfung des Urwaldcharakters in den Naturwaldreservaten Rothwald und Neuwald (Niederösterreichische Kalkalpen) . . . . .	150
LAATSCH, Prof. Dr. W., ALCUBILLA, M., WENZEL, Dr. G., und AUFESESS, Dr. H. v., München: Beziehungen zwischen dem Standort und der Kernfäule-Disposition der Fichte . . . . .	193
LÜNZMANN, Dr.-Ing. K., Reinbek: Rechnerische Grundlagen, physikalische Einflußfaktoren und daraus abgeleitete Grenzen des Holztransportes . . . . .	100
LÜNZMANN, Dr.-Ing. K., Reinbek: Der Erschließungskoeffizient, eine Kennzahl zur Beurteilung von Waldwegenetzen und seine Anwendung bei Neuplanungen . . . . .	237
MANTEL, Prof. Dr. Dr. h. c. M., Freiburg: Die Anfänge der Waldpflege und Forstkultur im Mittelalter unter der Einwirkung der lokalen Waldordnung in Deutschland . . . . .	75
REHFUESS, Privatdozent Dr. K. E., Stuttgart-Weilimdorf: Beziehungen zwischen dem Ernährungszustand und der Wuchsleistung südwestdeutscher Tannenbestände . . . . .	36
REHFUESS, Privatdozent Dr. K. E., Stuttgart-Weilimdorf: Über den Ernährungszustand nordostbayerischer Tannenbestände . . . . .	129
REHFUESS, Privatdozent Dr. K. E., Stuttgart-Weilimdorf: Zusammenhänge zwischen dem Ernährungszustand und der Bonität nordostbayerischer Tannenbestände . . . . .	276
RUBNER, Prof. Dr. Dr. h. c. K., München: Grundlagen des naturnahen Waldbaus in Europa . . . . .	8

ZÖHRER, Dipl.-Ing. Dr. F., München: Struktur und Einzelbaumzuwachs in montan-subalpinen Lärchen-Fichten-Mischbeständen . . . . .	203
ZÖHRER, Dipl.-Ing. Dr. F., München: Zuwachs und Struktur in drei verschiedenen dichten Lärchengruppen . . . . .	305
ZYCHA, Prof. Dr. H., und DIMITRI, Dr. L., Hann. Münden: Ausmaß und Ursache der Kernfäule in einer Fichtenprobefläche in Reinhausen (Niedersachsen) . . . . .	331

## II. MITTEILUNGEN

Professor GUSTAV KRAUSS 80 Jahre alt . . . . .	125
Verleihung des WILHELM-LEOPOLD-PFEIL-Preises für das Jahr 1968 . . . . .	125
GUSTAV KRAUSS zum Gedenken . . . . .	315

## III. BUCHBESPRECHUNGEN

Anatomie des Blattes. I. Blattanatomie der Gymnospermen, 2. Aufl., von K. NAPP-ZINN, besprochen von B. HUBER . . . . .	58
Wachstum und Umweltfaktoren im Schlag- und Plenterwald, von K. G. KERN, besprochen von E. ASSMANN . . . . .	59
Der laufende Zuwachs in der Forsteinrichtung, von G. HILDEBRANDT, besprochen von E. ASSMANN . . . . .	60
Die sozialen Faltenwespen Mitteleuropas, von H. KEMPER und E. DÖHRING, besprochen von W. SCHWENKE . . . . .	60
Die Düngung von Waldbäumen, von H. BAULE und C. FRICKER, besprochen von R. HÜSER	61
Crop Responses to Water at Different Stages of Growth, von P. J. SALTER und J. E. GOODE, besprochen von E. WEBER . . . . .	61
Betriebswirtschaftliche und steuerliche Besonderheiten in der Forstwirtschaft, 3. Aufl., von L. LANGMANDEL, besprochen von W. KROTH . . . . .	62
Bayerisches Forststrafgesetz, von W. RÖSCH und F. MEISEL, besprochen von W. KROTH . . . . .	62
Preisstatistik in Forst- und Holzwirtschaft, von H. OLLMANN, besprochen von W. KROTH	63
Holzverwendung in der Bauwirtschaft, von K. MANTEL und A. SCHNEIDER, besprochen von H. v. AUFESESS . . . . .	64
Vom literarischen Handwerk der Wissenschaft, von V. GOERTTLER, besprochen von H. v. AUFESESS . . . . .	64
Bodenbiologie, von G. MÜLLER, besprochen von W. LAATSCH . . . . .	126
Untersuchungen zur Forstverfassung des mittelalterlichen Frankreichs, von H. RUBNER, besprochen von F. BACKMUND . . . . .	127
Waldhumusdiagnose auf biomorphologischer Grundlage, von F. HARTMANN, besprochen von W. LAATSCH . . . . .	183
Forstliche Betriebswirtschaftslehre, von G. SPEIDEL, besprochen von W. KROTH . . . . .	184
Untersuchungen über die Rotstreifigkeit des Fichtenholzes, von H. v. PECHMANN, H. v. AUFESESS, W. LIESE und U. AMMER, besprochen von K. MÄGDEFRAU . . . . .	187
Fortschritte des forstlichen Saatgutwesens II., herausgegeben von H. MESSER, besprochen von E. WEBER . . . . .	188
Entscheidungen in Jagdsachen, Band II, besprochen von F. ERNST . . . . .	191
Verformung und Bruchgeschehen bei Holz als einem anisotropen, inhomogenen, porigen Festkörper, von F. KOLLMANN, besprochen von J. SCHALCK . . . . .	192
Ökologie der Wälder und Landschaften, Band 1, Waldgesellschaften des mitteleuropäischen Gebirgsraumes nördlich der Alpen, von F. K. HARTMANN und G. JAHN, besprochen von J. N. KÖSTLER . . . . .	248
Pflanzen als forstliche Standortsanzeiger, von E. AICHINGER, besprochen von J. N. KÖSTLER . . . . .	249
Die Weißtanne im Bodenseegebiet, von O. J. SEITSCHKE, besprochen von KWASNITSCHKA	250
Wertvolle Herkünfte forstlicher Baumarten in der Bundesrepublik Deutschland, herausgegeben von der Deutschen Kontrollvereinigung für forstliches Saat- und Pflanzgut, besprochen von E. Rohmeder . . . . .	251