Forstanderkontor

145.

Beretning Nr. 145.

CARL MAR: MÖLLER:

UNTERSUCHUNGEN ÜBER LAUBMENGE, STOFFVERLUST UND STOFFPRODUKTION DES WALDES

(UNDERSØGELSE OVER LØVMÆNGDE, STOFTAB OG STOFPRODUKTION I SKOV)

(Dansk Resumé)

(Særtryk af Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, XVII).
MCMXLV

INDHOLD AF BD. XI o. flg.

Bd. XI. Nr. 96. C. H. Bornebusch: The Fauna of Forest Soil (Skovbundens Dyreverden), S. 1. — Nr. 98. A. Oppermann og C. H. Bornebusch: Nørholm Skov og Hede (La forêt et la lande de Nörholm), S. 257. — Nr. 99. Hedeskovenes Foryngelse I—II (Verjüngung der Heidewälder I—II), S. 361. — Nr. 100. A. Oppermann: Lawsoniens Vækst i Danmark (Chamaecyparis Lawsoniana Parl. in Denmark), S. 377. — Nr. 101. A. Oppermann: Bøgekvas (Reisholz der Rotbuche), S. 395.

Bd. XII. Nr. 104. A. Oppermann: Egens Træformer og Racer (Les configurations et races du chêne).

Bd. XIII, H. 1: Nr. 102. C. H. Bornebusch: Dybtgaaende Jordbundsundersøgelser, Hedeskovenes Foryngelse III (Tiefgehende Bodenuntersuchungen), S. 1. — Nr. 103. A. Oppermann: Nordmannsgranens Vækst i Danmark (Abies Nordmanniana in Dänemark), S. 51. **H. 2:** Nr. 105. C. H. Bornebusch: Skovbundsfloraen i Mølleskoven (The flora in »Mølleskoven«), S. 57. — Nr. 106. Fr. Weis: Beplantningsforsøg paa et afføgent Sande (Boisement d'un terrain du sable mouvant éventé), S. 63. — Nr. 107. C. H. Bornebusch: Et Udhugningsforsøg i Rødgran (Ein Durchforstungsversuch in Fichte), S. 117. — Nr. 108. Math. Thomsen: Sprøjtemidler til Bekæmpelse af Chermes paa Ædelgran (Spritzmitteln gegen Chermes auf Weisstannen), S. 215. **H. 3:** Nr. 109. C. H. Bornebusch og Folke Holm: Kultur paa trametesinficeret Bund med forskellige Træarter (Replanting of areas infected with Polyporus annosus), S. 225. — Nr. 110. C. Muhle Larsen: To gamle fynske Egeprøveflader (Zwei alte Eichenprobeflächen auf Fünen), S. 265. **H. 4:** Nr. 111. E. C. L. Løfting: Bjergfyrbevoksninger paa Hedebund og deres Foryngelse, Hedeskovenes Foryngelse IV (Mountain pine plantations in Jutland and their conversion into forests of more valuable tree-species), S. 305. **H. 5:** Nr. 112. C. H. Bornebusch: Proveniensforsøg med Rødgran (Ein Provenienzversuch mit Fichte), S. 325. — Nr. 113. Folke Holm: Abies grandis i Danmark (Abies grandis in Denmark), S. 379. — Nr. 114. C. H. Bornebusch: Forsøgsvæsenets Ordning og Ledelse, IX, S. 409.

Bd. XIV, H. 1: Nr. 115. E. C. L. Løfting: Bevaring af stormfældet Gran (Aufbewahrung von sturmgeschlagenem Fichtenholz), S. 1. — Nr. 116. Poul Larsen: Regenererende Kulsyreassimilation hos Askegrene (Regenerierende Kohlensäureassimilation bei Eschenästen), S. 13. — Nr. 117. C. H. Bornebusch: Thuja som dansk Skovtræ (Thuja plicata as a Danish Forest Tree), S. 53. **H. 2:** Nr. 118. C. H. Bornebusch: Sommerplantning af Naaletræer (Sommerpflanzung von Nadelhölzern), S. 97. — Nr. 119. E. C. L. Løfting: Rodfordærverangrebenes Betyd-

UNTERSUCHUNGEN ÜBER LAUBMENGE, STOFFVERLUST UND STOFFPRODUKTION DES WALDES

VON
CARL MAR: MÖLLER.

Einleitung.

Auf der 18. skandinavischen Naturforschertagung in Kopenhagen habe ich einen Vortrag über das Thema: »*Stoffverlust, Durchforstung und Zuwachs im Laubwalde*« gehalten (s. Kongreßbericht 1929, Seite 432). Bei dieser Gelegenheit habe ich das Resultat einiger Untersuchungen vorgelegt, die ich, angeregt durch die grundlegenden Arbeiten P. Boysen Jensen's über die Stoffwirtschaft des Waldes angestellt hatte.

Meine Untersuchungen bezweckten vorzugsweise die Bestimmung der lebenden Blattmenge je ha und wurden in der Weise angestellt, daß ich eine Reihe (16) geschützt gelegener Buchenbestände verschiedenen Alters und verschiedener Behandlung, alle auf dem Standpunkt vor der Durchforstung, auswählte. In jedem von diesen hatte ich (mit einer einzigen Ausnahme) auf 5 verschiedenen m^2 das im Jahre 1925 am Ende der Vegetationsperiode zu Boden fallende Laub aufgesammelt, in einigen Fällen in aufgestellten Drahtkasten, in der Regel direkt vom Boden. Sämtliche (etwa 80) Proben wurden im Laboratorium zu konstantem Gewicht getrocknet, und mittels entnommener Teilproben wurden für jede Probe je m^2 Bestandesfläche die folgenden Faktoren ermittelt:

das Gesamttrockengewicht der Blätter,

die gesamte Blattfläche (durch Befeuchten und Abdrücken mit Farbe auf Papier sowie darauffolgender Planimetrierung),

die Anzahl,

die Durchschnittslänge der 5 größten und 5 kleinsten Blätter, sowie alle weiteren aus diesen Faktoren erschließbaren Tatsachen, z. B. die Durchschnittsgröße und ferner das Ver-

hältnis des Trockengewichts (in g) zur Blattfläche (in m^2), von welchem Verhältnis anzunehmen ist, daß es dem Produkt einer konstanten Größe und der Blattdicke gleich ist.

Für die sich in jedem Bestand ergebenden 5 Resultatgruppen wurde der mittlere Fehler des arithmetischen Mittels der 5 Beobachtungen eines jeden Faktors (Blattfläche usw.) berechnet. Die mittleren Werte mit Hinzufügung ihrer mittleren Fehler wurden dann als Ausdruck für das Verhältnis des betreffenden Bestandes benutzt.

In allen durchforsteten Beständen wurden zugleich mit der Laubfalluntersuchung das Alter und die verschiedenen Holzmassenfaktoren (nicht aber der Zuwachs) durch Messungen festgestellt. Das Gesamtmaterial ist in Tafel A (am Ende dieser Arbeit) angeführt. Die Tafel wurde bei dem Vortrag 1929 an die Zuhörer verteilt. Schließlich wurde das Gesamtresultat graphisch analysiert. Es ergab sich u. a., daß von den 3 wichtigsten beeinflussenden Faktoren weder die *Bestandeshöhe* (bzw. das Alter) noch die *Bonität* (Ertragsklasse) innerhalb der Grenzen des Materials irgendeinen erkennbaren Einfluß auf die *Blattfläche* hatte, wohingegen ein steigender Durchforstungsgrad von einer wesentlichen Zunahme der Blattfläche begleitet schien. Die *Durchschnittsgrösse* der Blätter wurde weder vom Durchforstungsgrad noch von der Bonität besonders beeinflußt, dagegen rief steigende Bestandeshöhe in den jüngsten Altern eine schnelle Zunahme, in den älteren Jahren eine langsame Abnahme hervor.

Auf Grund von Ertragstafeln hatte ich ferner Berechnungen über die Größe des Astverlustes angestellt, wodurch ich zu gewissen annähernden Formelausdrücken für den Astabwurf gelangt war.

Indessen wurde mir in der folgenden Zeit allmählich klar, daß das vorgelegte Material in gewissen Beziehungen nicht genügte, um mit Sicherheit die früher erwähnten Schlüsse ziehen zu können. Die Anzahl der Beobachtungen war zu klein, um sichere Schlußfolgerungen zu gestatten, auch waren die Beobachtungen alle in nur einem einzigen Jahre gemacht. Es konnten Zweifel darüber entstehen, inwiefern das benutzte Verfahren — Aufsammeln vom Boden sofort nach dem Blattabfall — bei der Bestimmung von Blattmenge und Blattfläche je Flächeneinheit genügend objektiv und sicher ist. Die »Spannweite« des Materials war in gewissen Beziehungen nicht so

groß, wie dies wünschenswert gewesen wäre, vor allem weil anfänglich nicht die Behandlung aller Fragen ins Auge gefaßt war, die auf dem eingeschlagenen Wege zu untersuchen von Interesse sein konnte. Zum Beispiel war hinsichtlich der Bonität und teilweise auch hinsichtlich des Durchforstungsgrades die Variation innerhalb des Materials nicht so groß wie wünschenswert. Die Frage nach dem Einfluß des Respirationsverlustes bedurfte einer genaueren Beleuchtung usw.

Schließlich ermöglichte das Material nicht die Aufhellung eines so wichtigen Umstandes wie die Relation zwischen Blattmasse, Blattfläche und tatsächlich stattgehabtem Massenzuwachs, weil für diesen letztgenannten Faktor keine Messung vorlag. Die Schlüsse in Bezug auf den Zuwachs, die sich heute aus Alter und Bonität ziehen lassen, lagen damals noch nicht im Bereich der Möglichkeit, weil zuverlässige Untersuchungen über dänische Wachstumsbonitäten (Ertragsklassen) und deren Zuwachs erst später veröffentlicht worden sind, und solche Schlüsse können auch nie denselben Wert haben wie die Feststellung durch direktes Messen.

Da die aus dem Material sich ergebenden Fingerzeige hinsichtlich des Verhältnisses der Blattmenge zu den verschiedenen Faktoren als von großem Interesse erscheinen mußten und da auch die andern im Vortrag berührten Umstände (Respirationsverlust, Astverlust u. ä.) anscheinend auf den versuchten Wegen in einer neuen Weise beleuchtet werden konnten, erhielt ich 1930 von der *Carlsberg-Stiftung* eine bedeutende finanzielle Unterstützung (im ganzen Kr. 11.000) für eine neue und größere Untersuchungsreihe.

Im Jahre 1936 erhielt ich ferner von der *Lauritz Andersen-Stiftung* eine Beihilfe für die Untersuchung von Nadelmassen in Verbindung mit einigen von I. A. Lövengreen auf dem Gut Frijsenborg angestellten Untersuchungen über den Einfluß der frühen und häufigen Durchforstung auf das Wachstum der Fichte. Ursprünglichwar es meine Absicht, die hierbei ermittelten Ergebnisse gesondert zu veröffentlichen, aber mit Rücksicht auf ein besseres Gesamtbild sind sie jetzt dieser Darstellung einverleibt worden.

Meinen eigenen Untersuchungen ist endlich eine eingehende Übersicht über die auf dem behandelten Gebiete vorliegende und für dasselbe wichtige Literatur beigegeben. Aus dieser

Literatur ließen sich verschiedene Messungsergebnisse als Ergänzung meines eigenen Materials verwenden.

Von der *Rask-Örsted-Stiftung* habe ich eine Unterstützung für die Übersetzung erhalten. Wegen des sowohl internationalen als zugleich auch sehr speziellen Charakters des Stoffes schien die Übersetzung in eine Weltsprache wünschenswert. Da die bisher vorliegende Literatur, darunter auch die bedeutungsvollen schweizerischen Untersuchungen, größtenteils in deutscher Sprache vorliegt oder mit deutschen Zusammenfassungen versehen ist, wurde die Arbeit ins Deutsche übersetzt.

Für das von seiten der genannten Stiftungen meiner Arbeit erzeigte Vertrauen und Interesse spreche ich hiermit meinen besten Dank aus.

Ebenso danke ich den vielen Reviervorstehern, die durch die Beherbergung der Versuchseinrichtungen Mühe gehabt haben, ferner den vielen Forstkandidaten für ihre Mitarbeit bei der Durchführung der Versuche, insbesondere Herrn J. Aarestrup Frederiksen, sowie den wissenschaftlichen Assistenten der Abteilung für Forstwirtschaft an der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Kopenhagen. Herrn I. A. Lövengreen danke ich besonders für das Interesse, mit dem er mir seine Holzmeßresultate von den 14 Frijsenborger Fichtenbeständen zu Verfügung gestellt hat. Herrn Professor Detlev Müller bin ich für wertvolle Hilfe in bezug auf die Durchführung der Respirationsuntersuchungen Dank schuldig.

Schließlich spreche ich auch Herrn Professor Dr. phil. David Fog meinen besten Dank aus für den wertvollen kritischen Durchgang der mathematisch geprägten Teile der Arbeit, insbesondere des Abschnitts VI sowie der Fehleruntersuchungen in den Abschnitten III und IV.

Hinsichtlich des Titels der Arbeit sei bemerkt, daß die Ausdrücke Stoffproduktion und Stoffverlust, wie übrigens aus den obigen Bemerkungen bereits hervorgeht, als Produktion und Verlust von Trockenstoff zu verstehen sind. Spezielle Untersuchungen über die Zusammensetzung dieses Trockenstoffs sind nicht vorgenommen worden, andrerseits aber ist es bekannt, daß die Menge von Aschenbestandteilen in Holz, Blättern, Nadeln usw. sehr klein ist, gewöhnlich unter 5 %. Der C-Gehalt schwankt zwischen 44 % (Zellulose) und ungefähr 53 % (Lignin) usw.

Die Zusammensetzung der verschiedenen Arten von Trockkenstoff zeigt demnach keine sehr großen Verschiedenheiten.

Wenn es auch recht interessant sein würde, die einzelnen Grundstoffe auf ihrem Kreislauf durch die Holzgewächse zu verfolgen, so bietet doch andrerseits das von mir angewandte summarische Verfahren den Vorteil, daß man einen Überblick erhält, der sonst vielleicht noch lange außer dem Bereich der Möglichkeit geblieben wäre.

I.

FRÜHERE UNTERSUCHUNGEN.

Die Holzproduktions-Gleichung.

Für das Verständnis des in dieser Abhandlung behandelten Gebiets hat die schon 1910 von BOYSEN JENSEN aufgestellte Holzproduktionsgleichung grundlegende Bedeutung.

In ihrer letzten Formulierung (1932) stellt sich diese Gleichung wie folgt (alle Angaben in Trockenstoff):

Netto-Assimilationsertrag in den Blättern (die apparente Assimilation) ÷ Blattverlust ÷ Astverlust (÷ Wurzelverlust) ÷ Respirationsverlust in Stamm, Ästen (und Wurzel) =
Massenzuwachs in Stamm, Ästen (und Wurzel) + etwaige Samen.

Vielleicht müßte noch, wie dies D. MÜLLER getan hat (1924), der Rindenverlust berücksichtigt werden, der bei dickborkigen Bäumen wie Eiche und Lärche nicht ganz unbedeutend ist, was in Wintern mit dauernder Schneedecke zu beobachten ist und übrigens auch an dem kleinen Hügel zu erkennen ist, den die abfallende Rinde allmählich um den Stamm bildet.

Der Verlust an Knospenschuppen ist bei dem Laubverlust in Anrechnung zu bringen.

Merkwürdigerweise scheint diese sowohl einfache als auch grundlegende Aufstellung von den vielen ausländischen Schriftstellern, die sich in der neueren Zeit mit dem hier behandelten Thema beschäftigt haben, verhältnismäßig wenig beachtet worden zu sein. Man hat hauptsächlich mit dem Verhältnis der Laubmenge zum Zuwachs oder sogar nur mit einem einzigen isolierten Faktor (z. B. der Respiration) gearbeitet.

BOYSEN JENSEN hat versucht, Zahlen zur Einsetzung in die Produktionsgleichung zu beschaffen (s. nächsten Unterab-

schnitt). Aber schon bei einem bloßen Blick auf die Gleichung ist es möglich, viele Lebenserscheinungen des Waldes zu erklären. So ist es z. B. auffallend, daß unterdrückte Bäume in etwas älteren Beständen bei solchen Beleuchtungsgraden absterben, die für das Leben von Jungpflanzen noch völlig genügen. BOYSEN JENSEN erklärt dies jedenfalls teilweise dadurch, daß der Baum einen verhältnismäßig größeren Respirationsverlust hat als die junge Pflanze. Der gleiche Umstand muß zu der Abnahme des Massenzuwachses mit dem Alter, zu dem Abwerfen der Äste usw. beitragen.

Die einzelnen Grössen der Holzproduktionsgleichung.

Im folgenden wird in chronologischer Ordnung eine Übersicht gegeben über die von früheren Forschern beschafften Angaben über Laubmenge, Respirationsverlust und damit in Verbindung stehende Holzmasse, Zuwachs, Alter und Höhe des Bestandes usw.

Die chronologische Ordnung ist so gewählt, daß der Altersrang eines Verfassers nach seiner ersten Veröffentlichung über das Thema gerechnet wird.

Es ist versucht worden, die Darstellung in Unterabschnitte für Laubmenge, Respirationsverlust usw. aufzuteilen. Weil viele Verfasser mehrere der Faktoren untersucht haben, wurde dies doch nicht praktisch gefunden.

In bezug auf Masse und Zuwachs im allgemeinen wird auf die von den forstwissenschaftlichen Versuchsanstalten der verschiedenen Länder aufgestellten Ertragstafeln verwiesen (besonders SCHWAPPACH 1923, WIEDEMANN 1932, 1937, EIDE und LANGSÆTER 1941) sowie für Dänemark auf CARL MAR: MÖLLER's Ertragstafeln nach Bonitäten 1933, die teilweise auf dem Material des dänischen forstwissenschaftlichen Versuchswesens aufgebaut sind.

Massen- und Zuwachszahlen werden im folgenden nur dann genannt, wenn es möglich war, sie in direkte Verbindung mit Zahlen für einen oder mehrere der übrigen erwähnten Faktoren zu bringen. Dagegen werden einige wichtige Abhandlungen über vermeintliche den Zuwachs betreffende Gesetzmäßigkeiten besprochen werden (WEBER und HARTIG u. a.).

Besonderes Gewicht ist darauf gelegt worden, die bisher

bei der Bestimmung von Laubmenge und Astverlust benutzten Methoden zu schildern, weil diese in ihrer Zweckmäßigkeit sehr schwanken, was für die Anwendbarkeit der mit ihrer Hilfe gefundenen Zahlen von Wichtigkeit ist.

Direkte Bestimmungen der jährlichen apparenten Assimilation in den Kronen ganzer wachsender Bäume oder Bestände sind nicht vorhanden, und solche Bestimmungen sind wohl auch recht schwierig. Dagegen läßt sich die Größe der Jahres-Assimilation berechnen, wenn die übrigen Faktoren bekannt sind (vergl. Boysen Jensen und D. Müller 1927, 1930).

Bestimmungen der apparenten Assimilation in Blättern und Zweigen für kürzere Zeiträume sind zwar vorhanden, werden aber erst in einem späteren Unterabschnitt »Licht und Assimilation« behandelt werden. Diese Bestimmungen können zur Zeit mit der Produktionsgleichung des Bestandes nicht in direkte Verbindung gebracht werden.

Die in Deutschland besonders früher vorgenommene »Streunutzung«, d. h. das Zusammenrechen des natürlichen Laub- und Reiserabfalles des Waldes und die Verwertung dieses Abfalls als Stallstreu hat schon früh zu der Frage nach dem Umfang des Laubabfalles und seiner Bedeutung für den Wald geführt.

Bereits in den Jahren 1831—40 wurden von Jaeger (1843) Untersuchungen angestellt, durch die der Streuertrag in den Buchenbeständen des Odenwalds mit 4,099 kg je ha als Durchschnitt von 9 Jahren (lufttrockenes Gewicht) ermittelt wurde.

Krutzsch (1850—69) hat in der Zeit von 1849 bis 1867 in Sachsen eingehende Untersuchungen über die Streunutzung angestellt, hierunter auch über die Größe des Jahresfalles. Die Streu, die, wenigstens was die Nadelhölzer betrifft, Reisig, Moos, Blaubeerreiser usw. (vergl. Bd. 6, Seite 95) in für den Jahresfall unbekannten Mengen enthalten hat, wurde mit Holzrechen zusammengerecht; in den Fichtenbeständen jedoch wurde sie durch Fegen mit Besen gesammelt. Es wurden Probeflächen von 1845 m^2 benutzt. Die zusammengebrachte Streu wurde im Walde gewogen und Proben zum Trocknen bei 100^0 ins Laboratorium mitgenommen.

Wie dies wegen der Verwesung zu erwarten war, fand KRUTZSCH, daß der jährliche Streufall beträchtlich größer war als die Streumenge nach mehrjähriger Schonung geteilt durch die Anzahl der Jahre, daß aber im übrigen das Verhältnis schwankte.

Für uns haben nur die Zahlen für den Jahresfall Interesse. Wegen der benutzten Methoden kann den Zahlen jedoch eine größere Sicherheit nicht beigemessen werden. So hat beispielsweise die in Nadelhölzern eingesammelte Streumenge offenbar nicht immer genau den Abfall eines Jahres dargestellt, sondern z. B. den von nur 9 Monaten (Bd. 15, Seite 46). Die Menge des frischgefallenen Buchenlaubs ist in vielen Fällen durch einfaches Zusammenrechen dessen gefunden worden, was man

Holzart	etw. 1861		Bonität[1]) nach SCHWAPPACH (1923)	Für die Zeit etw. 1861-1868 Jahresfall von Streu kg/ha		
	ungef. Alter	ungef. Höhe m	etwa	durchschn.	grösster	kleinster
Buche	60	19	2.0	4275	5630	2665
Kiefer.....	45	18	0.8	3930	5900	2325
Kiefer.....	46	17	1.2	3660	4820	2390
Fichte	46	$21^1/_2$	0.6	3975		
Fichte	46	21	0.7	3020		

[1]) entspricht dän. Bon. (CARL MAR: MÖLLER 1933): Buche 2.5, Fichte 1.4.

für die oberste Schicht hielt, woraufhin man die darunter gelegene Schicht ebenfalls zusammenrechte und diese nun als die Gesamtmenge aller früheren Jahre ansah. KRUTZSCH selber ist der Meinung, daß eine solche Unterscheidung leicht und sicher sei (Bd. 8, Seite 264).

Es zeigt sich daher auch, daß die gefundenen Zahlen für die Jahresfallmenge überaus große Schwankungen aufweisen. Ich habe in obiger Tabelle eine Zusammenstellung der für meinen Zweck wichtigsten Ergebnisse versucht, bemerke jedoch, daß die Bestände sehr schwach durchforstet waren und in der Praxis immer den Standpunkt vor der Durchforstung nach dänischen Begriffen dargestellt haben.

Für die Fichte wurde durch das Aufsammeln zu verschiedenen Zeiten des Jahres festgestellt, daß der Nadelfall ziemlich gleichmäßig das ganze Jahr hindurch stattfindet.

Krutzsch stellt (Bd. 19) den Streufall zu dem Klima in Beziehung und kommt zu gewissen Resultaten, die jedoch kaum Gültigkeit beanspruchen können, weil die für den Streufall gegebenen Zahlen zu unsicher und schwankend sind.

Um die Wirkung der Streunutzung auf den Zuwachs des Bestandes zu untersuchen, hat Krutzsch in der unmittelbaren Nähe der Aufsammlungsflächen unberührte Kontrollprobeflächen gehabt und ferner noch solche Probeflächen, bei denen der jährliche Streufall künstlich verdoppelt wurde. Auf sämtlichen Probeflächen hat er in folgender Weise versucht, den Grundflächenzuwachs festzustellen:

Auf jeder der Buchenprobeflächen wurden 25 herrschende Bäume ausgewählt, die mit fortlaufenden Nummern versehen wurden, sowie mit zwei waagerechten und einem senkrechten Bleistiftstrich zur genauen Markierung einer Messungsstelle, die dann jedes Jahr benutzt wurde, wobei die Messung des Durchmessers mit einer in Millimeter eingeteilten Messingkluppe mit Nonius vorgenommen wurde.

Was das Nadelholz betrifft, so wurden nach 5 Jahren Streunutzung einige herrschende Bäume verschiedener Stärke gefällt und Probescheiben in 6 Fuß Höhe ausgesägt, worauf die Messung mit Kantmaßstab auf den glattgehobelten Schnittflächen ausgeführt wurde.

Für Buche ergab sich (nach heutiger Beurteilung) kein sicherer Unterschied zwischen den Verhältnissen der 3 Probeflächen, für Kiefer eine kleine negative Wirkung der Streunutzung, für Fichte keine Wirkung — und folglich für die Gesamtbetrachtung der Baumarten ebenfalls keine sichere Wirkung.

Schließlich sind auch chemische Analysen der Streu vorgenommen worden.

Die am meisten bekannte ältere Arbeit, in welcher die Frage der Bedeutung des Blatt- und Zweigabfalles für die Stoffwirtschaft des Waldes behandelt ist, ist doch sicher Ebermayer's: Gesammte Lehre der Waldstreu (1876).

Er hat hier das Ergebnis einiger in Zeiträumen von 1 bis 13 Jahren durchgeführten Untersuchungen über den Streuertrag auf 87 Probeflächen in den bayrischen Staatswäldern vorgelegt, und zwar handelt es sich dabei um Untersuchungen, die die

einzelnen Forstmeister nach einer in den »Forstlichen Mittheilungen«, IV. Bd., 2. Heft, München 1867 veröffentlichten Vorschrift vorgenommen haben. Die Streu wurde bei trockenem Wetter in gewöhnlicher Weise zusammengerecht und dann gewogen, wobei Proben teils zum Zwecke der Feststellung des Mineralstoffinhalts, teils zur Bestimmung des lufttrockenen Gewichts entnommen wurden. Aus EBERMAYER's Tafeln ist ersichtlich, daß das Einsammeln zu den verschiedensten Zeiten des Jahres erfolgte, oft in dem dem Laubabfall folgenden Sommer.

Bei der Wahl der meistens 0,34 ha großen Probeflächen suchte man wohl, sich nach den Vorschriften gute Windschutzverhältnisse zu sichern, doch geht aus den Standortsbeschreibungen hervor, daß es mit den Ansprüchen in bezug auf Windschutz nicht allzu genau genommen wurde. Sehr oft heißt es einfach: »Umgebung: Waldungen« oder »Von allen Seiten mit Wald umgeben«.

Die Schwankungen des Streuertrages sind deshalb sowohl von Standort zu Standort als auch von Jahr zu Jahr überaus groß (oft über 50 % der Durchschnittszahl für den Standort).

Die Hauptergebnisse bei jährlichem Einsammeln können in folgender Weise tabellarisch dargestellt werden:

Alter: Jahre	Durchschnittliche jährliche Menge Laub- oder Nadelabfall kg Trockengewicht je ha		
	Durchschnitt	Maximum	Minimum
Buche:			
30—60	3365	5245	2458
60—90	3368	4248	2681
> 90	3270	4126	2339
Fichte:			
< 30	4469	5446	3493
30—60	3369	5176	983
60—90	2869	5114	1668
> 90	2783	5834	1432
Kiefer:			
35— 50	2921	3638	1807
50— 75	3002	3487	2160
75—100	3636	5193	2397

(Maximum und Minimum bedeutet höchste und niedrigste Durchschnittszahl für den einzelnen Standort.)

Für die einzelnen Standorte sind angegeben: Alter, Terrainverhältnisse, Bodenzustand, stehende Masse und jährlicher, Zuwachs je ha, durch Bohren und unter Verwendung von PRESSLER's Tafeln ermittelt. Die Scheitelhöhe ist dagegen nicht angeführt, weshalb eine Schätzung der Bestände nach Ertragsklassen sehr schwierig, wenn nicht unmöglich ist.

EBERMAYER hat auch Untersuchungen mit Streueinsammeln nur alle 3 und alle 6 Jahre angeführt, wodurch sich selbstverständlich infolge der Verwesung niedrigere Zahlen für den durchschnittlichen Jahresertrag ergaben als die der obigen Tabelle.

Die oben angeführten Werte sind nach allem, was über die Art ihrer Beschaffung hier mitgeteilt wurde, mit einem größeren Vorbehalt zu betrachten, als EBERMAYER dies getan hat. Sie können kaum über mehr als die gröbsten Hauptzüge Aufschluß geben. Wenn z. B. die Zahlen für Fichte mit dem Alter fallen, für Kiefer steigen und für Buche konstant sind, so darf man keineswegs annehmen, daß dies als Ausdruck einer wirklichen Gesetzmäßigkeit zu betrachten ist.

Ferner ist zu bemerken, daß nicht ganz klar erkennbar ist[1]), wie große Reisermengen in der Streu enthalten sind. EBERMAYER scheint dem Astabfall überhaupt keine größere Bedeutung beizulegen (S. 34 u. f.).

Die Schwankungen der ermittelten Zahlen erklärt er (ohne Beweis) als die Folge von Unterschieden an Niederschlägen, Bodenfeuchtigkeit, Kronenentwicklung usw. Reichliche Feuchtigkeit und große voll entwickelte Kronen geben nach seiner Ansicht eine große Laubmenge je ha (S. 36).

Interessant ist seine Angabe, daß die Blattgröße der Buche mit der Höhe über dem Meeresspiegel abnimmt, und zwar gleichmäßig schwankend von der Gegend bei Aschaffenburg (133 m ü. d. M.) mit 3,414 m^2 für 1000 Blätter bis an die Buchengrenze (1350 m ü. d. M.) mit 0,910 m^2 für 1000 Blätter. Zugleich erwähnt er, daß Streunutzung die Blattgröße eines

---

[1]) Nach DANCKELMANN (1887, S. 463) scheint vor den Untersuchungen eine recht gründliche Reinigung der Flächen von Moos usw. stattgefunden zu haben, wie auch der neue Streuabfall zusammengefegt und von beigemengter Erde gereinigt wurde. Dies hindert ja aber nicht das Vorhandensein von Reisig.

Bestandes vermindern kann, und führt als Beispiel (S. 38) zwei bestimmte Buchenbestände an. In dem einen fiel die Fläche von 1000 Blättern nach 5 Jahren Streunutzung von 2,530 m^2 auf 1,590 m^2; in dem andern nach 12 Jahren Streunutzung von 2,344 m^2 auf 1,450 m^2. Ein derartig rascher und großer Rückgang der Blattgröße ist jedoch recht unwahrscheinlich. (Vergl. auch KRUTZSCH's Untersuchungen (s. oben) über die Einwirkung der Streunutzung auf den Zuwachs, sowie DANCKELMANN's Untersuchungen über Streunutzung bei verschiedener Bonität, s. unten). Vielleicht mögen dann auch die oben erwähnten Angaben über den Einfluß der Meereshöhe auf die Blattgröße etwas zweifelhaft sein; jedenfalls stimmen sie mit meinen eigenen Beobachtungen über den Einfluß der Bonität nicht überein.

EBERMAYER's Arbeit enthält im übrigen eine Reihe wertvoller Analysen des Inhalts der Streu an anorganischen Nährstoffen. Mittels dieser Analysen und der von andern Forschern vorgenommenen Analysen von Buchenholz u. a. hat er seine bekannten Berechnungen über den Verbrauch des Waldes im Vergleich mit landwirtschaftlichen Erträgen u. dgl. sowie über die ernährungsmäßige Bedeutung der Streunutzung für den Wald aufgestellt.

SCHÜTZE (1879) hat den monatlichen Nadelfall bei Fichten untersucht und für Juni-Juli sowie (hauptsächlich) September-Oktober ausgesprochene Kulminationen gefunden, während im übrigen der Nadelfall in keinem Monat völlig aufhört.

Als Ergebnis einiger im Lehrrevier Eberswalde in den Jahren 1863 und 1864 nach Vorschrift des preußischen Finanzministeriums eingeleiteter Versuche hat DANCKELMANN (1887) einige Ertragstafeln für die Streunutzung im Kiefern-, Buchen- und Fichtenwald mitgeteilt. Die Tafeln geben den Ertrag durch Nutzung in jedem Jahre oder alle zwei, vier und sechs Jahre an. Selbstverständlich ist der Jahresertrag bei alljährlicher Nutzung am größten. Hier stellen sich die Zahlen wie folgt:

Jahresertrag an lufttrockner Streu in hektokg je ha bei jährlicher Nutzung						
Alter	Kiefer		Buche		Fichte	
	Bonität	Ertrag	Bonität	Ertrag	Bonität	Ertrag
21— 40		33		35		31
41— 60		32		42		37
61— 80	I—III	32	I—III	46	I—IV	38
81—100		31		50		36
über 100		30		45		34
21— 40		24				
41— 60		23		35		
61— 80	IV—V	22	IV—V	39		
81—100		20		42		
über 100		19				

Als Grundlage für diese Zahlen dienen 22 Bestände von Kiefer, 40 von Buche (wovon 23 aus EBERMAYER's bayrischem Material, 1876) und 33 von Fichte (wovon 27 aus EBERMAYER's Material).

Aus den Einzelzahlen geht hervor, daß der Streuertrag desselben Bestandes außerordentlich schwankt, nach DANCKELMANN teils wegen der Witterungsverhältnisse, teils wegen des Verhältnisses des Einsammlungszeitpunktes zum Zeitpunkt des stärksten Nadelfalls, teils wegen Unregelmäßigkeiten im Arbeitsgang. Bei der Erwähnung der Kiefern-Untersuchungen sei hervorgehoben, daß die Streu in diesen (im Gegensatz zu den von EBERMAYER 1876 mitgeteilten Untersuchungen bei der Kiefer) nicht nur Nadeln und Moos mit Beimischung von Gras, Heidekraut usw. umfaßt, sondern auch zwischen 13 und 27 Gewichtsprozent Sand und Erde sowie zwischen 20 und 41 Gewichtsprozent Holzteile.

Was dagegen Buche und Fichte betrifft, so sind die preußischen und bayrischen Verfahrensweisen beim Einsammeln im wesentlichen dieselben, weshalb DANCKELMANN das verhältnismäßig kleine preußische Material mittels EBERMAYER's Zahlen ergänzt hat (s. oben).

Es wird angegeben, daß im Fichtenwalde ein großer Teil der Streu aus Moos besteht, während die Streu des Buchenwaldes scheinbar einigermaßen von Beimischung anderer Vegetation frei ist (aber doch außer Blättern auch Reisig enthält).

Wie aus der Tafel zu ersehen ist, ist der Streuertrag anscheinend etwas größer für gute als für schlechte Bonität. Am auffallendsten ist dies bei der Kiefer, erheblich weniger bei der Buche, und für Fichte wird im Text erklärt, daß kein deutlicher Ertragsunterschied nach Bonität festzustellen war. Wenn man die große und bei höherer Bonität wahrscheinlich größte Beimischung von Holzteilen, u. dgl. besonders bei der Kiefer in Betracht zieht, so bleibt der Durchschnittsunterschied nicht sehr bedeutend.

Eine Abhängigkeit vom Alter ist nicht deutlich zu erkennen, wenn auch eine Tendenz zur Kulmination des Streufalles gleichzeitig mit dem Zuwachs vorhanden ist.

Ebermayer hat (1882) Anzahl und Größe der Blätter in Eichen- und Buchenbeständen untersucht, wodurch er u. a. eine Blattfläche von 7,51 ha je ha für einen 22—66jährigen stark wachsenden Buchenbestand, von 9,45 je ha für einen stark wachsenden 14—34jährigen durchforsteten Buchenbestand und von 6,5 je ha für einen 39—74jährigen durchforsteten kräftigen Eichenbestand gefunden hat. Die Zahlen sind mittels stammklassenweise ausgewählter Probebäume auf ganz kleinen Probeflächen (3—4 ar) gefunden worden. Die Größe und Dicke der Blätter der verschiedenen Stammklassen sind ebenfalls angegeben. (Nach meinen Messungen scheinen die Zahlen unwahrscheinlich hoch).

In der ersten Ausgabe von Lorey's Handbuch der Forstwissenschaft (1888) hat R. Weber den Gedanken geäußert, daß die verschiedenen Baumarten an den für sie geeigneten Standorten unter übrigens gleichen Verhältnissen ungefähr dieselbe durchschnittliche jährliche Gewichtsmenge Trockenstoff produzieren. (Es wird hier an die forstliche Zuwachsleistung gedacht). Die großen Unterschiede des Kubikmeter-Ertrages der einzelnen Baumarten an demselben Standort wären dann hauptsächlich auf Unterschiede des spezifischen Gewichts der einzelnen Holzarten zurückzuführen. Er gründet seine Äußerung auf einen Vergleich der wichtigsten Ertragstafeln, wo mittels des spezifischen Gewichts die Zuwachszahlen auf Trockengewicht umgerechnet sind.

R. HARTIG (1888) sagt über diesen Gedanken, daß er zwar richtig sei, wenn man z. B. Buche erster Ertragsklasse mit Fichte erster Ertragsklasse nach deutschen Ertragstafeln vergleicht, doch gelte er nicht, wenn man so weit geht anzunehmen, daß die beiden Baumarten auf demselben Boden dieselbe Menge an Trockenstoff produzieren. Zur Beleuchtung dieser Behauptung führt er Zahlen aus einem 61jährigen Buchenbestand und einem 51jährigen Fichtenbestand an, die unmittelbar nebeneinander und zweifellos auf demselben Boden wachsen, und zwar auf frischem, humusreichem Lehmboden mit Kalkgeröll-Unterlage.

Mittels gewöhnlicher Holzmessung und gefällter Probebäume stellt er fest, daß die durchschnittliche Jahresproduktion der Fichte sich zu der der Buche folgendermaßen verhält:

Volumenproduktion	2,78 : 1
Trockenstoffproduktion	1,8 : 1
Rohaschenproduktion	1,28 : 1

Es ist jedoch zu bemerken, daß die Jahresproduktion mittels Division der vorhandenen Masse durch das Bestandesalter gefunden ist, so daß von dem etwaigen Durchforstungsertrag abgesehen wurde.

Die hier erwähnten Gedanken sind bei mehreren späteren Gelegenheiten berührt worden, ohne jedoch völlig aufgeklärt zu werden.

U. a. hat sie BURGER (1925) vor schweizerischen Kollegen erörtert.

R. HARTIG (1896) hat 1894 das Totalgewicht der benadelten Zweige und Äste der Fichte zu dem Zuwachs an Stammasse in Verhältnis gesetzt und dieses Verhältnis als Ausdruck der Assimilationsenergie der Benadelung benutzt. Er fand für 5 Bäume in einem 52jährigen, 27 m hohen Fichtenbestand bei Würzburg folgende Zahlen:

	Höhe m	Kronenlänge	Wachstumsleistung in Litern je kg Reisig, Frischgewicht
Stammklasse I	30,0	11,7	0,500
» II	28,0	10,0	0,586
» III ...	25,5	7,5	0,495
» IV ...	24,7	6,7	0,512
» V	20,0	3,0	0,099

Also eine Kulmination bei Stammklasse II.

In einem etwa 22jährigen, etwa 10 m hohen geschlossenen Fichtenbestand bei München fand HARTIG für einen Baum eine Produktion von 0,285 Liter je kg, und für einen benachbarten, ganz freistehenden 25 jährigen und 8 m hohen Baum nur 0,187 kg. An einem ebenfalls benachbarten, freistehenden 22jährigen und 10 m hohen Baum, der 7 Jahre früher, als er 5,5 m hoch war, bis auf 2 m Höhe aufgeastet war, wurden 0,200 Liter je kg gefunden. HARTIG folgert, daß die Produktion nur bis zu einem gewissen Grad mit der Laubmenge proportional ist.

BERTOG (1895) hat Nadel- und Zuwachsuntersuchungen nach HARTIG's Vorbild angestellt und für 120jährige Fichte bei München folgende Zahlen gefunden:

Stammkl.	I	Höhe	33,6 m	produziert	0,26	Liter	Holz	je kg	Reisig
»	II	»	31,7 m	»	0,24	»	»	»	»
»	III	»	29,8 m	»	0,20	»	»	»	»
»	IV	»	27,5 m	»	0,19	»	»	»	»

Sowohl HARTIG's als BERTOG's Zahlen scheinen die niedrigste Produktion je kg Reisig für die kleinsten Bäume des Bestandes aufzuweisen. Dagegen scheint eine besonders freie Stellung nicht immer ein Produktionsmaximum je kg Reisig zu ergeben.

HARTIG ist nicht der Ansicht, daß seine und BERTOG's Zahlen auch Aufschluß darüber geben können, ob die Benadelung eines jungen Baumes je kg mehr oder weniger Zuwachs als die eines älteren Baumes leisten kann. Daß aber ein nahrungsreicher Boden doppelt so viel wie ein wenig kräftiger Boden mit derselben Nadelmenge produzieren kann, hält er für erwiesen, da sowohl alte als auch ganz junge Fichte auf geringerem Boden bei München eine niedrigere Produktion je kg Reisig aufweist als die 52jährige Fichte auf gutem Boden bei Würzburg.

HARTIG war sich indessen bei der Abfassung dieser Äußerung kaum darüber im klaren, daß der Massenzuwachs in dem mittleren Alter kulminiert und daß diese Tatsache seinen Beweis unzulänglich machen dürfte, (obwohl er Recht hat).

N. J. C. MÜLLER hat (1898) Respirationsuntersuchungen an 1—2jährigen abgeschnittenen Ästen angestellt, nach denen der

jährliche Respirationsverlust für Eiche und Buche etwa 50 % des Trockenstoffinhaltes sein soll, und SCHMIDT (1903) hat, ebenfalls an 1—2jährigen Ästen, bei *Fraxinus ornus* eine etwa 40 % des Trockenstoffinhaltes entsprechende Respiration gefunden.

SIMON (1906) hat die Respirationsintensität bei 4—7jährigen (zerschnittenen) Ästen zu verschiedenen Zeiten des Jahres untersucht. Aus seinen Zahlen hat BOYSEN JENSEN (1921) den jährlichen Trockenverlust für Buche auf 16 % und für Eiche auf 19 % des Trockenstoffinhaltes berechnet, meint aber, daß diese Zahlen wegen Wundreizung etwas zu hoch seien.

Ferner hat BOYSEN JENSEN (1910) einige Respirationsbestimmungen an Stämmen von jungen Bäumen angestellt, durch die ein jährlicher Trockenstoffverlust von 19 % für Buche, 21 % für Ahorn und 20 % für Esche gefunden wurde. Er sieht jedoch selbst (1921, Seite 521) die Zahlen als zu hoch an.

RAMANN hat (1911) das Ergebnis einiger Blattgewicht- und Blattflächenuntersuchungen mitgeteilt, die 1891—92 an 10 Bäumen in 3 Buchenbeständen von je 14,5 m, 13,0 m und 5,0 m Höhe angestellt wurden. In jedem Bestand waren Bäume ausgewählt worden, die zwischen herrschenden und unterdrückten wechselten, und es ergab sich dann, daß der prozentuale Anteil der Blätter am Totalgewicht des Baumes in der Regel von herrschendem zu unterdrücktem Baum fallend war, sowie daß selbstverständlich die unterdrückten Bäume das niedrigste Blattgewicht und die kleinste Blattfläche hatten. Zahlen je ha können aus dem Material nicht abgeleitet werden.

KNUCHEL (1914) hat einige von ENGLER 1908 gefundene Zahlen für Blatt- und Nadeloberflächen veröffentlicht. Die vergleichende Untersuchung einer 96jährigen Buche aus Durchforstungsversuchen in gewöhnlichem Hochwald, von drei etwa 156jährigen Edeltannen und von vier 48—135jährigen Fichten im Plenterwald sowie von drei 55jährigen Fichten in gewöhnlichem Hochwald ergab u. a., daß je m^2 Wuchsraum die Buche 15,6 m^2 Blattoberfläche (Ober- plus Unterseite), die 55jährigen Fichten 12 m^2 Nadeloberfläche hatten.

Für den Plenterwald wurde die wahrscheinliche Lauboberfläche für gleich starke Stämme derselben Baumklasse beinahe doppelt so groß für Tanne wie für Fichte befunden, während die Buche eine Mittelstellung einnahm.

Wegen der Verfahrensweise (Untersuchung von Einzelbäumen) können die verschiedenen erwähnten Zahlen je m^2 nur die Größenordnung zeigen.

NORDFORS (1923) fand in einem Birkenbestand mit etwa 18 % der Masse beigemischter Fichte eine Laubmenge (Birke) von 154 g je m^2. Es handelte sich um einen 50—70jährigen, etwa 10 m hohen Birkenwald bei Storvattnet in Jämtland in Schweden (340 m ü. d. M.). Die Bestimmung der Laubmenge erfolgte im Juli 1922 durch Abpflücken des Laubs von nur wenigen einzelnen Bäumen.

D. MÜLLER (1924) hat im Zusammenhang mit Studien über die traumatische Anreizung der Respiration in 5—12jährigen Ästen von *Picea abies* (L) Karst, *Fagus silvatica L* und *Fraxinus excelsior L* auch Kurven für die Respiration während des Jahres festgelegt, die eine weit stärkere Respiration im Sommer als im Winter aufweisen, und auf Grund deren er den Trockenstoffverlust im Verlauf des ganzen Jahres berechnet hat, der (ausgedrückt in Prozenten des ganzen Trockenstoffes) der folgende war: Fichte 11,3 % Buche 8,4 % und Esche 19,2 %.

AMILON (1925) hat Untersuchungen über Nadelmenge und Stammzuwachs an mittelschwedischen Kiefern angestellt. Das Material bestand aus zwei 6jährigen Pflanzen einer regelmäßigen Kultur, sowie vier Bäumen verschiedener Stammklassen (B unterdrückt, C schwach mitherrschend, D mitherrschend und E vorherrschend) aus einem 33jährigen bzw. 98jährigen Bestand. Alle drei Standorte hatten dieselbe Wachstumsbonität. Zur Bestimmung der Nadeloberfläche bildet AMILON Formelausdrücke, von denen der am weitesten vereinfachte und angeblich hinreichend genaue folgender ist:

$$y = 2{,}293 \cdot l \cdot b \div 3{,}190,$$

wobei y die Oberfläche, l die Nadellänge und b die größte Nadelbreite in mm ist.

Er findet u. a. folgendes:

Alter	Stammklasse	Zuwachs an cm³ je Einheit Nadelmasse gemessen in	
		Trockengewicht g	Oberfläche m²
33	B	1,41	111,8
	C	1,55	120,3
	D	1,68	123,5
	E	1,66	129,6
98	B	0,59	42,4
	C	0,70	51,1
	D	1,08	85,2
	E	1,09	82,4

Diese Zahlen zeigen nicht die von HARTIG (1896) gefundene erkennbare Kulmination bei den mitherrschenden Bäumen. Übrigens zeigen sie, daß die Nadeln im älteren Walde am schlechtesten produzieren.

Endlich hat AMILON seine Zahlen auf ha umgerechnet, indem er die Bäume des Bestandes schätzungsweise nach den Probebäumen als Muster klassifizierte und dann Nadelmengen und Zuwachs mit den gefundenen Stammzahlen multiplizierte. Die Methode ist selbstverständlich nicht besonders sicher und ergibt hinsichtlich des Verhältnisses zwischen Nadelmengen und Zuwachs nichts Neues. Es ergaben sich je ha in dem 33jährigen Bestand 3964 kg Trockengewicht Nadeln mit 5,19 ha Oberfläche und in dem 98 jährigen Bestand 5844 kg mit 7,72 ha. Die Bäume der Klassen D und E machten in dem 33jährigen Bestand 42 bzw. 41% aus, in dem 98jährigen 33 bzw. 40%.

BURGER (1925—42) hat eine Reihe von umfassenden Untersuchungen über das Verhältnis von Laub- und Nadelmenge zur Holzmasse und zum Zuwachs bei verschiedenen Baumarten angestellt.

Die benutzte Methode war folgende:

Gleichzeitig mit einer nach einem sehr sorgfältigen System erfolgten Entnahme von über den ganzen Baum verteilten Holzproben von Stamm und Ästen wurde eine bestimmte Gewichtsmenge Nadeln oder Blätter abgepflückt. Hierzu wurden

so weit möglich Äste von allen Kronenteilen genommen. Für Fichte und Tanne begnügte man sich gewöhnlich mit 100—200 g je Baum, für Kiefer und Laubbäume wurden gewöhnlich 500—1000 g gepflückt, alles in Frischgewicht. Darauf wurden alle benadelten oder belaubten Kleinzweige von den größeren Ästen abgeschnitten, in Säcke gestopft und das Frischgewicht sofort bestimmt. Das Gewicht der unbelaubten Äste wurde ebenfalls bestimmt und eine Probe zur näheren Untersuchung mitgebracht.

Im Laboratorium wurde das absolute Trockengewicht durch Trocknen bei 105° zu konstantem Gewicht festgestellt.

Hierdurch fielen bei Lärche und Fichte alle Nadeln ab und konnten für sich gewogen werden. Aber bei Tanne, Kiefer, Douglasfichte und allen Laubhölzern mußte so gut wie die ganze Blattmasse tatsächlich Blatt für Blatt von den Zweigen abgenommen werden.

Über die Bestimmung der Blatt- und Nadeloberflächen werden nur wenige Auskünfte erteilt. Die Oberfläche der Blätter wurde anscheinend durch Abzeichnen auf Papier mit darauffolgendem Ausschneiden und Wiegen bestimmt, dagegen wird angegeben, daß man sich zur Bestimmung der Nadeloberfläche teilweise eines Mikroskops bedienen mußte. Zur Bestimmung der Zahlen je ha wurde in der Regel das Resultat von nur ein paar Probebäumen benutzt, weshalb diesen Zahlen keine große Sicherheit beizumessen ist.

Für die einzelnen Baumarten usw. ergaben sich u. a. folgende Resultate, die hier hauptsächlich nach den eigenen Zusammenfassungen des Verfassers, aber gekürzt wiedergegeben werden, indem u. a. von den angeführten Zahlen für Wassergehalt, Raumgewicht, Schwindmaß, Kernmenge usw. des Holzes abgesehen wird:

Weymouthskiefer (1929). Es wurden 8 verschiedene Standorte 435—920 m ü. d. M., aber mit geringen Bodenvariationen untersucht. Das Alter schwankte zwischen 21 und 70 Jahren. An jedem Standort wurden 3 Bäume untersucht.

Die Oberfläche der Nadeln war 7—11 m^2 je kg Frischgewicht. Der Wassergehalt der Nadeln in Prozenten des Trockengewichts schwankte unregelmäßig zwischen 122 und 186, durchschnittlich 148. Die Nadelzahl schwankte zwischen 50.000—120.000 je kg Frischgewicht.

Zahlen je ha können selbstverständlich aus 3 Bäumen nur sehr annähernd berechnet werden. BURGER gibt an: 21 Jahre — 143.800 m², 53 Jahre — 116.800 m², 70 Jahre — 158.800 m² Nadeloberfläche je ha.

Um 1 m³ Holz (> 7 cm Durchmesser) jährlich zu produzieren, waren 600—1500 kg frische Nadeln nötig. Zur Erzeugung von 100 kg Holztrockengewicht (> 7 cm) jährlich waren 90—140 kg Nadeltrockengewicht nötig. Es besteht eine Tendenz zur Steigerung der nötigen Nadelmenge mit steigendem Alter.

Durch Anlegung einer graphischen Darstellung (l. c. Fig. 4) von allen 24 Probebäumen mit kg Nadeln je Baum als Abszisse und kg Zuwachs je Baum als Ordinate meint BURGER feststellen zu können, daß »der Zuwachs relativ kleiner wird, je mehr das Gewicht der Nadeln pro Baum zunimmt; d. h. also, je dichter ein Baum benadelt ist, um so weniger intensiv arbeitet die einzelne Nadel«.

Diese Folgerung ist jedoch kaum zulässig. Der Einfluß der Benadelungsdichte ist in Fig. 4 nicht von dem sicher weit größeren Einfluß des Alters auf den Zuwachs getrennt.

Innerhalb der einzelnen Bestände ist die behauptete Tendenz daher nicht klar, wie dies auch aus Taf. 13 (und aus Taf. 15 in der Abhandlung über die Douglasfichte 1935) hervorgeht.

Douglasfichte (1935). Das Material bestand aus 22 Probebäumen in 6 Beständen an 4 verschiedenen Standorten mit Altern von 20 bis 45 Jahren.

Die Oberfläche der Nadeln war 5,5—8,0 m² je kg Frischgewicht. Der Wassergehalt der Nadeln in % des Trockengewichtes schwankte von 118 bis 182, durchschnittlich etwa 150 %. Die Nadelzahl schwankte von 100.000 bis 200.000 Stück je kg Frischgewicht.

Je ha ergaben sich (mit ähnlichem Vorbehalt wie für die Weymouthskiefer) bei 20 Jahren: 184.000 m², bei 36 Jahren: 252.000 m², bei 41 Jahren: 271.000 m² Nadeloberfläche.

Um 1 m³ Holz (> 7 cm Durchmesser) jährlich zu produzieren, waren rund 1300 kg frische Nadeln nötig. Zur Erzeugung von 100 kg Holztrockengewicht (> 7 cm) waren durchschnittlich 105 kg Nadeltrockengewicht nötig. Hier scheint das Alter keinen deutlichen Einfluß auf das Verhältnis der Nadelmenge zum Zuwachs zu haben.

Kiefer und Fichte verschiedener Provenienz (1937). Die Untersuchung umfaßte ausgewählte Probebäume von jüngeren Fichten und jüngeren Kiefern desselben Alters, aber verschiedener Provenienz (süddeutsche und norwegische Kiefer, schweizerische Fichte aus 550 m, 670 m, 1000 m, 1600 m und 1900 m ü. d. M., alle bei Zürich angebaut).

Es ergab sich, daß Nadeln von norwegischer Kiefer bei Zürich weniger intensiv als Nadeln von süddeutscher Kiefer arbeiteten. Nach einer Durchforstung des Bestandes erzeugte dieselbe Nadelmenge größeren Zuwachs als zuvor (bessere Beleuchtung).

Fichte aus 1900 m ü. d. M. — aus dem Engadin — mit Baumhöhe 5,2 m gebrauchte bei Zürich zur Produktion von 1 m^3 Stammasse in 25jährigem Alter 4—5000 kg Nadeln (Frischgewicht) gegen 2500—2700 kg für Fichte aus Winterthur (550 m ü. d. M. Baumhöhe 8,4 m). Der Verfasser bemerkt, daß bei diesen jungen Bäumen das Verhältnis der Nadelmenge zum Zuwachs noch von der relativ großen Astmenge ungünstig beeinflußt ist. Vergleichend führt er einen 53jährigen Fichtenbestand bei Olten an, wo zu einer Produktion von 1 m^3 Stammasse nur 1500—2000 kg Nadeln nötig waren. (Er erwähnt nicht den etwaigen Einfluß der Bonität und des Alters auf den Zuwachs). Das Frischgewicht für Nadeln aus Winterthur ist 2—3 mal so groß wie bei Nadeln von Bäumen, die aus dem Engadin stammen, aber am selben Ort wachsen.

Die Arbeitsintensität der Nadeln (kg frische Nadeln je m^3 Zuwachs) stellt sich in demselben Bestand am ungünstigsten bei unterdrückten Bäumen (2300 kg), am günstigsten bei mitherrschenden Bäumen (15-1600 kg) und wieder etwas ungünstiger bei ausgesprochen herrschenden Bäumen (1700 kg) (vergl. Hartig 1896).

Das Verhältnis der Nadelmenge zum Zuwachs ist wesentlich günstiger bei der Kiefer als bei der Fichte. Bei der süddeutschen Kiefer produziert 1 kg trockene Nadeln 1,4 kg Trockenstoffzuwachs pro Jahr gegen nur 0,37 für beste Fichte (aus Winterthur). Dieses Verhältnis bringt Burger damit in Zusammenhang, daß die Kiefer nur 2—3 Jahrgänge Nadeln, die Fichte aber 6—7 hatte.

Der Kronenaufbau gleichaltriger Nadelholzbestände (1939). In einem 35jährigen Fichtenbestand (gepflanzt) wurde

mittels 68 Probebäumen der Aufbau des Bestandes untersucht. Die Stammzahl je ha war 3148. Die kleinsten Bäume waren mit 6 m Höhe dreimal kleiner als die größten mit etwa 18 m.

Die Nadeloberfläche war 192.000 m² je ha, und das Nadelfrischgewicht 34.500 kg, davon 15.500 kg Trockengewicht. Durchschnittlich wurden 4900 kg Nadeln (Frischgewicht) je ha jährlich produziert (gefunden mittels Division durch die Anzahl der Jahrgänge lebender Nadeln).

Die Sonnennadeln waren ein wenig länger (um etwa 5 %) als die Schattennadeln, hingegen war die Oberfläche je kg Frischgewicht bei den letzteren ein wenig größer (um etwa 5 %).

In einem teils durch natürliche Samung, teils durch Kultur entstandenen Fichten-Tannenbestand von etwa 40 Jahren wurde der Aufbau an Hand von 55 Fichten- und 26 Tannenprobebäumen untersucht. Die Stammzahl je ha war 1756 (also verhältnismäßig kleiner als im vorigen Bestand); hiervon 71 % Fichte. 81 % der Fichten gehörten zu dem herrschenden Bestand, von den Edeltannen nur 58 %.

Die Höhe der größten Bäume war etwa 21 m, d. h. etwa das doppelte von der der kleinsten Bäume. Das Reisig (unter 7 cm) betrug etwa 20 % der Totalmasse.

Die Nadeloberfläche je ha war 219.600 m², und das Nadelfrischgewicht 38.000 kg, davon 80 % Fichtennadeln. Das Nadeltrockengewicht war 17.150 kg je ha.

Burger hat durch einen Überschlag die Wasserverbrauchszahlen für die beiden Bestände berechnet, wobei er davon ausging, daß nach v. Höhnel (1879) die Jahrestranspiration für Fichte 165 kg Wasser je kg Nadel-Trockengewicht und für Tanne 83 kg beträgt. Er findet für die 35jährige Fichte 2561 t jährlich je ha und für den 40jährigen Fichten-Tannenbestand 2540 t je ha, was einer Niederschlagmenge von etwa 255 mm entspricht.

Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebreifen Fichtenbeständen (1939). Von den beiden Beständen war der eine 98jährig, 34 m hoch, sehr dicht geschlossen mit 712 Stämmen je ha, und der andre 132jährig, ebenfalls 34 m hoch und sehr hell mit nur 112 Stämmen je ha.

Unter den Ergebnissen sind besonders die folgenden von Interesse:

Das für die Produktion von 1 m³ Derbholz (> 7 cm) er-

forderliche Nadelfrischgewicht war in dem dicht geschlossenen Bestand bei den unterdrückten Bäumen am größten und nahm gegen die herrschenden Bäume ab. In dem sehr hellen Bestand dagegen arbeiteten die Nadeln am besten bei den Bäumen der mittleren Stammklassen. Dies Resultat kann anscheinend sowohl mit HARTIG's (1896) und BURGER's eigenen früheren Resultaten (1937) als auch mit den Resultaten von BERTOG (1895) und AMILON (1925) in Einklang gebracht werden.

Je ha wurden in dem 98jährigen, dicht geschlossenen Bestand gefunden: 9156 m^2 Schirmfläche, 30000 kg frische Nadeln mit 165000 m^2 Oberfläche, sowie ein Zuwachs von 13,9 m^3 Derbholz, und in dem 132jährigen, sehr hellen Bestand 5100 m^2 Schirmfläche, 14700 kg Nadeln mit 80800 m^2 Oberfläche, sowie ein jährlicher Zuwachs von 8,4 m^3 Derbholz. Die Nadeln im hellen Bestand arbeiten also viel besser als die im dicht geschlossenen Bestand, besonders wenn man die bessere Bonität des letzteren in Betracht zieht.

Nähere Angaben über das Zustandekommen der Zahlen werden nicht gemacht.

Ein 80jähriger Buchenbestand (1940). In einem 80jährigen Buchenbestand, den man seit 50 Jahren als Probefläche beobachtet hatte, wurden der Kronenraum der einzelnen Bäume (und damit auch des Bestandes), die Schirmfläche, die Reisigmenge ($<$ 7 cm) und der Zuwachs bestimmt. Schon früher waren von der forstwissenschaftlichen Versuchsanstalt an zahlreichen Buchen verschiedenen Alters die Reisigmenge und das Verhältnis zwischen dem Reisiggewicht und dem Blattgewicht bestimmt worden, so daß eine vorläufige Kurve für das Blattgewichtsprozent angelegt werden konnte.

Schließlich wurde an 4 Probebäumen das Verhältnis zwischen Holzmasse und Zuwachs so allseitig wie möglich untersucht.

Folgende Ergebnisse wurden mitgeteilt:

Die Reisigmenge je ha ergab (als Resultat von vielen Probeflächen der forstwissenschaftlichen Versuchsanstalt) vom 40. bis zum 120. Jahr und von der 1. bis zur 5. Bonität nur verhältnismäßig geringe Schwankungen (1940 Fig. 1, S. 311).

Die Höhe des 80jährigen Bestandes war 27,4 m (also dänische Bonität 1,3) und der Durchmesser 27,2 cm, also nach dänischen Begriffen ein sehr schwacher Grad der Durchforstung. Der Grundflächenzuwachs je ha war 0,65 m^2 und der Massen-

zuwachs (> 7 cm) 9,8 m^2. Die Totalmasse war vor der Durchforstung 517 m^3, und die Derbholzmasse 452 m^3.

Der Wassergehalt der Blätter betrug für die vier Probebäume 62 % des Frischgewichtes, Die Blattoberfläche (doppelt) je kg Frischgewicht etwa 20 m^2 (gegen etwa 5,8 m^2 für Fichte), und 1 kg Blatt-Trockengewicht erzeugte etwa 1,8 kg Holztrockenstoff > 7 cm Durchmesser. Für 1 m^3 Zuwachs wurden etwa 15500 m^2 Blattoberfläche benötigt.

Je ha war die Blattoberfläche (doppelt) 158.200 m^2, das Blatt-Frischgewicht 7910 kg und das Blatt-Trockengewicht reichlich 3000 kg.

Die Transpiration ließ sich mit Hilfe der v. HÖHNELSCHEN Transpirationszahl auf 250 mm einschätzen, eine Größe, die ungefähr der Transpiration der Fichte entspricht (BURGER 1939).

Fichte und Kiefer verschiedener Provenienz an verschiedenen Kulturorten (1941). An 40jährigen Kulturen mit *Fichte* aus Winterthur (500 m ü. d. M.) und aus dem Engadin (1850 m ü. d. M.), die teils in Solothurn (470 m ü. d. M.) und teils in Bergün (1600 m ü. d. M.) angelegt waren, wurden das Verhältnis zwischen Nadelmenge und Zuwachs, sowie die Eigenschaften des produzierten Holzes untersucht.

In Solothurn (470 m ü. d. M.) standen die Fichten aus dem Engadin an Produktion deutlich hinter denen aus Winterthur zurück, während beide Provenienzen in Bergün (etwa 1600 m ü. d. M.) gleich standen, aber auf einem niedrigeren Produktionsniveau. Es erzeugte 1 kg Nadeltrockengewicht in Solothurn bei Fichte aus Winterthur 0,44 kg jährlichen Zuwachs an Stammtrockenstoff, bei Fichte aus dem Engadin 0,39 kg, bei beiden Provenienzen in Bergün 0,30 kg.

Die Anzahl der benadelten Jahrestriebe war in Solothurn $6\,^1/_2$ bzw. 6, in Bergün 11 bzw. 10. Die Oberfläche von 1 kg frischen Nadeln war in Solothurn $6^1/_2$ m^2 gegen nur $5^1/_2$ in Bergün. Die Nadeln in Bergün haben also mehr Sonnennadelcharakter.

Die kleinen Kulturflächen in den Provenienzversuchen erlaubten eigentlich keine Umrechnung der Zahlen auf ha. Um dennoch zu einer Vorstellung von der Größenordnung der Hektarzahlen zu kommen, wurden nichtsdestoweniger die Ergebnisse von den 4 Probebäumen für jede Provenienz und jeden Kulturstandort umgerechnet, und zwar mittels Stammzahlen aus solchen Ertragtafeln, denen die Höhe und der Durchmesser der Probebäume zu entsprechen schienen.

Es ergaben sich je ha in Solothurn für die Fichten aus Winterthur 280.000 m² Oberfläche, für die Fichten aus dem Engadin 240.000 m², während sich in Bergün für beide Provenienzen etwa 170.000 m² ergaben.

Mittels v. HÖHNEL's Transpirationszahlen wurde der jährliche Wasserbedarf je ha in Solothurn auf 330 mm für Fichte aus Winterthur festgestellt, auf 260 mm für Fichte aus dem Engadin, und in Bergün auf etwa 250 mm für beide Provenienzen.

An 60 Stück 32jährigen Kiefern verschiedener Provenienz in den Kulturorten Eglisau (410 m ü. d. M.), Magglingen (1070 m ü. d. M.) und Samaden (1920 m ü. d. M.) wurden ähnliche Untersuchungen angestellt.

In Eglisau waren 2, in Magglingen 3 und in Samaden 4 Jahrestriebe benadelt. Ebenso wie bei der Fichte trugen die Nadeln in der größten Höhe ü. d. M. am stärksten den Charakter von Sonnennadeln.

In Eglisau erzeugt 1 kg Nadeltrockengewicht etwa 1 kg Stammtrockenstoff, in Magglingen etwa 0,75 kg und in Samaden etwa 0,3 kg.

In Eglisau ergaben sich durch Umrechnung mittels SCHWAPPACH's Ertragstafeln, für 32jährige Bestände von mitteleuropäischer Kiefer 12000—13000 kg frische Nadeln je ha mit einer Oberfläche von 66000—73000 m². Diese Zahlen leiden jedoch an derselben Unsicherheit, wie dies bei den für Fichten erwähnten Zahlen der Fall war.

Mittels HÖHNEL's Transpirationszahlen wurde der Wasserverbrauch der Kiefer bei Eglisau als 50—55 mm jährlich ermittelt, also 5—6 mal kleiner als bei der Fichte.

Plenterwald (1938). Im Plenterwald[1]) bei Biglen gaben 6 Fichten-Probebäume folgende Resultate:

	Baumklasse					
	unterdrückt	beherrscht	mitherrsch.	mitherrsch.	herrsch.	herrsch.
Baumhöhe m	6,6	14,6	23,8	30,6	33,4	34,0
Durchmesser b. 1,3 cm	6,6	13,6	22,5	37,4	44,6	71,2
kg frische Nadeln je Baum	2,5	7,6	24,8	49,6	93,5	298,6
kg frische Nadeln je 1 m³ Zuwachs an Stammasse	6250	3170	1890	2010	2660	4530

[1]) d. h. Wald in geordnetem Femelbetrieb, wo alle möglichen Altersklassen und Baumhöhen auf kleinster Fläche zusammengedrängt sind und die Verjüngung des Waldes überall stattfindet (»der Wald verjüngt sich von innen«).

Man ersieht hieraus, daß der größte Zuwachs je Einheit Nadelgewicht — ebenso wie im gleichaltrigen, sehr hellen Hochwald — sich bei den mitherrschenden Bäumen findet, während sowohl unterdrückte wie große herrschende Bäume bedeutend zurückstehen (vergl. HARTIG 1896). BURGER gibt keine Erklärung für diese Erscheinung, doch ist es naheliegend, die Ursache in der verhältnismäßig größeren Respiration gerade bei unterdrückten Bäumen zu suchen, sowie ferner in der Tatsache, daß die mitherrschenden Bäume infolge ihrer geringeren Höhe transpirationsmäßig günstiger gestellt sind.

Für *einen Plenterwald mittlerer Standortsgüte* (Toppwald im Emmenthal) ergaben sich u. a. folgende Resultate (1942):

Es handelte sich um einen Bestand mit etwa 70 % Tanne, 20 % Fichte und 10 % Buche.

Das Reisigfrischgewicht war für Jungwuchs unter 15 cm Brusthöhe-Durchmesser 16000 kg je ha und für alle Bäume mit mehr als 15 cm Durchmesser 103000 kg.

Das Blattfrischgewicht war für dieselben zwei Klassen 3500 kg bezw. 29000 kg.

Frühere Untersuchungen der schweizerischen forstwissenschaftlichen Versuchsanstalt ergaben in gleichaltrigen Fichten- und Tannenbeständen auf guten Standorten Reisigfrischgewichte von 80000—95000 kg je ha mit 30000—38000 kg frischen Nadeln.

Das Reisiggewicht im Toppwald ist also unzweifelhaft größer als in gleichaltrigen Beständen. Das Gewicht der arbeitenden Blattmenge scheint dagegen nicht wesentlich verschieden zu sein.

Die Blattoberfläche im Plenterwald ist mit $3^1/_2$ plus $17^1/_2$, im ganzen 21 ha je ha ermittelt worden, während der gleichaltrige 42jährige Fichten-Tannenbestand, über den 1939 Zahlen veröffentlicht wurden, 22 ha Blattoberfläche je ha hatte.

Die öfters wiederholten Behauptungen, daß der Plenterwald eine größere Laubmenge und damit auch einen größeren Zuwachs habe als der gewöhnliche Hochwald, sind, wie BURGER hervorhebt, offenbar nicht richtig.

Über das Angeführte hinaus zieht BURGER bisher im wesentlichen keine besonderen Folgen aus seinen sehr zahlreichen und wertvollen Ergebnissen. Er hat nicht versucht, sie nach

den einzelnen beeinflussenden Faktoren (Bonität, Alter u. dgl.) zu ordnen, und es ist sehr schwierig oder unmöglich, auf Grund der Publikationen eine solche Ordnung vorzunehmen.

Der für den Zweck meiner Arbeit wichtigste Teil der Ergebnisse ist vermutlich folgender:

Zum Teil durch grob annähernde Methoden (Untersuchung von wenigen Einzelbäumen) ergab sich je m² Bestandesfläche ungefähr folgende Blatt- oder Nadeloberfläche in m² (m³-Zahlen in Klammern sind entsprechender jährlicher Zuwachs > 7 cm Durchm.):

Weymouthskiefer (1929): 21 Jahre 14,4, 53 Jahre 11,7, 70 Jahre 15,9, Mittel 14,0.

Douglasie (1935): 20 Jahre 18,4, 36 Jahre 25,2 (34 m³), 41 Jahre 27,1 (34 m³), Mittel 23,6.

Fichte (1939): 35 Jahre 19,2. } N. B. recht sicher
Fichte u. Tanne (1939): 40 Jahre 22,0. } bestimmt.

Buche: (1940): 80 Jahre 15,8 (Ober- + Unterseite). (9,8 m³).

Fichte, 40 Jahre alt, gepfl. 470 m ü. d. M. (1941):
1) herrühr. aus 500 m ü. d. M. 28,0
» » 1850 » » » » 24,0

Fichte, 40 Jahre alt, gepfl. 1600 m ü. d. M. (1941):
1) herrühr. aus 500 m ü. d. M. 17,0
» » 1850 » » » » 17,0

Kiefer (1941): 32 Jahre alt 6,6—7,3.

Fichte (1939): 98 Jahre alt, dicht geschlossen, 16,5, (13,9 m³) (9156 m² Schirmfläche)
Fichte (1939): 132 Jahre alt, sehr hell 8,1, (8,4 m³) (5100 m² Schirmfläche)
} recht sicher bestimmt.

Es sei bemerkt, daß es sich überall um Bestände hoher Bonität handelt (entsprechend Bon. 1—2 dänisch), ausgenommen Fichte 40 Jahre (1941) gepfl. 1600 m ü. d. M., wo Alter und Höhe etwa dänischer Bonität 4,5 entsprechen. Die Nadelmenge scheint von der Höhe ü. d. M. sehr stark, von der Herkunft dagegen verhältnismäßig wenig beein flußt zu sein. Nur in einer kleineren Anzahl von Fällen hat man den Zuwachs je ha mitteilen können, und die Zahlen geben keine sicheren Fingerzeige.

Eine entsprechende Aufstellung läßt sich leicht für Gewichtmengen von Nadeln oder Laub vornehmen, da nach Burger der Wassergehalt in Nadeln und Blättern ungefähr derselbe

ist (in Prozenten des absoluten Trockengewichts etwa: Weymouthskiefer 150, Douglasie 150, Fichte 120, Kiefer 160, Buche 160), während die Oberfläche je kg Trocken- oder Frischgewicht für Buche wesentlich größer ist als für Nadelbäume (etwa 20 m^2 je kg Frischgewicht für Buche gegen etwa 6 m^2 für Fichte, etwa 9 m^2 für Weymouthskiefer, etwa 7 m^2 für Douglasie und etwa $5^1/_2$ m^2 für Kiefer).

Das zur Erzeugung von 100 kg Holztrockengewicht (> 7 cm Durchm.) erforderliche Nadel- oder Blatttrockengewicht war nach BURGER etwa:

Weymouthskiefer	21 Jahre alt	117 kg	
(1929)	33	91	
	50	138	
	51	135	
	53	117	
	58	142	
	59	137	
	70	134	
Douglasie (1935)	20	98	
	24	96	
	36	104	
	41	110	
	42	102	
	45	102	
Mitteleurop. Kiefer (1937)	23—27	66	an demselben Ort in der Nähe von Zürich wachsend.
Norwegische Kiefer (1937)	23—27	95	
Schweiz. Fichte (1937) von 550 m. ü. d. M.	24	263	an demselben Ort in der Nähe von Zürich wachsend.
» 670 » »	24	294	
» 1000 » »	24	323	
» 1600 » »	24	400	
» 1900 » »	24	475	
» 550 » » (1941)	40	240	
Schweiz. Kiefer von 410 m ü. d. M. (1941)	32	87	
Schweiz. Buche (1940)	80	55	

Es sei bemerkt, daß die Wachstumsbonität auch in

dieser Aufstellung etwa dieselbe zu sein scheint, ausgenommen jedoch Fichte von 1000—1900 m ü. d. M.

Aus der Aufstellung ergibt sich u. a. die schon erwähnte Tatsache, daß die Nadeln an demselben Standort bei Fichten und Kiefern nordischer oder hochalpiner Provenienz wesentlich schlechter arbeiten als bei Fichten und Kiefern schweizerischer oder anderer mitteleuropäischer Tiefland-Provenienz. Zugleich ist auch die Baumhöhe und die Nadelgröße bedeutend kleiner.

Die Vermutung liegt nahe, daß wechselnde Wachstumsbonität für dieselbe Rasse wahrscheinlich ebenfalls eine Wirkung auf das Verhältnis Laubmenge/Zuwachs hat.

Auch das Alter innerhalb derselben Bonität scheint dieses Verhältnis zu beeinflussen (Weymouthskiefer). (Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß in der Aufstellung nur mit Zuwachs $>$ 7 cm Durchm. gerechnet ist).

Den mittels Höhnel's Angaben berechneten Wasserverbrauchszahlen je ha ist eine große Gültigkeit kaum beizulegen, weil die richtigen Respirationszahlen sicher von den Niederschlagszahlen stark abhängig sind und weil es, wie auch Burger erwähnt, unmöglich ist, mit Sicherheit Laboratorienergebnisse auf Bestände anzuwenden. Doch dürfte wohl die Tatsache des weit geringeren Wasserverbrauchs der Kiefer gegenüber dem der Fichte feststehen (Burger 1941, S. 41).

In den Mitteilungen der dänischen forstwissenschaftlichen Versuchsanstalt Bd. 9 (1927) haben P. Boysen Jensen und D. Müller, sowie daselbst Bd. 10 (1930) P. Boysen Jensen die Ergebnisse einiger »Untersuchungen über die Stoffproduktion in jüngeren Beständen von Esche und Buche« mitgeteilt.

Von der damals in forstwissenschaftlichen Kreisen geltenden Anschauung ausgehend (die auch durch Versuche bestätigt schien), daß eine angemessen starke Durchforstung zur Erhöhung der Holzproduktion beitrage, hatte Boysen Jensen früher den Gedanken geäußert, daß die Verminderung der Stammasse, die eine Folge der Durchforstung ist, wahrscheinlich ebenfalls eine Rolle für die Holzproduktion spielen müsse, weil dadurch ein harmonischeres Verhältnis zwischen der stoffproduzierenden Krone und dem stoffverbrauchenden Stamm

geschaffen wird, entweder in der Weise, daß durch starke (häufige) Durchforstung eine stärkere Assimilation stattfindet als durch schwache, oder daß wegen der kleineren Holzmasse der Verlust an Trockenstoff durch Respiration geringer ist, oder alles beides.

Zur näheren Beleuchtung dieser Frage wurden im Frühling 1923 im »Lille Bögeskov« des 2. Reviers von Sorö 4 Probeflächen angelegt, 2 in 22jähriger Buche (Höhe ca, 7,4 m) und 2 in 12jähriger Esche (Höhe ca. 6,3 m). Von diesen 4 Probeflächen sollte die eine Buchenprobefläche überhaupt nicht durchforstet werden und die eine Eschenprobefläche nur so weit, daß sie nicht in Gefahr kam, durch Schneedruck umgerissen zu werden. Die beiden anderen Probeflächen sollten dagegen »so stark durchforstet werden, daß man vermuten darf, in etwa 10 Jahren die größtmögliche Holzproduktion zu erzielen«. Auf jeder einzelnen Probefläche wurden die Bäume in drei Klassen eingeteilt, nämlich in 1) herrschende Bäume, 2) Bäume mittlerer Klasse und 3) beschattete Bäume. Als der Versuch begann, waren die Probeflächen noch nicht oder jedenfalls sehr schwach durchforstet. Die Größe der Probeflächen schwankte zwischen etwa 100 und etwa 500 m^2.

Durch die Versuche wurde für jede einzelne Baumklasse auf den verschiedenen Probeflächen zu ermitteln gesucht, teils wieviel organischer Trockenstoff durch die Kohlensäureassimilation je ha produziert werden würde, und teils wie diese Bruttoproduktion sich je auf Zuwachs, Blattverlust, Astverlust und Respirationsverlust verteilen würde (vergl. oben die Stoffproduktionsgleichung). Ferner sollte die Blattfläche bestimmt werden.

Die Anlage und Ausmessung der Probeflächen, hierunter auch die *Zuwachsbestimmung,* wurden von der forstwissenschaftlichen Versuchsanstalt in gewöhnlicher Weise ausgeführt, während der physiologische Teil der Untersuchung von den Verfassern in einem für diesen Zweck gebauten kleinen hölzernen Laboratoriumshäuschen im Walde ausgeführt wurde.

Die *Bruttoproduktion* kann nicht direkt bestimmt werden, sondern ist durch Addition gefunden worden, indem man den Zuwachs zu den verschiedenen Mengen des Trockenstoffverlustes hinzurechnete.

Diese wurden mittels Probebäumen ermittelt, die in den Beständen ausgewählt waren, welche die Probeflächen umgaben und gleich diesen durchforstet wurden.

Die Bestimmung der Blattfläche und des Trockenstoffverlustes durch den Blattverlust wurde mitten im Sommer zu der Zeit ausgeführt, wo die Blattfläche wahrscheinlich am größten ist. Bevor sämtliche Blätter des Baumes abgepflückt wurden, wurde eine Durchschnittsprobe genommen, welche aus Blättern von verschieden hohen Teilen der Krone bestand und dem Gesamtzustand derselben so gut wie möglich entsprach. Die Blattfläche der Probe wurde durch Abzeichnen auf Papier, Ausschneiden, Wiegen des Ausgeschnittenen usw. bestimmt. Außerdem wurde das nötige Wiegen und Trocknen vorgenommen.

Auf Grund der Blattfläche je kg Holztrockenstoff wurden die Umrechnungen auf ha vorgenommen. Für jede einzelne Baumklasse auf den 4 Probeflächen wurden jährlich 4 Blattanalysen ausgeführt (also 12 für jede Probefläche).

Der *Respirationsverlust* wurde mittels HALDANE's Luftanalysenapparats 4—5 mal in jedem Jahre zu verschiedenen Zeiten an 120 cm langen Stammstücken ausgeführt. Für die Abweichung der Versuchstemperatur von der Durchschnittstemperatur des Monats ist eine Korrektur erfolgt (1927 S. 229), nach der es möglich war, Kurven für den Verlauf des prozentualen Respirationsverlustes während der Vegetationsperiode anzulegen. Hieraus hat man den jährlichen Trockenstoffverlust je ha durch Respiration in dem Bestand berechnen können. Ein erheblicher traumatischer Stimulus ist nach den Verfassern nicht vorhanden.

Die *Grösse des Astverlustes* wurde als die Trockenstoffmenge der Zweige auf den untersten asttragenden Jahrestrieben bestimmt. Die Verfasser meinen, daß »die angeführten Werte viel zu hoch sind, weil die Anzahl der asttragenden Jahrestriebe an dem Stamm sicher mit den Jahren zunimmt, so daß durchschnittlich in einem Jahre nicht die Zweige eines ganzen Jahrestriebes abgeworfen werden«.

Durch Stammanalysen hat man sich davon überzeugt, daß die benutzten Probebäume hinsichtlich des Zuwachses nicht allzu sehr von dem abweichen, was durch Messung innerhalb der Probeflächen für die entsprechenden Gruppen ermittelt wurde.

Im ganzen sind in den Jahren 1923 und 1924 96 Bäume untersucht worden, d. h. 8 Bäume für jede einzelne Klasse auf

den 4 Probeflächen. Davon sind als stark abweichend 11 ausgeschieden worden. Später sind Messung und Durchforstung der Probeflächen in den Jahren 1925, 1927 und 1929 vorgenommen worden.

Das Resultat der Untersuchungen war etwa folgendes:

Die Eschenprobeflächen.

Es ergaben sich deutlich folgende Tatsachen:

Die *Bäume 1. Klasse* tragen im Verhältnis zu ihrer Masse die größte Blattfläche, sie produzieren im Verhältnis zu ihrer Blattfläche die größte Menge an Trockenstoff und haben den geringsten prozentualen Trockenstoffverlust.

Die *Bäume 2. Klasse* nehmen eine Mittelstellung zwischen 1. und 3. Klasse ein.

Dieses Ergebnis stimmt nicht mit dem von HARTIG (1896) und BURGER (1937) für Fichte sowie von DENGLER (1937) für Kiefer gefundenen Verhältnis zwischen den Stammklassen überein.

Dieser Sachverhalt ergibt sich am deutlichsten auf der nicht durchforsteten Probefläche, wo in den Jahren 1923—24 folgendes festgestellt wurde:

Kl. I, die über rund die Hälfte der Gesamtblattfläche verfügt, produziert 61 % des Gesamttrockenstoffes. Kl. II, die 32 % der Blattfläche trägt, produziert 32 %, und Kl. III, die die restlichen 17 % trägt, produziert nur 7 % der Bruttoproduktion.

Von dem Zuwachs erzeugt Kl. I 66 %, Kl. II 27 % und Kl. III 7 %.

Im übrigen waren die Ergebnisse summarisch die in der Tafel S. 35 wiedergegebenen.

Aus den Zahlen ist ersichtlich, daß die *Bruttoproduktion* auf den beiden Probeflächen etwa gleich war. Dagegen war die *Blattfläche* auf der stark durchforsteten Probefläche ein wenig kleiner. Der Verfasser erklärt den Umstand, daß die Bruttoproduktion nicht notwendig der Blattfläche direkt proportional zu sein braucht, durch die günstigere Ordnung des Assimilationssystemes der Laubdecke auf der stark durchforsteten Probefläche (vergl. BOYSEN JENSEN 1921, 1929), aber es wird sofort danach vermerkt, daß wegen der etwas dünneren Blätter auf der nicht durchforsteten Probefläche sei der Gesamttrockenstoffverlust durch den Blattabfall in beiden Fällen beinahe gleich,

Esche, Durchschnittszahlen 1923—28.
1 ha

	Keine Durchforstung			Starke Durchforstung		
Stehende Totalmasse m³	F. 1923 (54)	75	F. 1929 (92)	F. 1923 n. S. (37)	51	F. 1929 v. S. (66)
Dementsprechender Trockenstoff		36			25	
Einseitig Blattfläche, ha		4,9			4,0	
Jährlich:						
Trockenstoffverlust durch Blattabfall, t...		2,6			2,5	
	1923—24		1927—28	1923—24		1927—28
» Respiration »	(3,1)	3,4	(3,7)	(2,8)	2,8	(2,8)
» Astverlust[1]) »		(0,6)			(0,4)	
Zuwachs, m³.....		6,9			7,5	
» an Trockenstoff, t.....		3,5			3,9	
Bruttoproduktion ... an Trockenstoff, t...		10,0			9,6	

so daß die Bruttoproduktion nach der Untersuchung direkt proportional der Blattmasse erscheint.

Der *Zuwachs* wurde auf der stark durchforsteten Probefläche am größten gefunden, während der *Respirationsverlust* auf der schwach durchforsteten am größten war. Der Verfasser nimmt an, daß diese Tatsachen in ursächlichem Zusammenhang miteinander stehen, so daß der Mehrzuwachs hauptsächlich auf dem verminderten Respirationsverlust beruht, da die Trockenstoffmenge, die durch den Blattverlust verloren geht, auf den beiden Probeflächen etwa dieselbe ist. Der Nachweis dieses Ursachenzusammenhanges ist als das Hauptresultat der Untersuchung zu betrachten.

Obgleich die Höhe und die Totalmasse 1923—28 auf den beiden Probeflächen stark zugenommen haben, war die *Blattfläche* auf beiden Probeflächen 1927—28 am kleinsten. Der Verfasser hebt dieses hervor und sagt (1930): »Was während der Ent-

[1]) Die Zahlen für Astverlust beziehen sich nur auf die Jahre 1923—24. Für die folgenden Jahre werden keine Zahlen angeführt, sondern es wird nur darauf hingewiesen, dass der Astverlust im Vergleich mit den andern Zuwachsfaktoren von geringerer Bedeutung ist.

wickelung eines Bestandes geschieht, ist dies, daß die Blattschicht immer höher empor gehoben wird, während die Gesamtblattfläche nur verhältnismäßig wenig geändert wird.«

Der *Respirationsverlust je kg Holz* ist in beiden Fällen von 1923—28 gesunken, was ein natürlicher Ausdruck dafür ist, daß die lebendigen atmenden Zellen einen immer kleiner werdenden Prozentteil der Gesamtmasse ausmachen.

Die Buchenprobeflächen.

Bei der Buche zeigt sich ein weit geringerer Unterschied zwischen den 3 Baumklassen als bei der Esche. Kl. I, die 41 % der Blattfläche trägt, erzeugt 41 % der Bruttoproduktion, Kl. II mit 42 % der Blattfläche erzeugt 45 %, und Kl. III mit 17 % der Blattfläche erzeugt 14 %. Was den Zuwachs anbelangt, so erzeugen die Bäume I. Kl., die 38 % der Masse entsprechen, 45 %, während die Bäume II. Kl. mit 41 % der Masse 41 % und die Bäume III. Kl. mit 21 % der Masse nur 14 % des Zuwachses erzeugen. (Alle diese Zahlen gelten für die nicht durchforstete Probefläche 1923—24).

Den geringen Unterschied zwischen den Stammklassen führt der Verfasser auf die Eigenschaft der Buche zurück, viel Schatten zu vertragen.

Der *Zuwachs* ist als Durchschnitt der Jahre 1923—28 mit je 13,7 m^3 (7,7 t Trockenstoff) für die nicht durchforstete Probefläche und 13,6 m^3 für die stark durchforstete Probefläche ermittelt worden.

Da demnach durch die Zuwachsmessungen keine Wirkung der Durchforstung aufzuweisen gewesen ist, so hat der Verfasser es nicht als lohnenswert angesehen, eine nähere Analyse der Stoffproduktion für die ganze Untersuchungsperiode durchzuführen, wie dies bei den Eschenprobeflächen geschah. Er vermutet, daß sich etwa dieselben Resultate wie in den Jahren 1923—24 ergeben hätten. Diese waren die in der Tabelle S. 37 wiedergegebenen.

Den Untersuchungen an den beiden Holzarten können folgende Bemerkungen hinzugefügt worden.

Der *Astverlust* wurde, wie der Verfasser ebenfalls sagt, ziemlich summarisch bestimmt. Es ist jedoch zweifelhaft, ob

Buche, Durchschnittszahlen 1923—24.
1 ha

	Keine Durchforstung	Starke Durchforstung
Totalmasse	113	83
Dementsprechender Trockenstoff, t	64	47
Blattfläche, ha	5,4	4,7
Jährlich:		
Trockenstoffverlust durch Blattabfall, t	3,1	2,6
durch Respiration, t	5,8	4,4
durch Astverlust, t	2,4	1,4
Zuwachs, m^3	14,5	15,4
Zuwachs an Trockenstoff, t	8,2	8,7
Bruttoproduktion an Trockenstoff, t	19,4	17,1

er, wie der Verfasser meint, zu hoch geschätzt ist. Zwar nimmt die Zahl der asttragenden Jahrestriebe am Stamm auch während des jungen Alters zu, auf der andern Seite aber sollten beim Astverlust diejenigen Zweige und Seitenäste mitgerechnet werden, die von den Ästen abgeworfen werden, sobald diese etwas tiefer in die Krone hineinkommen, — den sekundären Astverlust könnte man es vielleicht nennen. Wie in einem folgenden Abschnitt nachgewiesen werden soll, ist dieser Verlust beträchtlich.

Der *Zuwachsbestimmung* ist bei dem benutzten Verfahren keine sehr große Genauigkeit beizulegen. Schon ein kleiner Fehler bei der Bestimmung der stehenden Masse führt zu einem großen Fehler bei der Zuwachsbestimmung, die sich als Differenz zwischen den gefundenen Massen ergibt (vergl. S. 80). Man findet ja auch bei Probeflächen gewöhnlich recht große und unbegründete Sprünge in dem für aufeinander folgende Durchforstungszwischenräume berechneten Zuwachs. Bereits aus diesem Grunde muss deshalb bezweifelt werden, ob man aus dem für die Eschenprobeflächen gefundenen Zuwachsunterschied von weniger als 10 % sichere Schlüsse ziehen darf (6,9 m^3 für die nicht durchforstete gegen 7,5 m^3 für die stark durchforstete Probefläche).

Hierzu kommt aber noch, daß die beiden Probeflächen anscheinend nicht dieselbe Anfangsbonität gehabt haben. Bei demselben Alter (12 Jahre) hatte die nicht durchforstete Probefläche 1923 für Kl. I eine Höhe von 6,0 m gegen 6,6 für die stark durchforstete Probefläche, was genügt, um den gefundenen Unterschied an Zuwachs zu erklären (vergl. CARL MAR: MÖLLER 1933).

Was die beiden Buchenflächen betrifft, so stimmten die Anfangsbonitäten besser überein (Starthöhe für Kl. I 7,3 m gegen 7,5 m). Der Umstand, daß die ermittelten Zuwachszahlen bei der Buche für den ganzen Untersuchungszeitraum etwa gleich sind, stimmt damit sehr gut überein.

Über die durch die übrigen Untersuchungen erreichte Genauigkeit lassen sich auf Grund der vorgelegten Arbeit keine Berechnungen anstellen. Unzweifelhaft ist jedoch die Arbeit mit so großer Sorgfalt ausgeführt und sind auch die Bäume mit so gutem Urteil ausgewählt, daß die Zahlen als in hohem Maße für diejenigen Verhältnisse gültig anzusehen sind, die in durchforsteten bzw. in undurchforsteten jungen Eschen- und Buchenbeständen herrschen, und unter dieser Voraussetzung werden sie im folgenden benutzt werden.

L. TIRÉN (1927) hat Untersuchungen über die Größe der Nadelfläche der Kiefer angestellt. Zu diesem Zweck bildet er zuerst eine Oberflächenformzahl für die Kiefernnadel, nach welcher deren Oberfläche =

$$f_y \cdot \frac{\pi}{2} \cdot l\,(1{,}137\ b + r) \text{ ist,}$$

wobei f_y = Oberflächenformzahl, l = Nadellänge, b = größte Nadelbreite und r = Nadeldicke in der Mitte ist, alles in mm. Die Formzahl ist durch Abzeichnen der mikroskopischen Querschnitte ermittelt worden, die man an einer Anzahl Nadeln bei $^1/_{10}$, $^3/_{10}$, $^5/_{10}$, $^7/_{10}$ und $^9/_{10}$ der Nadellänge vorgenommen hatte.

Es sind dann 3 Kiefernbestände von 35, 55 und 105 Jahren, auf einem Standort von etwa 3. Bonität wachsend, untersucht worden. In den zwei ältesten Beständen war die Durchforstung nur in der Form äußerst schwacher Reinigungshiebe vorgenommen worden, der letzte vor etwa 10 Jahren. Im jüngsten Bestand waren überhaupt keinerlei Eingriffe vorgenommen worden.

Die zwei ältesten Bestände werden als so gut wie voll geschlossen bezeichnet, während der jüngste den Schlußgrad 0,8 hatte, im Verhältnis zu den zwei älteren etwas zu hell und hinsichtlich der Bonität im Nachteil war. Folgende Holzmessungszahlen wurden u. a. mitgeteilt:

Alter	Kreisfläche m^2 je ha	Höhe m	Probefläche ha	Stammasse mit Rinde m^3 je ha
35	20,4	11,0	0,41	112
55	33,8	15,7	0,84	253
105	33,3	20,7	0,87	302

Bei der Nadeluntersuchung wurden repräsentativ ausgewählte Probebäume benutzt, im ganzen 8, 13 und 13 in den 35, 55 bzw. 105 Jahre alten Kiefernbeständen. Die Probebäume wurden nach Kronenschichten (Etagen) getrennt gehalten, von denen es normalerweise 3 in jedem Bestand gab. Die Umrechnung auf ha erfolgte auf Grund des Verhältnisses zwischen der Stammgrundfläche der Probebäume und derjenigen der ganzen Probefläche.

An jedem Probebaum wurde die Kronenmasse, d. h. Nadeln und Zweige bis zu 1 cm Dicke, abgeschnitten und danach in 5—10 cm lange Stückchen zerschnitten, so daß eine mischbare Masse vorhanden war. Diese wurde sofort gewogen, sorgfältig auf einer Schutzdecke gemischt, und sodann die nötigen Proben entnommen.

Es ergaben sich folgende Resultate:

Die Nadeloberfläche je kg Frischgewicht war durchschnittlich 6,3 m^2, mit Schwankungen von 5,26 im Wipfel der obersten Etage bis zu 7,45 im untersten Kronenteil der untersten Etage.

Je kg absolutes Nadeltrockengewicht war die Nadeloberfläche durchschnittlich 16,1 m^2. Die Zweigoberfläche war durchschnittlich 0,9 m^2 je kg Frischgewicht der Zweige.

Ferner ergab sich folgendes:

Oberfläche in m^2 je m^2 Bestandesfläche.

35 Jahre			55 Jahre			105 Jahre		
Nadeln	Zweige	zusammen	Nadeln	Zweige	zusammen	Nadeln	Zweige	zusammen
7,1	1,2	8,3	10,2	1,3	11,5	6,6	0,8	7,4

Zu diesen Zahlen ist zu bemerken, daß der 35jährige Bestand mit den beiden andern nicht völlig vergleichbar ist, da er nicht voll geschlossen ist (s. oben); ferner, daß die Stammgrundfläche des 105jährigen Bestandes je ha kleiner ist als die des 55jährigen, was mit den obigen Angaben über die Durchforstung zusammengehalten auf einen weniger vollständigen Schluss deutet. Des weiteren wird nicht erklärt, auf welche Weise die Umrechnung auf ha vorgenommen worden ist.

Auf Grund der Tatsache, daß der Massenzuwachs je ha gerade im mittleren Alter, wo Tirén die größte Nadelmenge je ha findet, am stärksten ist, sowie aus der Feststellung, daß der Zuwachs der einzelnen Bäume innerhalb desselben Bestandes als eine einigermaßen geradlinige Funktion von deren Nadelmenge erscheint (seine Fig. 14—16), gelangt er indessen zu dem Ergebnis, daß der Zuwachs eines Bestandes wahrscheinlich einigermaßen proportional seiner Nadeloberfläche ist.

Er illustriert dies mit einer auf theoretischer Grundlage ausgearbeiteten Zeichnung (Fig. 13), die jedoch den offensichtlichen Fehler hat, daß die Nadeloberfläche (gemäß der Angabe von Professor Petterson) als mit der Stammgrundfläche des Bestandes proportional berechnet wird und daß sie gleichzeitig an Hand einer Kurve dargestellt wird, die fast konform mit derjenigen für den laufenden jährlichen Zuwachs ist, d. h. bei dem Alter von 40—50 Jahren kulminierend und bei dem Alter von etwa 150 Jahren bis unter die Hälfte fallend. Bekanntlich hat bei normaler Forstwirtschaft die Stammgrundfläche einen mit dem Alter immer steigenden Verlauf.

Schließlich findet er, wie dies zu erwarten ist, durchgehends die größte Nadeloberfläche in der obersten Etage und in jeder weiter unten liegenden Etage eine Abnahme des Zuwachses je m^2 Oberfläche.

Nach meiner Auffassung erlaubt das Material wegen seines geringen Umfangs und seiner Fehler keine generellen Schlüsse in bezug auf das Verhältnis des Zuwachses zur Nadeloberfläche. Daß der Zuwachs der einzelnen Bäume innerhalb desselben Bestandes einigermassen eine geradlinige Funktion der Nadeloberfläche darstellt, bedeutet ja keineswegs, daß der Zuwachs im allgemeinen eine Funktion der Nadeloberfläche ist. Umstände wie das Alter und die Bonität greifen für die einzelnen Bäume desselben Bestandes auf einigermaßen dieselbe Weise ein und

ändern deshalb nichts an der Geradlinigkeit der Kurve, wenn auch ihre Richtung im Koordinatensystem bei Änderungen des Alters oder der Bonität verschoben wird (vgl. unten S. 161).

Carl Mar: Möller (1929) hat in 1925 Bestimmungen über die Laubmenge im Buchenwald mittels Aufsammelns des abgefallenen Laubes vorgenommen sowie die Ergebnisse mit Beobachtungen der stehenden Masse, der Bonität, des Alters und des Durchforstungsgrades in Zusammenhang gebracht.

Diese Untersuchungen bilden die Vorarbeit der gegenwärtigen Arbeit und sind in der Einleitung eingehender erörtert.

Chalk (1930) hat für drei 16jährige Douglasfichten in gutem Wachstum eine Produktion an Holztrockenstoff von 1,70, 2,44 bzw. 1,46 g je g Total-Nadeltrockengewicht gefunden, also wesentlich mehr als Burger (1935). Wahrscheinlich handelt es sich um eine bessere Bonität.

Je g Trockenstoff von neuen Nadeln war die Produktion 6,3, 11,0 und 3,4 g. Das Trocknen von Nadeln und Holz fand bei 105° C statt.

Zahlen je ha gehen aus der Untersuchung nicht hervor.

Busse (1930) hat für die Fichte das Verhältnis zwischen der Größe der Baumkrone und dem Stammzuwachs durch Anlegung einer graphischen Darstellung der Ergebnisse von Probebäumen auf 3 Probeflächen der sächsischen Versuchsanstalt untersucht. Als Bezeichnung für die Größe der Baumkrone wurden hierbei teils die Kronenlänge, teils die Kronenbreite, teils das Produkt aus diesen beiden Größen benutzt, letzteres unter dem Namen Kronenfläche. Es ergaben sich große individuelle Schwankungen für die einzelnen Bäume, zugleich aber zeigte sich, daß der Durchmesserzuwachs innerhalb des einzelnen Bestandes etwa proportional mit der Kronenfläche schwankte.

Um eine genauere Bestimmung der Kronengröße zu erhalten, bestimmte Busse ferner in einem 47jährigen Fichtenbestand das Nadelfrischgewicht und Nadeltrockengewicht für 9 einzelne Bäume, die über alle Stammklassen verteilt waren, und legte für die einzelnen Bäume eine graphische Darstellung des Verhältnisses zwischen Nadelgewicht (Abszisse) und laufendem jährlichen Zuwachs an Stammasse (Ordinate) an. Er

fand bei der Ausgleichung keine geradlinige Funktion, sondern eine stetig aufsteigende Kurve. Auch hier ergaben sich bedeutende individuelle Schwankungen.

Die Form der Kurve deutet darauf, daß die Produktion je g Nadelgewicht (frisch oder trocken ist gleichgültig) mit wachsender Nadelmenge je Baum immer zunimmt, d. h. daß die größten Bäume hier verhältnismäßig am besten produzierten.

ALWAY and ZON (1930) und BODMAN (1935) haben die Größe der Abfallschicht unter verschiedenen amerikanischen Baumarten sowie den Gehalt der Schicht an Wasser und anorganischen Nahrungsstoffen untersucht. Die lebende Laubmenge je ha wurde nicht bestimmt.

OPITZ (1931) hat gefunden, daß dünnere Äste je Einheit Frischgewicht wesentlich mehr atmen als dickere, und die Nadeln atmen mindestens doppelt so stark wie die dünnsten Zweige. Ferner hat er durch einen Versuch die Untersuchungen D. MÜLLER's (1924) über den Einfluß der Jahreszeit auf die Respiration bestätigt; er betrachtet den verstärkten Zugang an Sauerstoff als die Hauptursache des traumatischen Stimulus.

N. JOHANSSON (1933) hat — auf Grund der Erwägung, daß alle früheren Untersuchungen an durchgeschnittenen Holzteilen vorgenommen worden waren und daß man hierbei einen sehr erheblichen traumatischen Stimulus schwankender Größe nicht vermeiden kann — die Respiration an wachsenden Stämmen durch ein besonderes Verfahren untersucht.

Durch vorausgehende Versuche wurden zuerst jüngere Stammteile in gläserne Kammern eingeschlossen, die mittels Gummipackungen und Vaseline luftdicht um den Baum gepackt wurden. Zweck der Verwendung von Glas war, daß das Licht Zugang bekommen sollte, weil man nicht wissen konnte, ob das in der Rinde befindliche Chlorophyll möglicher weise eine gewisse Assimilationsarbeit ausführen könnte. (Vergl. POUL LARSEN 1936). Da sich derartiges nicht ergab (bei diesen Präliminar-Versuchen wurde nur *Sorbus aucuparia* verwendet), schritt man zur Verwendung von dunklen hölzernen Kammern, die entweder den Stamm umschlossen oder auf ihm befestigt wurden. Von den Ergebnissen sind u. a. Kurven für relative Respirationswerte

während der Vegetationsperiode für Stämme von *Pinus silvestris* (100 Jahre), *Picea excelsa* (30 Jahre), *Larix europæa* (35 Jahre), *Larix Kaempferi* (20 Jahre), *Quercus robur* (100 Jahre), *Betula pubescens* (20 Jahre) hervorzuheben. Die Kurven der Nadelhölzer folgen ziemlich genau den Temperaturkurven, wogegen die Eiche schon etwa vom 1. August an einen kräftigeren Fall als diese aufweist, was Verfasser als Folge des früh abgeschlossenen Durchmesserzuwachses der Eiche erklärt.

Der Verfasser hat Versuche über die Respiration während der Vegetationsperiode in verschieden gelegenen Teilen einer 25jährigen, kräftig wachsenden Kiefer (18jährige Stammscheibe, 18 cm Durchm.) und in einer etwa 40jährigen, 9,5 m hohen Fichte (35jährige Stammscheibe, 16 cm Durchm.) vorgenommen.

Es ergibt sich, daß nach einem Sommermaximum (Anfang Juli) die Respiration des Stammes eine Tendenz zu um so schnellerem Abnehmen aufweist, je jünger der Stammteil ist. Dieselbe Tendenz besteht in noch stärkerem Ausmaß bei den Ästen.

Im Hinblick auf den Einfluß des Alters und des Durchmessers auf die Gesamtmenge der Respiration (je cm^3 Holz berechnet) findet der Verfasser innerhalb des Stammes desselben Baumes eine Tendenz zur Kulmination bei etwa 10 cm Durchmesser und sodann mit steigendem Durchmesser ein schnelles Abnehmen.

Bei den Ästen ermittelte er unregelmäßigere Verhältnisse. Weder gleiche Stärke noch gleiches Alter sind Kennzeichen dafür, dass es sich um physiologisch gleichgestellte Zweige handelt. Vielleicht liegt dies wieder günstiger, so meint der Verfasser, wenn sowohl das Alter als auch der Durchmesser gleich sind, kommt aber dennoch zu dem Schluß, daß die Absicht, mittels entnommener Proben ein einigermaßen genaues Bild vom Atmungsverlust eines ganzen Baumes zu gewinnen, auf nahezu unüberwindliche Schwierigkeiten stößt.

Der Verfasser hat — für die Fichte — auch die Atmung je Oberflächeneinheit von Stamm und Zweigen berechnet und eine graphische Aufzeichnung darüber angelegt; hierbei ermittelte er so gut wie konstante Werte bei Durchmessern zwischen 13 und 30 cm.

Daß die Atmung mit steigender Temperatur zunimmt, wird an Hand verschiedener Kurven gezeigt, und sodann eine Untersuchung des Verhältnisses zwischen Ruheatmung und Produk-

tionsatmung angestellt, d. i. der Atmung, die mit dem Zuwachs im Zusammenhang steht. Natürlich ist die Produktionsatmung während der Sommerzeit vorherrschend, und es konnte außerdem ein Zusammenhang zwischen dem Umfang der Produktionsatmung und dem Verlauf bei der Bildung der Jahresringe festgestellt werden. Schließlich erklärt der Verfasser, daß die Bestimmungen der Respiration, die BOYSEN JENSEN, DETLEV MÜLLER u. a. an zerschnittenen Baumteilen vorgenommen haben, auf Grund des traumatischen Stimulus sehr unsicher sind. Er hat selber an einigen jungen Ebereschen die Respiration des wachsenden Baumes erst nach seiner eigenen Methode bestimmt, sodann die betreffenden Stammteile abgesägt und sie genau nach dem Verfahren von DETLEV MÜLLER (1924) untersucht. Hierbei waren die ersten, etwa 5 Stunden nach dem Abschneiden ermittelten Atmungswerte durchschnittlich dreimal so hoch als bei dem unbeschädigten Baum. Außerdem ist die Größe des traumatischen Stimulus, wie von D. MÜLLER gezeigt, schwankend, ohne daß man die Ursache der Schwankungen recht kennt, und dies macht es natürlich schwierig, die ermittelten Zahlen auch nur als ungefähre Werte zu benutzen.

Dementgegen hat BOYSEN JENSEN (1933) in einer Antwort an N. JOHANSSON geltend gemacht, daß die von diesem ermittelten Respirationszahlen wahrscheinlich zu niedrig seien, u. a. deshalb, weil man keine Sicherheit dafür hat, daß die Kohlensäure, die von einem bestimmten Teil des Stammes erzeugt wird, auch tatsächlich durch das entsprechende Stück der Borkenoberfläche ausgeschieden wird; es sei sehr wohl möglich daß die Kohlensäure durch den kräftigen Wasserstrom, der durch den Stamm fließt, mitgerissen und an anderer Stelle abgegeben wird.

In einer Erwiderung (1933) bemerkt N. JOHANSSON hierzu u. a., daß eine solcherart mitgerissene Kohlensäuremenge vermutlich in die Blätter gelangen und hier assimiliert werden würde, wodurch sie als ein Plus auf der Kreditseite der Stoffproduktionsgleichung erscheinen würde, und es würde daher nicht richtig sein, sie als Verlust zu registrieren. — Indessen kann m. E. eine derartige Assimilation der Kohlensäure des Stammwassers wohl nur bei vollem Tageslichte vor sich gehen, so daß zu andern Tageszeiten ein erheblicher Teil gemeinsam mit der CO_2-Menge der Blätter entweichen dürfte.

Die Diskussion zwischen den beiden Pflanzenphysiologen hinterläßt den Eindruck, daß die Ermittlung der Stamm-Respiration eine schwierige Aufgabe ist und daß alle bisher angewandten Verfahren mit gewißen Ungenauigkeiten behaftet sind. Am sichersten scheint die Methode zu sein, der sich BOYSEN JENSEN und DETLEV MÜLLER (1927, 1930) bedient haben, bei der 1,2 m lange Stücke untersucht werden und die ganze Masse des Baumes zur Untersuchung gelangt.

CAPELLETTI (1934, 1938) hat die Atmung in älteren Stämmen dadurch untersucht, daß er in den Stamm ein 8—9 cm tiefes Loch mit einer Querschnittfläche von 1 cm^2 gebohrt hat. Genau über dem Bohrloch wurde eine luftdicht schließende Gummiplatte angebracht, die durch ein 1 cm^2 großes Loch mit einer Pumpenvorrichtung in Verbindung stand, welche ermöglichte, den Apparat vor Beginn der Untersuchung luftleer zu pumpen und während der Dauer derselben einen ständigen Saugprozeß durchzuführen, welcher dem Druck einer Quecksilbersäule von 40 bis 50 cm entsprach.

Später wurde dann der CO_2-Gehalt der durch das Pumpen herausgesogenen Luft festgestellt. Auf diese Weise hat CAPELLETTI sich von verschiedenen Baumarten eine Reihe von Zahlen für die verschiedenen Jahreszeiten beschaffen können. Er hat dadurch gattungsbestimmte Unterschiede festgestellt und, wie zu erwarten war, ein Respirationsminimum im Januar und ein Maximum in den Monaten Juni bis August. Zwischen der Menge der Markstrahlen und der Atmungsintensität wurde kein unmittelbarer Zusammenhang ermittelt. Ebenso wurde auch kein systematischer Unterschied zwischen der Atmung bei 1,9 und 8 m Höhe über dem Erdboden gefunden. Schließlich ist eine Untersuchung der Saftmengen vorgenommen worden, die in den verschiedenen Fällen durch das Bohrloch abgegeben wurden.

Zahlen, die sich mit Sicherheit mit einer bekannten Stammmasse oder einer bekannten Stammoberfläche in Beziehung bringen lassen, können durch diese Methode selbstverständlich nicht gewonnen werden, weil nicht angegeben werden kann, bis zu welcher Tiefe des Holzes sich der Saugvorgang des Pumpens auswirkt. In dieser Beziehung kommt den mitgeteilten Ergebnissen daher keine Bedeutung zu, wenn auch das Versuchsverfahren interessant ist.

Alfred Dengler (1937) hat in einem etwa 160jährigen, mit Buchen untermischten Kiefernbestand 4 verschieden große Kiefern mit verschieden dicht ausgebildeten Kronen untersucht. Die 4 Kiefern ragten, und zwar jede für sich allein, frei über die in den Bestand eingemischten Buchen empor und waren seit mindestens 10 Jahren keinerlei Eingriffen durch Forsttätigkeit ausgesetzt gewesen. Es ergab sich, daß die starken und großkronigen Bäume im Verhältnis zu ihrer Stammasse eine weit größere Nadelmenge aufweisen als die dünnen und kleinkronigen. Trotzdem ist ihr Derbholz-Zuwachs je Einheit der Nadelmasse ein wenig geringer als bei den kleinkronigen, ebenso wie ihr Derbholz-Zuwachs auch auf ha umgerechnet geringer ist.

Dieses Ergebnis deckt sich in seinen Hauptzügen mit früher von Dengler (1935) mitgeteilten Resultaten eines Vergleiches zwischen Kronenprojektion, Stammasse und Derbholz-Zuwachs an 10 ungefähr gleichaltrigen Kiefern eines und desselben Bestandes, und ferner stimmt es mit den Untersuchungsergebnissen von Burger (1929 und 1937), Stålfelt (1924) u. a. darin überein, daß der Zuwachs nur bis zu einem bestimmten Optimum mit der Nadelmenge gleichläuft, um von da an wieder relativ zu sinken. (Vergl. jedoch auch Bertog (1895), Boysen Jensen (1927—30), Busse (1930) und Burger (1939).

Bei der Beurteilung der Zuwachs-Zahlen darf nicht übersehen werden, daß es sich um Derbholz-Zuwachs handelt. Begreiflicherweise würde ein Vergleich der Gesamtzuwachs-Zahlen ein etwas anderes Ergebnis gezeigt haben, weil das Verhältnis der Gesamtmasse zum Derbholz aller Wahrscheinlichkeit nach bei den großen Bäumen am größten sein dürfte. Die im Verhältnis zur Stammasse große Nadelmasse muß ja auf ein entsprechend größeres Ast- und Zweiggerüst verteilt sein.

Eine Berechnung kann mangels Zahlenmaterial nicht angestellt werden, aber sie würde auf alle Fälle zu einer gegenseitigen Annäherung der 4 Zahlen für den Zuwachs je ha (und der Verhältniszahlen für den Zuwachs) und dadurch auch zu besserer Übereinstimmung mit den Ergebnissen der preußischen Durchforstungsversuche (Wiedemann 1932, 1937) führen, denen zufolge Verschiedenheiten des Durchforstungsgrades, sofern sie sich innerhalb der normalen Grenzen halten, keinen besonderen Einfluß auf den Massenzuwachs haben.

Im übrigen muß ein von einem einzelnen Baum aus gezogener Schluß auf die Massenleistung je ha (oder auf allgemeine Verhältniszahlen für den Zuwachs, was in Wirklichkeit dasselbe bedeutet) immer eine recht unsichere Sache sein, wie dies ja auch mit Deutlichkeit aus den Ergebnissen bei den oben erwähnten 10 Kiefern (DENGLER 1935) hervorgeht, wo die (nach der Kronenprojektion der Bäume geordneten) Zuwachszahlen so große Schwankungen zeigen, daß Schlußfolgerungen wie die soeben gezogenen nur unter Vorbehalt vorgenommen werden können.

DENGLER warnt denn auch schließlich selber vor Verallgemeinerungen auf Grund seiner Zahlen.

Was die Zahlen am sichersten zeigen, ist, daß der Zuwachsprozent bei den starken und großkronigen Bäumen erheblich größer ist als bei denen mit kleiner Krone, ein Umstand, der von verschiedenen Durchforstungsversuchen her bekannt ist.

BORNEBUSCH (1937) hat einige von BRÜEL vorgenommene Beobachtungen des Nadelfalles der Fichte mitgeteilt, wonach dieser das ganze Jahr hindurch stattfindet, aber im Frühling und im Herbst je ein Maximum aufweist. (Vgl. SCHÜTZE 1879).

PRINTZ (1937) hat die Stammrespiration zur Winterzeit unter natürlichen Verhältnissen im Freien untersucht. Im Hinblick auf etwaigen traumatischen Stimulus wurden 50—95 cm lange Stücke von Zweigen, Ästen und Stämmen verschiedener Stärke benutzt.

Die Versuchsanordung ist ungefähr die gleiche wie die von BOYSEN JENSEN (1929).

Er findet für junge Zweige keinen sicheren Unterschied zwischen Ulme, Birke, Hasel, Eiche, Buche und Ahorn. Lärche und Sahlweide scheinen bei höheren Temperaturen eine etwas stärkere Atmung zu haben als die vorerwähnten Arten. Am höchsten von den untersuchten Laubbäumen liegt Holunder. Noch erheblich höher kommt Wacholder.

Einige Versuche zwecks Beurteilung des Einflusses der Stammstärke zeigen, wie zu erwarten stand, daß dieser recht erheblich ist. Verwendet wurden a) Stämme bis zur Stärke von 9 cm, b) Äste von 2 bis 3 cm Durchmesser und schließlich c) die äußersten Zweige. Je 100 g Frischgewicht ist die

Respiration um so kräftiger, je dünner der Stammteil ist. Setzt man dagegen die CO_2-Ausscheidung zu der Stammoberfläche in Beziehung, so »zeigt sich, daß die Kurven bei Stämmen von verschiedener Stärke in sehr deutlicher Weise dem gleichen Niveau zustreben«. Eine vergleichende Berechnung für das gesamte Material (62 Analysen von Ästen und 62 Analysen von Stämmen) ergibt, daß die Ast-Atmung je Oberflächeneinheit etwa 98 % der Stamm-Atmung betragen hat. Diese Feststellung deckt sich mit früheren Beobachtungen von N. JOHANSSON (1933, S. 103).

Betrachtet man die Kurven, die den Versuch über den Einfluß der Stammstärke illustrieren, und vergleicht man — nachdem die Respirationssteigerung der ersten Tage aufgehört hat und eine einigermaßen ebene Kurve erreicht worden ist — die Respiration je Oberflächeneinheit der einzelnen Baumarten, so stellt sich heraus, daß das Niveau ein und derselben Baumart von Probe zu Probe ziemlich stark schwankt und daß es deshalb unmöglich ist, prinzipielle Unterschiede zwischen den Niveaus der verschiedenen Baumarten mit Sicherheit nachzuweisen. Am höchsten scheinen Esche, Weißerle und Ahorn zu liegen, am niedrigsten Birke, Lärche und Espe, während Vogelbeerbaum und Eiche eine Zwischenstellung einnehmen.

Im übrigen weist PRINTZ einen beträchtlichen termischen Stimulus nach, wohingegen die Wirkung eines etwaigen traumatischen Stimulus nach seinen Versuchen sehr wirksam durch Behandlung der Wundflächen mit Kakaobutter gehemmt werden kann. Offensichtlich befindet er sich hier im Gegensatz zu D. MÜLLER (1924), der der Meinung ist, daß diese Behandlung den traumatischen Stimulus nicht vermindert, wenigstens nicht im Hinblick auf die Steigerung der CO_2-Entwicklung in den ersten Tagen nach der Präparierung.

RUHLAND und RAMSHORN (1938) haben u. a., außer der gewöhnlichen oxydativen Atmung, in jungem Gewebe eine aërobe Gährung festgestellt, die auf das meristematische Wachstum beschränkt ist. Die Versuche wurden zum Teil mit 5-8jährigen Ästen von *Syringa vulgaris* und *Tilia pubescens* ausgeführt.

CARL MAR:MÖLLER und D. MÜLLER (1938) haben an herausgeschnittenen Klötzen Untersuchungen der Respiration von

der Rinde bis zum Mark in älteren Stämmen verschiedener Baumarten vorgenommen. Die erzielten Ergebnisse, von denen einige bisher noch nicht veröffentlicht worden sind, werden in einem der folgenden Abschnitte näher besprochen und in neuem Zusammenhang benutzt.

Das Hauptergebnis war, daß bei allen Baumarten die Atmung des Stammes am größten im und dicht um das Kambium war und nach der Mitte des Stammes zu stark abnahm. Bei Eiche, Fichte, Esche und rotkerniger Buche wurde im Kern keine echte Atmung gefunden. Bei der Buche ohne Rotkern wurde dagegen eine recht beträchtliche echte Atmung bis ganz zum Mark hin festgestellt.

LINDQUIST (1938) hat für den Dalby Söderskog in Schonen (Südschweden), einen alten Mischwald von hauptsächlich Eiche, Ulme, Esche und Buche, bei Aufsammeln mit der Hand einen ungefähren jährlichen Laubfall von 210 g Trockengewicht je m^2 für alle Baumarten gemeinsam gefunden.

ROMELL (1939) hat die Angaben einiger früherer Forscher in bezug auf Nadel- und Blattfall zusammengestellt und auf einer 6 m^2 großen Fläche in einem 250jährigen Fichtenwald in Orsa (Finmarken in Norwegen) die Jahresproduktion von Blaubeerreisig und Moos mit insgesamt 44 g Trockengewicht je m^2 festgestellt, davon Reisig und Moos je die Hälfte. Er gibt an, daß MORK auf 2 je 1 m^2 großen Flächen in einem Nadel-Mischwald nahe bei Danderyd (Uppland in Schweden) je eine Moos-Jahresproduktion von 80 g und 92 g Trockengewicht ermittelt hat. Über diese Zahlen sagt er u. a.:

»Das bedeutet, daß auf riesigen Landstrecken in Nordschweden die Jahresproduktion des Waldbodens an Fichtenholz ganz bestimmt geringer ist als die von Moos.«

F. KNUDSEN und MAURITZ-HANSSON (1939) haben im Frühling 1938 den Laubfall in einer »verhältnismässig großen Birkengruppe« ganz dicht beim Mälarsee (Schweden) untersucht. Diese Birkengruppe »war auf allen Seiten von dichtem Wald umstanden und war dadurch trotz der Nähe des offenen Björkfärden (eines Arms des Mälarsees) dem Wind nicht besonders ausgesetzt«. Die Probefläche war etwa 0,1 ha groß. Die mine-

ralische Beschaffenheit des Bodens wird als knapp mittelgut bezeichnet, die Feuchtigkeitsverhältnisse hingegen als außerordentlich günstig. Das Alter des Bestandes war etwa 35 Jahre, die mittere Höhe 15,5 m und die Holzmasse 136 m^3 (Stammmasse), davon 7 m^3 Fichte.

Die Sammlung des Laubs erfolgte durch Anwendung von 10 viereckigen, offnen Kästen aus hartem, geöltem Masonit mit abnehmbaren Böden aus Messingdrahtnetz. Die Größe dieser Kästen war $50 \times 50 \times 50$ cm. Sie waren so angebracht worden, daß ihre Böden sich 10 cm über dem Erdboden befanden, und wurden in der Zeit von Anfang September bis zum 21. November 8 mal geleert.

Insgesamt wurde ein Abfall von 167 ± 80 g Trockengewicht je m^2 festgestellt, davon 4,1 % Zweige. Im Hinblick auf diese Zweige wird daran erinnert, daß die Sammelzeit nur ein paar Monate betrug und daß der Abwurf größerer Äste sich der Untersuchung entzog.

Schließlich wurde eine chemische Analyse des abgefallenen Materials vorgenommen.

Eine Bestimmung der Blattfläche erfolgte nicht.

Potts (1939) hat ein in U. S. A. versuchtes Verfahren zur Ermittlung des Belaubungsgrades beschrieben. Hierbei wird der Bestand von der Luft her mit Bleiarsenat besprengt (wie bei der Bekämpfung von Larvenangriffen), und auf dem Waldboden werden in regelmäßigen Abständen viereckige Stücke Löschpapier ausgelegt, an denen man nachher feststellt, welche Menge des Spritzstoffes bis auf den Erdboden hinuntergelangt ist, und als Differenz folglich auch, wieviel davon von den Kronen zurückgehalten worden ist. Wenn die zur Verstäubung gelangenden Mengen und die Höhe, aus der die Verstäubung erfolgt, immer dieselben sind (und Windstille herrscht), sollte es möglich sein, hieraus Verhältniszahlen für die Belaubung zu errechnen.

J. Kittredge (1939) hat besonders die Mächtigkeit der Abfallschicht in einer kalifornischen Waldtype bei sehr trocknem Sommerklima untersucht; zugleich hat er auch die jährliche Fallmenge bestimmt, und zwar mittels Auslegung von Auffangplatten, die 3 Fuß im Quadrat maßen, deren Ränder

aus Holzleisten von 2 Zoll Höhe und deren Boden aus Drahtgeflecht bestand. Insgesamt wurden 110 derartige Platten ausgelegt, alle in der Nähe der Regenmesser des Versuchsamtes, und die Auslegung erfolgte in den Jahren 1935, 1936 und 1937. Eingesammelt wurde das Material gewöhnlich Ende April. Durchschnittlich wurde eine jährliche Fallmenge von 0,6 Metertonnen Trockengewicht je acre (0,2—1,4 t) festgestellt, und hiervon waren wiederum durchschnittlich 0,25 Metertonnen oder 37—67 % Laub (0,6 t Laub je ha).

Der Wald bestand aus einer ungleichmäßigen Mischung von verschiedenen Laub- und Nadelbaumarten. Der Verfasser nimmt eine Aufteilung in verschiedene Typen der angegebenen Artzusammensetzungen vor und gibt Zahlen für jede einzelne Type.

Goodwin and Goddard (1940) haben die Atmung in 25—30jährigen, 7—9 cm starken Stämmen von *Acer rubrum* und *Fraxinus nigra* untersucht und fanden dabei eine CO_2-Produktion von gleicher Größenordnung und gleichem Kurvenverlauf wie Möller und Müller.

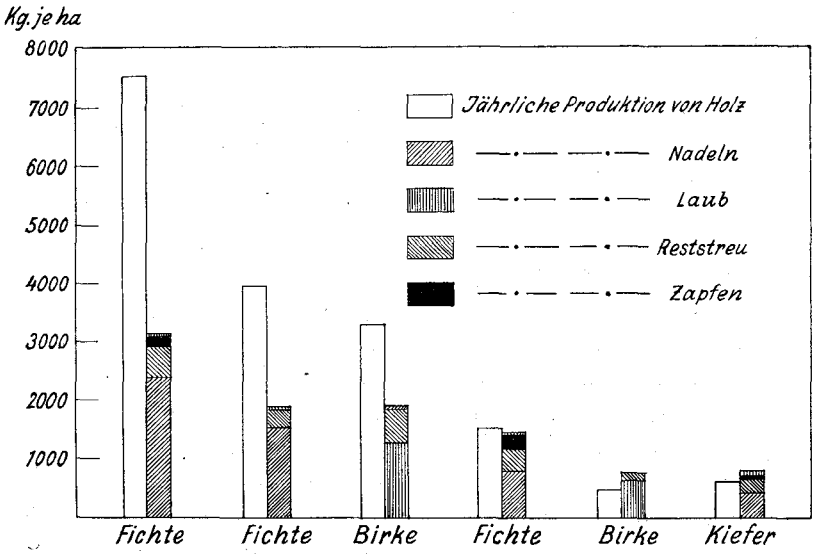
Verfahren wurde dabei so, daß dünne Scheiben (von 0,1 mm) herausgeschnitten und ihr Sauerstoffverbrauch in einem Mikrorespirometer gemessen wurde. Vor der Belaubung ist der Sauerstoffverbrauch am größten im Kambium und nimmt sowohl nach innen wie nach außen zu ab. Im Kern wurde ein sehr niedriger Sauerstoffverbrauch festgestellt, der nach dem Kochen der Proben nicht aufhörte. Die Verfasser betrachten ebenso wie Möller und Müller diese Erscheinung als eine langsame Oxydation toter organischer Materie.

Die Atmung in Rinde, Kambium und Kern ist nach der Belaubung ungefähr dieselbe wie vorher, aber in den neuen, noch in der Bildung begriffenen Holzschichten findet man eine Atmung, die die im Kambium noch bei weitem übersteigt.

Elias Mork (1942) hat Untersuchungen über den Umfang und die Zusammensetzung des jährlichen Streuabfalls in 3 Fichten- und 2 Birkenprobeflächen der norwegischen Versuchsanstalt vorgenommen, sowie ferner in einem nicht durch Messungen überwachten Kiefernbestand. Zur Sammlung des Abfalles wurden in jedem einzelnen Bestand bis zu 50

Auffangschalen aus lackiertem Eisenblech aufgestellt, die an den Rändern und auf dem Boden mit kleinen Löchern versehen waren, so daß der atmosphärische Niederschlag ablaufen konnte. Die Schalen waren 20 cm hoch und hatten einen inneren Durchmesser von 19,5 cm. »Wenn ein größerer Zweig oder Ast derart so oben auf eine Schale gefallen war, daß nur ein Teil davon über der Schale zu liegen kam, so wurde der Zweig so abgehackt, daß der Probe nur der Teil einverleibt wurde, der sich über der Sammelfläche der Schale befand.«

Fig. 1.
Trockengewicht von produziertem Stammholz und Streu pro Jahr in Norwegischen Wäldern, nach E. Mork 1942.



Standort	Aas	Veldre	Veldre	Hirkjölen	Hirkjölen	Hirkjölen
m Höhe ü. d. Meer	80	180	180	800	800	800
Alter Jahre	39	63	52	140	105	200

In den verschiedenen Beständen erstreckte sich die Untersuchung auf Zeiträume von verschiedener Dauer, und bei einer der Fichten-Probeflächen wurde die Aufnahme und Berechnung während einer Reihe von Jahren jeden Monat vorgenommen, wobei sich die von Bornebusch (1937) mitgeteilten

Beobachtung bestätigte daß der Nadelfall bei der Fichte das ganze Jahr hindurch stattfindet, seinen Kulminationspunkt jedoch im Frühling und im Herbst hat und übrigens in trocknen Jahren am größten ist. (Vgl. auch SCHÜTZE 1879).

Das Ergebnis der Streufall-Messungen hat MORK selber in der nebenstehenden graphischen Darstellung zusammengefaßt. (Fig. 1.) Die Fichten- und Birkenbestände in Veldre stehen annähernd auf gleichem Boden, die Fichten- und Birkenbestände in Hirkjölen ebenfalls, wohingegen der Kiefernbestand in Hirkjölen auf etwas geringerem Boden steht. Der Fichtenbestand in Aas gehört zur Bonitätsklasse A (EIDE und LANGSÆTER 1941), der Fichtenbestand in Veldre zur Klasse C und der Fichtenbestand in Hirkjölen liegt unter Klasse E. Die Höhen betrugen in Aas 16,6 m (38 Jahre), in Veldre 17,5 m (59 Jahre), in Hirkjölen 14,2 m (85—155 Jahre).

Außerdem hat MORK eine Anzahl chemischer Analysen der Streu vorgenommen.

Abgesehen von dem, was aus Fig. 1 unmittelbar zu entnehmen ist, zieht MORK aus seinen Untersuchungen folgende Schlußfolgerungen:

Die Streu-Menge schwankt sowohl nach Bonität wie nach Alter und Höhe über dem Meeresspiegel. (Es ist indessen kein Versuch gemacht worden, die Abhängigkeit dieser Schwankungen von den einzelnen der hier genannten Faktoren zu bestimmen, und das Material hätte dies wohl auch kaum zugelassen.)

Die Trockengewichte der Nadel-Streu von guter Fichte und des Blattabfalles von guter Birke betragen beide etwa 35 % vom Zuwachs.

Im Birkenwald des Tieflandes findet sich verhältnismäßig viel Rest-Streu (Zweige, Kätzchen usw.).

Die Streu-Menge des Fichtenwaldes scheint zu der Stammmasse-Produktion in Beziehung zu stehen, so daß die Menge der Streu sich zugleich mit dem Zuwachs erhöht.

Im Gebirgswald ist die Streu-Menge im Verhältnis zur produzierten Holzmasse erheblich größer als bei guter Bonität im Tiefland.

Ebenso wie BURGER gibt auch MORK Zahlen dafür an, wieviel 1 kg Nadeln oder Laub jährlich an kg Stammholz produziert. Hinsichtlich der Nadeln geht er dabei von der Annahme aus, man könne das Trockengewicht der gesamten

Nadelmasse eines Bestandes dadurch finden, daß man das Trockengewicht des jährlichen Nadelabfalles mit dem durchschnittlichen Lebensalter der Nadeln multipliziert. Diese Voraussetzung ist doch nicht zulässig. Denn zunächst schwankt das Trockengewicht der einzelnen Nadel mit ihrem Alter (vgl. STÅLFELT 1924). Und ferner ist das natürliche Lebensalter der Nadeln ja keineswegs der einzige Faktor, der auf den Nadelfall Einfluß ausübt. Ebenso wichtig ist die gegenseitige Ast-Reinigung der Bäume, bei der Äste und Zweige allmählich überwachsen werden und sterben, wobei die Nadeln vieler Jahrgänge auf einmal abgeworfen werden können.

Von dieser Reinigung wissen wir, daß sie — bei sonst gleichen Umständen — am schnellsten in einem Wald mit starkem Höhenwuchs fortschreitet, also in jüngerem Walde guter Bonität. Hier ist demnach stets der stärkste Nadelfall zu erwarten, sogar auch dann, wenn wir annehmen wolten, daß die lebende Nadelmasse je ha bei allen Altern und Bonitäten sowie von Jahr zu Jahr die gleiche wäre.

Soweit Nadelbäume in Betracht kommen, glaube ich daher nicht, daß aus MORK's Zahlen zuverlässige Angaben über die Menge des lebenden Grüns je ha abgeleitet werden können.

Anders stellt sich die Sache bei der Birke, bei der MORK für das gleiche Jahr 1940/41 einen jährlichen Laubfall in kg Trockengewicht je ha wie folgt ermittelt hat:

1268 kg für 50jährige Birke mit etwa 100 m^3 Stammasse je ha, 180 m ü. d. M.,

bzw.

768 kg für etwa 100jährige Birke mit etwa 29 m^3 Stammasse je ha, 800 m ü. d. M.,

also für Bergwald nur gut halb so viel wie im Tieflandwald. Doch muß bemerkt werden, daß beide Probeflächen nur klein sind, je 0,17 und 0,10 ha, und daß die Windschutzverhältnisse nicht berücksichtigt worden zu sein scheinen. Bekanntlich wird Birkenlaub durch den Wind weit umhergestreut, so daß nur größere zusammenhängende Bestände mit besonders günstigen Windschutzverhältnissen ein wirklich korrektes Bild ergeben können. Im übrigen aber stimmen die Beobachtungen mit denen überein, die BURGER (1941) über die

Nadelmenge der Fichte in verschiedenen Höhenlagen ü. d. M. angestellt hat.

Die Ergebnisse seiner chemischen Untersuchungen faßt MORK etwa folgendermaßen zusammen:

Baumart	Höhe ü.d.M. (m)	Alter (Jahre)	Jährl. Zuwachs (m^3 pr. ha)	Jährliche Streumenge je ha					
				Trockengewicht (kg)	Gehalt (%) an:				
					Ca	K	Ph	N	zusammen etwa
Fichte	80	40	19	3300	1,5	0,3	0,2	1,2	3,2
	180	60	9	1883	2,4	0,3	0,2	1,2	4,0
	800	140	3,9	1465	1,6	0,2	0,2	0,9	2,9
Birke	180	50	5	1876	2,1	0,3	0,2	1,1	3,7
	800	100	0,7	800	1,5	0,2	0,3	1,6	3,5
Kiefer	800	200	1,0	800	0,7	0,1	0,1	0,7	1,6

Auch eine Anzahl der Arbeiten, über die weiter oben berichtet worden ist, enthält chemische Analysen von Laub und Nadeln (KRUTSCH, EBERMAYER, ALWAY & ZON, BODMAN, KNUDSEN & MAURITZ-HANSSON), und derartige Analysen sind außerdem auch noch von andern Forschern vorgenommen worden, z. B. von WOLFF (1880), WEBER (1888), GÄUMANN (1928, 1935) usw.

Indessen sind MORK's Analysen-Ergebnisse hier angeführt worden, weil sie an einem kleinen, gut bekannten und anschaulichen Material zeigen (und zwar in Übereinstimmung mit WEBER), daß der Gehalt an anorganischen Stoffen bei der einzelnen Baumart nur wenig schwankt, daß aber gleichzeitig gewisse Unterschiede je nach der Baumart bestehen, die bisher noch nicht völlig aufgeklärt sind (z. B. Kiefer im Vergleich zu Fichte und Birke bei Hirkjölen 800 m üb. d. M.).

C. BISTRUP (1943) hat eine Reihe von »Blattformzahlen« ermittelt; er bedient sich dabei der Formel $f = \frac{A}{a \cdot b}$, in der A der Flächeninhalt, a die Länge und b die größte Breite des Blattes bezeichnet. Als die mittlere Zahl von 94 Messungen ergab sich für Buche $f = 0{,}675$; die mittlere Abweichung von

dieser mittleren Zahl betrug etwa 5 %. Zugleich ergab sich der Flächeninhalt des Buchenblattes als annähernd b^2, also das Quadrat der größten Breite. Für die Summe der 94 Blätter wies diese Bestimmung einen Fehler von unter 1 % auf. An einem Material von 10 bis 20 Blättern von jeder Baumart wurden für 10 gewöhnliche Baumarten Formzahlen zwischen 0,65 und 0,70 ermittelt.

Für Eiche wurde eine Formzahl $f = \frac{A}{a^2}$ festgestellt, wobei a wiederum die Blattlänge bedeutet. Die sich ergebende Zahl schwankte etwas, konnte jedoch für ein großes, willkürlich entnommenes Material als durchschnittlich 0,36 ermittelt werden.

Des weiteren hat Bistrup Laubfall-Bestimmungen vorgenommen und sich dabei aufgestellter Pappkasten von 50 × 50 cm bedient. Er fand für 7 Buchenbestände im Durchschnitt je m^2 Bestandesfläche eine Blattfläche von 5,52 m^2 und ein Blatt-Trockengewicht von 0,470 kg, sowie für einen 30jährigen Bestand holländischer Eiche 3,95 m^2 und 0,307 kg Trockenstoff.

Schließlich hat er die Größe des Laubfalls auch durch Stichproben bestimmt, die auf die Weise vorgenommen wurden, daß ein Pickelstock an einer beliebigen Stelle durch die zu Boden gefallene Blattschicht gesteckt wurde; die dabei durchstochenen Blätter wurden mit dem Pickelstock aufgehoben und dann gezählt. Er fand dabei im Durchschnitt von 8 Buchenbeständen 5.43 m^2 je m^2. Der Blattflächengehalt scheint nach seinen Zahlen mit dem Alter geringfügig zu steigen. Das Stechverfahren setzt voraus, daß die Blätter nicht zusammengerollt sind.

Der vorstehende Überblick über die vorliegende Literatur ist ziemlich eingehend, erstens weil es für meine weitere Behandlung des Themas wünschenswert war, und ferner weil eine grundtlegende Zusammenfassung der Versuchsresultate auf diesem noch recht neuem Gebiet bisher nicht erfolgt ist.

Die Darstellung erhebt keinen Auspruch auf absolute Vollständigkeit; andrerseits dürften Arbeiten, denen wirklich eine entscheidende Bedeutung zukommt, darin kaum vergessen worden sein. Vereinzelt wurden auch solche Versuchsresultate mitgenommen, die das Thema nur mehr peripherisch berühren.

Insgesamt hinterläßt der hier gegebene Überblick den Eindruck eines außerordentlichen Reichtums an Einzelangaben, wobei sich die Einzelheiten aber nur gelegentlich zu Bruchstücken eines Bildes zusammenfügen. Was bisher noch nicht vorgelegt wurde, ist eine Arbeit, die nach einem systematischen Gesamtplan versucht, das gegenseitige Zusammenspiel all der verschiedenen in Betracht kommenden Faktoren klarzulegen. In dieser Beziehung am weitesten haben es unzweifelhaft BOYSEN JENSEN und DETLEV MÜLLER gebracht, aber das, was sie bisher aufgestellt haben, war eine Produktionsgleichung für nur zwei mal zwei junge Bestände von Buche bzw. Esche auf ungefähr gleichem Boden. Der Einfluß des Alters und der Wachstumsbonität hat daher noch nicht festgestellt werden können, und wegen der wenigen Bestände und der Unsicherheit bei der Zuwachsbestimmung konnte auch die Wirkung des Durchforstungsgrades nicht sicher angegeben werden.

Die bisherigen Respirationsuntersuchungen (N. J. C. MÜLLER 1898, SCHMIDT 1903, SIMON 1906, BOYSEN JENSEN 1910, D. MÜLLER 1924, BOYSEN JENSEN & D. MÜLLER 1927—30, JOHANNSON 1933, PRINTZ 1937, CARL MAR:MÖLLER & D. MÜLLER 1938) zeigen in bester Übereinstimmung die Gesetzmäßigkeit, mit der die Respiration mit wachsendem Alter des Holzteiles abnimmt, und zwar in der Weise, daß die Respiration der Oberfläche ziemlich genau proportional ist. Dieses Verhältnis findet in meinen Untersuchungen wichtige Anwendung.

In mancher Beziehung stehen die gefundenen Ergebnisse scheinbar im Widerspruch zueinander, z. B. im Hinblick auf die Frage, für welche Stammklassen sich das Verhältnis des Zuwachses zum Laubgewicht am günstigsten stellt. BOYSEN JENSEN (1927, 1930) hat hier für Esche, BERTOG (1895) und BUSSE (1930) für Fichte gefunden, daß der Wert dieses Verhältnisses die Reihe der Stammklassen hinauf ständig ansteigt; dagegen hat BOYSEN JENSEN für Buche, HARTIG (1896) und BURGER (1937) für Fichte und DENGLER (1937) für Kiefer gefunden, daß der Zuwachs nur bis zu einem gewissen Optimum der Nadelmenge folgt und dann im Verhältnis zu ihr wieder abnimmt. AMILON (1925) hat für eine Altersklasse der Fichte das eine, für eine andere Altersklasse der Fichte das andere gefunden.

Wie BURGER's Untersuchungen in zwei hiebreifen Fichtenbeständen (1939) zeigen, ist es jedoch sehr wohl möglich, daß von den einzelnen Ergebnissen jedes für sich allein richtig sein kann, weil sehr viel von der Handhabung der Durchforstung abhängig sein wird. Je freier die höchsten Bäume in einem Bestande stehen, desto wahrscheinlicher ist die Abnahme der Verhältniszahl Zuwachs/Nadelgewicht, weil derartige Bäume vom Wind am meisten leiden und vermutlich eine verhältnismäßig größere passive Krone haben, ebenso wie auch ein verhältnismäßig größerer Teil des Zuwachses in die Reisigmasse geht, was besonders bei den obengenannten deutschen Untersuchungsergebnissen eine Rolle spielt, weil der Zuwachs hier immer in Derbholz angegeben ist. Schließlich wird sich auch das Verhältnis Nadelmasse/Holzmasse (und damit der relative Respirationsverlust) allmählich für alle diejenigen Bäume ungünstig gestalten, die eine zeitlang im Wachstum stark voran waren und noch zur obersten Klasse gehören, aber im Begriff stehen, ihren Vorsprung einzubüßen.

Alle Ergebnisse stimmen darin überein, daß die Verhältniszahl bei den unterdrückten Bäumen den niedrigsten Wert hat.

Im übrigen zeigt die Literatur-Übersicht, daß das Verhältnis zwischen Laubmenge und Zuwachs keinesfalls — nicht einmal innerhalb ein und derselben Baumart — konstant ist, wie man dies so oft angenommen hat. Ganz im Gegenteil scheint der Sachverhalt in diesem wie in den meisten andern Punkten äußerst kompliziert zu sein. Es ist das Ziel der vorliegenden Arbeit, durch eine systematischere Behandlung der Aufgabe zur Schaffung größerer Klarheit beizutragen.

Bevor jedoch über die vorgenommenen Untersuchungen berichtet werden kann, ist es zunächst notwendig, die wichtigste vorhandene Literatur über einige Gebiete zu besprechen, die an das Gebiet unserer eigentlichen Aufgabe angrenzen und aus denen in manchen Fällen notwendige Angaben herangezogen werden müssen.

Assimilation und Licht.

Untersuchungen von BLACKMAN (1905), LUBIMENKO (1908), BOYSEN JENSEN (1910, 1918, 1921, 1929, 1932), STÅLFELT (1921, 1924), LUNDEGÅRDH (1921) u. a. haben von den CO_2-Assimilations-Vorgängen der Bäume etwa folgendes Bild ergeben:

Bei gleichmäßig zunehmender Lichtstärke bewegt sich die Assimilation je Blattflächen- oder Blattgewichtseinheit und Stunde nicht auf einer geraden Linie, sondern vielmehr in einer aufwärts gebogenen Kurve, die für die Assimilation je Flächeneinheit bei den Schattenblättern rasch ein ungefähres Maximum (oft bei unter 10 % des vollen Lichtes) erreicht, während sie bei Lichtblättern manchmal bis zur vollen Beleuchtung ansteigt oder doch auf alle Fälle ihren ungefähren Höhepunkt bei bedeutend größeren Lichtstärken erreicht als die der Schattenblätter.

Boysen Jensen bringt (1929, 1932) Kurven für die Assimilation je Flächeneinheit der Licht- und Schattenblätter bei den Baumarten Buche, Esche und Birke.

Bei voller Beleuchtung werden ungefähr die folgenden höchsten Werde erreicht (mg CO_2 je 50 cm^2 und Stunde):

	Lichtblätter	Schattenblätter
Esche	4,9	2,1
Buche	3,2	1,2
Birke	2,4	1,8

Die Eschenlichtblätter behalten ihre Assimilationssteigerung am längsten bei zunehmendem Licht. Die Schattenblätter der Buche haben den höchsten Wert des Verhältnisses Maximalassimilation/Respiration, die Lichtblätter der Birke den niedrigsten.

Die Kompensationspunkte für die Schattenblätter von Birke, Esche und Buche sind bei etwa 400, 200 und 150 Meterlicht gefunden worden, also zwar in der erwarteten Reihenfolge, aber doch so dicht beieinander (bei ca. $^1/_2$ % der vollen Beleuchtung), daß es unmöglich ist, allein aus diesen Zahlen die erheblichen Abweichungen zu erklären, die die großen Bäume der genannten Arten in bezug auf den Lichtbedarf aufweisen. Nach Boysen Jensen (1932, S. 68) kann angenommen werden, dass die Zahlen für den jeweiligen Lichtbedarf alter Bäume ungefähr in folgendem Verhältnis zueinander stehen: Birke 20 %, Esche 13 % und Buche 8 %.

Die Erklärung für diese Unterschiede an Lichtbedarf sucht Boysen Jensen in dem verschiedenen Bau des Assimilationssystemes bei den drei Baumarten.

Die Buche ist infolge ihrer doppelreihigen Blattstellung imstande, ein sehr zusammenhängendes Blattmosaik zu bilden, das in Blattebenen angeordnet ist, von denen immer eine unter der andern liegt.

Bei Birke und Esche hingegen vermögen die verschiedenen Astsysteme sich nicht in dieser Weise zu Flächen zusammenzuschließen. Die Blätter sind viel unregelmäßiger verteilt, sie beschatten sich gegenseitig in planloser Weise, und aus unbekannten Gründen sterben die ganz kleinen Zweige auch schneller. Das Verhältnis zwischen Blattmenge und Zweig-Respiration wird daher ungünstiger. Möglicherweise wirken hier auch Unterschiede in der Respirationsstärke der Achsenorgane mit (BOYSEN JENSEN 1932, S. 69).

STÅLFELT hat (1924) die Assimilationsverhältnisse bei Fichten- und Kiefernnadeln verschiedenen Alters untersucht und dabei die folgenden Tatsachen ermittelt.

Berechnet man die *Assimilation je Gewichtseinheit*, so zeigt sich, daß sie bei 1—2jährigen Fichtennadeln und bei 1—2-jährigen Kiefernnadeln mit wachsender Lichtstärke zunimmt und ihr Maximum auch bei vollem Sonnenlicht nicht erreicht. Bei älteren Nadeljahrgängen dagegen hört die Zunahme bereits bei etwa 30 % des vollen Sonnenlichtes auf; die Assimilation bleibt dann gleichmäßig oder vermindert sich sogar. Die absolute Größe der Assimilation bei 30 % Licht ist für Schattennadeln ungefähr dieselbe wie für Sonnennadeln, geht jedoch bei Fichte nach dem 5. Jahr mit zunehmendem Alter stark zurück.

Ferner zeigt es sich, daß das Gewicht einer Nadel mit ihrem Alter zunimmt. Das Frischgewicht 6jähriger Fichtennadeln ist etwa doppelt so groß wie das von 1jährigen (u. a. auch wegen des zunehmenden Gehalts an Chlorophyll).

Eine Ergänzung des Bildes bekommt man daher, wenn man die *Assimilation je 100 Nadeln* zum Vergleich heranzieht. Nehmen wir an, daß die verschiedenen Jahrestriebe auf einem Fichtenzweig jeder mit 100 Nadeln besetzt sind, so zeigt sich, daß der 5jährige Trieb bei der am häufigsten vorkommenden Beleuchtungsstärke (etwa 30 %) fast doppelt so kräftig assimiliert wie der einjährige. Die Assimilationsfähigkeit der einzelnen Nadel nimmt während der ersten 5 Jahre unablässig zu, nachher vermindert sie sich.

Faßt man diese Ergebnisse zusammen, so erkennt man, daß Lichtempfindlichkeit und Assimilationsvermögen sich bei einer Fichtennadel mit den Jahren immer mehr in der Art einer Schattennadeln-Type verändern und daß die Nadeln gleichzeitig an Gewicht und Chlorophyllgehalt zunehmen. Ähnliches gilt auch für die Kiefernnadeln, jedoch in weit geringerem Maße.

Hinsichtlich des Verhältnisses der jeweiligen Assimilationsintensitäten bei den beiden Baumarten ist es so, daß die Kiefernnadeln die bei weitem höchsten Assimilationswerte je g Frischgewicht erreichen (vgl. BURGER 1941). Aber die Fichte macht das wieder mehr als wett dadurch, daß der größte Teil ihrer Nadeln in mehr oder minder hohem Grad dem Schattennadeln-Typus angehört, so daß die Ausnutzung von Raum und Licht durch die Fichte daher viel gründlicher wird.

Auch über den Lichtgenuß der Fichtenkronen hat STÅLFELT Untersuchungen angestellt und dabei gefunden, daß die Nadeln in der Hauptsache bei Lichtstärken arbeiten, die etwa bei 30 % des vollen Sommersonnenlichtes liegen.

Von Interesse ist ferner die Tatsache, daß der prozentuale Chlorophyllgehalt in den Assimilationsorganen der Nadelbäume nur etwa halb so groß ist wie bei Laubbäumen[1]), und zwar unzweifelhaft wegen der kräftigeren Bildung der mechanischen Gewebe und Cuticula, die ihren xeromorphen Charakter bedingen. In der Verringerung der Transpiration (zumindest der cuticularen), die in diesem Falle möglicherweise nicht von einem ebenso starken Rückgang der CO_2-Diffusion in die Nadeln hinein begleitet ist (RENNER 1910, GRADMANN 1923), glaubt der Verfasser eine Hauptursache für das größere Produktionsvermögen der Nadelbäume erblicken zu dürfen, Trotz ihres xeromorphen Charakters ist ihr Gesamtwasserverbrauch nicht niedriger als der der Laubbäume, aber das Gewicht des Laubes je ha ist bei Nadelbäumen um ein Mehrfaches größer als bei den Laubhölzern (vegl. BURGER 1939, 1940), und folglich ist auch der Chlorophyllgehalt bedeutend größer.

Des weiteren meint er, daß der verhältnismäßig geringe

---

[1]) STÅLFELT stützt sich hier (1924, S. 224) auf eine von WILLSTÄTTER und STOLL (1918) stammende Liste über den Chlorophyllgehalt in 10 g Blättern (Frischgewicht), aus denen folgende Zahlen herausgegriffen sind: *Acer pseudoplatanus* 40, *Tilia cordata* 28, *Quercus robur* 25, *Acer negundo* 25, *Aesculus hippocastanum* 25, *Populus pyramidalis* 19, *Ulmus* 16, *Pinus silvatica* 11—18, Mittelzahl 15, *Picea exelsa* 9—12, Mittelzahl 11.

Chlorophyllgehalt eine Ursache auch dafür ist, daß die Assimilationskurve für Sonnennadeln ihre Aufwärtsbewegung selbst bei den höchsten Lichtstärken noch fortsetzt. Die Leistungsfähigkeit der Photosynthese beruht nämlich u. a. auf der vom Blatt absorbierten Energie, und die Energie-Absorbtion wiederum hängt von der Chlorophyllmenge einerseits und der Lichtmenge andrerseits ab. Bei geringerem Chlorophyllgehalt ist daher mehr Licht erforderlich, damit die Produktion einen bestimmten Wert erreichen kann.

Iwanoff und Kossowitsch (1929) haben die Assimilation und die Gewichtszunahme teils bei Lichtnadeln und teils bei ausgesprochenen Schattennadeln der Absterbezone untersucht und u. a. folgendes gefunden:

Bei dem Beleuchtungsgrad der Absterbezone ($4^0/_0$) zeigen die Schattennadeln sowohl je Gewicht als auch je Flächeneinheit die größere Assimilation.

Bei diffusem Licht von wolkigem Himmel assimilieren die Schattennadeln je Gewichtseinheit ebenfalls noch stärker als die Lichtnadeln, während sie je Oberflächeneinheit mit ihnen gleichstehen.

Im vollen Sonnenlicht assimilieren die Lichtnadeln sowohl je Gewicht als auch je Flächeninhalt stärker.

Während die Lichtnadeln normalerweise beinahe den ganzen Tag arbeiten, tun die Schattennadeln dies nur eine kurzere Zeit mitten am Tage. In der Zeit vom Juni bis zum August weisen die Lichtnadeln eine Zunahme, die Schattennadeln dagegen eine Abnahme des Trockengewichts auf.

Ålvik (1939) hat die Kohlensäurereaktionen (Assimilation und Atmung) bei $^1/_2$—1jährigen Pflanzen von *Picea abies (Li) Karst* und *Pinus silvestris (Li)*, die in Glaskolben mit etwas verdünntem Bikarbonat eingeschlossen waren, untersucht. Durch Messen des p_H in der Auflösung konnten die Reaktionen bestimmt werden. Bei den Versuchen wurden die Temperatur und die Lichtstärke gemessen. Er fand u. a. (bei Bergen), »daß die Fichte (und Kiefer) in der eigentlichen Winterzeit bei 0^0—9^0 Mitteltemperatur eine positive Tag-und-Nacht-Bilanz von 2500—3000 Luxstunden je Tag ergibt«, und daß in den elf wärmsten Monaten des Jahres »abgesehen von einzelnen

dunklen Tagen immer genügend Licht vorhanden zu sein scheint, um den Nadelbäumen eine positive Assimilationsbilanz sichern zu können«. Er hebt den Vorteil hervor, in dem sich die Nadelbäume hierdurch gegenüber den Laubbäumen befinden.

Andere zum Thema gehörige Untersuchungen.

Eine Arbeit von GÄUMANN (1935) muß hier allein schon wegen ihres Titels (»Der Stoffhaushalt der Buche im Laufe eines Jahres«) besprochen werden.

Der genannte Verfasser hat den Stoffhaushalt der Buche genau untersucht; er benutzte dabei 33 Probebäume aus einem 110jährigen, 35 m hohen Buchenbestand im Sihlwald bei Zürich, von denen je 2 und 2 in gleichmäßigen Zeitabständen während des Jahres 1933 gefällt wurden. Die Probebäume waren herrschende oder mitherrschende, soweit möglich gleichartige und gleichaltrige, schöne Bäume mit glatter Rinde und 18—20 m Schafthöhe, Die meisten Stämme hatten Rotkern von der Krone abwärts bis zu etwa 4—5 m Höhe.

An einer der 33 Buchen wurden das Blattgewicht, die Blattfläche und das Blattvolumen bestimmt, doch ist es nicht möglich gewesen, die Zahlen auf den ha Bestandesareal umzurechnen.

Im übrigen berichtet die Arbeit hauptsächlich über die Bewegungen der Stoffe im Bauminnern, z. B. über den Stofftransport nach und von den Blättern, über den Gehalt an Wasser, Kohlenhydraten, Fettstoffen, Rohproteïn, Mineralstoffen u. a. m. in den verschiedenen Teilen des Baumes zu den verschiedenen Jahreszeiten usw. Eine Produktionsgleichung im Sinne BOYSEN JENSEN's ist nicht aufgestellt worden, und eine Umrechnung der Zahlen auf den ha ist auch hier nicht möglich.

Von besonderem Interesse für die vorliegende Untersuchung ist der Nachweis, daß das Dickenwachstum des Stammes mindestens zu $^3/_4$ von dem recht beträchtlichen Reservevorrat des Stammes bestritten wird, während höchstens $^1/_4$ unmittelbar aus der Krone kommt. Bei der gesamten Vegetationstätigkeit im Laufe eines Jahres: Belaubung, Höhenzuwachs, Dickenwachstum, Wurzelwachstum wurden von den (rund) 87 kg Kohlenhydrat- und Hemizellulose-Reserven (rund) 26 kg verbraucht, also $^1/_3$ bis $^1/_4$. Die übrigen $^2/_3$—$^3/_4$ blieben von dem

jährlichen Vegetationsrhythmus offenbar unberührt. Dadurch erklärt es sich, warum in einem Katastrophenjahr die Buche noch zweimal ausschlagen kann — (im Gegensatz zur Fichte, die in der Zeit ihres Ausschlagens so gut wie ihren ganzen Reservevorrat verbraucht).

Während der Stamm am reichsten an Kohlenhydraten und Stickstoffverbindungen ist, sind es die Zweige und Reiser bekanntlich an Mineralstoff.

Von Interesse ist ferner der vom Verfasser festgestellte Rückgang des Blatt-Trockengewichts unmittelbar vor dem Laubfall (vom Oktober bis November-Dezember) um etwa 20 % (Fig. 7, S. 198). Daß zu diesem Zeitpunkt gewisse Stoffe den Blättern entzogen werden und andere sich ablagern, ist allgemein bekannt, aber der vom Verfasser dafür angegebene Zahlenwert überrascht durch seine Größe.

Fläche und Volumen des einzelnen Blattes werden nach GAÜMANN's Beobachtungen beim Laubfall nicht geändert (l. c. S. 173, 198).

II.

PROGRAMM DER EIGENEN UNTERSUCHUNGEN.

In meiner 1930 der Carlsberg-Stiftung übersandten Eingabe war folgendes Arbeitsprogramm entworfen worden:

»1. **Blattfläche und Blattgewicht der Bestände im Verhältnis zu verschiedenen Faktoren.**

A. *Aus einer Reihe von Wachstums-Bonitäten der Buche* (die Bonität bezeichnet durch das Verhältnis zwischen Alter und Höhe) werden für eine jede derselben drei Jahre hintereinander Untersuchungen in einer Anzahl von Beständen vorgenommen; die Bestände sollen nach Möglichkeit gleichaltrig, einander benachbart und gleich stark durchforstet sein.

Die Untersuchung umfaßt in jedem Jahre die Ermittlung der Blattfläche und des Blattgewichts sowie ferner auch die Bestimmung der Stammgrundfläche. Im letzten Jahre wird außerdem die Höhe und bei einer Anzahl gefällter Probebäume der durchschnittliche Höhenzuwachs der einzelnen Jahre gemessen.

Die solcherart ausgeführten Blattflächen- und Massenzuwachs-Bestimmungen werden mit meteorologischen Beobachtungen aus den drei Untersuchungsjahren und dem ihnen vorhergegangenen letzten Jahr verglichen, um dadurch möglicherweise über folgende Fragen Aufklärung zu schaffen:

In welcher Weise verändert sich:

die Blattfläche zugleich mit der Bonität?
der Massenzuwachs zugleich mit der Bonität?
die Blattfläche zugleich mit dem Klima (desselben und des vorhergehenden Jahres)?
der Massenzuwachs zugleich mit dem Klima in den einzelnen Jahren?
der Massenzuwachs zugleich mit der Blattfläche in den einzelnen Jahren?

Zeigt das Verhältnis Blattfläche/Massenzuwachs sich als von Bonität zu Bonität verschieden, so ist dies von weittragender Bedeutung teils für das Verständnis der Holzmassenproduktionsgleichung einer Baumart unter verschieden guten Wachstumsbedingungen (denn es wird ja dann ein verschieden hoher Anteil der gesamten Stoffproduktion auf den Aufbau der Holzmasse verwendet), teils zur Erklärung gewisser Verschiedenheiten in bezug auf Verwesung und Wiederverwertung des zur Erde zurückkehrenden Abfalls (verschiedenes Verhältnis zwischen Blättern und Reisig im Abfall, verschieden großer Blattfall in Verhältnis zur Aufnahme- und Verarbeitungsfähigkeit des Bodens).

Umgekehrt ist es auch möglich, daß man (getrennt für jede einzelne Bonität oder auch für alle Bonitäten gemeinsam) ein einfaches gesetzmäßiges Abhängigkeitsverhältnis zwischen Klima, Blattfläche und Zuwachs ermittelt, ebenso wie vielleicht noch andre wichtige Schlußfolgerungen bezüglich der Abhängigkeit des Zuwachses von der Blattfläche gezogen werden können.

B. *Für 2 Reihen von Buchenbeständen von annähernd gleicher Altersklasse, Bonität und Belegenheit* (z. B. die Reviere Sorö 1 und 2), *aber ungleich dadurch, dass die eine Reihe stark, die andere schwach durchforstet ist,* werden ähnliche Untersuchungen angestellt, wodurch der Einfluß des Durchforstungsgrades auf Blattfläche, Blattgewicht und Zuwachs aufgeklärt wird.

C. *In einer Reihe von Buchenbeständen verschiedenen Alters,* aber aus dem gleichen Walde, der sowohl in bezug auf den Durchforstungsgrad wie auf die Bonität gleichmäßig sein muß, werden im Laufe eines bestimmten Jahres *Blattflächenbestimmungen* vorgenommen und dadurch der Einfluß des Alters auf die Blattfläche ermittelt. Der Einfluß des Alters auf den Massenzuwachs ist schon im voraus durch Ertragstafeln bekannt.

D. Für *eine Reihe anderer Baumarten* werden orientierende Blattflächenbestimmungen in solchen Beständen vorgenommen, deren Wachstumsbonitäten den bei

den Buchen-Untersuchungen zugrundeliegenden entsprechen. Da die Holzmassenproduktion dieser Baumarten im Verhältnis zu derjenigen der Buche bekannt ist, so können die Ergebnisse möglicherweise neue Hinweise darüber geben, welche Umstände es eigentlich sind, die das Produktionsvermögen einer Baumart bedingen.

2. **Der Respirationsverlust**
in verschieden belegenen Teilen von jüngeren und älteren Stämmen der Buche und der Eiche wird gemessen, um solcherart u. a. festzustellen, wieweit der Atmungsverlust eines Bestandes a) in einem einfachen Verhältnis zu seiner Holzmasse steht, oder b) wie ich annehme, eher eine Funktion der Höhe ist, oder c) sich auf eine noch andre Weise verhält.

Diese Frage wird im Zusammenhang mit den Blattflächenbestimmungen von Bedeutung für die Aufhellung der Abhängigkeit des Zuwachses vom Alter und eventuell auch vom Durchforstungsgrad sein.

3. **Der Astverlust**
darf als bereits hinlänglich aufgeklärt angesehen werden, und zwar durch ein bisher noch nicht veröffentlichtes Material, dessen Hauptergebnis in einem auf der 18. skandinavischen Naturforschertagung 1929 gehaltenen Vortrag mitgeteilt wurde. Etwaige ergänzende Untersuchungen werden in geboten erscheinendem Umfang angestellt.

4. **Die Zersetzung des Abfalls auf dem Erdboden.**
Es wird versucht zu beleuchten, in welcher Weise der je nach den verschiedenen Durchforstungsgraden verschiedene Zugang von Licht und Wasser zum Erdboden den letzteren beeinflußt, weil Wahrscheinlichkeit dafür besteht, daß ein derartiger Einfluß durch geänderte Vorgänge bei der Zersetzung auf dem Erdboden wiederum auf den Bestand, seinen Zuwachs und seine Blattfläche zurückwirkt.

In welchem Umfange diese Untersuchungen vorgenommen werden können, wird von den Mitteln abhängen, die

nach Abschluß der unter 1 und 2 aufgeführten Untersuchungen noch übrig sein werden.

Aus diesem Grunde ist für diesen Punkt kein näheres Arbeitsprogramm aufgestellt worden. Vielleicht wird man sich auf Registrierung und nachheriges Vergleichen von Bodenflora und Zersetzungsgeschwindigkeit an den untersuchten Standorten beschränken müssen«.

Es wurde versucht, das solcherart skizzierte Arbeitsprogramm so weit wie möglich durchzuführen. Wie jedoch aus dem folgenden ersichtlich, stellte sich der Durchführung oft die Schwierigkeit in den Weg, daß genügend geeignetes Material nicht zu beschaffen war, so daß verschiedene Veränderungen und Abkürzungen nötig wurden, ohne daß dies jedoch eine irgendwie entscheidende Bedeutung für die Untersuchungen gehabt hat. In einzelnen Punkten haben auch die zur Verfügung stehenden Mittel nicht ausgereicht.

So haben beispielsweise die unter 4) genannten Untersuchungen über die Zersetzung des Abfalls auf dem Erdboden sich auf ins einzelne gehende Aufzeichnungen über den Bodenzustand 1931 auf den Versuchsarealen beschränken müssen, wozu gleichzeitig kam eine Analyse des Zersetzungsgrades in 10 von Oberforstmeister MOLDENHAWER und dem Verfasser gemeinsam ausgewählten Beständen auf Gut Frijsenborg (10 genau abgemessene Bodenlöcher in jedem Bestand, Flora-Karte, Erdproben von allen Löchern usw.). Es bestand die Absicht, diese Analyse nach Verlauf von 10 Jahren zu wiederholen, um solcherart die etwaige Auswirkung der starken Durchforstung festzustellen, doch hat diese Arbeit aus wirtschaftlichen Ursachen bis auf weiteres vertagt werden müssen.

III.

EIGENE BLATTMENGEN-UNTERSUCHUNGEN BEI DER BUCHE.

A. Die Beobachtungen.

Das Material.

Wie sich herausstellte, war es mit ziemlich großen Schwierigkeiten verbunden, genügend gute und große Serien zu finden, die den Anforderungen der Programmpunkte 1 A, B und C genau entsprachen.

Die Messung des Blattfalles kann, wie man sich vor Augen halten muß, nur dann zuverlässig sein, wenn sie unbeeinflußt bleibt von Randwirkungen wie z. B. Zugluft, Nähe eines Bestandes von andrer Altersstufe, Durchforstung oder Baumart. Zur Erfüllung dieser Bedingung müssen ziemlich große Waldflächen ausfindig gemacht werden, die sehr geschützt belegen und völlig gleichartig sind, und es zeigte sich, daß derartige Areale in unsern Wäldern verhältnismäßig selten sind. Beispielsweise habe ich bei einer Messung im Revier Nödebo (Abt. 36, 37, 38) festgestellt, daß die Windwirkung vom Westsaum eines älteren Bestandes sich bis über 600 m in den Bestand hinein erstreckt und in Gestalt einer gleichmäßig zunehmenden Blattlagerung je m^2 abgelesen werden kann. Aus diesem Grunde mußte Abteilung 37 als Untersuchungsfläche aufgegeben werden, obwohl sich westlich von ihr älterer Wald in einer Tiefe von 300 m befand. Die bei unsern Forstwirtschaftsplänen seit über einem halben Jahrhundert angestrebte sprunghafte Schlagform (»Schachbrettschlag«) hat in die Windschutzverhältnisse unsres Waldes zweifellos eine gewisse Unruhe gebracht, die in dieser Weise bei dem alten Periodenflächen-System nicht vorhanden war.

Von den in der Einleitung besprochenen Untersuchungen von 1925 her waren mir alle mit der Auswahl des Unter-

suchungsmaterials zusammenhängenden Fragen gut bekannt. Auch hatte ich sämtliche bei dieser Untersuchung sowohl im Freien als auch im Laboratorium vorkommenden Arbeiten eigenhändig ausgeführt.

Das Einsammeln von Blattproben hatte mir einen guten Einblick in die Verschiedenheiten des Blattfalles sowie in dessen Beeinflußbarkeit durch die Umgebung verschafft, und ich nutzte meine Erfahrung dadurch aus, daß ich auf einer Anzahl Reisen in verschiedenen Teilen des Landes so viele Untersuchungsobjekte wie möglich musterte und unter diesen die geeignetsten auswählte.

Als Resultat ergab sich die nachstehend aufgeführte Reihe von Objekten, mit denen die Untersuchung im Herbst 1930 eingeleitet wurde:

zu 1 A. 10 Bestände im *Revier Nödebo*, nördlich von Hilleröd. Diese Bestände erfüllten die Forderung nach weitgehender Verschiedenheit der Wachstumsbonität, gegenseitiger Nähe und gleichem Durchforstungsgrad, dagegen war es nicht möglich, die genügende Anzahl von gleichaltrigen Beständen ausfindig zu machen. Diesem Mangel würde jedoch eine größere Bedeutung dann nicht zukommen, wenn die Ergebnisse aus dem früheren Material (lt. Vortrag 1929) sich bestätigten, denn der Einfluß des Alters auf die Blattmenge sollte in diesem Falle ja nur gering sein.

zu 1 B. 17 Bestände im *Revier Sorö 2*, die über 20 Jahre lang von Forstmeister *H. Mundt* mit sehr starker Durchforstung behandelt worden waren. Die Altersstufen ganz überwiegend 50—60 Jahre.

9 Bestände im *Revier Sorö 1*, die über 30 Jahre lang von Forstmeister *Ammitzböl* mit sehr schwacher Durchforstung behandelt worden waren. Hiervon 6 Bestände etwa 50 und 3 etwa 120 Jahre alt.

5 Bestände des *Gutes Store Frederikslund* bei Sorö, viele Jahrzehnte hindurch mit ungewöhnlich schwacher Durchforstung behandelt. Hiervon 3 Bestände 40—50 und 2 Bestände 70—80 Jahre alt.

13 Bestände des *Gutes Frijsenborg* in der Gegend von Hammel, Mittel-Jütland, in bis zu 40 Jahren von Oberforstmeister *E. Moldenhawer* oder Forstmeister *H. H. Bülmann* mit sehr starker Durchforstung behandelt. Hiervon 8 Bestände von 30—50 und 5 von 80—110 Jahren.

1 Bestand im *Hvorupgaard-Wald* nördlich von Skanderborg, viele Jahrzehnte hindurch sehr schwach durchforstet.

1 Bestand des *Gutes Matrup* westlich von Horsens, viele Jahrzehnte hindurch mit ungewöhnlich schwacher Durchforstung behandelt.

1 Bestand im *Hemstok-Wald* nordwestlich von Skanderborg, während vieler Jahrzehnte sehr schwach durchforstet.

Die drei Bestandesgruppen in der unmittelbaren Nachbarschaft von Sorö wachsen unter ziemlich gleichartigen Klima- und Bodenverhältnissen, wie diese für Mittel-Seeland typisch sind. Leider ist es nicht möglich gewesen, auch noch in einem andern Landesteil ein ebenso großes, zur Feststellung des Einflusses des Durchforstungsgrades geeignetes Material ausfindig zu machen. Auf Fünen und Laaland-Falster konnte ich in keinem der größeren Reviere einen derartig großen Unterschied zwischen der stärksten und der schwächsten Durchforstung finden. Was Jütland anbelangt, so erwies sich dies ebenfalls als unmöglich, aber zum Teil waren die Naturverhältnisse anders als die seeländischen, und andernteils kannte ich mich in den Frijsenborg-Wäldern gut aus, besonders in deren nördlichem Teil, wo Oberforstmeister MOLDENHAWER eine Reihe von Jahren hindurch eine Durchforstung betrieben hatte, die nicht nur durch rasche Stammzahlabwicklung gekennzeichnet war, sondern namentlich auch durch kurze Zeitabstände zwischen den Schlägen. Diese Durchforstungsart hatte sogar außerhalb der Landesgrenzen Interesse erregt und wurde auch von dänischen Forst-Fachleuten eifrig diskutiert.

Als Vergleichsobjekte mit dieser starken Durchforstung konnten in wenigstens einigermaßen benachbarter Gegend trotz eifrigsten Suchens nur 3 zerstreut liegende Standorte mit wirklich ausgeprägt schwacher Durchforstung gefunden werden (Matrup, Hvorupgaard und Hemstok), und weiter war die Auswahl an diesen drei Standorten nicht groß.

Die 3 schwach durchforsteten jütischen Beobachtungsbestände waren in bezug auf das Klima mit denen des Gutes Frijsenborg völlig vergleichbar; im Hinblick auf die Bodenbeschaffenheit waren sie einigermaßen vergleichbar. Aber der eine der 3 Standorte (Hvorupgaard) mußte bald aufgegeben werden, weil er unruhigen Laubfall aufwies, was auf den allzu geringen Umfang des Waldes zurückzuführen war.

zu 1 C. 10 Bestände im *Revier Vemmetofte* bei Fakse.

Die Bonitäten der einzelnen Bestände lagen unmittelbar nebeneinander, auch waren die Bestände längere Zeit hindurch in ungefähr gleicher Weise durchforstet worden. Die Altersstufen waren sehr verschieden.

Statt nur in einem einzigen Jahre, wie im Programm vorgesehen, wurde die Blattflächenbestimmung für diese Gruppe in 2 Jahren vorgenommen, und zwar in dem ersten und in dem letzten derjenigen 3 aufeinander folgenden Jahre, in denen die Blattflächenbestimmungen in den unter 1 A und 1 B genannten Beständen erfolgte. Es wurde für erforderlich angesehen, die Sicherheit der Beobachtungen unter 1 C in dieser Weise zu erhöhen.

Die Karte (Fig. 2) zeigt die Belegenheit der verschiedenen genannten Standorte.

Abgrenzung der Beobachtungsflächen.

Auf Grund früher durchgeführter Beobachtungen an Einzelexemplaren anderer Baumarten (Eiche, Esche, Ahorn, Birke), die in isolierter Stellung beigemischt in Buchenwäldern wuchsen, konnte festgestellt werden, wie weit das Laub von dem einzelnen Baum umhergestreut wird, wenn es unter solchen Verhältnissen abfällt, die denen des Untersuchungsmaterials entsprechen, d. h. also in geschützter Lage.

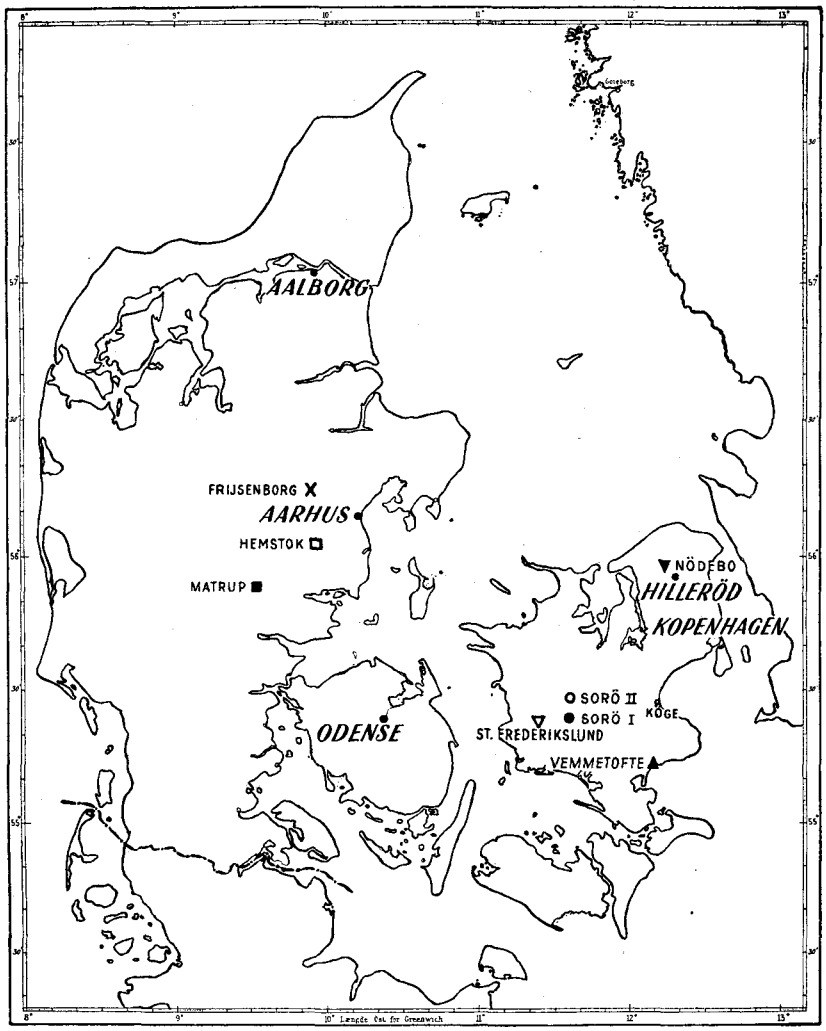


Fig. 2. Standorte der untersuchten Buchenbestände auf der Karte von Dänemark markiert. Dieselben Standort-Signaturen werden später in den graphischen Darstellungen verwendet werden.

Es hatte sich heraus gestellt, daß wenn man den Eindruck eines ruhig erfolgten Laubfalles hatte, die Entfernung des am Boden verstreuten Laubes höchstens nur das $1^1/_2$ fache der Höhe des betreffenden Baumes betrug, in der Regel weniger. In jüngeren Beständen, die sich über den Waldwegen noch nicht geschlossen hatten, war es z. B. durchaus das übliche,

daß man nach dem Laubfall die grasbewachsenen Waldwege nahezu frei von neugefallenen Blättern fand, wohingegen das Laub dicht und gleichmäßig lag, sobald man unter das Kronendach des jungen Bestandes kam.

In denjenigen Fällen, in denen die Ausbreitung die oben erwähnte $1^1/_2$fache Baumhöhe erreichte, war dies gewöhnlich nur auf der windabgekehrten Seite des betreffenden Baumes der Fall. Meistens bildete die Fläche, auf der die Blätter verstreut waren, ungefähr eine Ellipse, deren große Achse annähernd in ost-westlicher Richtung verlief und in deren westlichem Brennpunkt der Baum stand.

Von früher ausgeführten Untersuchungen her hatte ich ferner gute Übung in dem Erkennen derjenigen Anzeichen, die gleich bei der ersten Besichtigung eines Areals noch vor dem Laubabwurf zu der Erwartung eines ruhigen Laubfalles berechtigen. Ich denke hierbei nicht an die örtliche Lage des Bestandes im Verhältnis zu andern, evtl. Windschutz gewährenden Beständen u. dgl., welche Tatbestände einem ja sozusagen in die Augen springen, sondern das, was ich meine, sind solche Umstände, die sich erst bei näherer Inaugenscheinnahme des Areals selber hinsichtlich der typischen Luftbewegungen auf dem betreffenden Waldboden zeigen können und die sich keineswegs immer aus dem Gelände und der Umgebung erschließen lassen.

Wenn Reisig auf dem Boden viel Laub aus dem vergangenen Jahr dicht aufgehäuft hat, so ist das ein Unruhezeichen. Noch mehr ist dies der Fall, wenn um den Stamm herum kahle Stellen bleiben, gewöhnlich die meisten davon nach Osten zu. Das ist ein deutliches Zeichen dafür, daß Zugluft über den Boden hin gestrichen ist, wodurch die Bäume eine Art Kielwasserspur in dem abgelagerten Laub hervorrufen, welches im übrigen sehr gut in recht gleichmäßiger und auch sonst vertrauenerweckender Weise über den übrigen Waldboden hin abgelagert sein kann.

Bei der Auswahl der Beobachtungsflächen stützte ich mich so gut wie möglich auf die erwähnten Erfahrungen und sorgte dafür, die Bestände immer so groß zu bekommen, daß es in ihrer Mitte Flächen gab, von denen mit größtmöglicher Wahrscheinlichkeit angenommen werden konnte, daß sie in Bezug auf den Laubfall von Rand- und Nachbarschaftseinflüssen frei

waren und daß ferner ihre Ausdehnung groß genug war, um auf ihnen eine Blattfallmessung auf am besten nicht weniger als 10 einzelnen Quadratmetern zu ermöglichen, welch letztere so verteilt sein sollten, daß sie durch gute Abstände — am besten in der gleichen Größenordnung wie die Baumhöhe — voneinander getrennt waren, so daß das Ergebnis typisch für den ganzen betreffenden Bestand werden konnte, nicht aber vorwiegend von einigen wenigen Bäumen bestimmt war. In vielen Fällen, besonders im Revier Sorö 2 und auf dem Gut Frijsenborg, waren die ausgewählten Bestände die festen Vermessungsflächen des Reviers, so daß sie also ohnehin schon seitens der Revierleitung von einer Durchforstung zur andern mittels Messungen beobachtet wurden. Wenn dies der Fall war, so wurde nicht immer ein inneres, »von Nebeneinflüssen freies« Kernareal für die Blattflächenmessung abgegrenzt, und benutzt, denn es war in vielen derartigen Fällen (z. B. überall auf dem Gut Frijsenborg) möglich, sich ausschließlich an die Bestandesaufnahme des Reviers zu halten, was ja billiger und — infolge der häufig vorangegangenen wiederholten Vermessung — in mancher Beziehung auch sicherer war. Natürlich wurden doch dann die Auffangeplatten für das Laub (vgl. S. 97) nur in genügend geschützten Lagen angebracht. In einigen Fällen (besonders in Sorö 2) stützten wir uns teils auf die Vermessungen des Reviers, teils auf eigene Probeflächen im Inneren der Bestände. Wo dies der Fall war, erfolgte die Blättereinsammlung nur auf den Probeflächen.

In allen andern Fällen wurde von uns im Kernareal eine Probefläche abgesteckt, die groß genug war, um der Blattflächenvermessung reichlichen Raum zu gewähren. Die Eckpunkte der Probefläche wurden durch einen Pfahl und kurze Richtungsgräben markiert, sowie durch einen mit Ölfarbe gemalten gelben Ring um den nächsten Hauptbaum; später wurde der Flächeninhalt durch Vermessung mit dem Stahlband festgestellt.

Allgemeine Bestandesaufnahme.

Die allgemeine Bestandesaufnahme wurde auf unsern Probeflächen erstmalig im September 1930 vor dem Laubfall und zugleich mit der Vorbereitung für die Blattfallmessung vorgenommen. Die Bestände wurden in 1,3 m Höhe mit einer guten Kluppe (Escher) kreuzweise gekluppt; die Ablesung erfolgte in

ganzen cm, bei jungen Beständen unter ca. 15 cm mittlerem Durchmesser jedoch in halben cm. Der kleinste Durchmesser, der noch berücksichtigt wurde, war 3 cm. Dem Forstkandidaten wurde streng eingeschärft, sowohl die Kluppe als auch den Kluppenführer genau zu kontrollieren. Beigemischte Baumarten wurden getrennt behandelt, ebenso auch jede ausgeprägte unterste Etage (Kronenschicht). Die Höhenmessung erfolgte bei dieser Gelegenheit nur an 3 Bäumen mit etwa dem mittleren Durchmesser und so nahe wie möglich der Durchschnittshöhe der obersten Etage.

Im zweiten Herbst und Winter der dreijährigen Beobachtungsperiode, also vom Herbst 1931 bis zum Frühjahr 1932, wurde die Bestandesaufnahme nur auf denjenigen Probeflächen vorgenommen, auf denen eine Durchforstung stattfand; das Verfahren dabei war oben geschildert.

Im Herbst 1932, vor dem Hieb, wurde wieder eine Bestandesaufnahme der Probeflächen vorgenommen, ebenfalls nach dem gleichen Verfahren, jedoch mit folgenden Abweichungen:

Überall wurde diesmal eine eingehendere *Höhenmessung* vorgenommen. Auf Seeland wurde Kleins Höhenmesser benutzt, und zwar in der Weise, daß gewöhnlich mindestens 10 Höhen (jede bei 2 diametral entgegengesetzten Aufstellungen) von typischen Bäumen gemessen wurden; zugleich wurden auch die Durchmesser dieser Bäume notiert. Wo beim Kluppieren eine unterste Etage gesondert gehalten worden war, wurde auch für diese eine Anzahl Höhen mit den dazugehörigen Durchmessern bestimmt. Auf dem Gut Frijsenborg sowie in Hemstok und Matrup wurde bei einer Anzahl von gewöhnlich etwa 40 Bäumen je Bestand der Faustmann'sche Höhenmesser benutzt und gleichzeitig der Durchmesser notiert. Auf diese Weise wurde es möglich, mit größerer Sicherheit, durch Anlegung einer graphischen Darstellung, eine dem Durchmesser der mittleren Stammgrundfläche entsprechende Höhe festzulegen (und, wo 2 Etagen vorhanden, für jede gesondert).

In verschiedenen Revieren ist während der Jahre 1930—32 gelegentlich die an stehenden Bäumen erfolgte Höhenmessung durch Nachmessen an Bäumen überprüft worden, die während der Hauung gefällt waren.

Formzahlbestimmungen sind in keinem der Jahre vorgenommen worden.

Revier-Vermessungsabteilungen. Wie oben erwähnt, stützten wir uns bei einem Teil der Bestände auf die dauernden Vermessungen, die die Revierverwaltungen dort vornahmen (besonders auf dem Gut Frijsenborg und im Revier Sorö 2). Diese Vermessungen erfolgten gewöhnlich durch Einzel-Kluppieren in ganzen cm. Im Revier Sorö 2 waren bei den Grundflächenaufnahmen von seiten der Revierverwaltung nur Bäume mit mehr als 18 cm Durchmesser erfaßt worden, und wir haben infolgedessen im Herbst 1930 in einem gewissen Umfang ergänzende Kluppierungen (und auch Höhenmessungen) vornehmen müssen, z. B. häufig von der Unteretage, die gewöhnlich an Probestreifen oder Probeflächen taxiert wurde. Die auf diese Weise gewonnenen Zahlen glaubten wir mit hinlänglicher Annäherung auch für die zwei letzten Jahre der dreijährigen Untersuchungsperiode gelten lassen zu dürfen.

Die Höhenmessung von seiten der Revierverwaltung ist auf dem Gut Frijsenborg an einer großen Anzahl stehender Bäume ausgeführt worden und konnte mit entsprechenden Messungen aus mehreren vorangegangenen Forstjahren verglichen werden. Nichtsdestoweniger ist die gleiche, oben unter »Allgemeine Bestandesaufnahme« besprochene, genaue Höhenmessung im Herbst 1932 auch in allen Vermessungsabteilungen des Reviers durchgeführt worden.

Im Revier Sorö 2 ist die Höhenmessung von seiten der Revierverwaltung stets an großen, bei der Durchforstung gefällten Bäumen erfolgt und zugleich auch deren Durchmesser notiert worden, wodurch es möglich wurde, die dem Durchmesser der mittleren Stammgrundfläche entsprechende mittlere Höhe eines Bestandes in angemessen erscheinender Weise anzusetzen. Aus Sicherheitsgründen haben wir jedoch im Herbst 1932 auf den von uns benutzten Revier-Vermessungsabteilungen die gleiche sehr vollständige Höhenmessung vorgenommen, die wir zur selben Zeit auf den Probeflächen durchführten (siehe oben).

Beschreibung.

Für alle Untersuchungsbestände wurde im Herbst 1930 eine Bodenbeschreibung angefertigt. Diese hatte zu umfassen: die Kräuterflora, die Zersetzung (ausgedrückt durch die Jahrgangs-Anzahl der Laubdecke) sowie eine Beschreibung mit dem Ziele eines »Durchschnittsprofils« mittels mehrerer schnell ge-

grabener, über die ganze Fläche verteilter Löcher. Da diese Arbeit im Herbst durchgeführt wurde, machte die Anfertigung einer wirklich vollständigen Flora-Beschreibung Schwierigkeiten. Namentlich Anemonen gibt es zu diesem Zeitpunkt nur wenig. Die Flora-Beschreibungen haben deshalb zum Teil bei späteren Besuchen zu andern Jahreszeiten vervollständigt werden müssen.

Gelände-Beschreibung wurde nur dort verlangt, wo im Hinblick auf die Blattflächen-Ermittlung besondere Unregelmäßigkeiten von Interesse waren.

Da die Beschreibungen von mehreren Personen ausgearbeitet worden sind, so konnten sie in ihrer Form nicht ganz einheitlich ausfallen, erfüllen aber trotzdem wohl ihren Zweck, der ja nur darin bestand, einen mehr summarischen Überblick über den Charakter der Standorte zu geben.

Altersbestimmung.

Bei einem Teil der jüngeren Bestände konnte das Alter auf Grund der Buchführung und des Archivmaterials mit großer Sicherheit von der Revierverwaltung angegeben werden. In einigen Fällen dagegen war die Altersangabe seitens der Revierverwaltung weniger sicher, besonders in bezug auf die älteren Bestände. Wo ein wenigstens noch einigermaßen frischer Hieb dies ermöglichte, ist deshalb eine Zählung an den Baumstöcken vorgenommen worden; das Ergebnis einer solchen Zählung konnte in vielen Fällen durch die sicheren Angaben der Revierverwaltung zufriedenstellend nachgeprüft werden und hat daher, wo die Altersangabe seitens der Revierverwaltung unsicher oder nur eine ungefähre war, die Grundlage für die Altersansetzung gebildet. Grundsätzlich sollte die Zählung ebenso viele Baumstöcke umfassen, wie bei einer guten Höhenbestimmung Höhen gemessen werden, indessen sind in vielen Fällen nur 5—10 Stöcke je Probefläche oder Bestand gezählt worden. Der oberste Durchmesser der Stöcke ist zwecks Vergleichs mit dem mittleren Durchmesser des Bestandes vermerkt worden. Im Meßbuch wurde die direkt gezählte Anzahl Jahrringe angegeben, und gleichzeitig wurde auch die Stockhöhe vermerkt, um bei der späteren Festsetzung des für die Altersbestimmung je nach der verschiedenen Stockhöhe notwendigen Zuschlags zur Anzahl der Jahrringe als Anhaltspunkt zu dienen.

Durchmesser- und Stammgrundflächenzuwachsbestimmung durch Bohrung.

Bei den Bestandesaufnahmen anläßlich der Durchforstungen im Winter 1931/32 stellte sich heraus, daß der für die Zeit nach der Messung im Vorjahre errechnete Stammgrundflächenzuwachs in einigen Fällen eine negative Größe war. Dies gab Anlaß zu einer kritischen Behandlung des gesamten Problems der Zuwachsbestimmung.

Nach der ursprünglichen Absicht sollte der Massenzuwachs durch Feststellung der Differenz zwischen der bei der letzten und der bei der ersten Messung gefundenen Masse ermittelt werden, oder — im Falle einer Durchforstung während der Untersuchungsperiode — durch Addieren der dann vorhandenen zwei Differenzen, weil nämlich jede Durchforstung mit einer Bestandsaufnahme verbunden werden sollte. Der Gedanke war der, daß für alle Bestände und Altersklassen bei Errechnung der Masse die Formzahl als Funktion der Höhe aus der gleichen zuverlässigen Ertragstafel genommen werden sollte. Was die Höhen anbetrifft, so sollte bei ihnen von der zuverlässigsten Höhenmessung ausgegangen werden (bei den Probeflächen in der Regel von der Messung im Herbst 1932), indem die Höhe in den andern Jahren durch Abzug oder Addition des Höhenzuwachses ermittelt werden sollte; dieser Zuwachs wurde entweder durch Jahrestriebmessung (auf dem Gut Frijsenborg und im Revier Sorö 2) bestimmt oder mit Hilfe der erwähnten Ertragstafel ermittelt.

Aber nun stellte sich, wie gesagt, heraus, daß der errechnete Stammgrundflächenzuwachs eine negative Zahl ergeben konnte, wie derselbe denn überhaupt in unwahrscheinlicher Weise schwankte. Fehler bei den Messungen waren mit Sicherheit nicht nachzuweisen, und das Kluppieren war kreuzweis und, soweit sich dies nachprüfen ließ, recht sorgfältig vorgenommen worden.

Aus Versuchen von A. Oppermann (1905) scheint hervorzugehen, daß der mittlere Fehler der Stammgrundfläche bei sorgfältigem Kluppieren als bei etwa 1 % liegend angenommen werden kann. Das bedeutet, daß nur 3 von 1000 Fehlern über 3% betragen oder daß nur in äußerst seltenen Fällen 2 unmittelbar hintereinander ausgeführte gute Bestimmungen derselben

Stammgrundfläche um mehr als 6 % von einander abweichen können (wenn nämlich der Fehler des Durchmessers in beiden Fällen über 3 % beträgt, aber im einen Falle positiv, im andern negativ ist).

Es ist jedoch zu bemerken, daß die wiederholten Vermessungen ein und desselben Bestandes, die den erwähnten Versuchen zugrunde lagen, stets von denselben Personen ausgeführt worden sind.

Bei den Holzmeßübungen der Landwirtschaftlichen Hochschule sind mehrere Versuche angestellt worden, bei denen ein und dieselben Bestände zu wiederholten Malen, aber von verschiedenen Personen vermessen wurden; die hierbei erzielten Ergebnisse lassen erkennen, daß man in solchem Falle mit *mindestens* dem doppelten mittleren Fehler rechnen muß. Für unsern Fall, in dem die verschiedenen Messungen eines Bestandes von verschiedenen Personen vorgenommen wurden, muß danach erwartet werden, daß einzelne Fälle eintreten können, bei denen die Vermessung z. B. in einem Jahr ein um etwa 6 % zu hohes und im folgenden ein um etwa 6 % zu niedriges Resultat oder eine Vermessungsdifferenz von 12 % ergibt.

Der jährliche Stammgrundflächenzuwachs muß (nach den Ertragstafeln) in den Versuchen als zwischen etwa 10 % für die jüngsten und etwa 1 % für die ältesten Bestände schwankend angenommen werden.

Es ist demnach nicht sehr erstaunlich, daß sogar eine recht sorgfältige Vermessung in einzelnen Fällen ein negatives Resultat bei der Bestimmung des Zuwachses von einem, ja sogar von zwei Jahren ergeben kann, und die aus dieser ganzen Betrachtung zu ziehende Schlußfolgerung ist also die, daß in einem einzelnen Bestand der Zuwachs für 1 oder 2 Jahre sich überhaupt nicht ausreichend genau aus der Differenz zwischen 2 aufeinanderfolgenden Vermessungen bestimmen lässt. Nichtsdestoweniger wurde das ursprüngliche Programm für die Bestandesaufnahmen durchgeführt, demzufolge alle Probeflächen sowohl im Herbst 1930 als im Herbst 1932 vermessen werden sollten, und zwar evt. auch in Verbindung mit einer etwaigen Durchforstung im Winter 1931/32. Eine Ausnahme wurde nur mit den Probeflächen im Revier Sorö 2 gemacht, wo ich der Ansicht war, daß die parallel mit unsern Vermessungen der Probeflächen

von der Revierverwaltung vorgenommenen Vermessungen der *ganzen* betreffenden Abteilungen geeignet waren, unsere abschließende Vermessungsarbeit zu ersetzen.

Die Durchführung von Vermessungen in Verbindung mit allen Durchforstungen der Probeflächen war notwendig, um den Einfluß der Durchforstung auf die Holzmassenfaktoren und damit auch auf den Zuwachs festzustellen.

Wenn wir die abschließende Vermessung im Herbst 1932 durchführten, obwohl sie also zum Zwecke der Zuwachsbestimmungen für die einzelnen Bestände unbrauchbar war, so geschah dies zum Teil, um durch die wiederholte Messung grobe Fehler nach Möglichkeit auszuschließen, zum andern Teil aber deshalb, weil es meine Absicht war, die Summe des *als Differenz bestimmten* Stammgrundflächenzuwachses aller einzelnen Probeflächen wenn möglich mit der Summe der Zuwachsangaben zu vergleichen, die auf *andere* Weise erzielt werden sollten, nämlich durch *Bohren* unter Verwendung von Zuwachsbohrern.

Hierbei wurde wie folgt verfahren: Auf jeder Versuchsfläche wurde eine große Anzahl von Bohrspänen ausgebohrt, und die Bäume, an denen dies geschah, wurden so gewählt, daß sie einer geraden Linie folgten, die durch den ganzen Bestand auf eine solche Art gezogen war, daß dieser in der bestmöglichen Weise repräsentiert wurde. Es wurde darauf geachtet, daß die Ausrichtung der Bohrspäne in bezug auf die vier Himmelsrichtungen allseitig und gleichmäßig wechselte. Der Bohrspan von jedem einzelnen Baum wurde in einen besonderen Umschlag gelegt und auf diesem Revier, Nummer der Abteilung, Datum sowie der Durchmesser des Baumes vermerkt. Die Anzahl der Späne betrug 50—80 je Bestand und wechselte innerhalb dieser Grenzen ein wenig je nach der Größe der Fläche, der Gleichartigkeit des Bestandes und der Durchmesserverteilung.

Zu Hause wurden die einzelnen Späne in frischem (in einigen Fällen in leicht durchnäßtem) Zustand untersucht, um die Jahrringbreite für die Jahre 1930, 1931 und 1932 zu bestimmen. Bei den *seeländischen Beständen* ging dies folgendermaßen vor sich:

Der Forstkandidat S. Ryder, der hier die Zuwachsermittelun-

gen ausführte, hatte zur Messung der Jahrringe folgenden praktischen Apparat konstruiert:

In eine Schachtel mit Schiebedeckel wurde eine elektrische Birne gelegt, die an das Leitungsnetz angeschlossen war. Durch den Deckel wurde nun eine schmale Rille geschnitzt, die unten etwa 3 mm, oben etwa 7 mm breit war, so daß sich ein ruhiges und natürliches Lager für den Bohrspan ergab. Dieser füllte gewöhnlich die Rille nicht in ihrer ganzen Länge aus, und der Lichtzutritt wurde daher an den Enden des Bohrspans mittels kleiner zugeschnitzter Stäbe ausgeschlossen, die in die Rille paßten. Mit einer Präpariernadel wurde der Bohrspan nun herumgedreht, bis die Gefäße senkrecht standen, wobei das Frühholz infolge des hindurchscheinenden Lichts sehr deutlich hervortrat. Auf einem längs der Rille befestigten genauen Kantmaßstab wurde nun die Breite der Jahrringe abgelesen. Die Zehntelmillimeter wurden dabei geschätzt. In ein besonderes Meßbuch wurde dann sofort die Breite des Jahrringes in ein gewöhnliches Kluppierungsschema neben derjenigen Durchmesserzahl eingetragen, die auf dem Umschlag stand, in dem der Span aufbewahrt gewesen war; für die Zeitpunkte Herbst 1930 und Herbst 1931 wurde diese Durchmesserlänge jedoch um den inzwischen stattgehabten Durchmesserzuwachs gekürzt. Für jeden Bestand waren im Meßbuch auf diese Weise 3 Kluppierungsschemata auf 3 hintereinander folgenden Seiten eingetragen, und zwar je das für die Wachstumsjahre 1930, 1931 und 1932 geltende, und von jedem Span wurde demnach 1 Jahrringbreite in jedes der Schemata eingesetzt. Mit diesen wurde dann wie folgt weitergearbeitet: Für jede 1 cm-Durchmesserklasse wurde eine Durchschnittszahl von den dafür eingetragenen Jahrringbreiten genommen, und diese Zahl wurde in ein Koordinatensystem eingezeichnet, das auf der leeren rechten Hälfte der Meßbuchseite eingerichtet worden war und in dem die Durchmesserskala des Kluppierungsschemas den einen (senkrechten) Einteilungsmaßstab bildete, während der andere (wagerechte) eine Skala der Jahrringbreiten in mm war.

Nachdem sämtliche Durchschnittszahlen in das Koordinatensystem eingezeichnet waren, wurde eine graphische Ausgleichung vorgenommen, und die solcherart entstandenen Kurven für den Radienzuwachs nach gleichmäßig zunehmendem

Durchmesser wurden dann als Grundlage genommen, um an Hand der durch das Kluppieren gewonnenen Ergebnisse (einschließlich der Messungen beim Durchforsten) eine durchmesserklassenweise Berechnung des Stammgrundflächenzuwachses in den Jahren 1930, 1931 und 1932 vorzunehmen. Die Anzahl der hierbei benutzten Durchmesserklassen war je nach der Regelmäßigkeit der Bestände verschieden und lag zwischen 4 und 8 Klassen je Bestand.

Bei den *jütländischen Untersuchungsbeständen* war das Verfahren in einigen Beziehungen anders.

Zunächst kam die Verwendung des oben besprochenen Beobachtungskastens in Fortfall; die Messung fand mit Hilfe eines Kantmaßstabes statt, der an den Bohrspan angelegt wurde. Die Ablesung wurde in ganzen mm vorgenommen. Da dies infolge der Abrundung nach oben oder nach unten für den einzelnen Jahrring zu recht großen Fehlern führen konnte, wurde dazu übergegangen, immer 2 Jahrringe zusammen zu nehmen. Beispielsweise sind die Wachstumsjahre 1929 und 1930 gemeinsam gemessen worden, obwohl der Zuwachs nur für das letzte dieser beiden Jahre zu ermitteln war. Der Radienzuwachs für 1930 ist dann mit der Hälfte des Radienzuwachses 1929—30 in die Berechnungen eingesetzt worden. Graphisch ist das ganze Material auf die gleiche Weise behandelt worden wie das seeländische, und es wurde eine sorgfältige Zuwachsberechnung nach 1 cm-Durchmesserklassen vorgenommen.

Im Hinblick auf die Bestimmung des Zuwachses in der Periode 1930—32 kann das Ergebnis als ebenso sicher angesehen werden wie das auf Seeland gewonnene. Dagegen ist das Material nicht geeignet zur Aufklärung des Verhältnisses zwischen dem Klima des einzelnen Jahres einerseits und Zuwachs, Blattfläche usw. andererseits.

Über die Sicherheit des befolgten Bohrverfahrens im allgemeinen ist folgendes zu bemerken: Soweit in der Zeit von 1930 bis 1932 keine Durchforstung stattgefunden hat, dürfen die errechneten Resultate als sehr sicher betrachtet werden, sofern nur die Bestände durch das Probematerial hinlänglich gut vertreten waren. In Beständen, in die keinerlei Eingriffe durch Hiebe erfolgen, wird in so kurzen Zeiträumen die »Rangordnung« der Bäume untereinander in bezug auf Größe

und Zuwachs keine nennenswerte Verschiebung erleiden, und es kann angenommen werden, daß diejenigen Bäume, die augenblicklich ein treues Bild des Bestandes geben, dies auch vor einem, zwei oder drei Jahren getan haben. Weniger sicher ist die Methode dort, wo während der Untersuchungsperiode eine Durchforstung stattgefunden hat. Denn mit dem Hieb sucht der Forstmann ja bewußt das Wachstum einiger Bäume zu fördern und das anderer zu hindern. Dabei entfernt er keineswegs immer einen gleich großen Prozentteil von Bäumen jeder »Rangklasse«, sondern nimmt im Gegenteil häufig eine Umgestaltung des Verhältnisses zwischen den Rangklassen vor. Es ist deshalb nicht sicher, daß eine gegebene Durchmesserklasse *nach Durchforstung* das gleiche Radienzuwachsprozent im letztvergangenen Jahres (z. B. 1930) gehabt haben muß wie die gleiche Durchmesserklasse *vor* der Durchforstung. Das Verhältnis der beiden Durchmesserklassen zueinander ist so, daß die letzte die erste zuzüglich der durch den Hieb beseitigten Bäume enthält. Ob aber die beseitigten Bäume diejenigen mit dem niedrigsten Zuwachsprozent sind? In manchen Fällen, namentlich bei ausgesprochener Niederdurchforstung, wird dies zweifellos der Fall sein. In andern Fällen jedoch, besonders wo es sich um Hochdurchforstung handelt, kann es gerade umgekehrt sein. Angesichts unserer starken, vor allem auf Qualitätsverbesserung abzielenden, dänischen Durchforstungsart, die — je nachdem, wie in den einzelnen Fällen das Produktions- und Selektionsproblem sich stellt — bald als Nieder-, bald als Hochdurchforstung auftritt, dürfte Aussicht auf einen gewissen Ausgleich bestehen. Schließlich lassen auch die graphisch dargestellten Bohrungsresultate (s. ob. S. 85) erkennen, daß der prozentuelle Durchmesserzuwachs eines Bestandes sich ziemlich unverändert bis in die kleinen Durchmesserklassen gleichbleibt. In vielen Fällen ist die durch grafisches Aufzeichnen nach Durchmesser entstandene Kurve beinahe eine gerade Linie, was in der Regel einem einigermaßen konstanten Zuwachsprozentsatz entspricht. Der Haupteindruck, den man erhält, ist jedoch der, daß das Zuwachsprozent zugleich mit dem Durchmesser schwach abnimmt oder aber für die stärksten Durchmesserklassen (die für die Masse am meisten bedeuten) einigermaßen konstant ist, und nur bei den Klassen mit kleinerem Durchmesser zu-

gleich mit diesem in stärkerem Maße abnimmt. Dieser Umstand deutet darauf, daß das Zuwachsprozent sich namentlich bei den wichtigeren Stammklassen nicht in dem Maße verändert, wie man dies erwarten könnte, wenn ein Baum »in eine niedrigere Rangordnung zurückversetzt wird«, d. h. hier: in eine relativ niedrigere Durchmesserklasse rückt. Da außerdem ein derartiger Rückgang sehr langsam vor sich geht, so besteht guter Grund zu der Annahme, daß das Durchmesserzuwachsprozent der zurückgehenden Bäume nur unerheblich von dem der andern Bäume gleicher Durchmesserklasse abweicht.

Denkt man gleichzeitig noch an den besonderen Charakter der in Dänemark üblichen Durchforstungstechnik, so darf man die Behauptung wagen, daß bei der Durchforstung im allgemeinen kaum jemals solche Eingriffe und Verschiebungen in bezug auf das Durchmesserzuwachsprozent vorkommen, daß dies bei der Ermittlung des Stammgrundflächenzuwachses der Bestände nach dem von uns befolgten Bohrverfahren einen Fehler von entscheidender Bedeutung herbeiführen könnte.

Der Bedingung, daß die Bestände durch die genommenen Bohrproben auch tatsächlich in ausreichendem Maße vertreten sein mußten, war durch folgende Instruktion Rechnung getragen worden: Die Bohrungen sollten in so vielen Bäumen vorgenommen werden, daß die nach Durchmessern angelegten Radienzuwachskurven genügend sicher waren, um auch dann keine nennenswerten Verschiebungen zu erleiden (d. h. keine über 5 %), wenn weitere Bohrungen in noch einmal der gleichen Anzahl Bäumen vorgenommen werden würden. In welchem Umfange dieser Forderung Genüge geleistet worden ist, habe ich auf folgende Weise nachprüfen können: Für einige Bestände auf gleichartigem und ebenem Gelände habe ich die im Meßbuch verzeichneten Größen für den Radienzuwachs in zwei gleich große Gruppen teilen lassen, d. h. für jeden Durchmesser eine erste Gruppe links und eine zweite Gruppe rechts — und für jede dieser beiden Gruppen habe ich dann eine besondere Radienzuwachskurve angelegt. Dabei ergab sich zwischen den je zwei Kurven eine recht gute Übereinstimmung, die groß genug ist, um Gewähr dafür zu bieten, daß der Verlauf der für unsre Berechnungen verwendeten Kurven keinesfalls mit einem mittleren Fehler behaftet sein dürfte, der über ± 5 % hinausginge. Auf alle Fälle sehen die durch Bohrung er-

mittelten Zuwachszahlen weit wahrscheinlicher und gleichmäßiger aus als die nach der Differenzmethode gefundenen. Sie stimmen ferner recht gut überein mit den Zuwachszahlen, die sich aus der Höhen-Alters-Bonität in CARL MAR:MÖLLERS bonitätsweise geordneten Ertragstafeln ergeben. Wo erheblichere Abweichungen vorliegen, sind sie offensichtlich in leicht feststellbaren besonderen Verhältnissen begründet (Boden u. dgl.).

Die rechnerische Bearbeitung der Bestandesaufnahmen.

Über die Durchführung der Dickenmessung mittels Kluppe und der Höhenmessung ist auf S. 75 berichtet worden, dabei auch über die 1932 erfolgte Festsetzung einer dem Durchmesser der mittleren Stammgrundfläche entsprechenden Höhe. Die Masse, und zwar überall als Gesamtmasse, wurde errechnet als das Produkt aus der Höhe, der Stammgrundfläche und einer aus einer zuverlässigen Ertragstafel entnommenen Formzahl (unechten Baumformzahl).

Die in Tabelle B angegebene *Höhe* ist stets die in dem betreffenden Jahre ermittelte, obwohl die Höhenmessung von 1932 derjenigen der andern Jahre überlegen ist. Für die ausscheidende Masse ist die gleiche Höhe benutzt worden, die für den ganzen Bestand ermittelt wurde. Es darf angenommen werden, daß der dabei begangene Fehler in unserm Material nicht 2 % übersteigt, und dieser Fehler wurde als bedeutungslos betrachtet.

Zur Bestimmung der Formzahl sind für Seeland CARL MAR:MÖLLERS bonitätsweise geordneten Ertragstafeln benutzt worden, für Jütland auf gleiche Weise A. OPPERMANNS Ertragstafel für Buche 1914, sehr stark durchforstet, deren Formzahlenkurve denen der bonitätsweise geordneten Ertragstafeln sehr nahe kommt.

Für Bestände mit einer deutlichen *Trennung zwischen 1. und 2. Etage* sind beim Kluppieren die beiden Etagen auseinander gehalten worden. Eine bestimmte, für alle Bestände gemeinsam geltende Durchmessergrenze hat dabei nicht festgesetzt werden können; die Festsetzung der Grenze erfolgte in jedem einzelnen Falle nach Schätzung. Ebenso ist auch eine besondere Höhenmessung für die Unteretage vorgenommen worden, wenn auch mit wenigen Messungen, weil die Masse des Unterwuchses verhältnismäßig so wenig ausmacht. Als Formzahl für die Unteretage wurde die gleiche benutzt wie für die oberste Etage.

Hätte man in gleicher Weise wie für die Oberetage die Formzahl aus der Ertragstafel nach der Höhe genommen, so würde sie für die untere Etage etwas größer geworden sein, weil die Formzahl ja normalerweise (abgesehen von den ältesten Jahrgängen) mit der geringeren Höhe zunimmt; indessen ergibt sich aus Formzahlenuntersuchungen, die an gefällten Bäumen unterdrückten Typs verstreut vorgenommen sind, daß diese in der Regel im Verhältnis zu ihrer Höhe eine niedrige Baumformzahl haben, weil ihre Kronenentwicklung gering ist. In Beständen jüngeren bis mittleren Alters, wenn Ober- und Unteretage gleichaltrig sind, kann es leicht vorkommen, daß die Formzahl (immer die unechte Baumformzahl) in beiden Etagen ungefähr dieselbe ist. Nichtsdestoweniger ist es wahrscheinlich, daß die Anwendung der Oberetagen-Formzahl auf die Unteretage einen gewissen Fehler in sich birgt, doch läßt sich aus versuchsweise angestellten Berechnungen die Berechtigung der Annahme folgern, daß dieser Fehler bei unserm Untersuchungsmaterial in keinem der Fälle 3 m^3 je ha überstiegen haben dürfte und deshalb für so bedeutungslos angesehen werden kann, daß die messungs- und rechnungsmäßigen Erleichterungen statthaft erscheinen, die durch den Gebrauch der gemeinsamen Formzahl erreicht werden.

Die *Intensität* (Faktor zur Höhe) ist nur auf Grund der Meßzahlen der 1. Etage berechnet worden; die Unteretage wurde also außer Betracht gelassen.

Bei Errechnung des *relativen Baumabstandes* ist ebenfalls nur die 1. Etage berücksichtigt worden. Der relative Baumabstand ist gleich dem Verhältnis zwischen dem durchschnittlichen Abstand der Bäume und der mittleren Höhe des Bestandes; in ihm kommt die von den bisherigen Durchforstungen verursachte verschieden große Gesamtverminderung der Stammanzahl zum Ausdruck. Volle Gültigkeit hat der Vergleich des relativen Baumabstandes zweier Bestände jedoch nur dann, wenn sie gleichaltrig und von gleicher Bonität sind, und auch dann kann mit dem gleichen sich schließlich ergebenden Relativabstand das erhaltene Resultat hinsichtlich Kronenentwicklung, Schafthöhe usw. recht verschieden sein, je nachdem die Durchforstungen mit langen oder kurzen Zwischenräumen, mit abnehmender oder zunehmender Stärke usw. vorgenommen worden sind.

Die *Bonität* ist unter Zugrundelegung derjenigen Höhenbestimmung festgesetzt worden, die als die beste erschien (in der Regel die vom Herbst 1932), und sie ist immer bei der betreffenden Höhe angeführt. Die Unteretage und deren Höhe blieb dabei außer Betracht. Benutzt wurde das vom Verfasser 1933 vorgelegte Bonitätssystem, demzufolge bei der Buche eine 5. Bonität im Alter von 100 Jahren (und ungefähr auch in den übrigen Altern) halb so hoch ist wie eine gleichaltrige 1. Bonität. Die Bonitäten 2, 3 und 4 sind mit gleich großen Abständen zwischen die 1. und 5. Bonität eingeschoben. Im Alter von 100 Jahren hat Bonität 1 eine Höhe von 32 m, Bonität 2 eine solche von 28 m, Bonität 3 ist 24 m, Bonität 4 20 m und Bonität 5 16 m hoch.

Die *Zuwachsberechnung* ist in folgender Weise durchgeführt worden:

Die Durchmesser- und Grundflächenzuwachsprozente sind mittels Bohrungen, wie auf Seite 81 besprochen, ermittelt worden. Sodann ging man auf den Probeflächen von unsrer Grundflächentaxation 1930 aus (oder in einigen Fällen von der Taxation 1931 oder 1932, wenn diese als besser betrachtet wurden).

Von den Ausgangsgrundflächen je ha wurden dann an Hand der für jedes Jahr ermittelten Grundflächenzuwachsprozente die Grundflächen je ha der folgenden (oder früheren) Jahre berechnet, gewöhnlich an Hand des dem Durchmesser der durchschnittlichen Stammgrundfläche entsprechenden Grundflächenzuwachses, was gemäß zahlreichen, nach Durchmesserklassen angestellten Kontrollrechnungen so gut wie stets ein hinlänglich genaues Resultat ergibt. Wo Durchforstung stattgefunden hat, ist die dadurch verursachte Verminderung der Grundfläche natürlich bei der Berechnung berücksichtigt worden.

Auf diese Weise sind sämtliche Durchmesser der durchschnittlichen Stammgrundflächen je ha vom Herbst 1929 bis zum Herbst 1932 errechnet worden. Damit sind auch die Zahlen für den Zuwachs des Durchmessers und der Grundfläche festgelegt. Der Massenzuwachs ist sodann in folgender Weise errechnet worden: Die den berechneten Grundflächen entsprechenden Höhen wurden ermittelt, indem man in jedem Bestand von einer der festgestellten mittleren Höhen ausging, meistens von der vom Herbst 1932 als der am sichersten bestimmten. Von

diesen Zahlen ausgehend sind dann die Höhen für die andern Jahre dadurch gefunden worden, daß der wahrscheinliche Höhenzuwachs zugrunde gelegt wurde, wie er sich aus den bonitätsweise geordneten Ertragstafeln für die betreffende Alters- und Bonitätsklasse ergab, in einigen Fällen auch mit Hilfe mehrerer guter Höhenmessungen von früher her (Frijsenborg) oder mit Hilfe von Jahrestriebmessungen (z. T. Sorö 2). Die Höhe nach Durchforstung wurde gerechnet als gleich der Höhe vor Durchforstung + 20 cm. Die Formzahlen wurden wie bei der allgemeinen Massenberechnung (siehe S. 86) den Ertragstafeln nach der Höhe entnommen. Es ließ sich nun eine Massenzahl für jeden der Zeitpunkte Herbst 1929, Herbst 1930, Herbst 1931 und Herbst 1932 ausrechnen und, wo ein Hieb stattgefunden hatte, eine Zahl für die Masse sowohl vor wie nach demselben. Hieraus dann die Massenzuwachszahlen als Differenzen. Wie aus Obigem hervorgeht, kann den Massenzuwachsbestimmungen nicht die gleiche Genauigkeit zugeschrieben werden wie denen des Grundflächenzuwachses, weil der Höhenzuwachs ja nicht gemessen worden ist. Dagegen dürfte der Umstand, daß die Formzahlveränderung nicht untersucht worden ist, in den Altersklassen, von denen hier die Rede ist, kaum eine Rolle von irgendwelcher Bedeutung spielen. Über den Fehler bei der Zuwachsbestimmung siehe das Nähere S. 85 und 94.

Was den Massenzuwachs der 2. Etage betrifft, so ist dieser auf Grund der Voraussetzung errechnet worden, daß das Grundflächenzuwachsprozent und die Formzahl der 2. Etage dieselben sind wie bei der 1. Etage. Der etwaige Fehler, der hierdurch vielleicht begangen wird, spielt aus früher erörterten Gründen kaum eine Rolle von irgendwelcher Bedeutung.

Der Fehler bei den Bestandesaufnahmen und bei der Zuwachsbestimmung.

Eine Untersuchung hierüber auf wirklich exakter Grundlage würde vielfache Wiederholung der Dickenmessungen mittels Kluppe und der Höhenmessungen — u. U. auch der Formzahlbestimmungen — auf denselben Flächen erfordern. Die hierzu notwendigen Mittel waren nicht vorhanden, und einer derart genauen Untersuchung bedarf es auch kaum, um die bei der Bestandesaufnahme und bei der Zuwachsbestimmung

in Betracht kommenden Zahlen mit zweckentsprechender Genauigkeit zu finden. Man kann sich u. a. mit ausreichender Sicherheit auf die Ergebnisse anderweitiger vergleichender Holzmessungsversuche stützen[1]).

Die Stammgrundfläche.

Auf Seite 79—80 ist darüber gesprochen worden, dass unter den bei unsern Messungen obwaltenden Umständen der mittlere Fehler bei der Stammgrundflächenbestimmung im allgemeinen mit etwas über 2 % angenommen werden kann. Um nachzuprüfen, inwiefern der Fehler wirklich von dieser (oder doch ungefähr von dieser) Grösse gewesen ist, wurde wie schon oben genannt für die seeländischen Untersuchungsbestände mit Ausnahme des Reviers Sorö 2 eine Berechnung des annähernden mittleren Fehlers nach folgendem Verfahren vorgenommen:

Alle Bestände wurden mindestens zweimal gekluppt; wo ein Hieb stattgefunden hatte, dreimal. Unter Zugrundelegung des durch Bohrung ermittelten Stammgrundflächenzuwachses (dessen Fehler $m < 5\,\%$ in diesem Zusammenhang unwesentlich ist) wurden alle Mess-Ergebnisse (mit Ausnahme von Vemmetofte) auf ein und dasselbe Jahr umgerechnet, so dass sich für jede Probefläche 2 oder 3 Stammgrundflächenzahlen ergaben, die im Hinblick auf den Zeitpunkt untereinander vergleichbar waren. Um etwaige einseitige systematische Fehler auszuschliessen, wurde zunächst die Summe der 1932 gemessenen Stammgrundflächen verglichen mit derjenigen Zahl, die sich ergab, wenn man die Summe der 1930 gemessenen Stammgrundflächen um den jeweiligen Stammgrundflächenzuwachs erhöhte. Es wurde angenommen, dass die hierbei auftretende prozentuale Differenz ausschliesslich von systematischen Fehlern herrührte. Da es sich um nur 17 »Doppelmessungen« von Stammgrundflächen handelt, ist die erwähnte Annahme nicht ganz korrekt, doch wissen wir nichts darüber, in welcher Richtung diese Unkorrektheit sich rechnerisch auswirkt, und gross kann sie nicht sein, weil doch die Einseitigkeit der Messungsdifferenzen so leicht erblicklich ist. Die Frage daher beiseite gelassen, wurde der systematische Fehler als 2,8 % betragend errechnet, um welchen Betrag die 1930 gemessene, um den Zuwachs erhöhte Grundfläche grösser ist als die Grundfläche laut Messung 1932.

Es ist daraufhin für die systematische Differenz eine Korrektur an den auf denselben Zeitpunkt umgerechneten Grundflächenzahlen vorgenommen worden. Aus der allgemeinen Fehlertheorie ergibt sich jetzt folgendes:

Es seien $x_1, x_2 \ldots\ldots x_{n_1}$ insgesamt n_1 Messungen einer Grösse, das aritmetische Mittel der Messungen x, und der Fehler bei der einzelnen Messung $u_r = x_r - x$;

und es seien ferner $y_1, y_2 \ldots\ldots y_{n_2}$ insgesamt n_2 Messungen einer andern Grösse, das aritmetische Mittel der Messungen y und der Fehler bei der einzelnen Messung $v_r = y_r - y$.

[1]) Der Fehler auf das Areal der Bestandesfläche kann als unbedeutend betrachtet werden.

Unter der Voraussetzung, dass alle Messungen als gleich gut zu betrachten sind, kann der mittlere Fehler für die einzelne Messung nach der Formel

$$m = \pm \sqrt{\frac{\Sigma u^2 + \Sigma v^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)}}$$

ermittelt werden. Ganz entsprechend auch, wenn mehr als 2 Serien vorliegen, also

$$m = \pm \sqrt{\frac{\Sigma u^2 + \Sigma v^2 + \Sigma w^2 + \ldots}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1) + (n_3 - 1) + \ldots}}$$

Auf das vorliegende Material der Stammgrundflächenbestimmungen angewandt, ergibt diese Formel

$$m = \text{etwa} \pm 3\,\%.$$

Es muss demnach angenommen werden, dass unsre Stammgrundflächenmessungen einesteils mit einem zufälligen Fehler von etwa ± 3 % behaftet sind, und anderenteils mit einem systematischen Fehler, dessen genaue Grösse wir nicht kennen.

Tatsächlich wissen wir ja mit Sicherkeit nur, dass die Ergebnisse der beiden Vermessungsarten in einseitiger Weise um durchsnittlich 2,8 % von einander abweichen.

Betrachten wir die wichtigsten Fehlerquellen beim Kluppieren, können wir doch mit Wahrscheinlichkeit das richtige etwas näher kommen.

Obwohl die verschiedenen Fehler teilweise einander aufheben, ist es in der Praxis so, dass die Konvergenz der Kluparmen in der Regel die dominierende Fehlerquelle ist.

Diese Konvergenz verursacht fast immer ein zu niedriges Resultat. Es ist darum wahrscheinlich, dass die Messung von 1930 richtiger als die Messung von 1932 ist.

Schätzungsweise werde ich den Fehler der einzelnen Grundflachenmessung auf Seeland in 1930 zu etwa + 0,5 ± 3 % und in 1932 zu etwa + 3,3 ± 3 % veranschlagen.

Angesichts der für die Vermessung erteilten Instruktionen sind diese Fehler grösser als erwartet. Ich habe den Eindruck, dass in Jütland der Fehler erheblich geringer ist.

Aber Fehler wie die erwähnten ändern nichts an der Brauchbarkeit des Materials für den hier in Betracht kommenden Zweck. Denn z. B. würde hiernach eine nach genau bekanntem Alter auf Grund von 16 Bestimmungen angelegte Kurve für die Grundfläche einen von der Vermessung herrührenden Fehler ihrer Lage von nur etwa ± 1,4 % + 0,75 % aufweisen.

Die Höhe.

Auf Grund von Erfahrungen bei Kontrollproben, die an gefällten Bäumen sowohl während der Sommerübungen der Landwirtschaftlichen Hochschule als auch namentlich gelegentlich der Taxation in einer

Reihe von Forstrevieren gemacht wurden, kann der mitlere Fehler bei der nach den Methoden vom Herbst 1932 bestimmten mittleren Höhe der Bestände mit der allergrössten Wahrscheinlichkeit auf nicht mehr als 3 % veranschlagt werden, sofern dabei von systematischen Fehlern abgesehen werden kann. Eine Sicherheit hierfür besteht freilich nicht, weil keine eigentlichen Kontrollmessungen vorgenommen worden sind. Doch liegt eine beträchtliche Sicherheit darin, dass auf dem Gut Frijsenborg und im Revier Sorö 2 gute Höhenmessungen von einer Reihe früherer Durchforstungen der gleichen Flächen in zufriedenstellender Weise zum Vergleich herangezogen werden konnten (Die Vermessungsabteilungen des Reviers wurden benutzt). — Bei der Höhenmessung der andern Jahre ist der Fehler erheblich grösser, schätzungsweise ± 5 %.

Die Formzahl.

Wie erinnerlich sein wird, ist bei der Berechnung der Masse eine feste Formzahlkurve mit der Höhe als gegebener Eingangsgrösse benutzt worden (oder, richtiger, 2 fast identische, nämlich eine für Jütland und eine für Seeland). Der Fehler, mit dem die Formzahl des einzelnen Bestandes nach dieser Kurve bestimmt werden kann, entzieht sich einer rechnerischen Nachprüfung. Er muss jedoch als ziemlich beträchtlich angenommen werden, weil das Material Bestände von weit auseinandergehenden Durchforstungsgraden und Bonitäten enthält.

Ein Bild von der wahrscheinlichen Grössenordnung des Fehlers kann man sich dadurch verschaffen, dass man die bei einer Reihe von Reviertaxationen in den letzten Jahren vorgenommenen Formzahlbestimmungen betrachtet. Für jedes Revier ist die einzelne Formzahl nach der Höhe in ein Koordinatensystem eingetragen worden. Alle Formzahlen ein und desselben Bestandes sind mit einem besonderen Kennzeichen markiert (Kreis, Dreieck, Kreuz usw.), und zum Schluss ist durch graphisches Ausgleichen eine gemeinsame Formzahlkurve gezogen worden. Sucht man nun durch graphische Schätzung den Schwerpunkt für die Formzahl der einzelnen Abteilung, und notiert man den zu diesem gehörenden Formzahlwert, so kann man die prozentuale Abweichung dieses Wertes von demjenigen der Kurve für die gleiche Höhe als Ausdruck desjenigen Fehlers betrachten, den man für den betreffenden Bestand erhalten würde, wenn man seine Formzahl als Funktion der Höhe nach der Kurve bestimmt. Wird dieser Fehler für eine Reihe von Beständen ermittelt, so hat man zum Schluss das notwendige Material für eine angenäherte Berechnung des mittleren Fehlers, wobei dann der festgestellte Mittelfehler Aufschluss darüber gibt, mit welchem Sicherheitsgrade die Formzahl des einzelnen Bestandes sich mittels der Kurve bestimmen lässt. Derartige Berechnungen des mittleren Fehlers sind mehrmals vorgenommen worden und haben zu Ergebnissen geführt, die um etwa ± 5 % liegen.

Diese Fehler gelten jedoch immer nur für diejenige Formzahlkurve, die für das einzelne Revier durch Messungen gefunden wurde. Der Verlauf dieser Kurve aber wird je nach Durchforstungsgrad usw. von Revier zu Revier verschieden sein.

Durch Benutzung einer einzelnen Formzahlkurve für alle Standorte gemeinsam bringt man also einen neuen Fehler in die Berechnungen. Von der Grösse desselben kann man sich einen Begriff verschaffen, indem man in dasselbe Koordinatensystem mehrere Formzahlkurven von Revieren mit ausgesprochen verschiedenen Durchforstungsgraden einzeichnet. Eine derartige Kurveneinzeichnung ist vorgenommen worden, und sie zeigt, dass der mittlere Fehler, der infolge Benutzung einer für alle Standorte gemeinsam geltenden Formzahlkurve (an Stelle einer solchen für jeden einzelnen Standort) entsteht, bei etwa ± 2—3% liegen muss.

Nach alledem kann der Fehler bei den für die vorliegende Untersuchung benutzten Formzahlen auf $m = \pm \sqrt{5^2 + 3^2} =$ ca. $\pm 6\%$ angesetzt werden.

Die Holzmasse.

Der prozentuale mittlere Fehler bei der Holzmasse des einzelnen Bestandes kann mit hinlänglicher Annäherung aus den prozentualen Partialfehlern bestimmt werden, und zwar an Hand der Formel

$$m_M = \sqrt{m_G^2 + m_H^2 + m_F^2},$$

wobei m_M, m_G, m_H und m_F je die prozentualen mittleren Fehler bei der Masse, Grundfläche, Höhe und Formzahl sind.

Für die Masse im Herbst 1932 (Tab. B.) ergibt sich $m_M =$ etwa $\pm 7\%$. Hierzu kommt der von der Grundflächenmessung herrührende positive Fehler von 0.5—3.3 % und für die ausscheidende Masse ein negativer Fehler von etwa 1 % (Die Höhe, vergl. S. 86).

Für die Masse im Herbst 1930 (Tab. B.) ist eine Berechnung des mittleren Fehlers nicht vorgenommen worden, weil über m_H keine näheren Angaben erhältlich waren. Diese Grösse muss jedoch erheblich mehr betragen als im Herbst 1932, weil im Herbst 1930 in jedem Bestand nur 3 Höhen von mittelgrossen Bäumen gemessen worden sind.

Da zwischen den Durchmessern und der Höhe eine gewisse Wechselbeziehung besteht, so sind auch die Fehler bei der Stammgrundfläche und der Höhe von einander nicht ganz unabhängig, so dass das Fehlerfortpflanzungsgesetz formell nicht zur Anwendung kommen kann. Aber die nach dem Durchmesser angelegte Höhenkurve geht erfahrungsgemäss für die wichtigsten Diameterklassen einigermassen parallel derjenigen Achse, auf der die Durchmesser abgetragen sind. Und da die bei der Holzmassenberechnung zugrunde gelegte Mittelhöhe des Bestandes aus der Höhenkurve, und zwar für den Durchmesser der mittleren Stammgrundfläche, genommen wird, so kommt dem hier erwähnten Einwand keine entscheidende Bedeutung zu.

Möglicherweise besteht eine gewisse Wechselbeziehung auch zwischen F und dem Verhältnis $\frac{H}{D}$. Untersuchungen, die an Hand eines von der forstlichen Versuchsanstalt stammenden Probeflächenmaterials während des forstwissenschaftlichen Unterrichts angestellt wurden,

haben jedoch für die Buche ergeben, dass einesteils dieses Wechselverhältnis innerhalb des einzelnen Bestandes sehr unsicher ist, und andernteils, dass eine etwaige diesbezügliche Korrelationskurve einen ähnlichen Verlauf zeigen würde, wie bei der Höhe erwähnt. — Das Fehlerfortpflanzungsgesetz wird infolgedessen trotzdem mit ziemlicher Sicherheit anwendbar sein.

Der Zuwachs.

Der Fehler bei der Bestimmung des *Grundflächenzuwachses* ist bereits weiter oben behandelt worden (S. 90), und es ergab sich dabei ein mittlerer Fehler von etwa $\pm 5\%$.

Der den Massenzuwachsberechnungen zugrunde gelegte *Höhenzuwachs* ist, wie S. 89 erwähnt in der Regel nicht gemessen, sondern aus den dänischen, bonitätsweise geordneten Ertragstafeln genommen. Wie gross der dabei begangene Fehler ist, lässt sich nur ungefähr schätzen, und zwar auf Grund von Angaben über Wipfeltriebmessungen, die von der Versuchsanstalt und einzelnen Forstrevieren (Frijsenborg und Sorö 2) besorgt worden waren.

Es zeigt sich, dass der Wipfeltrieb der Buche mittlerer bis hoher Bonität von Schwankungen des Klimas nicht sehr abhängig ist. Die grösste Abweichung beträgt etwa 30% des mittleren Zuwachses, und der mit dem obenerwähnten Verfahren verbundene mittlere Fehler kann demgemäss auf etwa $\pm 10\%$ angesetzt werden.

Hinsichtlich des *Formzahlzuwachses* ist zu bemerken, dass alle mir bekannten, auf Grund von Reviertaxationen hergestellten zuverlässigen Formzahlkurven für Buche sich bei ungefähr 70 Jahren in ihrem Verlauf einer wagerechten Linie nähern; später findet dann bei der Mehrzahl wieder ein gewisses Ansteigen statt, während andere einigermassen parallel zur Abszissenachse verlaufen, so wie dies bei den von uns benutzten Kurven der Fall ist. Dieser annähernd »wagerechte« Verlauf aller Formzahlkurven während der so wichtigen mittleren Jahre bedeutet, dass ein Formzahlzuwachs in diesem Alter nur in geringem Masse oder gar nicht vorhanden ist, so dass auch ein etwaiger grosser prozentualer Fehler bei der Bestimmung des Formzahlzuwachses an Bedeutung verliert.

Vergleichen wir die von uns verwendete Formzahlkurve mit dem für die gleiche Höhe am stärksten abweichenden Richtungskoeffizienten andrer uns zugänglichen Formzahlkurven für Buche, so finden wir für 1 Jahr eine Differens der Formzahländerung von etwa 1‰. Nehmen wir nun an, dass diese Differenz die ungefähre Fehlergrenze bezeichnet, so kommen wir auf einen von unsrer Art der Formzahlzuwachsbestimmung herrührenden mittleren Fehler von etwa 0,3‰, der also bedeutungslos ist.

Bemessen wir schliesslich die einzelnen prozentualen Mittelfehler, die jeweils bei der Ermittlung des Stammgrundflächen-, Höhen- und Formzahlzuwachs-Prozentsatzes entstehen, nach dem Anteil dieser Prozentsätze am Massenzuwachsprozentsatz, so können wir den pro-

zentualen *Mittelfehler bei der Bestimmung des Massenzuwachses* mittels Annäherung an Hand der Formel

$$m_{\Delta M} = \pm \sqrt{\left(\frac{m_{\Delta G} \cdot \Delta G}{\Delta M}\right)^2 + \left(\frac{m_{\Delta H} \cdot \Delta H}{\Delta M}\right)^2 + \left(\frac{m_{\Delta F} \cdot \Delta F}{\Delta M}\right)^2}$$

berechnen, wobei $m_{\Delta M}$, $m_{\Delta G}$, $m_{\Delta H}$ und $m_{\Delta F}$ die prozentualen mittleren Fehler bei dem procentualen Massen-, Grundflächen-, Höhen- bzw. Formzahlzuwachs und ΔM, ΔG, ΔH und ΔF der jeweilige prozentualen Massen-, Grundflächen-, Höhen und Formzahlzuwachs sind.

Es ist klar, dass der gefundene mittlere Fehler des Massenzuwachses je nach den wechselnden Werten des Massen-, Grundflächen-, Höhen- und Formzahlzuwachses schwanken muss, und es sind deshalb auch nur einzelne orientierende Ausrechnungen vorgenommen worden. Ungefähr wird die Grössenordnung mit $\pm 10\%$ bezeichnet sein mit einer Neigung zum Sinken bis zu $\pm 5\%$ bei den höchsten Altern.

Die Stammzahl.

Die Stammzahl wird nach den gewöhnlichen Erfahrungen mit nur ganz geringen Fehlern ermittelt; eine Ausnahme bilden nur die jenigen Fälle, wo die oberste, das Kronendach bildende Etage gleichmässig in eine untere Etage übergeht. Hier kann die Unsicherheit ein beträchtliches Ausmass annehmen, und in unserm Material sind derartige Fälle nicht selten.

Um einen Überblick über den Stammzahlfehler zu gewinnen, wurden für die einzelnen Bestände die Stammzahlen nach Durchforstung bei den 1930 erfolgten Messungen mit den Stammzahlen vor der Durchforstung von 1932 verglichen, indem die Resultaten von 1930 als richtig angesehen wurden.

Zunächst wurde untersucht, ob ein systematischer Fehler vorlag, d. h. ob die Abweichungen vorzugsweise in eine und dieselbe Richtung gingen. Sodann wurde der etwaige systematische Fehler annäherungsweise bestimmt[1]), und zwar als die Differenz zwischen den mittleren Werten der positiven Abweichungen einerseits und der negativen Abweichungen andrerseits, alles in Prozenten ausgedrücht. Nachdem wegen des derart ermittelten systematischen Fehlers die erforderliche Korrektur erfolgt war, wurde dann die Mittelfehlerberechnung, wie auf S. 91 besprochen, vorgenommen.

Das Material wurde hierbei in 2 Gruppen eingeteilt, je eine für Seeland und Jütland. Für Seeland wurde ein systematischer Fehler von $\div 1{,}5\%$ gefunden, und für zufällige Fehler $m = \pm 4{,}0\%$. Für Jütland wurde ein systematiseher Fehler von $\div 3{,}3\%$ ermittelt, für zufällige Fehler ergab sich $m = \pm 2{,}7\%$.

---

[1]) Nur bei Bearbeitung eines ausserordentlich umfangreichen Messmaterials könnte man bei dieser Methode den systematischen Fehler genau berechnen.

Die Altersbestimmung.

Wie bereits erwähnt, konnte in vielen der jüngeren Bestände das Alter mit grosser Sicherheit auf Grund der Buchführung und des Archivmaterials festgestellt werden. Über die sonstige Altersfestsetzung ist folgendes zu bemerken. Das angewandte Verfahren — die Jahrringzählung am Stock — ist dasjenige, das normalerweise bei Forsttaxationen üblich ist, und von verschiedenen Betriebseinrichtungsarbeiten her, mit denen ich rings im Lande zu tun gehabt habe und bei denen zwei einander gegenseitig kontrollierende Altersbestimmungen durchgeführt wurden, ist mir bekannt, dass der mittlere Fehler bei einer guten Altersbestimmung mittels Jahrringzählung als unter $\pm$ 5% liegend angenommen werden kann — jedenfalls solange es sich um Bestände von weniger als 100 Jahren handelt. Das gleiche hat auch in einer Reihe von Fällen festgestellt werden können, in denen es möglich war, die Alterszählung dieser vorliegenden Untersuchung mit sicheren buchhalterischen Angaben der Revierverwaltung zu vergleichen.

Ältere Bestände sind häufig derart ungleichaltrig, dass die Unsicherheit der Altersbestimmung dadurch merkbar zunimmt. Die hier untersuchten Bestände über 100 Jahre machten jedoch in den meisten Fällen bei der Alterszählung den Eindruck, als ob sie verhältnismässig gleichaltrig wären. (Ausnahmen bildeten einige der Frijsenborger Bestände).

Die hier vorgelegten Berechnungen der Fehler, die den Holzmessungsergebnissen anhaften, beruhen zwar in einigen Punkten auf Schätzung, aber doch immer auf Schätzungen mit einer gewissen zahlenmäßigen Grundlage. Wenn darum auch nicht gesagt werden kann, daß die Berechnungen exakt sind, so dürfen sie doch wenigstens eine brauchbare Annäherung an das richtige darstellen.

Das Einsammeln der Blattproben.

Wie erwähnt (S. 1), wurden die Blattproben bei den einleitenden Untersuchungen 1925 sogleich nach dem Blätterfall durch Aufsammeln der frischgefallenen Blätter mit der Hand gesammelt, und zwar war dabei, daß an Stellen, die durch Abschreiten ausgewählt worden waren, ein Rahmen von 1 m² lichter Weite ausgelegt wurde. Tatsächlich war, wie spätere Kontrollproben ergaben, dieses Verfahren recht sicher, wenn das Aufsammeln von einem tüchtigen Forstkandidaten mit Sorgfalt und nach vorhergehender Einübung vorgenommen wurde. Bei den 1930—32 vorgenommenen Untersuchungen

wurde aber doch eine andre, objektivere und zweifellos auch sichrere Methode angewandt, indem man wie folgt verfuhr:

Geraume Zeit vor dem Laubfall wurde in jedem Untersuchungs-Bestand durch Abschreiten eine Anzahl von Auffangplatten (meist 10 Stück) aus feinmaschigem Stahldrahtgeflecht ausgelegt. Diese Auffangplatten hatten einen Flächengehalt von genau 1 m^2 und hatten umgebogene (senkrecht stehende) Ränder von etwa 5 cm Höhe; sie wurden an jeder Ecke und gegebenenfalls auch in der Mitte mittels einer Art Haspe aus Holz auf dem Erdboden befestigt, und es wurde darauf geachtet, daß sie auf dem Boden unmittelbar dicht anschlossen, so daß von unten her kein Luftzug entstehen konnte. Die nächststehenden 3 Bäume wurden mit gelber Farbe markiert und so gewählt, daß sie die Ecken eines Dreiecks bildeten, innerhalb dessen sich die Auffangplatte befand. Für jede Untersuchungsfläche wurde eine Kartenskizze angefertigt, die die Lage der einzelnen Auffangplatten anzeigte. Auf diese Weise war es einerseits möglich, die Platten jederzeit zu finden (oder doch wenigstens die Stelle, wo jede von ihnen ausgelegt war) und andrerseits sie alljährlich wieder ungefähr an der gleichen Stelle auszulegen. Dies letztere hatte den Vorteil, daß der Vergleich des während der verschiedenen Jahre in einem und demselben Bestand erfolgten Laubfalls sicherer wurde. Andrerseits würde man vielleicht ein vielseitigeres und umfassenderes Bild von dem Laubfall eines jeden Bestandes erhalten haben, wenn man jedes Jahr eine neue Anordnung für die Auslegung gewählt hätte. Dieser Gesichtspunkt wurde jedoch für minder wichtig angesehen, weil die einzelnen, die Blattfläche beeinflussenden Faktoren, welche untersucht wurden (Bonität, Durchforstungsgrad usw.) durch so viele Bestände vertreten waren.

Während des Laubfalles wurden soweit möglich alle Auffangplatten ein- bis zweimal inspiziert, auch wurden über den mehr oder weniger ruhigen Charakter des Laubfalls Notizen gemacht. (Ob das Laub auf der Platte in einer ebenen Schicht lag oder vom Wind nach der einen Seite hinüber gedrückt war; ob das Laub gleichmäßig dicht bei den Stämmen lag, oder ob »Leestreifen« (Windschutzstreifen) hinter den Stämmen waren; ob Reisig auf dem Waldboden Laub »gefangen« hatte; ob die Platte unbeschädigt war und so, wie aufgestellt, wiedergefunden wurde, usw.)

Wenn der Laubfall vorbei war, wurden die Auffangplatten von ihrem Inhalt sowohl an Laub als auch an Bucheckern und deren Bechern sowie etwaigen Früchten von andern Baumarten entleert. Die Leerung erfolgte am einfachsten in der Weise, daß die Platte vorsichtig in die Höhe gehoben und ihr Inhalt auf ein ausgebreitetes Segeltuch ausgeschüttet wurde. Den Inhalt hier auszuschütten und in einen kleinen Sack hinein zu füllen, dauerte nur einen Augenblick. Der Platz, auf dem die Auffangplatte gestanden hatte, wurde auf etwa hindurchgefallene diesjährige Bucheckern und kleine Blättchen untersucht. Die einzelnen Säcke wurden mit Merkzetteln versehen, auf denen die Nummer der Auffangplatte und der Probefläche sowie das Datum verzeichnet wurden, und sie wurden dann sofort an die forstwirtschaftliche Abteilung der landwirtschaftlichen Hochschule geschickt, und zwar unter Mitsendung der Notizen, die bei der Besichtigung während und bei der Einsammlung nach dem Laubfall gemacht worden waren. An dieser Besichtigung habe ich selbst weitgehend teilgenommen, hauptsächlich jedoch auf Seeland.

Bei der Laubeinsammlung 1930—32 wurden alle Laubfall-Ermittlungen in dieser Weise vorgenommen, von 2 Ausnahmen abgesehen, nämlich die Einsammlung im Revier Sorö 1 im Herbst 1932 und die Einsammlung auf den Eichen-Probeflächen der forstlichen Versuchsanstalt in Ganneskov im Forstrevier Bregentved, ebenfalls im Herbst 1932. In diesen zwei Fällen erfolgte die Laubfallermittlung wie bei der Untersuchung 1925. Die Einsammlung wurde jedoch von einem besonders sorgfältigen und zuverlässigen Forstkandidaten vorgenommen, der eine gute Einsicht im Einsammeln mittels Auffangplatten hatte, so daß kaum Grund besteht, diesen Ermittlungen geringere Genauigkeit zuzuschreiben als den übrigen.

Dies dürfte auch für einige von mir selbst nach 1932 vorgenommene ergänzende Untersuchungen zutreffen, nämlich 1. eine durch Aufsammeln mit der Hand im Winter 1938/39 vorgenommene Blattfalluntersuchung im Troldeskov innerhalb des Reviers Buderupholm und 2. eine Anfang September 1938 vorgenommene Untersuchung der Blattmenge in einer etwa 2,5 m hohen, dicht geschlossenen Buchenkultur Abteilung 121 im Forstrevier Esrom, wo innerhalb einer mit dem Rahmenmaß

abgemessenen Fläche von 1 m^2 alle grünen Blätter sorgfältig abgepflückt wurden.

Was das Aufsammeln des Laubs unmittelbar vom Erdboden betrifft, also ohne Anwendung der Auffangplatten, so ist zu bemerken, daß es einem geübten Auge nur wenig Schwierigkeiten macht, die frisch gefallenen, vollfarbigen und schwer zerreißbaren Blätter des laufenden Jahres von den bereits ein wenig gebleichten und spröden (brüchigen) Blättern des Vorjahres zu unterscheiden. Außerdem weist die Blattschicht eines Jahres in der Regel eine gewisse Teilung in Einzelschichten auf, an denen man die verschiedenen Stadien des während des ganzen Jahres vor sich gehenden Laubfalles erkennen kann. Zuunterst in der Jahresschicht befindet sich eine dünn ausgestreute Schicht von Knospenschuppen, die oben auf der Laubstreu des vorangegangenen Jahres liegt. Über der Knospenschuppenschicht kommen einzelne, verstreute Blätter, die noch grün vom Sommersturm abgerissen worden sind. Dann folgt eine Schicht hauptsächlich mit kleinen, länglichen und dünnen Blättern, die in vergilbtem Zustand abgeworfen wurden; offenbar sind das insbesondere kleine Schattenblätter, die infolge Mangel an Licht abgestoßen wurden. Die untersten Blätter eines jeden Jahrestriebs sind ja die kleinsten, und sie scheinen es auch zu sein, die im Falle des Lichtmangels als erste das Spiel verloren geben. Zum großen Teil fallen sie bereits im Juli ab. — Darauf kommen dann früh abgefallene oder abgerissene Blätter des August-September-Typs. Das sind teils größere, vergilbte Schattenblätter, teils grüne bis vergilbte, oft beschädigte Lichtblätter. Und schließlich kommt dann der große und allgemeine Blattfall.

Die geschilderte Schichteneinteilung wird natürlich überall dort verwischt oder zerstört sein, wo Luftzug vom Bestandesrande her während des Sommers eine Bewegung im Laub des Vorjahres hervorruft.

Nur die Blätter vom eigentlichen Herbst-Typus (vergilbt) sind 1932 aufgesammelt worden, wogegen 1925 die Blätter von allen oben genannten Schichten mitgenommen worden [1]).

---

[1]) Doch nicht die Knospenschuppen, dessen Trockengewicht je ha im einzelnen Frühjahr nach einer Bestimmung in 5 Beständen des Reviers Sorö I 20—30 kg ausmacht.

Die Behandlung des Materials im Laboratorium.

In der forstwirtschaftlichen Abteilung der Landwirtschaftlichen Hochschule angekommen, wurden die Säcke in einem mit Zentralheizung erwärmten Zimmer auf Schnüre gehängt. Im Laufe von einigen Tagen hatten sie Zimmertrockenheit erlangt, wurden aber an den Schnüren hängen gelassen, bis durch wiederholt vorgenommenes Wiegen festgestellt war, daß das Gewicht konstant blieb.

Sodann wurde wie folgt verfahren:

Der ganze Sack mit seinem Inhalt wurde gewogen und dann der Inhalt auf einen Tisch ausgeschüttet, der rundum mit einem aufrecht stehenden Rand versehen war; doch hatte dieser Rand an einer Stelle eine kleine Öffnung. Der Inhalt wurde nun vorsichtig auseinandersortiert, ohne daß die Blätter Schaden erlitten. Vorhandene Bucheckern wurden gezählt. Die Blätter wurden von kleinen Zweigstückchen, Staub und anderm Abfall getrennt und sodann das Gewicht der Blätter einerseits und das der Holzstückchen, Bucheckern, Staubteile usw. andrerseits genau festgestellt. Von Bucheckern gab es übrigens ausserordentlich wenig, höchstens ein paar Stück je Auffangplatte.

In einigen Fällen, bei denen aus dem Meßbuch hervorging, daß die Probe auf abschüssigem Gelände genommen war, und bei denen der Neigungswinkel gemessen worden war, wurde die nötige Berichtigung je nach dem Gefälle vorgenommen, so daß das Ergebnis sich je ha abgemessener Bestandesfläche bestimmen ließ.

Von der Blattmenge wurden (durch Auslesen im ganzen Haufen) 2 Proben entnommen, jede von 10—20 g (meistens etwa 15 g) und gewogen (unter Angabe von dg).

Die eine Probe wurde dann bei 98° auf konstantes Gewicht herabgetrocknet und dieses in dg angegeben, woraufhin das Gesamttrockengewicht der ganzen Blattmenge (also der ganzen Auffangplatte) berechnet wurde.

Die andre Probe wurde benutzt zur Ermittlung 1. des Blattflächengehalts (hierüber später), 2. der Blattanzahl je Platte und 3. des grössten Quermaßes (»Durchmesser« genannt) je des größten und des kleinsten Blattes der Platte. Alle ermittelten Größen wurden unter Angabe von Standort, Probeflächen- und Plattennummer in Berechnungsschemas eingetragen, die in der forstwirtschaftlichen Abteilung der Landwirtschaftlichen Hochschule aufbewahrt werden.

Bezüglich der bei den Verwiegungen angewandten Genauigkeitsgrade kann folgendes mitgeteilt werden: Für die zur Trockengewichts- und Blattflächen-Ermittlung entnommenen Proben ist das Gewicht mit einem größten Fehler von 5 ‰ angegeben worden, was einem mittleren Fehler von weniger als 2 ‰ entspricht, während der Mittelfehler bei den Einzelbestimmungen des Blattgewichts oder des Blattflächengehalts je m^2 einen Wert von ungefähr 10 ‰ hatte.

Schließlich sei bemerkt, daß das Trockengewicht der Blätter nach dem Laubfall nach GÄUMANN (S. 64) ca. 20 % geringer ist als im grünen Zustand.

Ermittlung des Blattflächengehalts.

Bei der Bearbeitung der bei den vorhergegangenen Untersuchungen 1925 eingesammelten Proben wurde der Blattflächengehalt in der Weise bestimmt, daß die einzelnen Blätter einer abgewogenen Probe in angefeuchtetem Zustand — d. h. derart, daß ihr Wassergehalt und damit auch ihr Flächengehalt derjenigen des grünen Zustands so nah wie möglich kommt — auf ein Farbkissen gelegt, dagegen gedrückt und sodann auf einen Bogen reines Papier gelegt wurden, auf dem dann ein Abdruck von ihnen mit Hilfe eines gewöhnlichen Tintenlöschers hergestellt wurde. Die einzelnen Blätter lagen dicht hintereinander, die Spitze des einen am Stiel des nächsten, in einer langen, spiralförmigen Kette. Schließlich wurde der Gesamtblattflächeninhalt der Probe bestimmt; das geschah durch eine einzige Planimetrierung auf jedem der 2—3 Bogen, die auf die Probe gingen. Hin und wieder wurde diese Bestimmung zwecks Nachprüfung auch zweimal vorgenommen. Benutzt wurde dabei CORADI's Kompensationsplanimeter.

Diese Methode bietet erhebliche Erleichterungen gegenüber dem oft angewandten Ausschneideverfahren, bei welchem die Umrisse der einzelnen Blätter mit einem dünnen Bleistift auf einem sauberen Bogen Papier abgezeichnet, das derart gezeichnete ausgeschnitten und das Ausgeschnittene mit dem Gesamtgewicht des Papierbogens verglichen wird, dessen Flächeninhalt bekannt ist. Dieses Verfahren habe ich selber bei einigen Birken-Untersuchungen angewandt (vgl. S. 176) sowie ferner zu einer Blattflächenermittlung im Revier Esrom (vgl. S. 98).

Indessen ist auch die Abstemplungs- und Planimetrierungs-

methode recht langwierig, so daß sich schon im Herbst 1930 der Gedanke meldete, es müsse möglich sein, den Blattflächengehalt durch alleinige Anwendung einer »Durchmesser-Messung« an jedem einzelnen Blatt der Probe festzustellen, wobei hier unter »Durchmesser« das größte Quermaß der Blattfläche zu verstehen ist. Die Vorbedingung hierfür war die, daß ein stetiger, naturgesetzlicher Zusammenhang zwischen dem »Durchmesser« und der Blattfläche bestehe. War dies der Fall, so würde sich die Blattflächen-Ermittlung in der Praxis auf die Feststellung des Durchmessers der einzelnen Blätter der Probe beschränken (die Angabe z. B. in ganzen mm) und auf die Eintragung dieser Durchmessergröße in ein Schema, welches den Kluppierungsschemas bei den Bestandesaufnahmen entsprach; es mußte dann möglich sein, den Blattflächeninhalt durch Anlegung einer alle Durchmesserklassen enthaltenden Tabelle (eine Klasse für jeden ganzen mm) und darauffolgende Addition zu finden.

Um über die Durchführbarkeit dieses Planes Klarheit zu schaffen, wurde folgende Untersuchung angestellt: Für eine Reihe von Beständen war die Blattflächenbestimmung bereits durch das Abdruckverfahren mit darauffolgender Planimetrierung erfolgt. Für eine Anzahl von diesen Beständen wurden die Bogen mit den Abdrucken zur näheren Bearbeitung vorgenommen, und zwar von 5 Auffangplatten für jeden der ausgewählten Bestände.

Es handelte sich um die folgenden 7 Bestände, die die verschiedenen Landesteile, Bonitäten und Alter vertraten:

Nödebo	Abteilung 57 und 172
Frijsenborg, Houlbjerg	36
Sorö I	20 A und 44 A
Sorö II	69 A und 93 b

Für jede Auffangplatte wurden nun die folgenden Arbeiten vorgenommen: Auf dem Abdruck jedes einzelnen Blattes wurde sein größtes Quermaß (der »Durchmesser«) in geradzahligen mm notiert. Diese Maße wurden in ein Schema eingetragen, so daß es möglich war, die Anzahl der Blätter mit einem gegebenen Durchmesser festzustellen. Durch Planimetrierung wurde sodann der Flächeninhalt jedes einzelnen Blattes bestimmt.

Für jede Durchmesserlänge (gerade mm) wurden diese Flächengehalte aufaddiert. Mittels Division dieser Summe durch die Anzahl der Blätter mit dieser Durchmesserlänge wurde ein durchschnittlicher Blattflächeninhalt für jede Durchmesserlänge gefunden. Zum Schluß wurde der Flächeninhalt aller Blätter aufaddiert und verschiedene Berechnungen zum Zwecke der Nachprüfung vorgenommen.

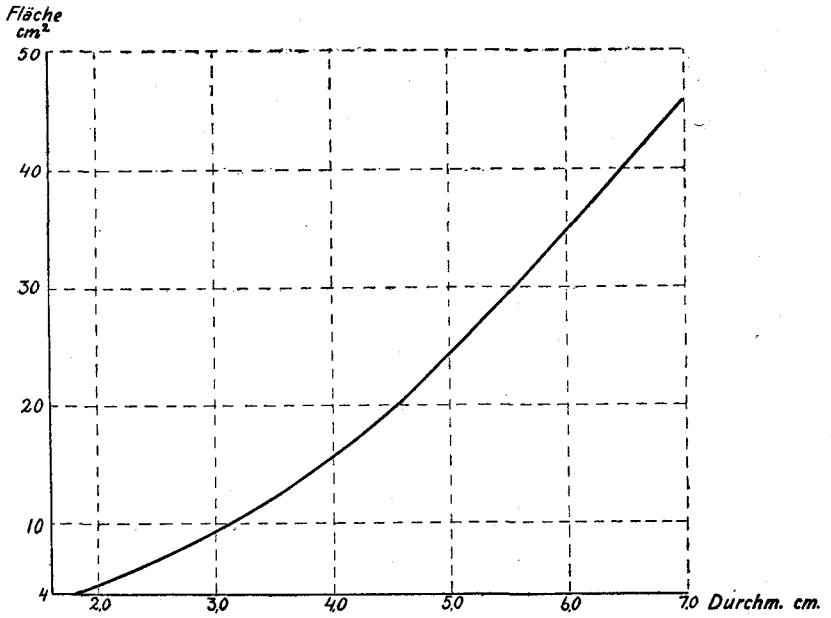


Fig. 3. Kurve für die durchschnittliche Fläche von Blättern verschiedenen »Durchmessers« (Durchm. = grösste Breite). Aus der Kurve geht u. a. hervor, dass die kleinsten Blätter (unter ca. 4 cm) relativ am schmalsten sind, während Blätter über 5 cm ihre Form bei steigendem Durchmesser beinahe unverändert behalten. Vergl. C. Bistrup 1943.

Die Ergebnisse bei den einzelnen Bonitäten wurden sodann für jeden Bestand zusammengestellt, und schließlich erfolgte eine Zusammenstellung der Ergebnisse nach Beständen. Der Blattflächeninhalt für einen gegebenen Durchmesser wies von Bestand zu Bestand nur geringe Verschiedenheit auf.

Auf Grund des *ganzen* Materials wurde nun für jede Durchmesserlänge (gerade mm) ein mittlerer Blattflächeninhalt ermittelt. Alle diese Mittel-Blattflächen wurden in einer graphischen Darstellung zusammengefaßt und in der Weise ausgeglichen, wie sich aus der nebenstehenden Figur 3 ergibt.

An Hand der ausgeglichenen Kurve wurde eine hier nicht wiedergegebene Tabelle ausgearbeitet, in der Blattanzahl und Durchmesser gegeben und Anzahl × mittlere Blattfläche Resultant war. Mit Hilfe dieser Tabelle wurde der Gesamt-Blattflächeninhalt der Probe einer jeden der einzelnen Auffangplatten neu bestimmt, wobei die vorausgegangene Zählung der Blattanzahl einer jeden Durchmesserklasse als Grundlage diente.

Die Summe der derart tabellarisch ermittelten Blattflächeninhalte der 5 Proben wurde nun für jeden Bestand mit der entsprechenden Flächensumme verglichen, die durch Planimetrierung jedes einzelnen Blattes festgestellt worden war.

Indem nun die Ergebnisse dieses letztgenannten Verfahrens als richtig angesehen wurden, ergaben sich für die Resultate der tabellarischen Ermittlungsmethode folgende Fehler[1]):

		Fehler:	Bonität	Alter
Nödebo	Abt. 57	— 1,1 %	< 4	ca. 150 Jahre
»	» 172	— 0,3 »	3,5	57 »
Sorö I	» 20 A	+ 1,1 »	ca. 1,5	133 »
» I	» 44 A	+ 2,8 »	1,8	47 »
Sorö II	» 69 A	+ 1,0 »	2,4	62 »
» II	» 93 b	+ 0,8 »		
Frijsenborg, Houlbjerg	» 36	— 2,0 »	1,4	30 »

Diese Zahlen deuten auf eine Neigung zu positivem Fehler bei den besten Wachstumsbonitäten in mittlerem Alter auf Mittelseeland und zu negativem Fehler bei niedriger Bonität höheren Alters. Aber eindeutig sind diese Tendenzen nicht (vgl. den negativen Fehler bei hoher Bonität und einem Alter von 30 Jahren in Houlbjerg). Alles, was man aus den Ergebnissen schliessen darf, ist deshalb der Umstand, daß der Fehler bei der tabellarischen Bestimmung der mittleren Blattfläche je m^2 in einem Bestand mit 5 Auffangeplatten meistens 3 % nicht übersteigen wird, gewöhnlich aber noch geringer ist. Nach der GAUSS'schen Formel berechnet, beträgt der mittlere Fehler 1,6 %.

---

[1]) Fehler = richtiger Wert — unrichtiger Wert. Wenn der Fehler ein positives Vorzeichen hat, so bedeutet das also, dass die Tabelle einen zu niedrigen Wert angibt.

Wohl kann diese Formel auf ein so kleines Material nicht mit dem Anspruch auf völlige Gültigkeit angewendet werden, aber trotzdem wird doch die Größenordnung des Fehlers genügend angegeben sein.

Bei den obengenannten Fehlerzahlen und deren Bearbeitungen wurde von der Voraussetzung ausgegangen, daß die planimetrische Bestimmung der Blattfläche richtig sei, d. h. also fehlerfrei. Das ist sie aber natürlich nur annähernd. Bei genauerem Zusehen liegt die Sache wie folgt:

Nach Angabe von Professor THORKIL-JENSEN kann bei Planimetrierung mittels Umfahren der mittlere Fehler bei der einzelnen Messung berechnet werden als

$$m = 0{,}02 \sqrt{F} \text{ cm}^2,$$

wobei F = Fläche in cm^2 ist, und zwar bei einem Maßstabverhältnis 1:1.

Da die durchschnittliche Blattgröße etwa 18 cm^2 beträgt, würde die Fläche eines einzelnen Blattes mit einem mittleren Fehler von 0,47 % bestimmt sein, und der mittlere Fehler bei der Summe der Flächengehalte von ca. 500 Blättern (ca. 100 Blätter je Probe, 1 Probe je Auffangplatte, 5 Auffangplatten je Bestand) würde hiernach etwa 0,02 % betragen.

Die oben angegebene Formel ermöglicht auch eine Berechnung desjenigen mittleren Fehlers, der zu erwarten ist, wenn der Blattflächeninhalt durch Planimetrierung der in einer spiralförmigen Kette abgedruckten Blätter einer Probe bestimmt worden ist, so wie das bei den früheren Untersuchungen 1925/26 ausschließlich der Fall war. Die Blätter einer Probe füllten im allgemeinen 4 Bogen, und die Blattkette eines jeden Bogens wurde gesondert als eine Fläche durch eine Umfahrt planimetrisch gemessen.

Der Blattflächengehalt eines derartigen Bogens betrug durchschnittlich etwa 450 cm^2.

Durch Einsetzen in die Formel ergibt sich hiernach, daß der mittlere Fehler bei planimetrischer Bestimmung des Blattflächengehalts eines Bogens etwa 0,1 % und für die Summe der Blattflächeninhalte von 4 Bogen etwa 0,05 % sein sollte.

Die in 1925 zum Zwecke der Nachprüfung vorgenommenen 5 nochmaligen Planimetrierungen ergaben jedoch eine

durchschnittliche, nicht einseitige Differenz von 0,6 %. Die Erklärung für diese Nichtübereinstimmung könnte möglicherweise darin gesucht werden, daß die Peripherie der planimetrierten Figuren im Verhältnis zum Flächengehalt außerordentlich groß ist. Es wird doch angegeben, daß verschiedene Untersuchungen dieses Verhältnis als bedeutungslos erwiesen haben. Eine größere Rolle kann vielleicht der Umstand gespielt haben, dass die Peripherie oft etwas unsicher im Abdruck hervortrat, und daß diese Planimetrierungen von einer jungen Dame ohne besondere Ausbildung vorgenommen worden sind.

Indessen spielt diese ganze Frage nur eine geringe Rolle für die vorliegende Arbeit.

Die Untersuchungen von 1925 bilden nur einen untergeordneten Teil des gesamten Materials, und diejenigen Planimetrierungen, auf denen die Blattflächentabellen und Figur 3 beruhen, sind von einem zuverlässigen Forstkandidaten vorgenommen worden, so daß in dieser Beziehung nichts vorliegt, was gegen die Gültigkeit der obengenannten Formel für die Berechnung des mittleren Fehlers bei einer Planimetrierung sprechen könnte. Selbst ein mittlerer Fehler von ± 0,6 % bei der Messung der einzelnen Auffangplatte ist im übrigen ohne größere Bedeutung für die oben besprochene Untersuchung und Tabelle.

Bei unmittelbarer Anwendung der Blattflächentabelle (oder Figur 3) muß darauf geachtet werden, daß die Blätter, deren »Durchmesser« (größte Breite) gemessen wird, entweder frisch oder aber bis zu einem derartigen Feuchtigkeitsgehalt aufgeweicht sind, der dem frischen Zustand entspricht. Sonst erhält man durch das Einschrumpfen infolge Austrocknens ein zu niedriges Resultat. Da aber das erwähnte Aufweichen eine recht langwierige Angelegenheit ist, so bedeutet es eine große Zeitersparnis, wenn man stattdessen den Durchmesser eines zimmertrocknen Blattes mißt und am Schluß zu dem ermittelten Blattflächengehalt 7,2 % hinzuaddiert. Diese Zahl ist dadurch gefunden worden, daß der Flächeninhalt von 200 Blättern verschiedener Herkunft und Größe jeweils in zimmertrocknem und in angemessen aufgeweichtem Zustande sorgfältig gemessen wurde. Bei dem größten Teil des Blattmaterials ist der Durchmesser an den zimmertrocknen Blättern gemessen

worden, und zwar unter nachheriger Hinzurechnung von 7,2 % zum Flächengehalt.

Es meldet sich in dieser Verbindung die Frage, ob die angemessen aufgeweichten Blätter dann wirklich dieselbe Oberfläche haben wie einst dieselben Blätter in grünem Zustand auf dem Baum sitzend.

Nach GÄUMANN (siehe S. 64) sollte es der Fall sein.

Um vollständige Sicherheit zu erreichen, habe ich die folgende Untersuchung angestellt.

Am 17. September wurden an 20 auf den Bäumen unter allen verschiedenen Lichtverhältnissen sitzenden grünen Buchenblätter die Länge und die Breite sorgfältig gemessen. Danach wurde jedes Blatt mittels eines um den Stiel gebundenes Seidenfadens am Zweig befestigt.

Am 27. November wurden dieselben Blätter eingesammelt, bis zur Zimmertrockenheit getrocknet, wieder aufgefeuchtet und endlich sorgfältig gemessen, indem jedoch 6 von ihnen verloren gegangen waren.

Indem die Oberfläche vom 17. September als wahrer Wert betrachtet wurde, ergab eine gewöhnliche Berechnung des mittleren Fehlers für das einzelne Blatt

$$m = \pm 2{,}2\ \%$$

wozu (vielleicht) ein positiver, systematischer Fehler, d. h. ein Schwindmaß von 0,8 %.

Wenn auch die Zahl der Beobachtungen ziemlich klein ist, gibt das Resultat doch, wenn man es mit den Ergebnissen von GÄUMANN vergleicht, eine befriedigende Sicherheit dafür, daß kein wesentlicher Unterschied besteht zwischen der Oberfläche eines Blattes in grünem Zustand auf dem Baum und der nach der obigen Beschreibung bestimmten Oberfläche nach dem Laubfall.

Gesamtfehler bei der Blattflächen- und Blattgewicht-Ermittlung.

In Tab. B (hinten im Buch) findet sich ausser den ermittelten Blattflächen, Blattgewichten u. s. w. auch Angaben über den mittleren Fehler des arithmetischen Mittels für die verschiedenen Faktoren der einzelnen Platten, z. B. des Blattflächeninhalts je m² Bestandesfläche. Der mittlere Fehler (m_n) ist berechnet nach der Formel:

$$m_n = \pm \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{(n-1) \cdot n}},$$

wobei v = Abweichung des Einzelergebnisses von dem arithmetischen Mittel der Ergebnisse ist, und n = Anzahl der Ergebnisse = Anzahl der brauchbaren und verwendeten Platten auf der Probefläche.

Es muss zugegeben werden, dass die Anzahl der Ergebnisse, die man zur Berechnung des mittleren Fehlers des arithmetischen Mittels benutzt hat (gewöhnlich 5—10), zu klein ist, um die GAUSS'sche Formel zuverlässig anwenden zu können. Da es sich jedoch um eine sehr grosse Reihe gleichartiger Untersuchungen an ganz gleichartigem Material handelt, so stützt das eine Ergebnis das andre in der gleichen Weise, wie dies in der auf S. 91 angegebenen Formel für den mittleren Fehler bei der einzelnen Messung der Fall ist, wenn eine Anzahl gleich guter Messungen von jeder Grösse aus einer Reihe einigermassen gleichartiger Grössen vorliegen. Durch Anwendung dieser Formel gelangt man zu Werten, die recht nahe (d. h. ein wenig über) dem arithmetischen Mittel derjenigen Fehlerangaben liegen, die für die verschiedenen Blattfaktoren in Tabelle B angegeben sind. Man kann diese Durchschnittszahl daher sehr gut gemeinsam für alle Bestände als den annähernden Wert für die Genauigkeit der Ergebnisse benutzen.

Wenn trotzdem für jede der alljährlichen Blattflächenuntersuchungen in jedem der einzelnen Bestände eine gesonderte Fehlerberechnung vorgenommen worden ist, so geschah dies hauptsächlich als Sicherheitsmassnahme gegen grobe Fehler und Fehlereinflüsse nicht zufälligen Charakters.

Der solcherart ausgerechnete mittlere Fehler beim Blattflächengehalt je m^2 enthält natürlich ebenfalls den soeben erörterten, vom Gebrauch der Blattflächentabelle herrührenden mittleren Fehler bei der Blattflächenermittlung. Aber ausserdem enthält er, und zwar als den wesentlichsten Faktor, die variierende Wirkung sowohl der wirklichen Blattfläche je m^2 als auch des Charakters des Blattfalles selber.

Auf welche Weise und in welchem Verhältnis zueinander diese verschiedenen, die Abweichungen hervorrufenden Faktoren sich gegenseitig beeinflussen, lässt sich zwar zum Teil näher berechnen, weil ja die ungefähre Grösse des Tabellenfehlers bekannt ist, aber für die Anwendung unsrer Messresultate hat eine derartige Untersuchung kein Interesse, weil die Grösse des gesamten Mittelfehlers entscheidend ist.

Durchschnittlich liegt in der Haupttabelle B der mittlere Fehler sowohl beim wirklichen Blattgewicht als auch bei der Blattfläche für den einzelnen Bestand und die einzelne Messung bei ungefähr 4 %, dies jedoch mit erheblichen Schwankungen.

Für eine ausgeglichene Kurve auf Grund der Zahlen einer Reihe von Einzelbeständen wird der Fehler des allgemeinen Verlaufs der Kurve wesentlich kleiner sein als die oben erwähnten ca. 4 %, und zwar wird er um so kleiner sein, je mehr Einzelbeobachtungen der Kurve zugrunde liegen. Wahrscheinlich wird der Fehler annähernd in dem Masse abnehmen wie die Quadratwurzel aus der Anzahl der Beobachtungen zunimmt. — Das bedeutet, dass die graphischen Darstellungen an Hand des Materials der Haupttabelle in bezug auf Blatt-

gewicht und Blattflächengehalt je m² gewöhnlich ziemlich sichere Schlussfolgerungen zulassen dürften. (Bezüglich der Genauigkeit bei Ermittlung der Holzmassenfaktoren und des Zuwachses der Bestände vgl. S. 89).

Hinsichtlich des *Blattgewichts* liegt jedoch ein besonderes und schwer kontrollierbares Unsicherheitsmoment in der Fehlermöglichkeit, die mit der Tätigkeit der Regenwürmer zusammenhängt. Da die Blatteinsammlung sofort nach beendetem Laubfall erfolgte, hatte die Tätigkeit der Regenwürmer gewöhnlich keinen feststellbaren Einfluss. In der neugefallenen Blätterschicht selber sah man bei der Einsammlung keinerlei Spur von den Tieren, vielmehr war dies erst in dem mürber gewordenen Laub unter den Auffangplatten der Fall. Dagegen war es an solchen Stellen, wo die Zersetzung besonders schnell vor sich ging, so dass dort nur schwache Reste von der Laubschicht des Vorjahres vorhanden waren, nicht ungewöhnlich auch einige neugefallene Blätter zu finden, die in die Regenwurmlöcher halb hereingezogen waren. Ausserdem hatten die Regenwürmer ein gut Teil ihrer wohlbekannten Exkremente überall herum in den unteren Schichten der neugefallenen Blätter abgelagert. Im Laboratorium ist zwar mit grosser Sorgfalt versucht worden, derartige Blätter von daranklebenden Erdteilen zu reinigen, doch zeigte es sich, dass infolge der Klebrigkeit der Exkremente eine vollständige Reinigung nur schwer zu erreichen war. Alles in allem scheint der Einfluss dieses besonderen Umstands wohl gering zu sein, doch ist es andrerseits nicht möglich, ihn rechnerisch zu erfassen.

Wahrscheinlich wird der Einfluss auf das Blattgewicht kleiner sein als auf die Blattfläche, weil einerseits einige Blätter angefressen, andrerseits aber ein Teil der übrigen, den Reinigungsversuchen zum Trotz, etwas schwerer geworden sind.

Sichtung der Blattfallermittlungen nach ihrer Sicherheit.

Nach Beendigung der Laubeinsammlung im Herbst 1932 wurde das gesamte Blattfallmaterial der Herbste 1930, 1931 und 1932 einer kritischen Durchsicht unterzogen, die eine recht lange Zeit in Anspruch nahm und mit der laboratoriumsmäßigen Bearbeitung des Materials Hand in Hand ging.

Die Kritik setzte an folgenden Punkten ein:

1. *Blattfall.* Zunächst wurde eine Klassifizierung nach dem mehr oder minder ruhigen und ungestörten Charakter des Blattfalls vorgenommen, wobei als Grundlage die Aufzeichnungen über Laubfall und Auffangeplatten dienten, die bei der Inspizierung der Platten während des Laubfalls sowie bei ihrer Leerung nach dem Laubfall gemacht worden waren.

2. *Verhältnis zwischen Blattflächengehalt und Blattgewicht je m^2.* Die Berechnungen ergaben, daß dieses Verhältnis recht fest lag; in einzelnen Fällen jedoch wurden vom Normalen unwahrscheinlich stark abweichende Zahlen festgestellt (das 3—6fache der durchschnittlichen Abweichung). In derartigen Fällen war anzunehmen, daß irgend ein Rechen- oder Messungsfehler unterlaufen war oder daß den Blättern mineralische Erde angehaftet hatte. Dies letztere kann dort vorkommen, wo die Regenwürmer bereits während des Laubfalls mit der Bearbeitung des frischgefallenen Laubs begonnen hatten (vergleiche oben), also namentlich bei gutem Erdboden mit besonders rascher Zersetzung. Bereits nach der ersten Laubfallbestimmung im Herbst 1930 bestand über diese Gefahr Klarheit, und es wurde versucht, ihr durch schleunigste Einsammlung des Laubs sowie durch sorgfältiges Aussortieren des Materials der einzelnen Auffangplatten im Laboratorium zu begegnen.

Diese kritische Sichtung des Materials führte zuallererst zur Ausschließung eines erheblichen Teils des Materials. Von den 62 Beständen, mit denen begonnen worden war, wurden 5 wegen unruhigen Blattfalls (in der Regel infolge von Zugluft von den Rändern her) vollständig ausgeschieden. —

Von denjenigen Beständen, die benutzt worden sind, wurden teilweise ganze Jahrgänge von Beobachtungen ausgeschaltet und teilweise auch von dem einzelnen Standort im einzelnen Jahr einzelne Platten, deren Inhalt nicht hinlänglich sichere Beobachtungsmöglichkeiten bot.

Als Beispiel für den Ausschluß eines ganzen Jahrganges von Beobachtungen muß insbesondre das gesamte Material vom Herbst 1931 in Nödebo genannt werden. Die Ursache hierfür waren in diesem Falle die außergewöhnlich unruhigen Windverhältnisse während der Zeit des Laubfalls und außerdem wohl auch der Umstand, daß die Beobachtungsbestände in Nödebo durchgehends auf weniger gut geschütztem und stärker kupiertem Gelände lagen, als dies in den übrigen Forstrevieren der Fall war. Im Herbst 1930 und 1932 dagegen war der Laubfall in Nödebo verhältnismäßig ruhig. Bei den andern Revieren hat es sich nur um den Ausschluß der Beobachtungen von ein oder zwei Jahrgängen in einzelnen Beständen gehandelt.

Als Ursachen für das Ausscheiden einer einzelnen Auffangplatte während der Beobachtungen eines Jahres in einem Bestande seien genannt: 1. Abhandenkommen der Platte während der Laubfallperiode (kam recht oft vor); 2. Deformierung der Platte durch Zertreten o. dgl., oder Aufplatzen derselben an einer der am Erdboden befestigten Ecken, oder Aufbeulung der Plattenmitte; 3. unregelmäßige Lagerung des Laubs auf der Platte, z. B. leere Flecken, Zusammendrängung des Laubes am Rand entlang u. dgl.; 4. zu grosses Gewicht je Blattflächeneinheit.

Nach der derart erfolgten Ausmerzung des nicht ausreichend zuverlässigen Materials wurde der Rest durch Bewertung der einzelnen Jahresergebnissen in zwei Gruppen eingeteilt, nämlich:

Klasse 1. Einwandfreie Beobachtungen, bei denen der Laubfall ruhig und gleichmäßig, die Einsammlung ohne nennenswerten Zwischenfall erfolgt war. (Eine oder einige wenige verschwundene oder havarierte Auffangeplatten wurden nicht als disqualifizierend angesehen, wenn der Gesamteindruck gleichmäßig und gut war.)

Klasse 2. Schätzungsweise brauchbare Beobachtungen, bei denen jedoch der eine oder andere Nebenumstand einen gewissen Grad von Unsicherheit verursacht. (Der Laubfall wies, wie aus den Notizen hervorgeht, Zeichen der Unruhe auf. Die Beobachtung erfolgte so nahe am Waldsaum, daß möglicherweise die Gefahr einer Laubwanderung bestand. Die Ruhe auf dem Gelände war durch Verkehr von Menschen, durch Hühner u. dgl. gestört, usw.)

Das unter Klasse 2 zusammengefaßte Material auszuscheiden, wurde nicht für geboten erachtet, weil der Eindruck bestand, daß der bei ihnen vorliegende und bereits erwähnte Unsicherheitsgrad nicht groß genug war, um die Ergebnisse wesentlich zu verschieben. Die hier obwaltenden Fehlerquellen wirken nicht alle in gleicher Richtung, und es ist daher wahrscheinlich, daß das Gesamtmaterial der Klasse 2 ein richtiges Bild ergibt. In den graphischen Darstellungen wird jedoch das Material der Klasse 2 oft durch eine besondre Signatur gekennzeichnet sein.

Tabelle B enthält die endgültigen Ergebnisse der Sichtung der Laubfalluntersuchungen.

B. Graphische Analyse der Ergebnisse.

In Fig. 7—26 sind die Ergebnisse der Bestandesaufnahmen, Zuwachs- und Blattfallermittlungen graphisch bearbeitet worden.

Nach unsre Untersuchungen über die Fehler bei den Messungen (S. 89 und S. 107) kann angenommen werden, daß der Fehler bei der einzelnen Messung und dem einzelnen Bestand bei ungefähr folgenden Werten liegt:

Stammgrundfläche	± 3 %	+ 0.5 bis 3.3 %
Bestandeshöhe	± 2—5 %	
Formzahl	± 6 %	
Masse	± 7—8 %	+ 0.5 bis 3.3 %
Grundflächenzuwachs	± 5 %	
Höhenzuwachs	± 10 %	
Formzahlzuwachs	± 0,05 %	
Massenzuwachs	± 10 %	
Stammzahl	± 5 %	
Alter	± 5 %	
Bonität	± 6—7 %	
Relativer Baumabstand	± 6—7 %	
Blattgewicht je m^2	± 4 %	
Blattflächeninhalt je m^2	± 4 %	

In den graphischen Darstellungen Fig. 7—26 sind die nach dem Augenmaß geglichenen Kurven nicht eingezeichnet, weil ich vorgezogen habe es den Lesern selbst zu überlassen eine solche Ausgleichung der Beobachtungen vorzunehmen, denn jeder betrachtet am freisten das Material, wenn kein anderer mit seiner Auffassung das Bild geprägt hat.

Indessen dürften die folgenden Betrachtungen wohl allgemein für eine ausgeglichene Kurve des Materials gelten.

Da eine solche Kurve gewöhnlich auf Grund etwa 30 Einzelbeobachtungen gezeichnet sein wird, so geht daraus hervor, daß die von den Messungen selbst herrührende Unsicherheit der Kurven recht gering ist, weil die Fehler bei den einzelnen Beobachtungen in verschiedene Richtung gehen und sich in ihrer Wirkung daher zum Teil gegenseitig aufheben (gemäß dem Fehlerfort-

pflanzungsgesetz). Von unmittelbaren Fehlern beim Ausgleichen der Kurve abgesehen, dürfte es eine brauchbare summarische Annäherung bedeuten, wenn man annimmt, daß eine auf Grund einer größeren Anzahl von Einzelbeobachtungen gezeichnete Kurve einen von den Messungen hierrührenden mittleren Fehler in ihrer Lage aufweist, der fast ebensoviel kleiner ist als der mittlere Fehler bei der einzelnen Messung, wie der mittlere Fehler der Mittelzahl mehrerer Messungen der gleichen Grösse kleiner ist als der mittlere Fehler der einzelnen Messung[1]). Eine Kurve, die z. B. auf Grund von etwa 30 Bestimmungen des Blattflächeninhalts und der Höhe von verschiedenen Beständen gezeichnet worden ist, müßte demnach — wenn man die Fehler bei beiden Faktoren in Betracht zieht — im Hinblick auf die Vermessungsfehler mit einem mittleren Fehler von unter 2 % behaftet sein.

Da auf den Figuren die mittlere Abweichung der Punkte von der Kurve wesentlich größer als 2 % ist, so bedeutet dies, daß die Meßtechnik hinlänglich genau gewesen ist. Soweit die einzelnen Punkte mehr als etwa 5—6 % von der Kurve abweichen, muß dies deshalb wahrscheinlich von dem Einfluß anderer tatsächlichen Verhältnisse herrühren. In dieser Beziehung können ohne weiteres örtliche Verschiedenheiten der Niederschläge, der Boden- und Grundwasserverhältnisse erwähnt werden und außerdem vielleicht eine Reihe noch anderer Tatsachen, deren genauere Auswirkungen unbekannt sind. Sodann aber sind die Abweichungen auch auf den Umstand zurückzuführen, daß es nur selten möglich gewesen ist, die Wirkung der beiden Faktoren völlig zu isolieren, deren gegenseitige Abhängigkeit voneinander in der einzelnen graphischen Darstellung festzustellen versucht wurde.

Will man z. B. über die Wirkung der Bonität auf die Blattfläche Auskunft erhalten, so wäre es eigentlich — damit die Wirkung aller andern Faktoren als ausgeschaltet gelten könnte — notwendig, daß die untersuchten Bestände sämtlich gleichaltrig, einander unmittelbar benachbart und während langer Zeiträume in genau gleicher Weise und in denselben Jahren durchforstet worden wären. Diese Bedingung hat in der Praxis nicht erfüllt werden können, wenn gleichzeitig die nach Möglichkeit ruhigsten Verhältnisse für den Blattfall gesichert werden sollten.

---

[1]) Mit voller Sicherheit gilt die Annahme nur für den mittleren Teil der ausgeglichenen Kurve.

Ähnliches gilt für die Untersuchungen über das Ineinandergreifen der übrigen Faktoren, wenn auch im übrigen sowohl bei der Auswahl des Materials wie bei dessen graphischer Bearbeitung angestrebt wurde, die Wirkungen der einzelnen Faktoren so weit wie irgend möglich zu isolieren.

Indessen hat man gerade in der Abweichung der vielen Einzelbeobachtungen von der ausgeglichenen Kurve eine Handhabe, die Sicherheit der Kurve festzustellen.

Wenn nämlich alle Einzelbeobachtungen auf solche Punkte gefallen waren, deren Verbindung eine vollständig gleichmäßige Kurve bilden, so durfte diese als sehr sicher festgelegt gelten.

Wenn umgekehrt die Einzelbeobachtungen in starker Streuung nach beiden Seiten der Kurve hin abweichen, so ist diese ziemlich unsicher. Einen annähernden Maß für die Sicherheit eines durch eine ausgeglichene Gerade oder Kurve dargestellten funktionellen Zusammenhangs erhält man dadurch, daß man die Ordinat-Abweichungen der einzelnen Beobachtungen von der Gerade als Fehler betrachtet und danach eine an Hand der Gauss'schen Formel oder wenigstens eine Schätzung des mittleren Fehlers vornimmt (vergl. Hugershoff 1940 S. 70).

Wenn die Gerade in ihrem Verlauf innerhalb des Beobachtungs-Intervalles eine Steigung oder Neigung aufweist, die $\frac{2}{3} \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{m}{\sqrt{n}}$ übersteigt, wo m = der mittlere Fehler, so ist es schon mehr wahrscheinlich als nicht, daß diese Steigung oder Neigung die Auswirkung einer Wechselbeziehung zwischen den beiden Faktoren ist, über deren gegenseitige Verhältnisse die Gerade Auskunft geben soll. Beträgt die Steigung oder Neigung mehr als $3 \sqrt{2} \frac{m}{\sqrt{n}}$, so kann man mit Bestimmtheit damit rechnen, daß eine derartige korrelative Beziehung vorliegt. Die Bewertung kann mit Vorteil für verschiedene Teile einer Kurve gesondert ausgeführt werden, wenn alle Teile der Kurve nicht mit ungefähr gleichen Sicherheit festgelegt sind.

Von diesen Gesichtspunkten aus sind im folgenden die graphischen Darstellungen beurteilt worden, wobei jedoch gewöhnlich keine rechnerische, sondern nur eine graphische Untersuchung vorgenommen worden ist. Von einer matematischen Ausgleichung, einer Berechnung der Korrelationskoeffizienten usw. ist wegen der haüfig recht große Kompliziertheit der Beziehungen abgesehen worden (z. B. Fig. 30 u. flg.). Es wurde

vorgezogen eine ins einzelne gehende grafische Beurteilung des Einflusses der verschiedem Faktoren durchzuführen.

Im folgenden soll versucht werden, die Wirkungen der wichtigsten untersuchten Faktoren bei Blattfläche, Blattgewicht usw. auf Grund der angelegten graphischen Darstellungen textmäßig zu erläutern. Hierunter ist z. B. der Zusammenhang zwischen Blattmenge und Masse bzw. Massenzuwachs nicht behandelt, weil die Grundfläche und der Grundflächenzuwachs viel genauer bestimmt worden sind, und es für unseren Zweck als genügend angesehen wurde, die Korrelation zwischen diesen Faktoren und der Blattmenge zu beleuchten. Indessen gibt unsere Fehleruntersuchung die notwendige Grundlage für jede Konstellation, die man zu untersuchen wünschen sollte.

Das Material von 1925.

Zuerst sind in Fig. 4—6 die wichtigsten Hauptzüge des Materials von 1925 behandelt worden, das für den Laubfall durch Aufsammeln des gefallenen Laubes mit der Hand auf 5 verschiedenen Quadratmetern je Bestand mit Hilfe eines hölzernen Rahmenmaßes zuwege gebracht wurde. Das Material findet sich in der Tabelle A hinten im Buche dargestellt.

Für dieses Material wurde keine besondere Fehler-Untersuchung vorgenommen, aber in großen Zügen dürften die für das Material von 1930—32 oben gefundenen Resultate auch hier Gültigkeit haben.

Bei der graphischen Auflegung ist das Material von 1925 ohne Korrektionen für Durchforstungsstandpunkt u. ä. benutzt worden.

Fig. 4 scheint eine Steigung der Blattfläche mit fallender *Bonität* zu zeigen. Da diese Steigung doch nicht mit Sicherheit festgestellt werden kann wurde das Resultat (Carl Mar: Möller 1929) so gedeutet, daß ein Einfluß der Bonität auf die Blattfläche nicht erweisbar war.

Fig. 5 zeigt keinen deutlichen Einfluß der *Höhe* (oder des *Alters*) auf die Blattfläche, jedenfalls nicht von 10 m Höhe und aufwärts. Auffallend ist die recht große Blattfläche schon von 2 m.

In Fig. 6 wurden bei der Bearbeitung in 1928 die Bestände 5 und 6 ausgelassen, weil der außerordentliche Reichtum an unterdrückten Bäumen die Stammzahl der oberen Etage

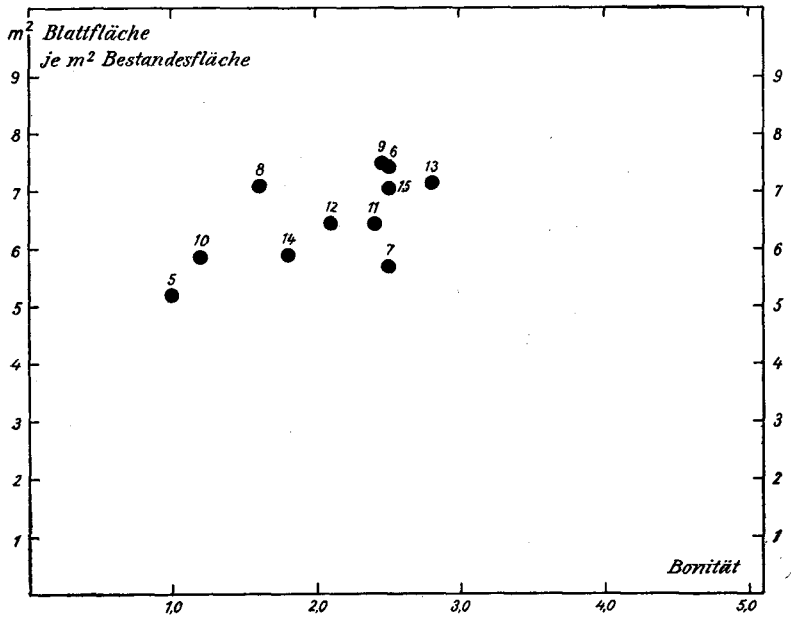


Fig. 4. Bonität und Blattfläche nach dem Material von 1925. Die kleinen Zahlen geben die Nummer des Bestandes nach der Ordnung in Tabelle A an.

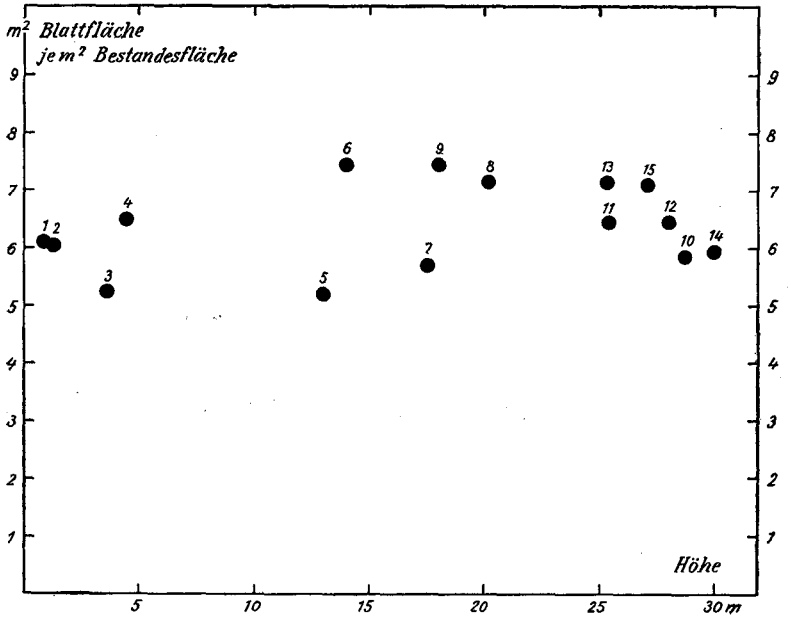


Fig. 5. Scheitelhöhe und Blattfläche nach dem Material von 1925. Die kleinen Zahlen geben die Nummer des Bestandes nach der Ordnung in Tabelle A an.

unzuverlässig machten, wodurch auch der relative Baumabstand unsicher wurde. In der Tat entsprachen die Zahlenwerte für den relativen Baumabstand schätzungsweise nicht der Durchforstungsstärke.

Nach Ausschaltung der Bestände 5 und 6 erwies die ausgeglichene Kurve durch die übrigen Punkte eine Steigung, die in 1928 als ein Resultat der Wirkung der *Durchforstungsstärke* auf die Blattfläche aufgefaßt wurde.

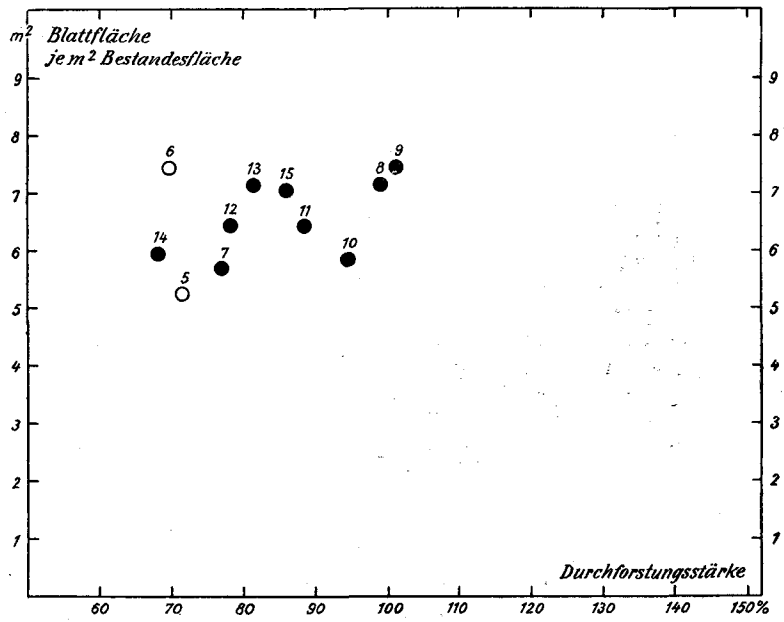


Fig. 6. Durchforstungsstärke und Blattfläche nach dem Material von 1925. Die kleinen Zahlen geben die Nummer des Bestandes nach der Ordnung in Tabelle A an.

Die Durchforstungsstärke ist in Fig. 6 (wie für das Material von 1930—32) in $^0/_0$ der Durchforstungsstärke der nach Bonitäten aufgestellten Ertragstafeln von Carl Mar:Möller (1933) angegeben worden. Hierbei diente der relative Baumabstand als Maßstab. In 1929 wurde ein ähnliches, aber nicht identisches System angewandt.

Bei meiner Beurteilung des Resultats in 1929 stützte ich mich besonders darauf, daß die zwei Bestände 8 und 9 des stark durchforsteten Reviers Sorö II viel höher liegen als die zwei Bestände 7 und 14 des schwach durchforsteten Reviers Sorö I.

Es ist jedoch offenbar, daß die in 1929 gegebene Deutung unsicher sein muß. Die Beobachtungen sind wenig zahlreich. Die Variation der Durchforstungsstärke ist zu gering (vergl. Fig. 22—24) Falls die Bestände 5 und 6 mitgenommen werden, wird das ganze Bild entscheidend geändert. Verschiedenheiten mit Rücksicht auf den Durchforstungsstandpunkt (vor oder nach Durchforstung) sind nicht in Betracht genommen. Die Laubaufsammlungsmethode gibt vielleicht einen Spielraum für subjektive Schätzung. Es ist das Laub nur auf 5 Quadratmeter je Bestand aufgesammelt usw.

In bezug auf die *Blattgrösse* zeigt Tabelle A abgesehen von einer schnellen Steigung im ganz jungen Alter eine recht geringe Schwankung, aber doch eine Tendenz zur Kulmination im jüngeren Mittelalter.

Gegen das ganze Material von 1925 und seine Bearbeitung kann, wie in der Einleitung genannt, eingewandt werden, daß es zu wenig Variation darbietet, und daß nicht an eine Isolierung der einzelnen arbeitenden Faktoren gedacht worden ist.

Ferner sind bei der Laub-Aufsammlung alle Blätter mitgenommen worden, die oben an der Knospenschuppenschicht vom Frühjahr 1925 lagen, darunter auch eine beträchtliche Menge im Laufe des Sommers abgefallener Blätter, was vermutlich eine Hauptursache dafür ist, daß die Blattflächen von 1925 durchschnittlich etwas höher liegen als diejenigen von 1930—32.

Wie es mit den erweiterten Untersuchungen auch die Absicht war, wird im übrigen der Einfluß der einzelnen Faktoren auf Blattfläche usw. viel eingehender im folgendem beleuchtet werden mittels des viel größeren und sicheren *Materials von 1930—32.*

Der Durchforstungseingriff.

Die einzelne Durchforstungshandlung muß natürlich das Blattgewicht und die Blattfläche je ha usw. beeinflussen. — Teils um über die Größe und Dauer dieses Einflusses im Zusammenhang mit dem gleichzeitigen Zuwachs je ha Aufschluß zu erhalten, und teils um eine Methode zu finden, durch die der Einfluß der Durchforstungshandlung auf das Material sich ausschalten läßt, sind folgende Arbeiten ausgeführt worden:

Für alle untersuchten Bestände ist an Hand der aus den Hauptschemas ersichtlichen Angaben über die letztvergangenen Durchforstungsjahre eine Abschätzung des Standes vorgenom-

men worden, in dem sich die Bestände in jedem der drei Untersuchungsjahre 1930, 1931 und 1932 im Hinblick auf die Durchforstung befanden. Bei dieser Schätzung ist eine zehnteilige Skala benutzt worden, in der Stufe 1 das Jahr nach dem Hieb und Stufe 10 den Standpunkt unmittelbar vor demselben bezeichnet. Vermindert man die Blattfläche (oder das Blattgewicht) von Beständen auf diesem Standpunkt um den gleichen Prozentsatz, den die Durchforstung von der Masse ausgemacht hat, so gelangt man zu einer 11ten, imaginären Stufe, die angibt, was die Blattfläche nach Durchforstung vermutlich ungefähr betragen haben würde, wenn der Hieb bereits vor dem Laubfall vorgenommen worden wäre. Da der Bestand während des ersten Sommers nach der Durchforstung an Blattfülle selbstverständlich zunimmt, so muß erwartet werden, daß diese 11. Stufe niedriger ist als Stufe 1, d. h. als im ersten Herbst nach dem Hieb (weil alle Durchforstungen im Winterhalbjahr vorgenommen worden sind).

In einem Sammelschema mit 11 Kolonnen ist nun für jeden Bestand der in dem einzelnen Jahr ermittelte Blattflächeninhalt an derjenigen Stelle des Schemas eingesetzt worden, wo der Bestand gemäß seinem durch Schätzung festgestellten Standpunkt im Hinblick auf Durchforstung im Augenblick hinhört; sämtliche Zahlen in jeder Kolonne wurden addiert, und mittels Division durch die in der Kolonne aufgeführte Anzahl der Beobachtungen ergab sich dann die mittlere Blattfläche für die Kolonne. Zum Schluß wurde das Ergebnis graphisch festgelegt und ausgeglichen, wie dies aus Fig. 7 ersichtlich ist.

Aus der Figur geht hervor, daß die Zunahme der Laubfülle während der Zeit zwischen den Durchforstungen vermutlich nicht nach einer geraden Linie erfolgt, sondern vielmehr einer Kurve folgt, die zuerst schneller und späterhin langsamer ansteigt.

Eine ganz ähnliche Figur hat sich bei einem entsprechenden Verfahren für das Blattgewicht ergeben.

Um soweit möglich den Einfluß der Durchforstung auf das Material auszuschalten, ist im folgenden — soweit nichts andres angegeben — an den beobachteten Werten der Blattfläche und des Blattgewichts überall die folgende Korrektur vorgenommen worden:

Von der oben beschriebenen Tabelle ist für das einzelne

Jahr der Standpunkt eines jeden Bestandes im Hinblick auf die Durchforstung abgelesen worden, und zwar in Zehntelteilen vom Zeitraum zwischen den Hieben. Mit Hilfe der Umrechnungszahl aus der Kurve (Fig. 7) ist dann der Bestand auf seinen Standpunkt genau in der Mitte zwischen den Hie-

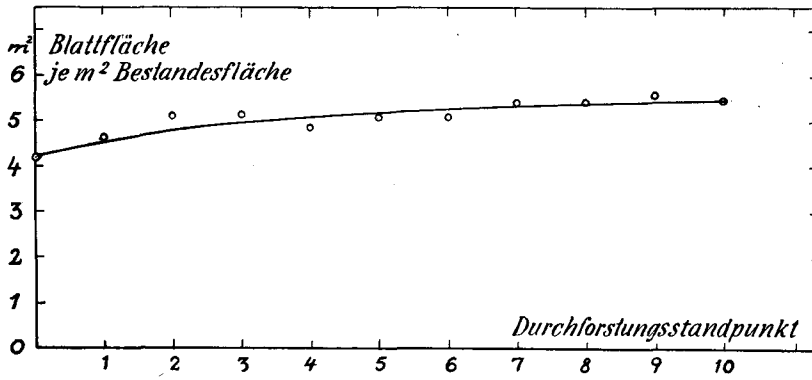


Fig. 7. *Blattfläche und Durchforstungsstandpunkt.*
0 = unmittelbar nach Durchf. 10 = unmittelbar vor Durchf. Durchschnitt von allen in den Jahren 1930—32 untersuchten Beständen.

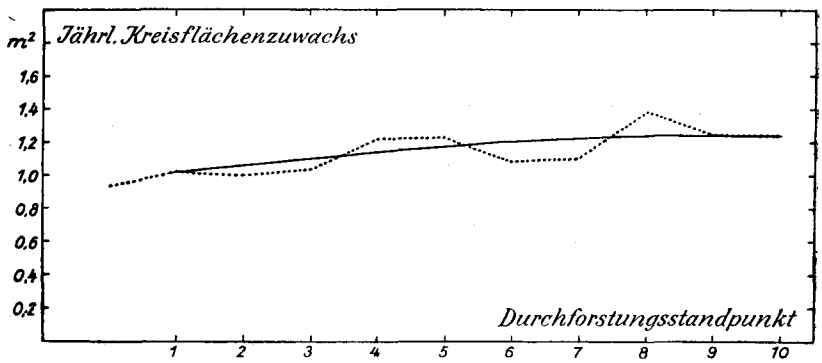


Fig. 8. *Jährlicher Grundflächenzuwachs und Durchforstungsstandpunkt.*
Unterlage: sämtliche 1930—32 untersuchten Bestände unter 60 Jahre alt.
0 = unmittelbar nach Durchf. 10 = unmittelbar vor Durchf.

ben umgerechnet worden. Hierbei ist auf die Stärke des einzelnen Durchforstungseingriffs keine Rücksicht genommen worden, so daß die Berichtigung für den einzelnen Bestand nur eine teilweise ist, während sie für das ganze Material zusammengenommen recht vollständig sein sollte.

Schließlich ist auch der *Verlauf des Stammgrundflächen-*

Zuwachses einer ähnlichen Untersuchung unterzogen worden, wodurch sich die folgenden Kurven ergaben (Fig. 8). Es läßt sich erkennen, daß die ausgeglichene Kurve für den Verlauf des Zuwachses während der Zeit zwischen den Durchforstungen von ähnlicher Art ist wie die Kurven für die Blattfläche und das Blattgewicht.

Die Kurve über den Verlauf des Zuwachses der Stammgrundfläche ist bei einer späteren Gelegenheit zu einer Berich-

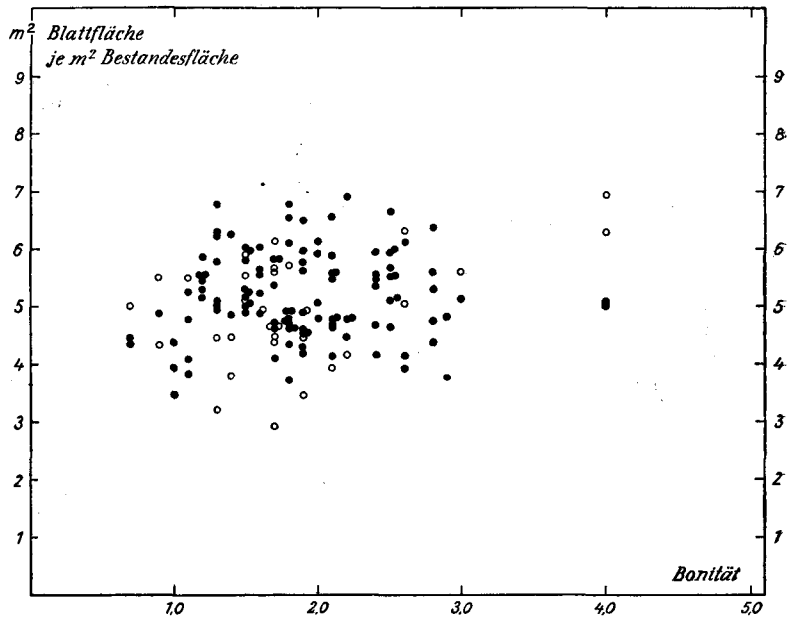


Fig. 9. *Bonität und Blattfläche.* Das ganze Material von 1930—32. Die offene Kreise geben Güteklasse 2 der Beobachtungen an. Unkorrigiert in bezug auf den Durchforstungsstandpunkt.

tigung des Wertes für den Zuwachs benutzt worden, und zwar in der Weise, daß dieser nun für alle Bestände auf die Mitte der Durchforstungsperiode bezogen wurde. Dies geschah nach genau derselben Methode, wie sie oben bei Blattgewicht und Blattflächeninhalt beschrieben wurde.

Die Bonität.

Figur 9 veranschaulicht für das gesamte Material den Zusammenhang zwischen der Bonität und der direkt beobachteten Blattfläche. Die offenen Kreise bezeichnen die Klasse 2,

die vollen Klasse 1. Man sieht, daß Klasse 2 zwar ein klein wenig weiter auseinandergeht als Klasse 1, daß die beiden Klassen aber, als Ganzes betrachtet, einander recht gut decken. Man würde eigentlich eine abnehmende Blattfläche bei abnehmender Bonität erwartet haben, aber die Figur zeigt keine Tendenz in dieser Richtung; eher ist das Gegenteil der Fall. Da jedoch möglicherweise andre Einflüsse als die Bonität das Bild entstellen, so sind in Figur 10 die Ergebnisse einer Anzahl schwach durchforsteter, älterer seeländischer Bestände (+ eines jütländischen) von sehr verschiedener Bonität gesammelt worden, und in Figur 11 diejenigen vom Revier Nödebo, wo sowohl die Bonitäten als auch die Altersklassen sehr verschieden sind, wo aber die Altern für jeden Bestand angegeben sind, damit man sieht, daß die Bonitäten auch innerhalb der beiden dort vertretenen Altersklassen (40—60 und über 110 Jahre) stark variieren.

Weder Figur 10 noch Figur 11 lassen erkennen, daß die Bonität eine Rückwirkung auf die Blattfläche und das Blattgewicht ausübt. Nur die Probe vom Troldeskov im Revier Buderupholm (Figur 10) gibt einen wirklichen Anhalt dafür, daß die Blattfläche sich verringert, wenn die Bonität auf 5 heruntergeht. Da diese Probe indessen aus dem Herbst 1938 stammt (die andern aus den Jahren 1930—32) und da außerdem die Windschutzverhältnisse nicht vertrauenerweckend waren (vgl. die Tabelle B), so darf dieser Beobachtung nicht die gleiche Bedeutung zugeschrieben werden wie den übrigen. Es muß ferner angeführt werden, daß eine elektrische Lichtmessung im Troldeskov an Stellen, wo der seit vielen Jahren nicht durchforstete Bestand unter dänischer Bon. 6 lag, eine Beleuchtungsstärke von nur 0,8—1,5 % vom gleichzeitigen Sommer-Sonnenlicht im Freien ergab, also ungefähr ebenso wenig wie in nicht durchforsteten Beständen bester Bonität (vergl. u. a. Boysen Jensen 1910). Es ist natürlich daraus zu schließen, daß die Blattmenge auch nicht sehr verschieden sein kann. Andrerseits deuten die Ergebnisse anderer Forscher auf eine Abnahme der Blatt- oder Nadelfläche bei abnehmender Bonität (Danckelmann 1887, Mork 1942).

Zum Zwecke einer noch eingehenderen Beleuchtung der Frage ist in Figur 12 das Verhältnis zwischen Blattfläche und Bonität bei verhältnismässig schwach durchforsteten seelän-

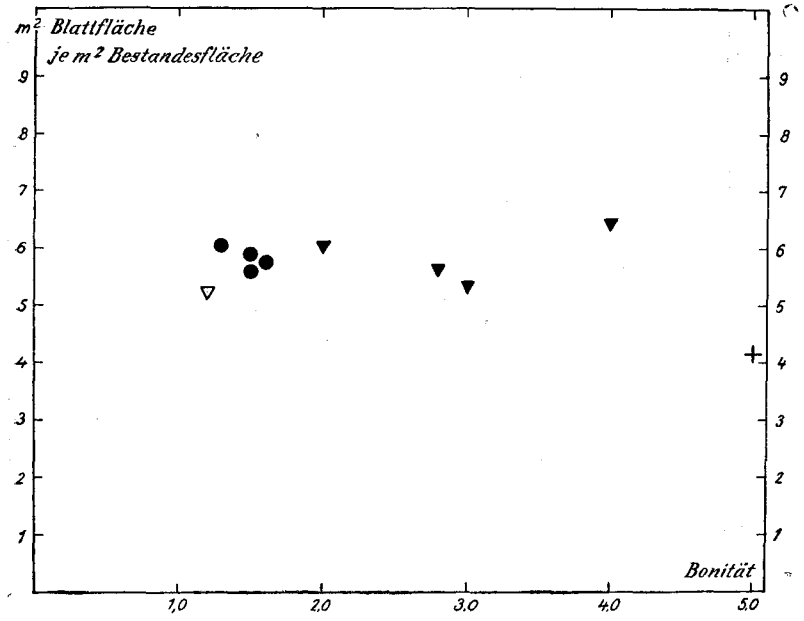


Fig. 10. *Bonität und Blattfläche.*
Schwach durchforstete, ältere, seeländische Bestände.
▼ = Nödebo, ▽ = Frederikslund, ● = Sorö I, + = eine einzelne Beobachtung vom Troldeskov im Roldskov bei Aalborg. Alle Beobachtungen in bezug auf den Durchforstungsstandpunkt korrigiert. Mittelzahlen für die 3 Jahre 1930—32. Nödebo in bezug auf die für 1 Jahr fehlende Beobachtung korrigiert.

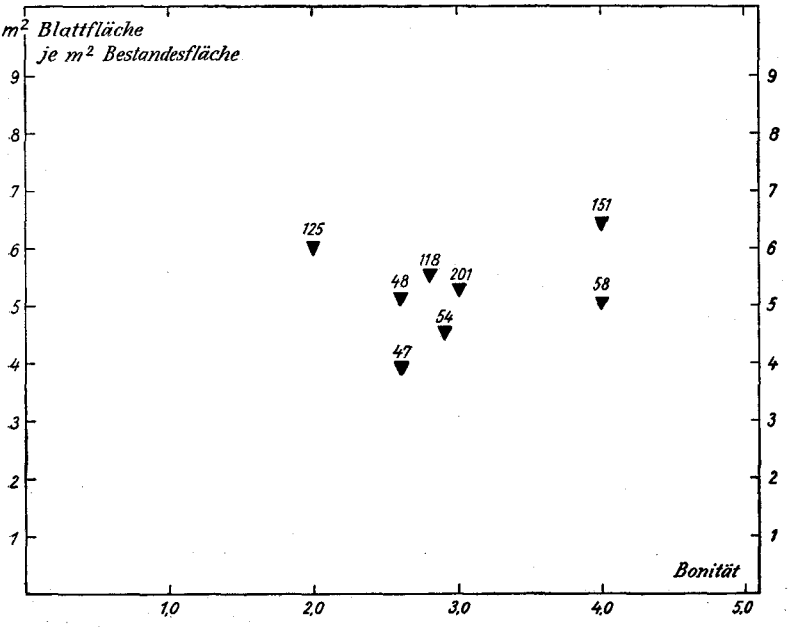


Fig. 11. *Bonität und Blattfläche.* Das Material von Nödebo. Mittelzahlen aller 3 Beobachtungsjahre. In bezug auf den Durchforstungsstandpunkt korrigiert. Bestandesalter bei jedem Punkt angegeben.

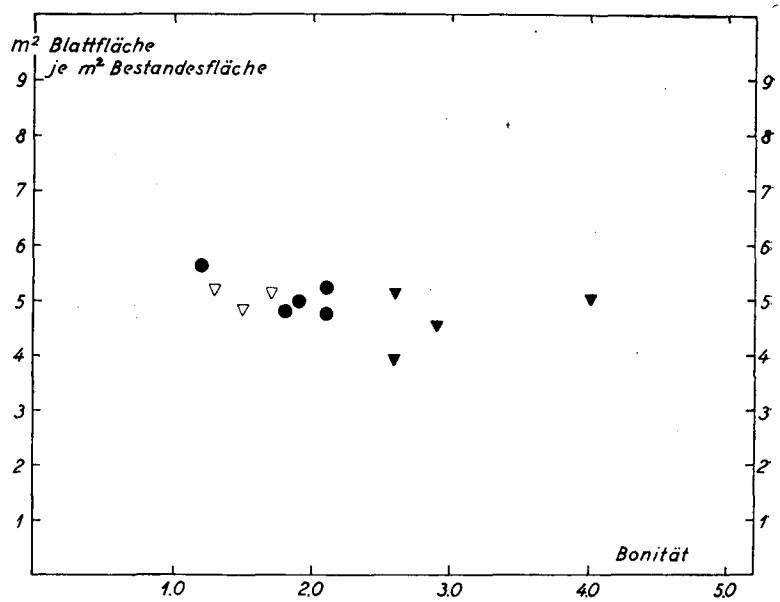


Fig. 12. *Bonität und Blattfläche.* Schwach durchforstete Bestände v. 40—60 Jahren.
▼ = Nödebo, ▽ = Frederikslund, ● = Sorö I. Mittelzahlen aller 3 Beobachtungsjahre. In bezug auf den Durchforstungsstandpunkt korrigiert. Nödebo in bezug auf 1 fehlendes Jahr korrigiert.

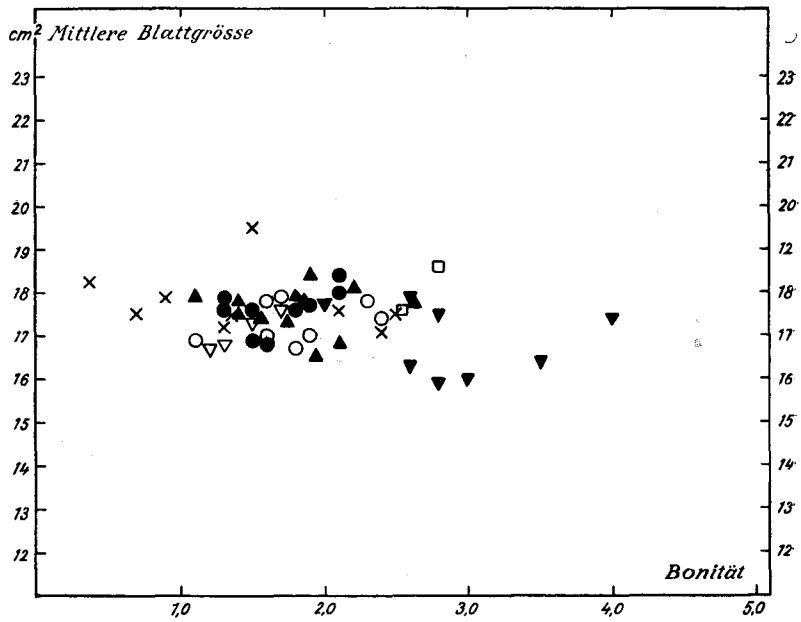


Fig. 13. *Bonität und Blattgrösse.* Das ganze Material von 1930—32.
▼ = Nödebo, ▽ = Frederikslund, ● = Sorö I, ○ = Sorö II, ▲ = Vemmetofte, × = Frijsenborg, □ = Matrup und Hemstok. Mittelzahlen aller 3 Beobachtungsjahre.

dischen Beständen zwischen 40 und 60 Jahren veranschaulicht worden. Es ist hier eine unverkennbare Tendenz zu einer mit der Bonität fallenden Blattfläche. Innerhalb des Bonitätsintervalls 1—4 läßt sich doch einen Einfluß der Bonität auf die Blattfläche aus den Figuren 9—12 nicht mit Sicherheit erkennen.

Schließlich zeigt die Figur 13 den Zusammenhang zwischen der Bonität und der Blattgröße. Es scheint eine schwache Tendenz zu abnehmender Blattgröße bei geringerer Bonität zu bestehen.

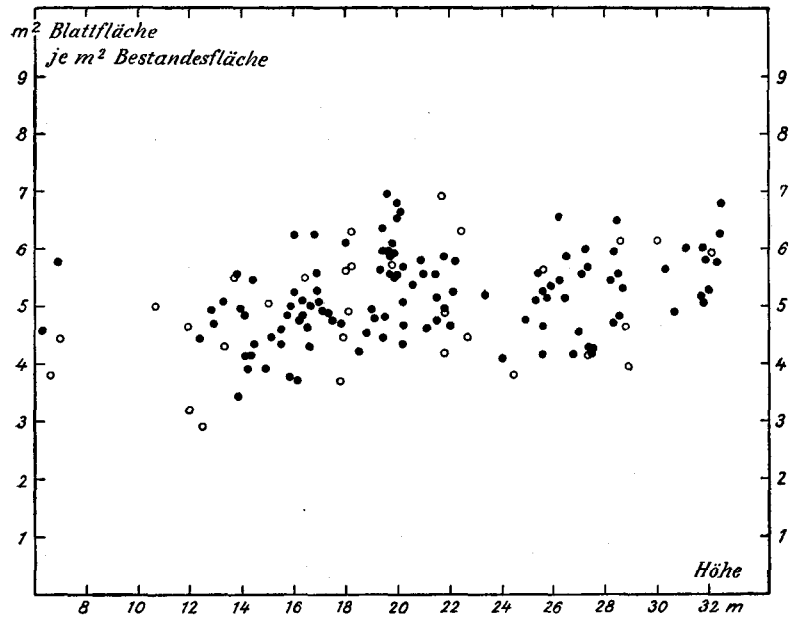


Fig. 14. *Scheitelhöhe und Blattfläche.* Das ganze Material von 1930—32. Mittelzahlen der einzelnen Beobachtungsjahre. Die unausgefüllten Kreise geben Güteklasse 2 der Beobachtungen an. Unkorrigiert in bezug auf den Durchforstungsstandpunkt.

Die Höhe.

Figur 14 zeigt für das gesamte unkorrigierte Material das Verhältnis der Blattfläche zur Höhe. Danach hat es den Anschein, als bestände eine gewisse Zunahme der Blattfläche bei steigender Höhe. Nicht so klar in diese Richtung deutet Figur 15, die das Verhältnis Blattfläche — Höhe für ein einzelnes Revier zeigt (Frijsenborg). Doch ist es hier möglich, daß die ältere Bestände von der starken Durchforstung ungünstiger beeinflußt worden sind als die jüngeren, reaktionstüchtigeren Bestände.

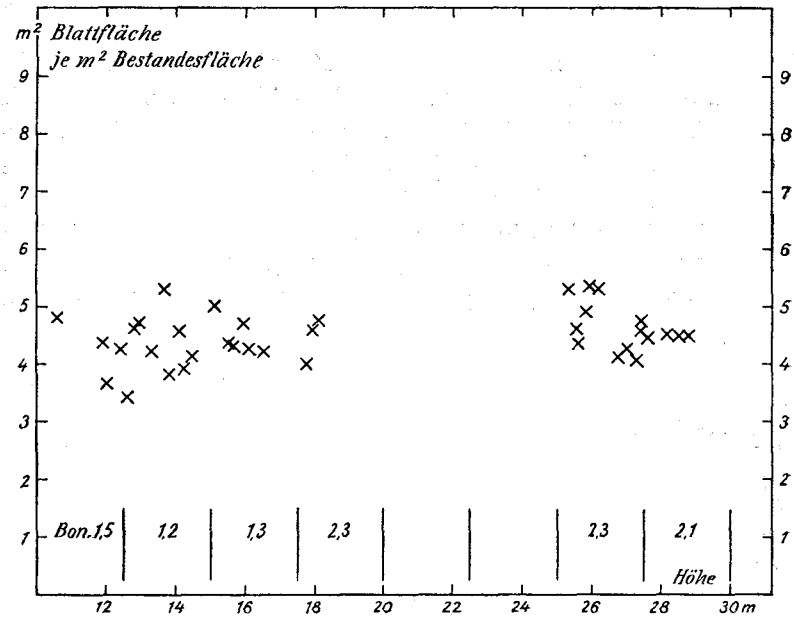


Fig. 15. *Scheitelhöhe und Blattfläche.* Frijsenborg allein. Mittelzahlen der einzelnen Beobachtungsjahre. Gruppenweise Bonitätsangaben unten. Korrigiert in bezug auf den Durchforstungsstandpunkt.

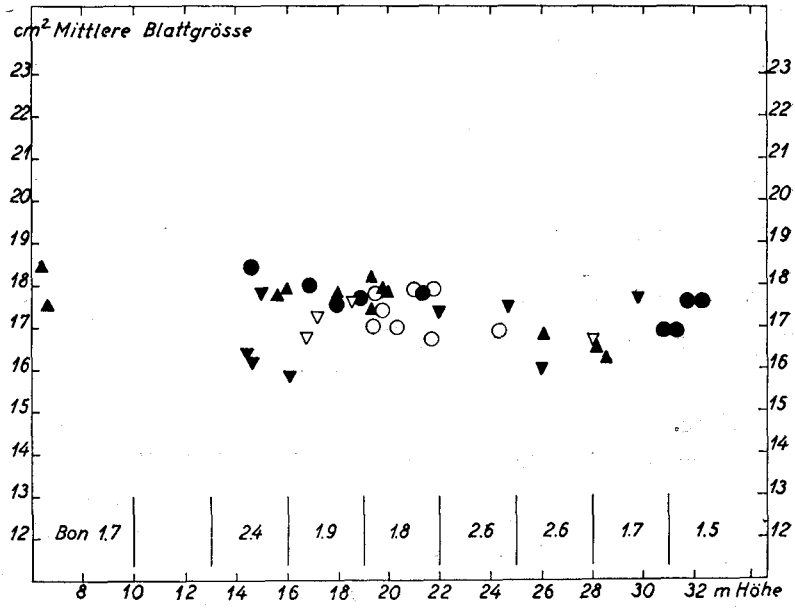


Fig. 16. *Scheitelhöhe und Blattgrösse.* Das Material von Seeland. ▼ = Nödebo, ▽ = Frederikslund, ● = Sorö I, ○ = Sorö II, ▲ = Vemmetofte. Mittelzahlen aller 3 Beobachtungsjahre. Gruppenweise Bonitätsangaben unten.

Eine praktische Erwägung stützt diese Auffassung zum Teil. Die Frage wird in dem Abschnitt »Alter« eingehender erörtert werden.

Was die Blattgröße anbetrifft, so geht aus Figur 16 hervor, daß diese von der Höhe kaum eindeutig beeinflust wird.

Das Alter.

Figur 17 zeigt für einigermaßen unveränderte Bonität und gleichen Durchforstungsgrad in einem und demselben Revier

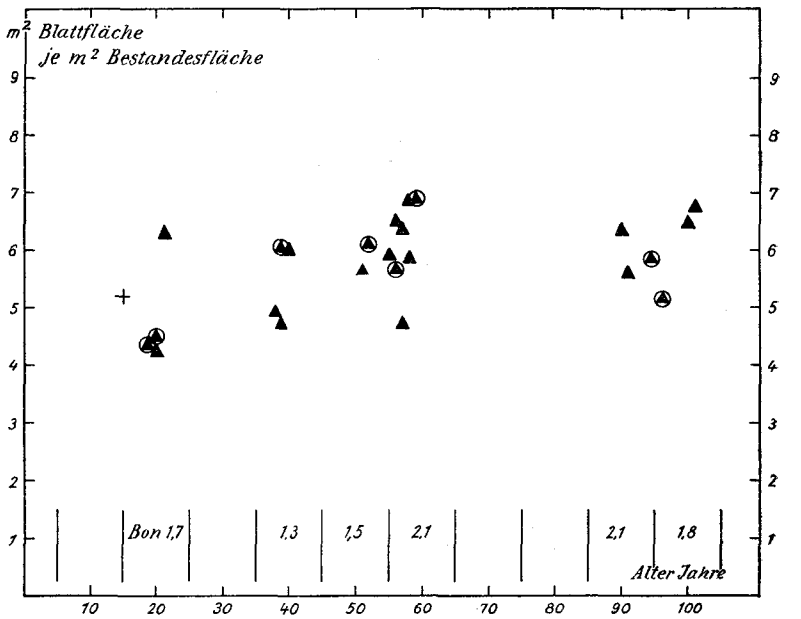


Fig. 17. *Alter und Blattfläche.* Das Material von Vemmetofte. In bezug auf den Durchforstungsstandpunkt korrigiert. Mittelzahlen der einzelnen Beobachtungsjahre. Ein umgebender Kreis gibt Güteklasse 2 an. + = Esrom 1938. In bezug auf den Durchforstungsstandpunkt nicht korrigiert. Gruppenweise Bonitätsangaben unten.

(Vemmetofte) eine ähnliche Tendenz zur Zunahme der Blattfläche mit dem Alter, wie sich aus Figur 14 für die Höhe ergab. Da die Bonität in Figur 17 recht gleichartig ist, so bedeutet die Alterszunahme zugleich eine Höhenzunahme, und die beiden Figuren bestätigen daher sich gegenseitig. Figur 18 gibt eine weitere Sicherung.

Figur 19: Alter—Blattfläche, Frijsenborg, zeigt zwar, wie zu erwarten stand, einen ganz ähnlichen Kurvenverlauf wie

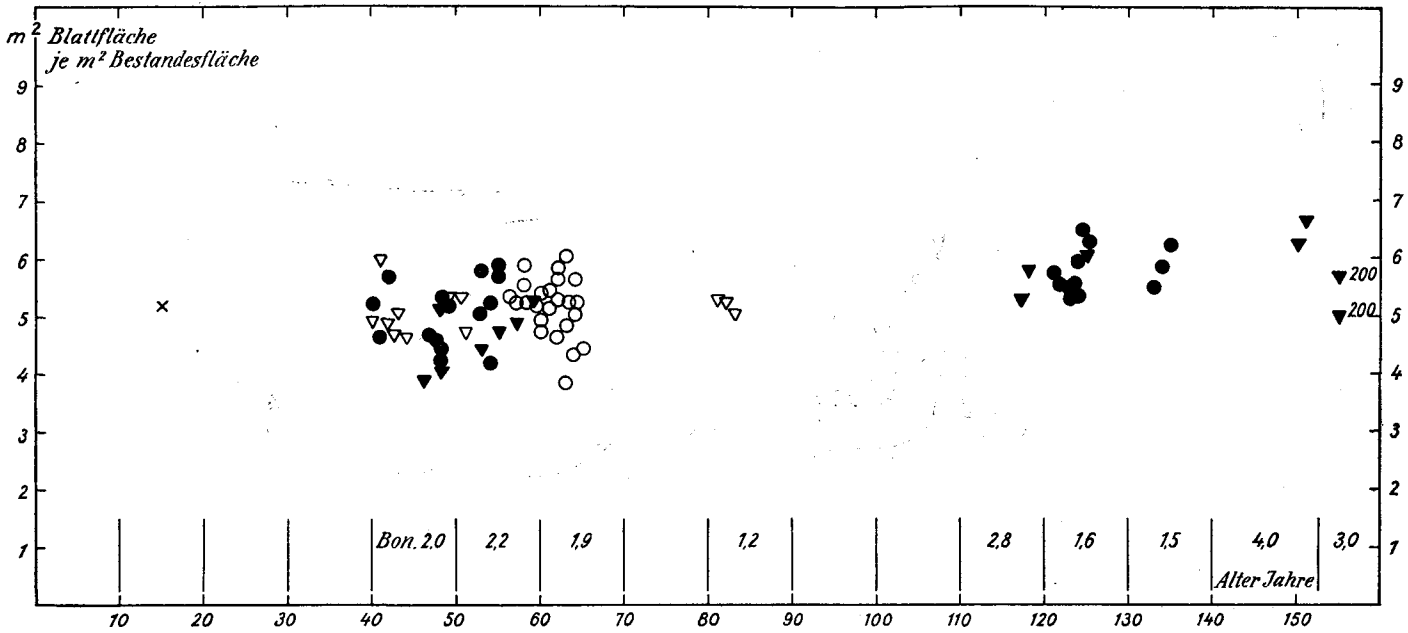


Fig. 18. *Alter und Blattfläche.* Das Material von Seeland 1930—32 ohne Vemmetofte.
In bezug auf den Durchforstungsstandpunkt korrigiert mit Ausnahme von Esrom 1938. ▼ = Nödebo, ▽ = Frederikslund, ● = Sorö I, ○ = Sorö II, × = Esrom 1938. Gruppenweise Bonitätsangaben unten. Alle Beobachtungen.

Figur 15 (Höhe—Blattfläche, Frijsenborg), aber alles in allem muß es doch als wahrscheinlich angesehen werden, daß die Blattfläche bei nicht extremer Durchforstung mit dem Alter etwas (10—20 %) zunimmt, und bei gleicher Bonität also auch mit der Höhe. (Das Verhältnis auf Frijsenborg kann wie genannt vielleicht als ein Resultat von extrem starker Durchforstung im höheren Alter betrachtet werden.)

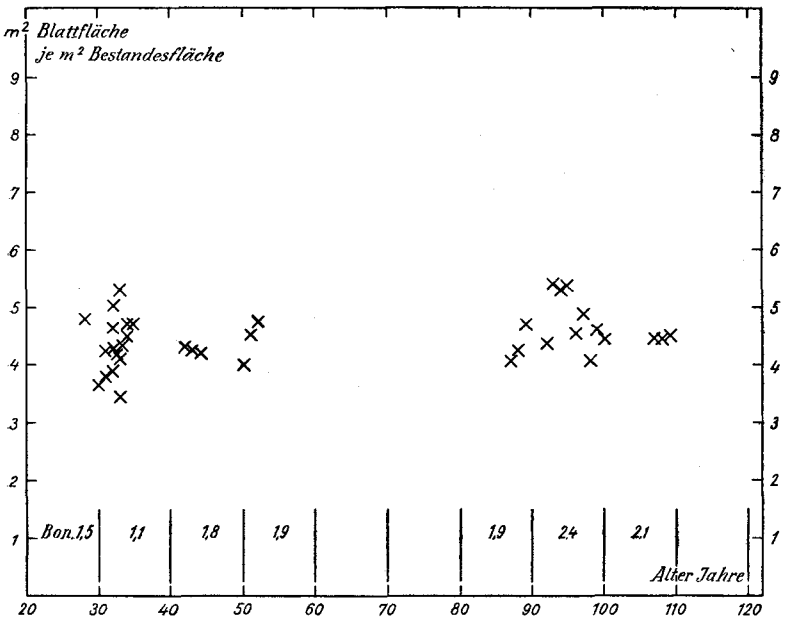


Fig. 19. *Alter und Blattfläche.* Das Material von Frijsenborg. In bezug auf den Durchforstungsstandpunkt korrigiert. Gruppenweise Bonitätsangaben unten. Alle Beobachtungen.

Ohne weiteres ist klar, daß die Blattfläche gleich nach Anlegung der Kultur ganz gering sein muß. Die Pflanzen überdachen ja in den ersten Jahren nicht den Boden. Aber schon bei etwa 2 m Höhe (und vielleicht schon, sobald — ohne Rücksicht auf die Höhe — voller Bestandesschluß erreicht ist) ist die volle Blattfläche annähernd vorhanden, wie dies aus der Untersuchung im Revier Esrom 1938 (Fig. 17 und 18) und im übrigen auch aus einer Anzahl Untersuchungen aus dem Jahre 1925 hervorgeht.

In bezug auf die Blattgröße stimmt Figur 20 mit Figur 16 gut überein, so daß es als sehr wahrscheinlich gelten kann,

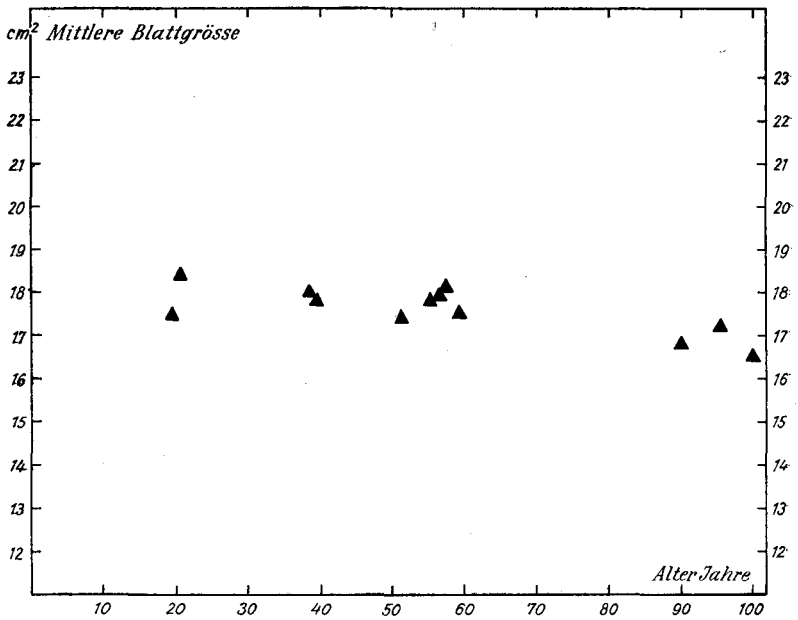


Fig. 20. *Alter und Blattgrösse.* Das Material von Vemmetofte. Mittelzahlen von 2 Beobachtungen.

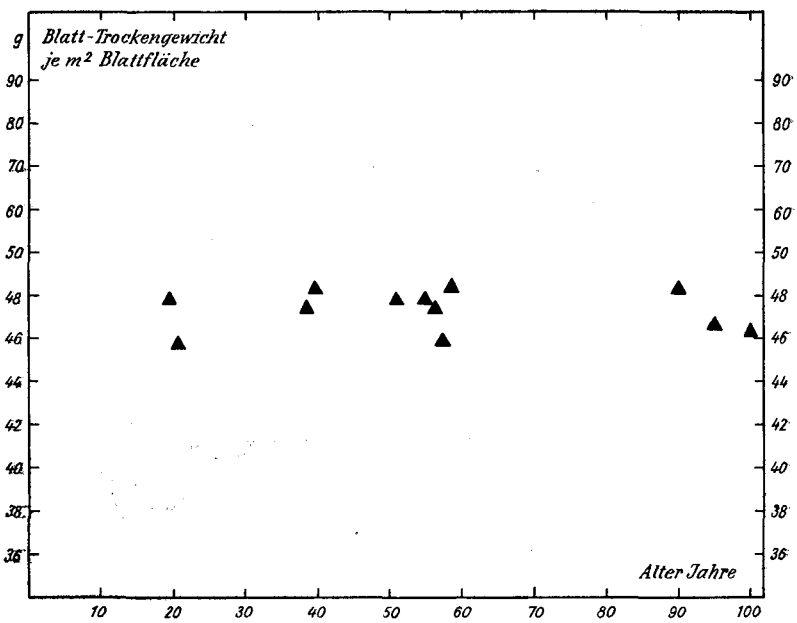


Fig. 21. *Alter und Blattdicke.* Das Material von Vemmetofte. Mittelzahlen von 2 Beobachtungen.

daß die Blattgröße sich bei gleichem Bonitäts- und Durchforstungsgrad mit zunehmendem Alter (und folglich auch mit steigender Höhe) ein wenig verringert.

Figur 21 schließlich gibt bei gleichem Revier, Bonitäts- und Durchforstungsgrad (Vemmetofte) das Verhältnis zwischen Blattgewicht und Blattareal (Blattdicke) bei verschiedenem Alter und folglich auch verschiedener Höhe.

Alter und Höhe zeigen keinen Einfluß auf die Blattdicke.

Die Durchforstungsstärke,

d. h. die Stärke der Stammzahlreduktion, wie diese während einer Reihe von Jahren den Bestand gestaltet hat.

Um über das Zusammenwirken dieses Faktors mit den übrigen Aufschluß zu erhalten, war es zunächst notwendig, einen zahlenmäßigen Ausdruck für ihn zu schaffen. Dies geschah an Hand der in der Tabelle B enthaltenen Zahlen für den relativen Baumabstand. Damit bezeichne ich das Verhältnis zwischen der mittleren Baumhöhe und dem Durchschnittsabstand der Bäume, wobei aber nur die Bäume der oberen Kronen-Etage, d. h. die eigentlich Bestand-bildenden Bäume mitgerechnet werden. Der relative Baumabstand jedes Bestandes wurde verglichen mit dem relativen Baumabstand bei der entsprechenden Bonität nach CARL MAR: MÖLLER's bonitätsweise geordneten Ertragstafeln, die sich auf eine mittelstarke, dänische Durchforstung beziehen. Die Durchforstungsstärke des Bestandes wurde danach formuliert als der Prozentsatz seines relativen Baumabstandes vom relativen Baumabstand der entsprechenden Bonitäts- und Altersklasse nach den Ertragstafeln.

Ein niedriger Prozentsatz bedeutet somit einen verhältnismässig kleinen Baumabstand und folglich eine schwache Durchforstung usw.

Um so weit wie möglich den Einfluß des örtlichen Klimas und des Alters auszuschließen, ist das Material in Altersklassen und zum Teil auch nach Landesteilen aufgeteilt worden.

Figur 22 und 23 veranschaulichen Durchforstungsstärke und Blattfläche bei Beständen mittleren Alters, und zwar auf Seeland bzw. in Jütland (Frijsenborg). Die größte Durchforstungsstärke findet sich in Jütland, und sie scheint da so stark gewesen zu sein, daß die Blattfläche davon Schaden genommen hat. Allerdings muß hier der Umstand in Betracht

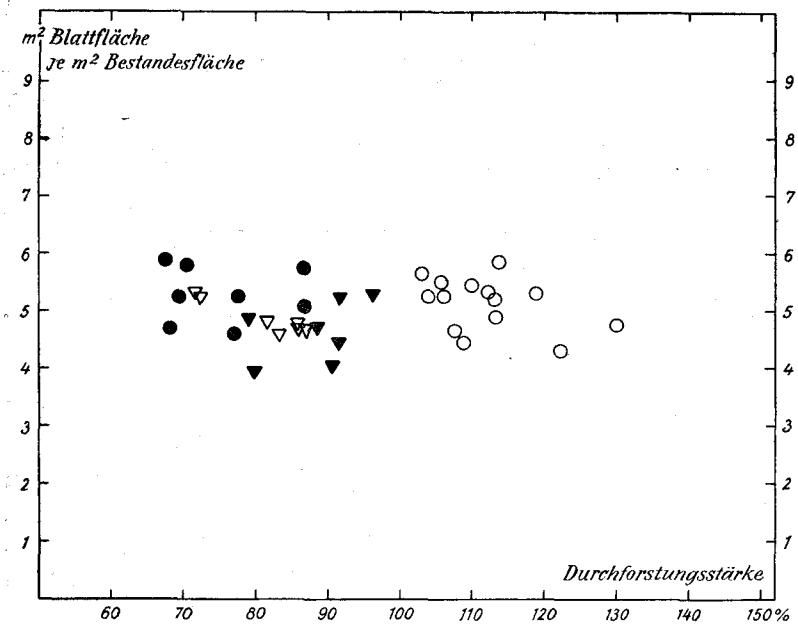


Fig. 22. *Durchforstungsstärke und Blattfläche.*
Bestände v. 40—60 Jahren auf Seeland 1930—32. ▼ = Nödebo, ▽ = Frederikslund, ● = Sorö I, ○ = Sorö II. In bezug auf den Durchforstungsstandpunkt korrigiert. Alle Beobachtungen.

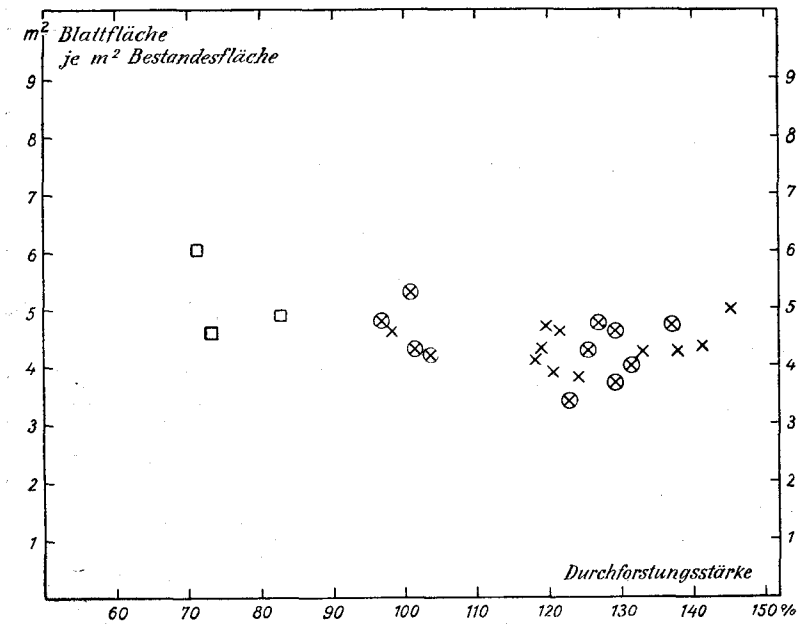


Fig. 23. *Durchforstungsstärke und Blattfläche.*
Bestände mittleren Alters in Jütland 1930—32. × = Frijsenborg 30—50 Jahre, □ = Hemstok 65 Jahre. Ein umgebender Kreis gibt zweite Güteklasse der Beobachtungen an. In bezug auf den Durchforstungsstandpunkt korrigiert. Alle Beobachtungen.

genommen werden, daß die oben besprochene Korrektur der Blattfläche bis an den Standpunkt halbwegs zwischen den Durchforstungen, wie erwähnt, summarisch vorgenommen wurde und den verschiedenen Durchforstungsprozentsatz der einzelnen Bestände nicht berücksichtigt. Eine nähere Prüfung und ein Vergleich mit den Ertragstafeln zeigen indessen, daß Frijsenborg im Verhältnis zum Alter kein stärkeres Durchforstungsprozent aufweist als die übrigen miteinbegriffenen Reviere; eher scheint das Gegenteil der Fall zu sein. Auch ist es ja bekannt, daß Durchforstungen auf dem Gut Frijsenborg ungewöhnlich häufig vorgenommen wurden.

Figur 24 und 25 zeigen das Verhältnis zwischen Durchforstungsstärke einerseits und Blattfläche sowie Blattgewicht andrerseits bei besonders stark und besonders schwach durchforsteten älteren Beständen im ganzen Lande. Die beiden Figuren zeigen völlig gleiche Verhältnisse (vergl. Fig. 21), und die von Fig. 23 her bekannte Tendenz zu abnehmendem Blattgewicht und Blattflächeninhalt bei sehr hohen Durchforstungsstärken wiederholt sich hier. Im ganzen genommen deuten also die Figuren 22—25 auf eine etwas abnehmende Blattfläche bei großer Durchforstungsstärke. Aus Fig. 22 erhält man jedoch gute Anhaltspunkte dafür, daß diese Abnahme — auf alle Fälle in den mittleren Altersklassen — erst dann eintritt, wenn die durch den relativen Baumabstand ausgedrückte Durchforstungsstärke wesentlich größer ist als diejenige Durchforstungsstärke, die den dänischen bonitätsweise aufgestellten Ertragstafeln zugrunde liegen. Es ist wertvoll, sich dies zu merken, weil daraus hervorgeht, daß Blattgewicht und Blattfläche sich auch bei stark variierenden Durchforstungsstärken (mit Variationen etwa von 35 bis 17 m^2 Grundfläche je ha, Fig. 22) so lange nahezu gleichbleiben, bis der Punkt erreicht wird, an dem der Bestandesschluß beginnt entscheidend durchbrochen zu werden.

Bei fortgesetzter Reduktion der Masse erfolgt offenbar eine Abnahme der Blattmenge, die wohl zuletzt (fortschreitende Lichtstellung) einen Verlauf ungefähr im Gleichmaß mit der Massenrealisation annimmt.

Der Zuwachs.

Unter den Zuwachs-Werten der Hauptschemata ist der Stammgrundflächen-Zuwachs derjenige, der am sichersten er-

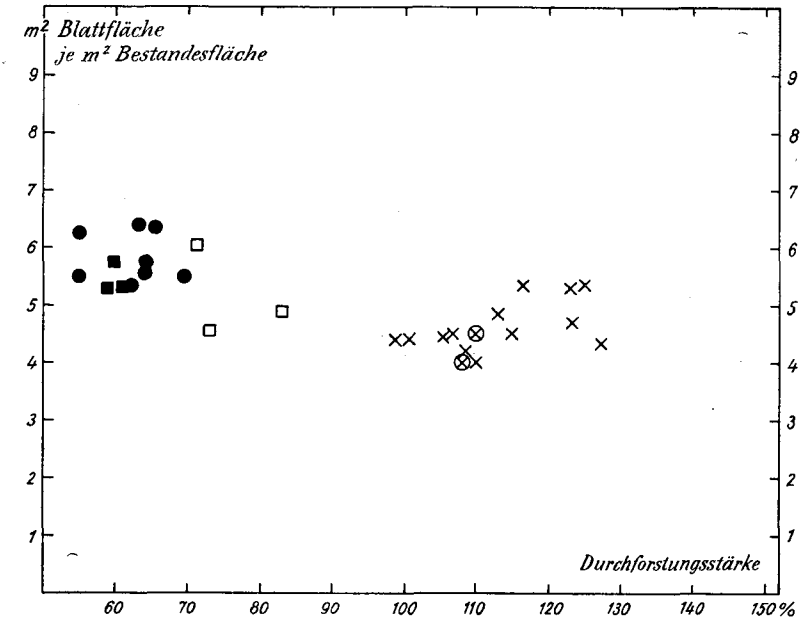


Fig. 24. *Durchforstungsstärke und Blattfläche.*
Ältere Bestände in Jütland und Seeland 1930—32. × = Frijsenborg über 90 Jahre, □ = Hemstok 65 Jahre, ■ = Matrup über 90 Jahre, ● = Sorö I über 120 Jahre. Ein umgebender Kreis gibt zweite Güteklasse der Beobachtungen an.

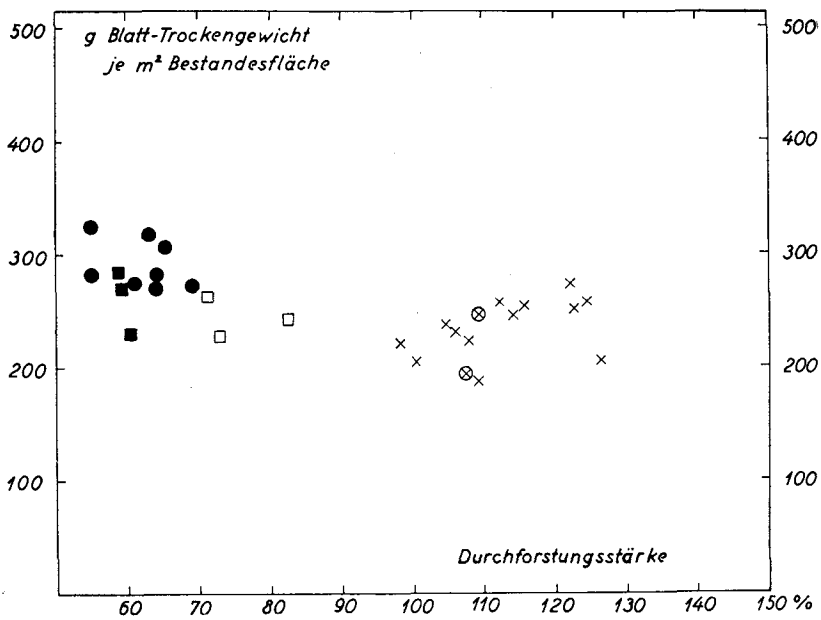


Fig. 25. *Durchforstungsstärke und Blatt-Trockengewicht.*
Derselbe Text wie Fig. 24.

mittelt worden ist. Deshalb wurde er auch zur Grundlage genommen bei dem Vergleich zwischen den Ergebnissen unsrer Zuwachsuntersuchungen einerseits und einigen bekannten Ertragstafeln andrerseits, wie in Fig. 26 dargestellt.

Die Werte für den Stammgrundflächen-Zuwachs der einzelnen untersuchten Bestände sind hier alle auf Bonität 2 (dänisch) umgerechnet, und zwar auf die Weise, daß der tatsächlich gemessene Grundflächenzuwachs multipliziert wurde mit dem Verhältnis zwischen den sich aus den Tabellen ergebenden Werten für den Grundflächenzuwachs in den betreffenden Altern bei Bonität 2 einerseits und der Bonität des betreffenden Bestandes andrerseits.

Nach Vornahme dieser Umrechnung mußten die Zahlen unmittelbar miteinander vergleichbar sein. Es handelt sich übrigens um sehr kleine Verschiebungen.

Obwohl unsre Untersuchungen sich nur auf zwei Zuwachsjahre erstrecken und vom Klima des Jahres bekannt ist, daß es einen gewissen Einfluß auf den Zuwachs ausübt, sieht man doch, daß die Übereinstimmung zwischen den Ertragstafeln und unsren Zahlen recht gut ist.

Die fein punktierte Linie ist eine graphisch ausgeglichene Kurve durch die Schwerpunkte unsres Materials.

Es ist nun interessant zu beobachten, daß die Durchforstungsstärke im Rahmen unsres Materials ohne besondere Bedeutung für den Grundflächenzuwachs zu sein scheint.

Frijsenborg und Sorö II weisen eine ungewöhnlich starke, Nödebo eine mäßige, Frederikslund, Hemstok und Matrup eine ungewöhnlich schwache Durchforstung auf. Es darf mit Recht behauptet werden, daß so gut wie alle in der Kulturforst-Wirtschaft hier und im Auslande vorkommenden Grade der Buchen-Durchforstung innerhalb dieses Intervalls liegen.

Würde die Durchforstungsstärke einen größeren Einfluß auf den Stammgrundflächen-Zuwachs haben, so wäre zu erwarten, daß die Punkte der stark durchforsteten Reviere vorwiegend auf die eine, die der schwach durchforsteten Reviere vorwiegend auf die andre Seite der ausgeglichenen Kurve zu liegen kämen. Das ist jedoch nicht der Fall. Indessen ergibt eine nähere Analyse, daß bei den stark durchforsteten Revieren in den mittleren Altern eine ganz schwache Tendenz zur Verringerung des Zuwachses besteht, aber dafür scheint bei den

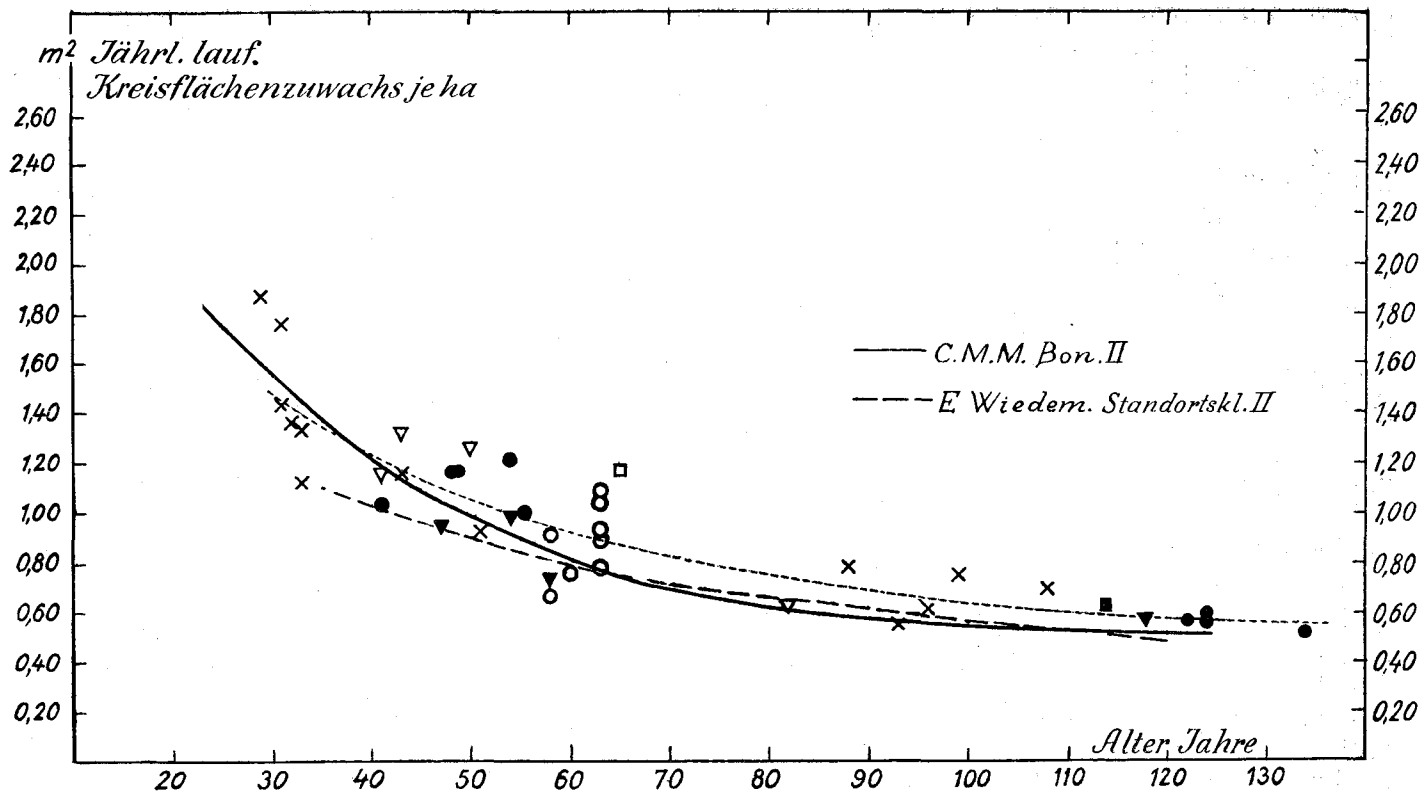


Fig. 26. *Grundflächenzuwachs und Alter für Buche.*
▼ = Nödebo, ▽ = Frederikslund, ● = Sorö I, ○ = Sorö II, × = Frijsenborg, □ = Hemstok,
■ = Matrup. Der Zuwachs ist auf Bonität II nach CARL MAR: MÖLLER korrigiert.

älteren Jahrgängen (> 80 Jahre) eine ganz schwache Tendenz in umgekehrter Richtung vorzuliegen.

Der erstgenannten dieser beiden Tatsachen ist wohl größere Bedeutung beizumessen, weil das Material mittleren Alters zwei- bis dreimal so umfassend ist als das ältere. Aber es ist durchaus möglich, daß das Problem Durchforstung—Blattfläche—Zuwachs kaum in allen Altersklassen gleich gelagert sein dürfte. Darüber jedoch später.

Die hinsichtlich des Stammgrundflächen-Zuwachses ermittelten Resultate müssen in unserm Material, in dem überall praktisch dieselbe Formzahlkurve benutzt wurde, völlig entsprechende Resultate auch für den Massenzuwachs ergeben, es sei denn, daß der Höhenzuwachs sich bei den verschiedenen Durchforstungsstärken verschieden verhalten hätte, was aber als ganz unwahrscheinlich betrachtet werden darf, weil man bisher innerhalb der Altersklassen, von denen hier die Rede ist, durch keinerlei Versuche einen Einfluß der Durchforstungsstärke auf den Höhenzuwachs hat nachweisen können.

Es ist indessen grundsätzlich verkehrt, bei verschiedenen Durchforstungsgraden die gleiche Formzahl zu benutzen, weil die Durchforstung tatsächlich einen gewissen Einfluß auf die Formzahl ausübt.

Allen Erfahrungen zufolge steigt bei zunehmender Durchforstungsstärke die Baumformzahl ein wenig, und der Gebrauch von korrekteren Formzahlen müßte uns daher zu noch vollständiger zusammenfallenden Zuwachsleistungen bei der Totalmasse als bei der Stammgrundfläche geführt haben.

Die hier vorgelegten Ergebnisse, die die Nichtbeeinflussung des Zuwachses durch den Durchforstungsgrad zeigen, stimmen mit Resultaten andrer, besonders umfassender Durchforstungsversuche gut überein.

Wiedemann formuliert die Ergebnisse der mit Buchen vorgenommenen preußischen Versuche wie folgt (1932, S. 54): »In den weiten Rahmen von wenigstens 20—40 m^2 (Grundfläche im höheren Alter) hat sich im Durchschnitt des weiten preußischen Buchengebietes keine einheitliche Überlegenheit einer bestimmten Bestandesdichte ergeben.«

Er bespricht dann die vielen anderen (39) deutschen und schweizerischen Reihen von Durchforstungsversuchen an Buchenbeständen und gelangt zu dem Resultat, daß sie im ganzen

betrachtet die vorher genannten Ergebnisse der 17 preußischen Versuchsreihen bestätigen, obwohl nicht bestritten werden kann, daß ein bestimmter Durchforstungsgrad an bestimmten Standorten eine Zuwachs-vermehrende Wirkung ausüben kann.

Als ein besonderes Versuchsresultat, dem für unsere Untersuchungen Bedeutung zukommt, hebt WIEDEMANN (1932) ferner die Tatsache hervor, daß eine verstärkte Durchforstung durch eine Art Stimulierung des Bestandes den Zuwachs zeit-

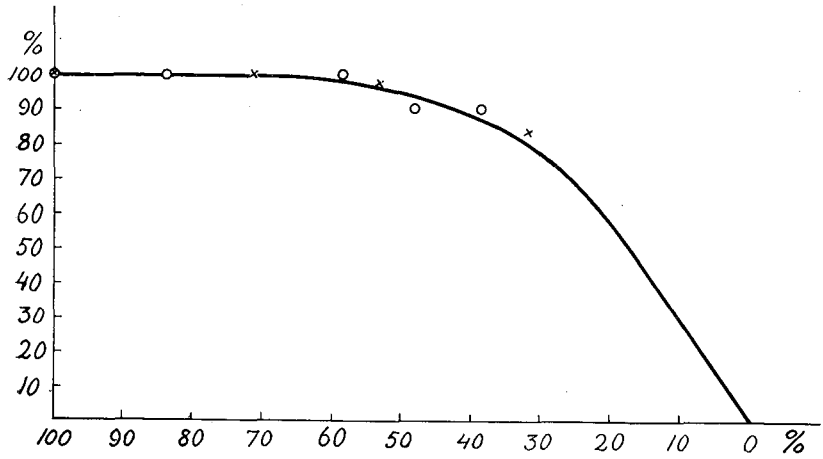


Fig. 27. Relation zwischen jährlich. lauf. Zuwachs und Durchforstungsstärke oder Lichtstellungsgrad. Die Ordinate gibt jährl. lauf. Zuwachs in % vom maximalen Zuwachs bei gleichem Alter an, die Abszisse die Kreisfläche (oder Masse) in % der maximalen Kreisfläche (oder Masse) bei gleichem Alter. Von der Abszisse her ergibt sich auf der Ordinate der entsprechende Zuwachs. Die Kreispunkte geben die Resultate der dänischen Versuche in Hastrup an, die Kreuzpunkte Resultate der preuss. Durchforstungsversuche bei Buche.

weilig in die Höhe schrauben kann, daß aber diese Mehrleistung in einer späteren Periode durch herabgesetzten Zuwachs zurückbezahlt wird.

Bei der Fichte hat WIEDEMANN (1937) ganz entsprechende Resultate erzielt.

Aus Dänemark liegen nur die von BORNEBUSCH (1933) vorgelegten Resultate der Durchforstungsversuche vor, die die forstliche Versuchsanstalt 22 Jahre hindurch in der Hastrup-Plantage in Mittel-Jütland an Fichten vorgenommen hat. Unter Berücksichtigung der Bonitätsverschiedenheiten der Parzellen führen diese Versuche nach meiner Meinung zu einem ähnlichen Ergebnis wie die deutschen (vgl. die Diskussion zwischen

Carl Mar: Möller und C. H. Bornebusch in Dansk Skovforenings Tidsskrift 1933).

Figur 27 zeigt, wie der Zusammenhang zwischen Massenzuwachs und Durchforstungsgrad nach den vorliegenden Versuchsergebnissen in grossen Zügen aufzufassen ist.

Unsere Blattmassenuntersuchungen deuten darauf, daß eine Kurve über die Blattfläche oder das Blattgewicht, in der die Abszisse den Durchforstungsgrad angibt, einen ähnlichen Verlauf nehmen wird wie diejenige über den Zuwachs (vgl. Fig. 22—25).

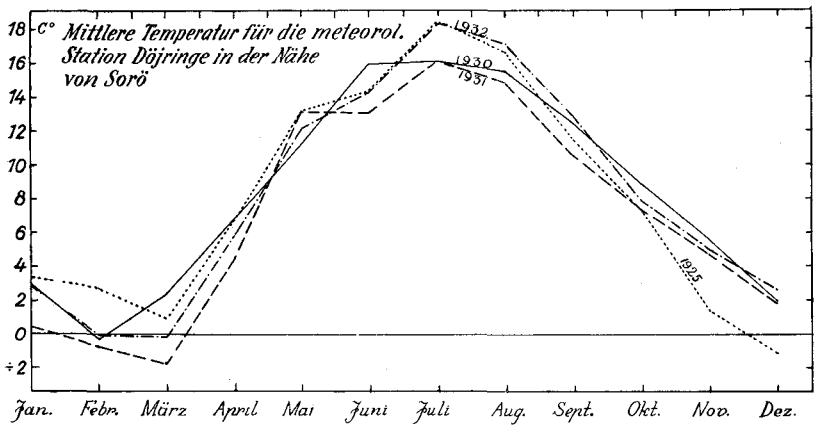


Fig. 28. Kurven der mittleren Temperatur für die meteorologische Station Döjringe (bei Sorö) in den Jahren 1925, 1930, 1931, 1932.

Aber dies ist auch der einzige Fall, wo Blattfläche und Zuwachs eine deutliche Wechselbeziehung zueinander aufweisen. Da der Zuwachs bekanntlich von Bonität zu Bonität und innerhalb eines Bonitätsgrades von Altersstufe zu Altersstufe sehr verschieden ist, während die Blattmasse sich ohne Rücksicht auf Alter und Bonität ungefähr auf gleicher Höhe hält, so kann kein direkter Zusammenhang zwischen Blattmasse und Zuwachs bestehen.

Das Klima.

Um Aufschluß über den Einfluß des Klimas auf verschiedene Faktoren zu erhalten, ist mit Hilfe der Hauptschemata (Tabelle B) sowie der Veröffentlichungen des Meteorologischen Instituts für die 3 Versuchsjahre die beistehende Tabelle 1

Tabelle 1. Niederschläge, Blattfläche, relative Blattdicke, Kreisflächenzuwachs und Blattgröße.

Zeitraum der Niederschläge	Gegend von Sorö					Gegend von Fakse				
	Niederschläge mm	Blattfläche m²	Blattdicke	Zuwachs m²	Blattgrösse cm²	Niederschläge mm	Blattfläche m²	Blattdicke	Zuwachs m²	Blattgrösse cm²
1/9 1929—30/8 1930..	613	5.27	48.7	1.00	17.8	633	5.46	49.3		17.8
April—Juli 1930...	259					248				
1/9 1930—30/8 1931..	596	5.33	47.0	0.98	18.4	781	5.92	44.7		17.4
April—Juli 1931...	232					286				
1/9 1931—30/8 1932..	454	4.99	53.1	0.91	15.8	473				
April—Juli 1932...	211					236				
1/9 1924—30/8 1925..	409									

Zeitraum der Niederschläge	Gegend von Hilleröd					Gegend von Nörre-Snede				
	Niederschläge mm	Blattfläche m²	Blattdicke	Zuwachs m²	Blattgrösse cm²	Niederschläge mm	Blattfläche m²	Blattdicke	Zuwachs m²	Blattgrösse cm²
1/9 1929—30/8 1930..	794	5.21	48.4	0.70	17.1	724	5.16	45.8	0.90	18.4
April—Juli 1930...	354					245				
1/9 1930—30/8 1931..	763			0.62		852	6.18	44.2	0.94	19.5
April—Juli 1931...	207					344				
1/9 1931—30/8 1932..	507	5.19	47.6	0.66	16.2	518	5.03	50.7	0.83	16.6
April—Juli 1932...	235					180				
1/9 1924—30/8 1925..	480									

Zeitraum der Niederschläge	Gegend von Frijsenborg				
	Niederschläge mm	Blattfläche m²	Blattdicke	Zuwachs m²	Blattgrösse cm²
1/9 1929—30/8 1930..	689	4.28	47.2		17.8
April—Juli 1930...	308				
1/9 1930—30/8 1931..	772	4.46	50.4		18.8
April—Juli 1931...	3.24				
1/9 1931—30/8 1932..	505	4.72	51.1		16.0
April—Juli 1932...	190				
1/9 1924—30/8 1925..					

Die Zahlen für Blattfläche u. s. w. beziehen sich auf die Zeitpunkte Herbst (für den Zuwachs Sommer) 1930, 1931, 1932.

über Niederschläge, Blattfläche, Blattdicke, Zuwachs und Blattgröße angefertigt worden, die verglichen werden muß mit der Tabelle 2 über die Anzahl der Sonnenschein-Stunden sowie mit Fig. 28 über die monatlichen Mitteltemperaturen in Döjringe (bei Sorö).

Tabelle 2. Anzahl der Sonnenschein-Stunden, Durchschnitt von sämtlichen Stationen des ganzen Landes.

Jahr	April $^{4}/_{4}$—$^{1}/_{5}$	Mai $^{2}/_{5}$—$^{29}/_{5}$	Juni $^{30}/_{5}$—$^{26}/_{6}$	Juli $^{27}/_{6}$—$^{24}/_{7}$	August $^{25}/_{7}$—$^{21}/_{8}$	Septbr. $^{22}/_{8}$—$^{18}/_{9}$	Insgesamt $^{4}/_{4}$—$^{18}/_{9}$
1930	148	192	286	219	200	172	1217
1931	135	206	210	180	216	197	1144
1932	148	206	266	245	236	154	1255
1925	125	229	268	295	205	155	1387

Was sich hieraus über die obwaltenden Ursachenzusammenhänge ergibt, ist nicht durchaus klar, doch scheint im allgemeinen folgende Tendenz zu bestehen:

In dem regenreichen Jahre 1931 mit niedriger Temperatur und einer geringen Anzahl Sonnenschein-Stunden sind Blattfläche und Blattgröße durchgehends am größten und die Blattdicke dagegen am kleinsten. Eine Ausnahme bildet Frijsenborg, wo die Blattfläche trotz starkem Rückgang der Niederschläge von 1931 bis 1932 eine Zunahme aufweist. Bei der Beurteilung dieser Ausnahme muß man daran denken, daß der Niederschlag größere örtliche Verschiedenheiten zeigt als alle andern Klima-Faktoren, was deutlich aus den Monatsübersichten des Meteorologischen Instituts hervorgeht und ebenso auch aus Tabelle 1, in der der Verlauf der jährlichen Niederschlagsschwankungen recht große lokale Variationen zeigt.

Die Untersuchungsbestände auf dem Gut Frijsenborg liegen über viele Wälder eines großen Gebietes verteilt, und die Möglichkeit örtlicher Abweichungen von den Niederschlagsverhältnissen bei der meteorologischen Station ist also in hohem Maße gegeben.

An und für sich erscheint der beobachtete Sachverhalt wahrscheinlich. Es ist bekannt, daß die Blätter in den Tropen

oft sehr dick und lederartig werden, und dasselbe ist bei den ausgeprägten Sonnenblättern unsrer Waldbäume der Fall, während die Schattenblätter dünn und großflächig werden, was dem geringeren Lichtzugang und ihrer gegen Verdampfung besser geschützten Stellung entspricht.

Das Blattgewicht unterliegt offenbar keinen bedeutenden Schwankungen mit dem Klima.

Was das Verhältnis des Zuwachses zur Blattfläche anbelangt, so zeigt Tabelle 1 — wie zu erwarten war (vergl. Fig. 7 und 8) — den größten Zuwachs dort, wo die Blattfläche am größten ist.

Es sei darauf hingewiesen, daß der Buchenwald in den Untersuchungsbeständen in keinem der Jahre 1925, 1930, 1931 und 1932 Bucheckern in einem irgendwie bedeutungsvollen Umfang trug.

Der Einfluss der unteren Kronenschicht (Unteretage) auf die Ergebnisse.

In den vorhergehenden Abschnitten beziehen sich alle Zahlen hinsichtlich der Blattfläche, des Blattgewichts und der Blattgröße auf die obere Kronenschicht und die eventuelle Unteretage gemeinsam, denn es gab kein Mittel, um den Blattfall der beiden Kronenschichten auseinanderzuhalten. Für die gewonnenen Ergebnisse hat dieser Umstand nur geringe oder keine Bedeutung, selbst wenn man das absolut entscheidende Gewicht auf die Verhältnisse der oberen Etage legt.

Eine untere Etage ist erstens nur in jüngeren Beständen angetroffen worden ($<$ 65 Jahre). Hier findet man sie sowohl in stark wie in schwach durchforstetem Wald und bei Bonitäten zwischen 1,1 und 3,7.

Das Verhältnis ist aus untenstehender Aufstellung ersichtlich.

Auf dem Gut Frijsenborg war eine Unteretage von Bedeutung nicht vorhanden. Was davon vorhanden war, ist nicht mitgemessen worden, wird aber auf durchschnittlich 2 % der Grundfläche und 1 % der Masse geschätzt. Auch in Hemstok gab es eine geringfügige Unteretage; hier ist alles gemeinsam vermessen worden. In Matrup gab es keine Unteretage.

Falls man denjenigen Teil des Blattfalles eliminieren wollte, der vom Unterholz herrührt, so würde sich für das Verhältnis

Revier	Anzahl Bestände < 65 Jahre		Unteretage in % der Oberetage durchschnittlich für		Durchschnittliche Bonität	Durchforstungsstärke
	insgesamt	mit gesondert gemessener Unteretage	Masse	Stammgrundfläche		
Nödebo	4	4	7	12	3,0	mittel
St. Frederikslund	3	3	2,5	3,5	1,5	sehr schwach
Sorö I.....	5	4*)	7,5	14	1,8	sehr schwach
Sorö II.....	8	8	8	17	1,9	sehr stark
Vemmetofte	9	3	5,5	13	1,8	mittel

*) Ein 5. Bestand besitzt eine Unteretage, die nicht gemessen wurde, aber etwa 4 % der Masse ausmacht.

Der Zuwachs der Unteretage verhält sich zu demjenigen der Oberetage höchstens wie die respektiven Massen und Stammgrundflächen.

zwischen der Blattmasse auf der einen und verschiedenen andern Faktoren auf der andern Seite folgendes ergeben:

Die Blattmasse der jüngeren Altersstufen und geringeren Höhen wird etwas geringer und die Zunahme der Blattmasse mit dem Alter und der Höhe also entsprechend größer. Um wieviel es sich bei dieser Veränderung handelt, ist schwer zu sagen, da aber durch Bohrungen festgestellt wurde, daß der prozentuale Grundflächenzuwachs der unteren Kronenschicht ungefähr derselbe ist wie der der oberen, so erscheint die Annahme angemessen zu sein, daß die Änderung der Änderung im Verhältnis zwischen den Grundflächen der Unter- und Oberetage entspricht. In diesem Falle kann es sich bei allen verwendeten jüngeren Beständen gemeinsam um etwa 8 % handeln.

Für das Verhältnis zwischen *Blattmasse und Bonität* spielt die Unteretage keine Rolle.

Betreffs des Verhältnisses *Blattmasse-Durchforstungsstärke* stellt sich die Sache folgendermaßen: Figur 22 bleibt unbeeinflußt, da die entscheidenden Reviere — Sorö 1 und 2 — ungefähr gleich viel Unteretage haben. Eine kleine Reduktion der Blattmasse bei diesen beiden Revieren würde lediglich zu einer hübscheren Übereinstimmung der Beobachtungen führen. Figur 23 bleibt ebenfalls unbeeinflußt, da die betreffenden Bestände gleich wenig Unteretage haben. Fig. 24 und 25 sind

zwar beeinflußt, aber in der Weise, daß die Blattfläche der schwach durchforsteten Bestände etwas abnimmt, so daß die Neigung zu fallender Blattfläche bei steigender Durchforstungsstärke sich vermindert, ohne jedoch völlig zu verschwinden.

Was den *Kreisflächenzuwachs* anbelangt, so ändert die Frage der Unteretage wenig oder gar nichts an dem früher darüber gesagten. In Figur 26, die hierfür die Grundlage bildete, ist ja nur der Zuwachs der oberen Etage berücksichtigt worden, und hätten die Reviere zum Zuwachs einen Zuschlag erhalten, der dem Anteil der Unteretage an der gesamten Stammgrundfläche entspricht, so würde dies alle seeländischen Bestände ein wenig heraufgesetzt und das stark durchforstete Sorö 2 etwas besser gestellt haben als vorher, während das stark durchforstete Frijsenborg zwar um ein paar Prozent steigen, aber trotzdem etwas schlechter gestellt sein würde als früher, wenn auch weniger, als sich bei flüchtiger Betrachtung der Sache voraussehen lässt, weil die ausgeglichene Kurve durch sämtliche Resultate ein wenig ausgerichtet sein würde.

Ob die untere Kronenschicht berücksichtigt werden soll oder nicht, hängt von dem Zweck und Ziel der jeweiligen Untersuchung ab. Handelt es sich um rein physiologische Probleme, so wird es angebracht sein, die Unteretage mitzurechnen. Geht es dagegen um forstwirtschaftliche Fragen, so kann es richtig sein, die untere Schicht beiseite zu lassen. Ob man sie aber mitrechnet oder nicht, davon hängt in keinem Falle etwas Entscheidendes ab.

IV.

EIGENE NADELMENGEN-UNTERSUCHUNGEN BEI DER FICHTE.

Beschaffung des Materials.

Die im folgenden beschriebenen Untersuchungen sind in denselben Beständen vorgenommen worden, die die Grundlage einer 1935 von LÖVENGREEN veröffentlichten Untersuchung über die Wirkungen der frühzeitigen und häufigen Durchforstung auf das Wachstum der Fichte gebildet haben. Diese Untersuchung ist auf dem Gut Frijsenborg vorgenommen worden, und der Verfasser berichtet über eine Reihe von Beobachtungen hinsichtlich des Einflusses der Durchforstung auf Formfaktoren und Wachstum; die Beobachtungen beruhen auf einem sehr ansehlichen Material, das u. a. wiederholte Messungen ganzer Bestände umfaßt, nämlich im ganzen 14, die teils mit recht starker, teils mit schwacher Durchforstung behandelt sind; ferner enthält das Material eine große Anzahl von Stammanalysen (10 in jedem Bestand).

Gleichzeitig mit diesen Meßarbeiten unternahm LÖVENGREEN auf meine Veranlassung und für meine Rechnung eine Einsammlung der Nadelmassen an jedem der 140 stammanalysierten Probebäume und stellte mir nach Veröffentlichung der von ihm gewonnenen Resultate außerdem freundlicherweise die Ergebnisse seiner Bestandesaufnahmen zur Verfügung. Auf diese Weise gelangte ich in den Besitz eines recht bedeutenden und wertvollen Materials für die Aufklärung des Zusammenhanges, der bei der Fichte, dieser so wichtigen Baumart, zwischen der Nadelmasse und den Zuwachsverhältnissen besteht. Vor dem weit umfassenderen Buchenmaterial hatte dieses den Vorzug, daß die Angaben sich zum großen Teil für den einzelnen Baum beschaffen ließen, wodurch eine interessante Analyse der Zuwachsverhältnisse innerhalb des Bestandes ermöglicht wurde.

Das *Verfahren* bei der Nadeleinsammlung bestand im großen und ganzen darin, daß alle nadeltragenden Zweige eines jeden Baumes für sich gesammelt und bei der Trocknung in einer solchen Weise angebracht wurden, daß nachher die Nadeln eines jeden Baumes gesondert eingesammelt und weiterer Behandlung unterzogen werden konnten (Probeentnahme, Verwiegung usw.).

Gefällt wurden die Bäume Anfang Mai vor dem Ausschlagen. (Einzelne hatten jedoch gerade auszuschlagen begonnen.)

Da die Zweige, insbesondere bei den starken Durchforstungsgraden, eine große Fülle aufwiesen und viel Platz beansprucht haben würden, so wurde von dem ursprünglichen Plan, die Kronen zum Trocknen auf einen Dachboden zu bringen, Abstand genommen und stattdessen vorgezogen, die Unterlage an eine geeignete Stelle in der Nähe der Probeflächen hinauszuschaffen. Wegen der Größe der Unterlage-Flächen war es stets schwierig, ein geeignetes Material zu finden, und es mußte daher genommen werden, was gerade bei der Hand war. Auf diese Weise kamen folgende verschiedenen Typen in Anwendung:

1. *Hölzerne, dachförmige Überdeckungsschirme (für Brennholz)*, die nur umgedreht wurden, worauf dann die Kronen einfach in sie hinein gelegt wurden, gegebenenfalls nach Vornahme der notwendigen Dichtung.
2. *Hölzerne, türflügelförmige Überdeckungsschirme*, die schräg gegen einander gelegt wurden.
3. *Flache, aus Salpetersäcken angefertigte Überdeckungsschirme* (für Brennholz) die auf Pflöcke schräg gegen einander aufgestellt, mit Stangen gesäumt und mit Moos dicht gemacht wurden.
4. Flächen von Salpetersäcken, direkt für die Aufgabe hergestellt.
5. *Anbringung mehrerer Kronen auf einer grossen Persenning*, die direkt auf den Erdboden gelegt und mittels darunter befestigter Stangen in Felder eingeteilt war; durch diese Stangen erhielt die Persenning um jede Krone herum einen erhöhten Rand, und im Gegensatz zu den andern Fällen waren hier die Zweige der einzelnen Kronen zusammengebunden.

Auf diesen Unterlagen durften die Kronen bis Ende Juli liegen bleiben; dann wurden die bis dahin abgefallenen Nadeln in einen Sack gesammelt und der Rest der nadeltragenden Zweige zwecks endgültiger Trocknung auf den alten Platz zurückgelegt. *Bei dieser Durcharbeitung ergab sich:* daß die Nadeln nur recht schwer abfielen, weil nämlich die äußersten Nadeln sehr schnell ab- und zwischen die inneren Zweige gefallen waren, wodurch das weitere Austrocknen erschwert worden war; es hatten sich dabei nämlich eine Art »Nadelkuchen« gebildet, die derartig zusammenhielten, daß sie die Feuchtigkeit am Austreten hinderten und dadurch Schimmelbildung hervorrufen konnten. Durch diesen Umstand wurde bewirkt, daß die Nadeln an verschiedenen Stellen eine recht ungleichmäßige Konsistenz annahmen, so daß 3 Typen entstanden, die sich nach ihren Hauptzügen wie folgt charakterisieren lassen:

a. Nadeln, die unmittelbar auf die Unterlage heruntergefallen und infolgedessen sehr trocken waren;
b. Nasse und evt. schimmelige Nadeln im Innern der Zweigbündel oder direkt auf der Unterlage; und schließlich
c. anscheinend gut erhaltene, trockne und gute Nadeln, die lose im Innern des Bündels hängen geblieben waren.

Wegen der ungleichmäßigen Konsistenz der Nadeln des einzelnen Baumes wurde es für unmöglich gehalten, im Walde mittels Verwiegung eine zufriedenstellende Probe zu entnehmen, denn das spezifische Gewicht der einzelnen Nadeln würde vielleicht Abweichungen bis zu 100 % aufgewiesen haben. Statt dessen wurde vorgezogen das Volumen der Nadelmasse jedes Baumes durch direkte Vermessung in Litern zu bestimmen, mit nacheriger Herausnahme von Volumen Proben.

Ein Versuch mit mehrmaliger Vermessung der Nadelmasse von denselben Bäumen in dieser Weise gab als Resultat, daß die Bestimmungen mit einem durchschnittlichen Fehler von 1—2 % ausgeführt worden waren.

Bei der Entnahme der Proben, die in allen Fällen (bis auf eine Ansnahme) 3 l groß waren, wurde sehr viel Sorgfalt darauf verwendet die Proben wircklich in allen Beziehungen

repräsentativ auszunehmen, denn die Konsistenz der Nadelmasse des einzelnen Baumes war ja nicht immer ganz gleichartig.

Bei den Messungen ergab sich die Notwendigkeit, die Resultate von 4 Probeflächen zu verwerfen (3 mit Unterlage 2 und eine mit einer Unterlage ungefähr wie 4), und zwar in der Hauptsache deshalb, weil sie so geschützt im Innern des Waldes und ohne Sonne angebracht waren, daß sie nicht trocknen konnten. Von den übrigen mußte 1 Baum gänzlich verworfen werden (Norringure 3—II), und von einem Baum konnte nur eine 1 l-Probe entnommen werden (Foldby E. 9—IX).

Lövengreen hat die Genauigkeit bei der Bestimmung der Nadelmasse mittels Ausmessung des Umfanges und nachheriger Probeentnahme schätzungsweise durch einen mittleren Fehler von $\pm 2\,\%$ ausgedrückt, wozu dann noch infolge Wegsickerns von Nadeln ein einseitiger Fehler von schätzungsweise 0—4 % kommt und zwar je nach der Unterlage.

Hier hat der Typ 1 sich als der beste, Typ 2 als der schlechteste erwiesen, wogegen die anderen Typen ungefähr gleich ausfielen.

Bei der späteren Berechnung der Nadeloberfläche wird infolge der Fehler bei der Bearbeitung derselben die Ungenauigkeit natürlich noch größer.

Das solcherart im Walde beschaffte Rohmaterial wurde in 99 markierten Tüten nach der forstwirtschaftlichen Abteilung der Landwirtschaftlichen Hochschule überführt und dort der im folgenden beschriebenen Laboratoriumsbehandlung unterzogen.

Laboratoriumsbehandlung.

Die Tüten wurden in einem mittels Zentralheizung erwärmten Raum bei etwa 20° C frei aufgehängt, bis konstantes Gewicht erreicht war.

Sodann wurde das *stubentrockne Gewicht der Nadeln* für jede einzelne Tüte bestimmt, und durch Umsetzung mit den Nadelmasse-Volumina für jeden einzelnen Baum.

Die Tüte mit Inhalt wurde gewogen und das Gewicht in ganzen Gramm angegeben. Dann wurde der Inhalt auf einen großen Tisch mit hochstehenden Rändern gestreut; Reiser,

Aststummel und andrer Abfall wurde herausgelesen und in die leere Tüte zurückgelegt. Die Nadeln wurden dann in kleinen Portionen in einem Siebe geschüttelt und auf diese Weise von Erde, Sand u. dgl. gesäubert. Die Erde wurde zusammengefegt und in die Tüte geschüttet. Die Tüte mitsamt ihrem Merkzettel + Abfall (Erde, Zweigstummel usw.) wurde gewogen (in ganzen Gramm), und das Netto-Nadelgewicht war dann die Differenz zwischen dem ersten und dem letzten Wiegeergebnis.

Ermittlung des absoluten Trockengewichts und Fehler dabei.

Von den auf dem Tisch ausgestreuten, gereinigten Nadeln wurde durch Aufheben von vielen kleinen Portiönchen von allen Teilen der Tischfläche für jede Tüte eine Probe von etwa 10 g zusammengestellt. Die Nadeln wurden dann in Gramm mit 2 Dezimalstellen abgewogen und in einem Trockenschrank 24 Stunden bei 95—100° getrocknet, worauf sie nochmals verwogen wurden. Mittels einfacher Proportionalrechnung wurde zuletzt das Nettotrockengewicht für die ganze Tüte und damit für den Baum ermittelt. Vorausgegangene, unter Anlegung von Wiegekurven vorgenommene Versuche hatten ergeben, daß 24 Stunden in jedem Falle zur Erzielung eines konstanten Gewichts ausreichten. Die Verwiegungen sind durch Wiederholung so oft nachgeprüft worden, und das Ablesen ist mit einer solchen Genauigkeit erfolgt, daß der von der Verwiegung herrührende Fehler als unerheblich anzusehen ist.

Von Bedeutung ist lediglich die Unsicherheit, die mit der ersten, im Freien vorgenommenen Liter-Vermessung der Gesamtnadelmenge des Baumes und der Probeentnahme zusammenhängt. Nach der Schätzung LÖVENGREENS müßte der Fehler für den einzelnen Baum bei ± 2 % + bis zu 4 % liegen.

Dieser Angabe würde bei dem arithmetischen Mittel von 10 Bäumen ungefähr eine Fehlergröße von ± 0,7 % + bis zu 4 % entsprechen.

Hierzu kommt jedoch bei der Bestimmung der Nadeloberfläche eines ganzen Bestandes mit Hilfe von 10 Probebäumen noch die Repräsentationsunsicherheit, über die wir Genaues nicht wissen. Die Frage wird auf S. 156 näher behandelt.

Ermittlung der Nadeloberfläche und Fehler dabei.

Die Formulierung der Nadeloberfläche der einzelnen Nadel als einer Funktion der Länge und des größten, senkrecht zur Krümmungsebene der Nadel stehenden Durchmessers ist auf folgende Weise ermittelt worden:

Benutzt wurde eine Probe von 25 frischen Nadeln stark verschiedener Länge (11 von einem Bestand in Frederiksdal, 40 Jahre alt, oberster Teil der Krone; 14 von einem Bestand im Dyrehave, 70 Jahre alt, unterster Teil der Krone). Jede Nadel wurde durch 5 ebene, senkrecht auf die Achse geführte Schnitte in 6 gleich lange Sektionen geteilt. Außerdem wurde jeder Querschnitt durch das Mikroskop betrachtet, hierbei der *grösste Durchmesser* gemessen und der Umkreis mit Hilfe eines Zeichenapparates in vergrößertem Maßstab auf Papier gezeichnet. Mit Hilfe eines kleinen Papplaufrades ist auf jeder der abgezeichneten Figuren das Verhältnis zwischen der Länge des größten Durchmessers und der des Umkreises gemessen worden (3 Umfahrten für jeden Umkreis), worauf sich die wahre Peripherie oder *Umkreislänge* (P) durch Multiplikation mit dem Verhältnis zwischen der wahren Durchmesserlänge und derjenigen auf der Figur ergibt.

Die ermittelten Faktoren wurden in schematischer Anordnung zusammengestellt und Σ Umkreis sowie der *Durchschnittsumkreis* (Σ P:6) für jede Nadel ausgerechnet. Die Oberfläche (O) ergibt sich dann als Produkt aus dem Durchschnittsumkreis und der Länge (L):

$$O = \frac{\Sigma P}{6} \cdot L. \qquad \text{(I)}$$

Diese Formel ist jedoch bei der Messung größerer Nadelmengen praktisch nicht brauchbar, und es mußte daher versucht werden, den Durchschnittsumkreis durch andre Faktoren zu ersetzen.

Aus dem aufgestellten Schema ging hervor, daß das Verhältnis Umkreis/Durchmesser von Sektion zu Sektion ziemlich konstant ist. Es wurde nun für jede Nadel das Verhältnis zwischen dem Durchschnittsumkreis und D_{III} (d. i. der Durchmesser in der Mitte der Nadel) ausgerechnet; dasselbe zeigt von Nadel zu Nadel nur eine verhältnismäßig geringe Abweichung.

Als Durchschnittszahl für die 25 Nadeln ergibt sich für dieses Verhältnis:

$$\frac{\Sigma P}{6 \cdot D_{III}} = 2{,}0.$$

Bei Berechnung des Fehlers dieser Bestimmung wurden gefunden:

1. der prozentuale mittlere Fehler bei der einzelnen Nadel = ± 10,1 %;
2. der prozentuale mittlere Fehler der Durchschnittszahl für die 25 Nadeln = ± 2,02 %.

Es muß hier hervorgehoben werden, daß die Nadeln von den beiden verschiedenen Beständen (Frederiksdal 40 Jahre, Dyrehave 70 Jahre) sich völlig gleich verhielten, was darauf deutet, daß den festgestellten Verhältnissen weitgehend Allgemeingültigkeit zukommt.

Durch Einzetzung in die Formel I ergibt sich:

$$O = 2 \cdot D_{III} \cdot L. \qquad \text{(II)}$$

Es wurde versucht, auch diese Formel noch zu vereinfachen, und zwar dadurch, daß D_{III} mit Hilfe von L ausgedrückt werden sollte, weil L der bei weitem am leichtesten bestimmbare Faktor ist.

Mittels Proben von 25 Bäumen verschiedenen Alters und verschiedener Bonität — die Proben zu 10 Nadeln von jedem Baum an verschiedenen Stellen der Krone ausgewählt — wurde die Durchschnittslänge sowie der durchschnittliche Wertzahl der Verhältnisse $\frac{L}{D_{III}}$ für jeden einzelnen Baum ermittelt.

Die prozentuale mittlere Abweichung von der Durchschnittszahl des Verhältnisses $\frac{L}{D_{III}}$ schwankte bei dem einzelnen Baum zwischen 1,3 % und 2,8 %; im Mittel betrug sie etwa 2 %.

Von Baum zu Baum schwankte die Durchschnittszahl zwischen den Werten 10,9 und 18,8, und zwar in der Hauptsache ungefähr proportional zu den Schwankungen der Länge, so daß bei zunehmender Länge auch dieses Verhältnis größer wurde.

Das arithmetische Mittel von den 250 Ergebnissen von $L : D_{III}$ würde mit einem zu großen Mittelfehler behaftet sein, als daß es allgemein benutzt werden dürfte. Stattdessen gelangt eine Kurve zur Anwendung (Fig. 29), in der $L : D_{III}$ die Ordi-

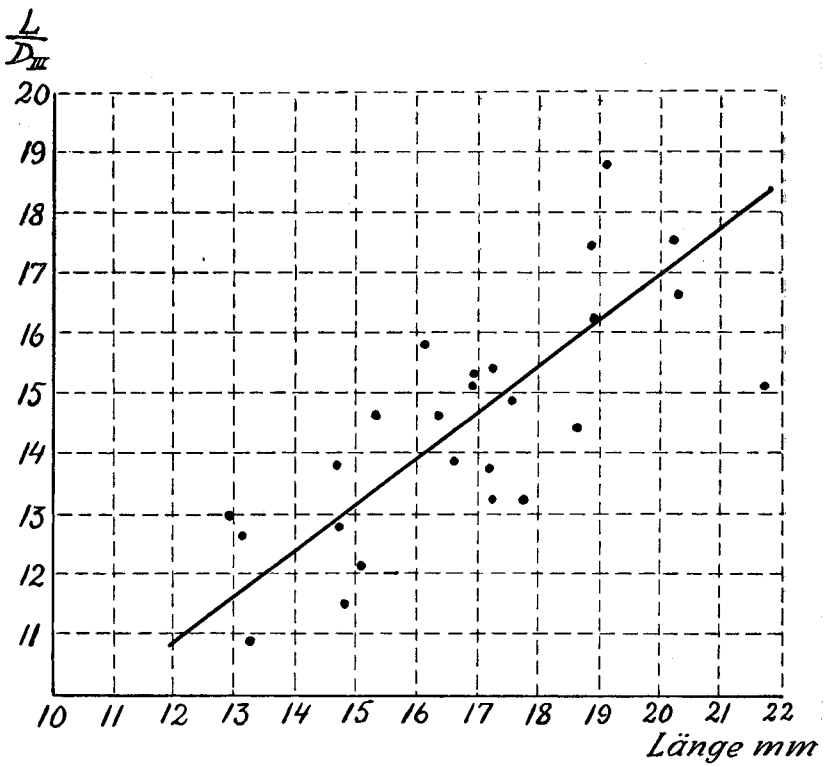


Fig. 29. Relation zwischen $K_L = \frac{L}{D_{III}}$ und L, wobei L = Nadellänge und D_{III} = der grösste Durchmesser auf der Mitte der Nadel.

nate und L die Abszisse ist und die auf Grund der 25 ermittelten baumweise Werte für $L : D_{III}$ gezeichnet worden ist. Bei der Berechnung des prozentualen mittleren Fehlers bei der Bestimmung von $L : D_{III}$ nach der Kurve ergab sich für den einzelnen Baum m = 8,9 %. Der mittlere Fehler bei der Lage der Kurve muß daher — da diese auf Grund von 25 Beobachtungen zustande gekommen ist — etwa 2 % betragen. Die Kurve veranschaulicht eine Größe $K_L = \frac{L}{D_{III}}$, die eine di-

rekte Funktion von L ist, so daß die Formel II nun ersetzt werden kann durch Formel

$$O = \frac{2 \cdot L^2}{K_L}, \qquad \text{(III)}$$

nach welcher es also möglich ist, die Nadeloberfläche allein auf Grund der Angabe der Länge zu bestimmen.

Bei der Ansetzung des mittleren Fehlers bei dieser Oberflächenbestimmung muß daran erinnert werden, daß $2\,D_{III}$ eingesetzt worden ist an Stelle von $\frac{\Sigma P}{6}$ (mittlere Fehler für die Durchschnittszahl von 25 Nadeln ca. $\pm$ 2 %), und daß $\frac{L}{K_L}$ wiederum eingesetzt worden ist an Stelle von D_{III} (mittlere Fehler bei der Bestimmung von K_L für den einzelnen Baum ca. $\pm$ 8,9 % und für eine Durchschnittszahl von 10 Bäumen ca. $\pm$ 2,8 %), wonach sich als prozentualer mittlerer Fehler bei der Benutzung von Formel III für den einzelnen Baum

$$\text{etwa } \pm \sqrt{2^2 + 8{,}9^2} = \pm\, 9{,}1\ \%$$

und für das Mittel von 10 Bäumen

$$\text{etwa } \pm \sqrt{2^2 + 2{,}8^2} = \pm\, 3{,}4\ \%$$

ergibt[1]) — alles unter der Voraussetzung, daß die Abweichungen der einzelnen Nadeln nur »zufällige« sind, d. h. daß sie das durchschnittliche Variationsverhältnis der Baumart darstellen, was wir aber nicht sicher wissen, obwohl wie gesagt das gleichartige Verhalten der beiden untersuchten Bestände auf Allgemeingültigkeit der Resultate zu deuten scheint.

Da das Untersuchungsmaterial aus stubentrocknen Nadeln besteht, ist es notwendig gewesen, eine Bestimmung der *Längenschrumpfung*[2]) vorzunehmen, und zwar geschah dies an den oben besprochenen 25 Proben, nachdem diese durch das

---

[1]) Die zwei Partialfehler sind zwar nicht ganz von einander unabhängig, aber wenigstens wird der prozentuale Fehler nicht die Summe von den zwei Partialfehlern übersteigen.

[2]) Zugleich wurde an 150 frischen Nadeln aus dem Gut Gjorslev eine Bestimmung der Querschrumpfung vorgenommen (»Durchmesser«-Schrumpfung); diese betrug bis zu 1,5 %.

Liegen in der Stubentemperatur konstantes Gewicht erlangt hatten. Das Ergebnis erwies im Durchschnitt für die 25 Proben eine mittlere Schrumpfung von *etwa 1,6 % der Länge der trocknen Nadeln.* (Die einzelnen Prozente schwanken von 0 bis 3,2).

Die Prozentwerte für die einzelnen Nadeln schienen sich nicht mit der Nadellänge zu verändern, so daß die reine Durchschnittszahl von den 25 Proben verwendet wurde.

Durch einen Zuschlag von 1,6 % müßte man demnach von der durch Messung festgestellten Länge der trocknen Nadeln die Länge derselben Nadeln in frischem Zustand erhalten.

Eine Fehleruntersuchung ist bei der Schrumpfungsermittlung nicht vorgenommen worden, weil wir es hier im Hinblick auf den Einfluß des Fehlers auf das Schlußergebnis mit einer weit niedrigeren Größenordnung zu tun haben als in den oben behandelten Fällen.

Die hier ermittelten Angaben für die Oberfläche und die Längenschrumpfung sind danach bei der folgenden Bestimmung der Nadeloberfläche der oben besprochenen 10 Probeflächen benutzt worden. Da sich durch Versuche herausgestellt hatte, daß die Nadelanzahl je Gramm von Baum zu Baum sehr verschieden war, so mußte jeder Baum gesondert behandelt werden. Das Verfahren hierbei war wie folgt:

Von dem Inhalt einer jeden Tüte (d. h. von jedem Baum) wurde eine Probe von 50 Nadeln entnommen (die Entnahme erfolgte gleichmäßig aus allen Teilen des Inhalts). Diese 99 Proben wurden dann jede für sich mit einer Genauigkeit von 4 Gramm-Dezimalen gewogen, und durch Auflegen auf Millimeterpapier wurde die Länge der einzelnen Nadeln in mm mit 1 »geraden« Dezimalstelle bestimmt. Σ-Länge, Σ-Anzahl, Länge je g, Anzahl je g sowie die mittlere Nadellänge wurden ausgerechnet.

Zur durchschnittlichen Nadellänge wurde sodann für die Schrumpfung ein Zuschlag von 1,6 % hinzugezählt.

Auf Grund der derart erhöhten durchschnittlichen Nadellänge sowie der Kurve für $L:D_{III}$ (Fig. 29) wurde die Bestimmung von K_L vorgenommen, worauf sich die durchschnittliche Nadeloberfläche durch Anwendung der Formel $O = \frac{2\,L^2}{K_L}$ ergab.

Danach wurde mit Hilfe des (stubentrocknen) Trockengewichtes für die Nadelmenge der einzelnen Bäume *die Nadeloberfläche für jeden Baum* ausgerechnet.

Der Gesamtfehler.

Der Fehler bei der Bestimmung der Nadeloberfläche je Gewichtseinheit enthält

1. den berechneten mittleren Fehler bei der Benutzung der Formel III, und zwar ca. $\pm 9{,}1\,\%$ für den einzelnen Baum und ca. $\pm 3{,}4\,\%$ für eine Durchschnittszahl von 10 Bäumen;
2. den Repräsentationsfehler, der sich ergeben würde durch einen Vergleich desjenigen Nadelmaterials, das zur Ermittlung der genannten Formel diente, mit dem großen Nadelmaterial, auf das die Formel angewendet wird. (Die Größe dieses Fehlers näher zu bestimmen, ist unmöglich, doch kann sie als gering angenommen werden, vergl. oben.)
3. den mittleren Fehler bei der Bewertung der Längenschrumpfung, der indessen, wie gesagt, im Vergleich mit den übrigen Zahlen als verschwindend angenommen werden darf;
4. den Repräsentationsfehler, der von den zur Nadellängenbestimmung benutzten Proben (je 50 Nadeln) herrührt, welcher Fehler mit bis zu ca. $\pm 2\,\%$ berechnet worden ist;
5. eventuelle andre Fehler wie unvollständiges Trocknen von Nadeln, Wiegefehler u. dgl. Wie oben unter Gewichtsbestimmungen besprochen, können diese Fehler als verschwindend angesehen werden.

Hiernach kann der prozentuale mittlere Fehler bei der Bestimmung der Nadeloberfläche je Gewichtseinheit für den einzelnen Baum auf

$$m_1 = \pm \sqrt{9{,}1^2 + 2^2 + x^2},$$

veranschlagt werden, wobei x eine unbekannte Fehlergröße ist, die auf unvollständige Allgemeingültigkeit des zur Aufstellung der Formel II verwendeten Nadelmaterials zurückzuführen ist. Wird x mit $3\,\%$ schätzungsweise reichlich bemessen, so ergibt sich $m_1 = \pm 9{,}8\,\%$ oder rund $10\,\%$.

Für eine Durchschnittszahl von 10 Bäumen ergibt sich entsprechend

$$m_{10} = \pm \sqrt{3{,}4^2 + 0{,}63^2 + 3^2} = \pm 4{,}0\,\%,$$

denn der Allgemeingültigkeitsfehler hat hier den gleichen Einfluß wie oben. (Vergl. doch Fussnote S. 153).

Zu diesen Fehlern kommt für die Gesamtnadelmenge des einzelnen Baumes noch die Unsicherheit, mit der die erste, im Freien vorgenommene Liter-Messung der Nadeln behaftet war.

Dieses Moment ist oben unter »Trockengewicht« behandelt worden, wo wir gefunden hatten, daß sein Einfluss für den einzelnen Baum etwa bei $+ 2\,\%_0 \pm 2\,\%_0$ und für eine Mittelzahl von 10 Bäumen um $+ 2\,\%_0 \pm 0{,}7\,\%_0$ herum liegt.

Der schließliche Fehler, mit dem wir die Nadeloberfläche bestimmt haben, ist danach für den einzelnen Baum rund $+ 2\,\%_0 \pm 10\,\%_0$ und für eine Mittelzahl von 10 Bäumen rund $+ 2\,\%_0 \pm 4$—$5\,\%_0$. Für das Nadelgewicht sind die entsprechenden Zahlen $+ 2\,\%_0 \pm 2\,\%_0$ und $+ 2\,\%_0 \pm 0{,}7\,\%_0$.

Bei der Bestimmung der Nadeloberfläche für einen ganzen Bestand mit Hilfe der 10 Probebäume kommt hierzu endlich die Seite 149 besprochene Repräsentationsunsicherheit, deren genauere zahlenmässige Einschätzung unmöglich ist.

Jedoch wissen wir, daß Lövengreen von seinen 10 Probebäumen je Bestand auf den Zuwachs der einzelnen Bestände geschloßen und auf dieser Grundlage Schlußfolgerungen über die Wirkung der verschiedenen Durchforstungsstärke gezogen hat. Er fand hierbei nur kleine Wirkungen auf den Zuwachs, und vielleicht sind diese Wirkungen wegen der angewandten Probebaum-Methode nicht sicher festgestellt. Aber nach dem, was die Durchforstungsversuche uns von der relativen Unabhängigkeit des Zuwachses von der Durchforstungsstärke gelehrt haben, deuten eben die von Lövengreen gefundenen guten Übereinsstimmungen von Bestand zu Bestand darauf, daß seine 10 Probebäume wirklich repräsentativ gewesen sind.

Meiner Meinung nach kann der mittlere Fehler bei der Anwendung von den 10 ausgewählten Probebäumen zur Bestimmung der Nadeloberfläche (oder Nadelgewicht) eines Bestandes kaum höher als auf $\pm 5\,\%_0$ angeschlagen werden. Nehmen wir dies an, wird der gesamte Fehler für die Nadeloberfläche $+ 2\,\%_0 \pm 7\,\%_0$ (und für das Nadelgewicht $+ 2\,\%_0 \pm 5\,\%_0$).

Nadelanzahl und Nadelgrösse.

Die Nadelanzahl je g und insgesamt, die durchschnittliche Nadeloberfläche und die Mittellänge der Nadeln für jeden Baum

ergaben sich im Zuge der Berechnung der Gesamtnadeloberfläche (siehe oben). Zugleich wurde mit Hilfe desselben Materials auch eine Bestimmung der durchschnittlichen Länge der 5 grössten und 5 kleinsten Nadeln vorgenommen. Der Fehler bei diesen Angaben ist nicht selbständig untersucht worden, wird sich aber zum größten Teil aus den vorangegangenen Fehleruntersuchungen ergeben, deren Resultate in der Hauptsache unmittelbar verwendet werden können.

Die Holzmessungszahlen,

die allesamt auf die Vermessungen LÖVENGREEN's zurückzuführen sind, wurden keiner Fehleruntersuchung unterzogen. Nach meiner Kenntnis der Dinge kann als gegeben angenommen werden, dass die Fehler durchgehends geringer sind als bei den an der Buche zum Zwecke der Blattmassenuntersuchungen vorgenommenen Holzmessungen, für die eine Fehlerberechnung vorliegt (siehe S. 89). Die Massen- und Zuwachszahlen für die einzelnen Bäume beruhen auf genauen Stammanalysen und können nur mit äußerst geringfügigen Fehlern behaftet sein, die im Verhältnis zu den übrigen, in der Untersuchung berücksichtigten Fehlern als verschwindend angesehen werden können.

Graphische Bearbeitung und Schlussfolgerungen.

Wie oben beschrieben, sind somit für 10 Standorte aus dem Winter 1932/33, von denen jeder durch 10 (in einem Einzelfalle jedoch nur 9) Probebäume vertreten war, für jeden einzelnen Baum

Alter, Höhe, Durchmesser, Rauminhalt, Zuwachs der letzten 2 Jahre, Kronenverhältnis, Gesamttrockengewicht der Nadeln, Gesamtoberfläche der Nadeln, Anzahl der Nadeln, durchschnittliche Nadellänge und Nadeloberfläche sowie Mittellänge der 5 grössten und 5 kleinsten Nadeln

angegeben worden; das Material hierüber wird in Tabelle C (am Schluß des Buches) vorgelegt.

Die 10 verschiedenen Standorte repräsentieren teils verschiedene Durchforstungsart (sowie auch verschiedenen Standpunkt

Tabelle 3. Bestandesweise geordnete Übersicht über Untersuchungen
10 Fichtenbeständen auf

Nr.	Durchforstungsgrad	Gruppe	Bestand	Alter Jahre	Höhe m	Bonität	Durchmesser cm	je ha Stammzahl	je ha Stammgrundfläche m^2	je ha Stamm-Masse m^3	Relativer Baumabstand	Relativer Baumabstand in % v. d. dän. bonitätsw. Ertragstafeln
1	Schwach		Norringure 3	28	15.4	0.2	14.4	2752	44.8	358	146	81
2	Stark		Foldby Enemærke 3....	15	6.0	1.6	6.3	8080	27.0	99	185	90
3	Stark	b	Skivholme 32	30	12.5	1.8	14.1	2283	35.8	244	179	94
4			Hammel . Mölleskov 17	27	12.4	1.7	14.7	1730	29.6	200	201	106
5			Hagsholm 39	27	11.1	2.2	12.6	1890	23.6	142	207	108
6	Stark	a	Naarup 8...	38	16.9	1.7	19.0	1088	30.8	294	187	95
7			Hammelure 3	38	16.3	0.8	18.8	1238	34.3	293	182	93
8			Hagsholm 43	37	16.2	1.7	19.0	1055	29.8	262	201	103
9	Stark		Tinning 48 a	27	13.2	1.0	13.7	1880	27.9	201	175	93
10			Hagsholm 42	40	13.9	2.8	16.1	1410	28.6	223	196	104

im Hinblick auf die Durchforstung), teils verschiedenes Alter, teils verschiedene natürliche Wachstumsbonität, wie dies aus der obenstehenden, nach Beständen geordneten Übersicht (Tabelle 3) hervorgeht, in der zugleich auch eine Gruppeneinteilung vorgenommen worden ist, welche eine teilweise Isolierung der einzelnen Faktoren anstrebt, um dadurch die graphische Bearbeitung des Materials zu erleichtern. Die bestandesweise angegebenen Holzvermessungszahlen stammen von sorgfältigen Messungen des ganzen Bestandes. Die bestandesweise angegebenen Zahlen für die Nadelmasse sind die Zahlen für die Probebäume, auf Grund des Verhältnisses zwischen der Masse der Probebäume und derjenigen des ganzen Bestandes auf m^2 des Areals umgerechnet.

Das Material der Tabelle 3 findet man zum Teil graphisch behandelt in den Figuren 30—32. Zu bemerken ist, daß — unter Berücksichtigung der Verschiedenheiten in bezug auf den

der Nadelmengen, Holzmassenfaktoren, des Zuwachses usw. in dem Gut Frijsenborg Herbst 1932.

Kronenverhältnis	Zuwachs 1931-32 / 2		Letzte Durchforstung	Durchforstungsstandpunkt	Nadeln je m² der Bestandesfläche				Durchschn. frisch. Oberfl. der Nadeln mm²	Durchschn. Länge der Nadeln mm	Licht auf dem Boden in % des vollen Tageslichts, gemessen Sommer 1932
	%	m³			Waldd. Umfang l	Absolutes Trockengewicht kg	Frische Oberfläche m²	1000 Stück			
0.39	8.5	30.5	Herbst 1928	vor Durchf.	13.7	1.173	14.66	422	34.6	15.2	3.1
0.64	22.2	22.0	Keine	» »	10.08	1.242	13.38	449	30.3	13.5	0.9
0.49	11.7	28.5	Herbst 1930	vor »	14.64	1.470	15.34	504	33.7	14.3	3.7
0.54	15.5	31.0	» 1931	zwischen »	13.56	1.327	15.17	432	34.8	15.2	13.6
0.50	15.1	21.5	» 1932	nach »	7.48	0.813	8.48	270	31.9	14.1	—
0.48	8.9	27.5	» 1930	vor »	13.90	1.366	14.66	439	33.6	14.8	10.5
0.44	9.9	29.0	» 1930	» »	13.10	1.372	14.42	438	32.8	14.5	12.6
0.46	9.0	23.5	» 1930	» »	10.99	1.032	11.98	366	33.3	14.6	8.7
0.46	15.4	31.0	» 1932	nach »	9.57	1.112	11.02	324	34.2	15.0	—
0.49	11.0	24.5	» 1931	zwischen »	11.88	1.132	12.50	356	35.4	15.5	9.3

Durchforstungsstandpunkt — die Ergebnisse des Fichtenmaterials mit denen des Buchenmaterials, über das S. 118 ff. berichtet wurde, gut übereinstimmen. Auch die Nadelmasse zeigt innerhalb des Rahmens unsres Materials durch die verschiedenen Alter, Höhen, Bonitäten und Durchforstungsgrade eine recht große Beständigkeit.

Die Figuren 33—36 sind aus Tabelle III für die Gruppen a und b der Tabelle 3 und für Foldby Enemärke herausgezogen, die ungefähr von gleicher Durchschnittsbonität sind (jeweils etwas über 1,7, etwas unter 1,9 und 1,6), während das Alter 38, 28 bzw. 15 Jahre beträgt.

Die Figuren 33 und 34, in denen die Holzproduktion in ihren Beziehungen zum Nadeltrockengewicht resp. zur Nadeloberfläche dargestellt ist, zeigen, wie zu erwarten stand, eine fast vollständige gegenseitige Übereinstimmung, die dem einigermaßen konstanten Verhältnis zwischen der Nadeloberfläche und dem Nadelgewicht entspricht.

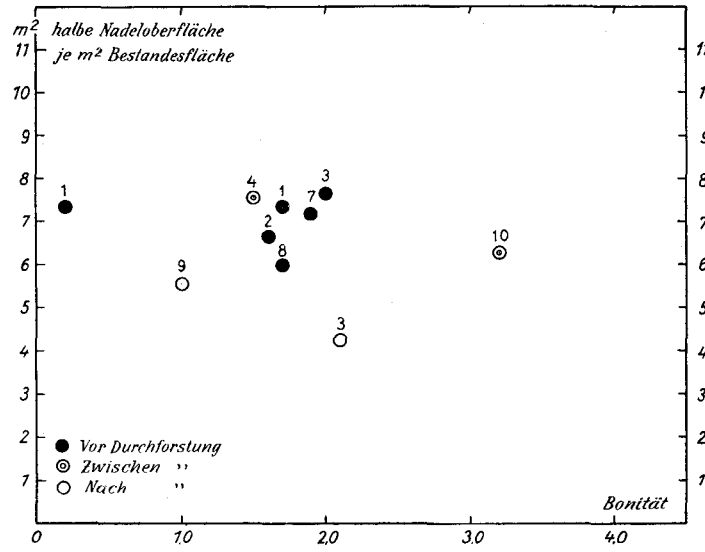


Fig. 30. Bonität und halbe Nadeloberfläche. Die kleine Zahlen geben den Bestand nach Nummern an, gemäss der Ordnung in Tab. 3.

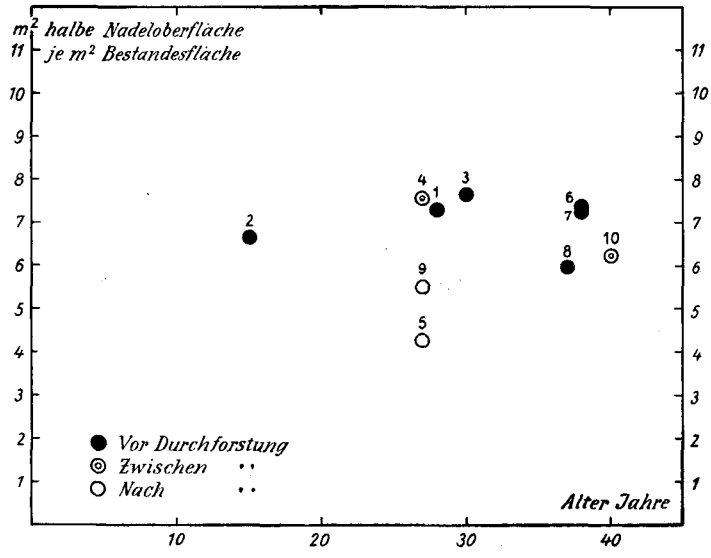


Fig. 31. Alter und halbe Nadeloberfläche. Die kleine Zahlen geben den Bestand nach Nummern an, gemäss der Ordnung in Tab. 3.

Eine oberflächliche Betrachtung von Fig. 33 und 34 könnte des weiteren zu dem Schluß führen, daß, weil die ausgeglichene Kurve durch die Einzelbeobachtungen der 3 Gruppen fast eine gerade Linie ist, so müsse die Holzproduktion bei unveränderter Wachstumsbonität ausschließlich eine einfache Funktion des Nadelgewichts (oder der Nadeloberfläche) sein. Eine nähere Analyse wird jedoch erweisen, daß dies nicht der Fall ist.

Gruppiert man dieselben Beobachtungen anders, nämlich nach der Höhe, so erhält man Figur 35, welche bei zunehmen-

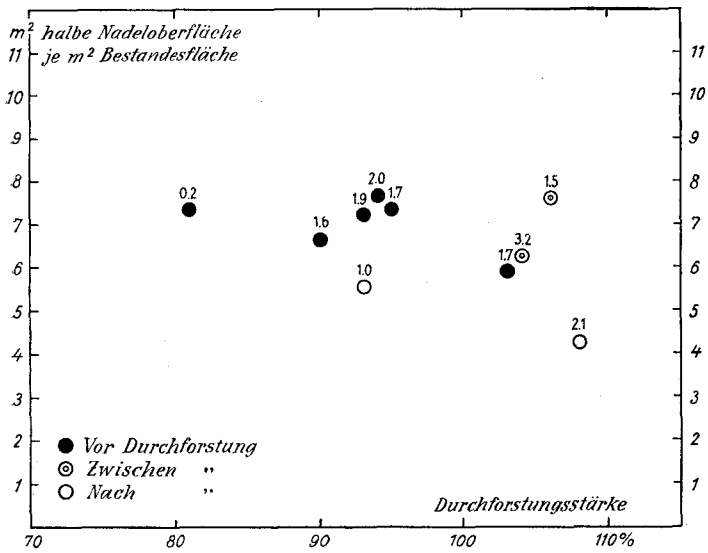


Fig. 32. Durchforstungsstärke und halbe Nadeloberfläche. Die kleinen Zahlen geben Bonität an.

der Höhe eine zunehmende Holzproduktion je m² Nadeloberfläche aufweist. Das entspricht ganz den von den Ertragstafeln her wohlbekannten Tatsachen.

Die Steigerung der Holzproduktion vom Schwerpunkt bei Foldby Enemärke bis zum Schwerpunkt der Gruppe a beträgt 20—25 %, während die Zuwachssteigerung bei gleicher Höhenzunahme nach Carl Mar:Möller (1933) für entsprechende Bonität etwa 26.5 % beträgt.

Die fast geradlinige Ausgleichskurve von Fig. 33 und 34 ist also die Resultante von zwei annäherungsweise geradlinigen Funktionskurven.

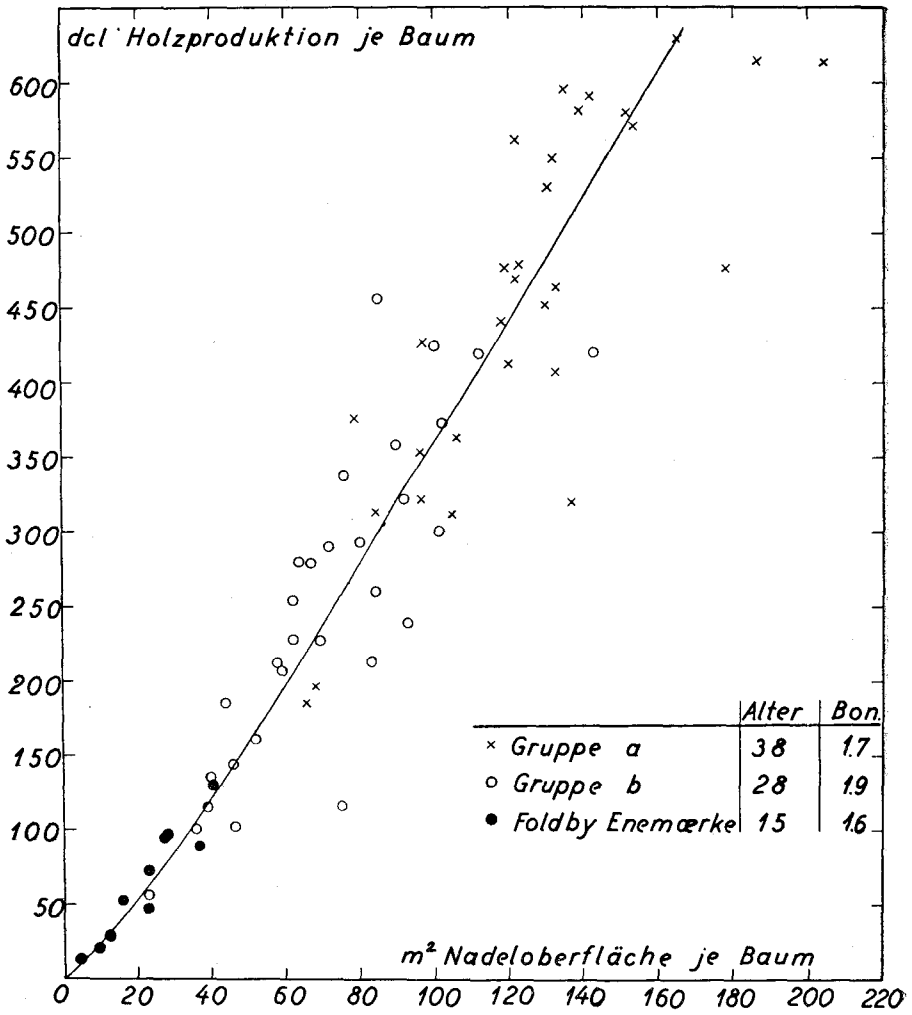


Fig. 33. dcl Holzproduktion und m³ Nadeloberfläche pro Baum bei ungefähr gleicher Bonität und verschiedenem Alter.

Auf ganz die gleiche Art ist aus Figur 36 ersichtlich, daß die Wachstumsbonität einen Einfluß auf die Holzproduktion ausübt, obwohl sie, wie Figur 31 zeigte, keinen oder nur geringen Einfluss auf die Nadelmenge hat.

Die Tabelle 4 wird erkennbar machen, daß zwischen Figur 36 und C. M:M's bonitätsweise geordneten Ertragstafeln (1933) eine recht gute Übereinstimmung besteht.

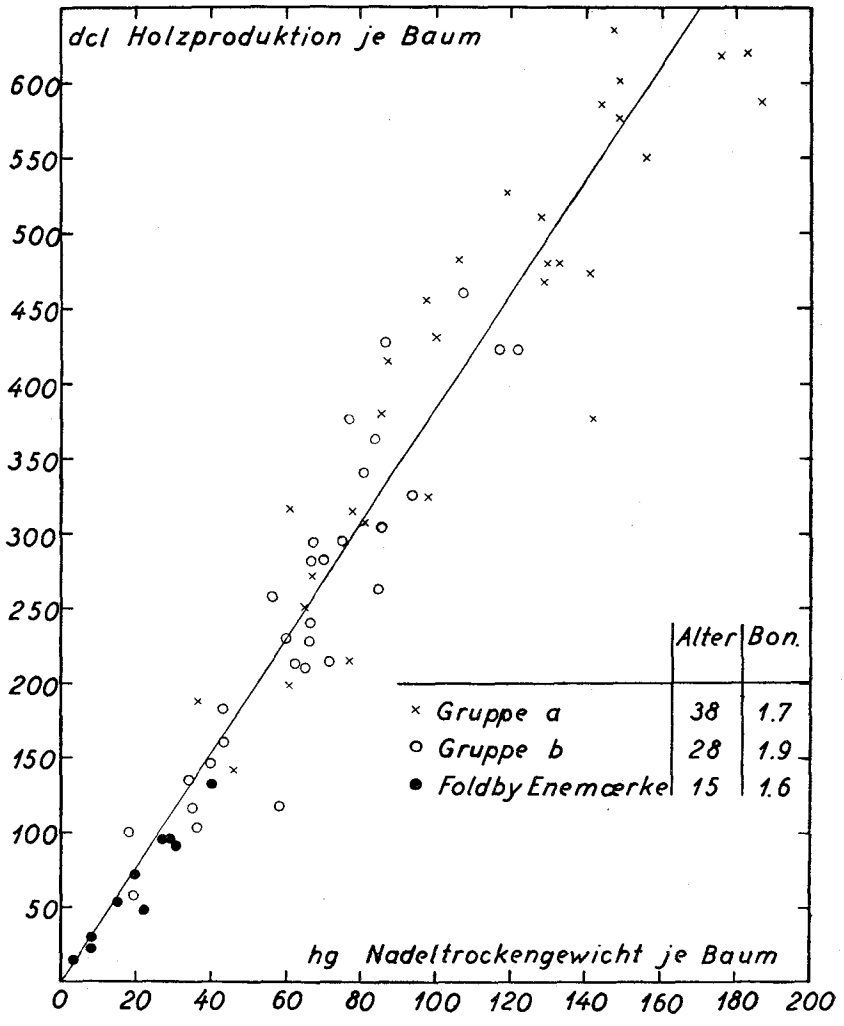


Fig. 34. dcl Holzproduktion und hg Nadel-Trockengewicht pro Baum für ungefähr dieselbe Bonität und verschiedene Alter.

Hinsichtlich der Nadelgrösse zeigt Tab. 3, daß innerhalb unseres Materials weder die Bonität, das Alter noch die Höhe bedeutenden Einfluß auf die durchschnittliche Oberfläche eines Nadels hat.

Alles in allem stimmen also die Resultate von diesen ausführlichen, an etwa 100 Einzelbäumen vorgenommenen Nadelmasse- und Stammanalysen nicht nur mit den Tatsachen

Tabelle 4.

Standort	Bon.	Holzproduktion je 100 g. Nadeltrokkengewicht (Nach Fig. 36)	Verhältniszahl	Zuwachs gemäss bonitätsw. Ertragstaf.	Verhältniszahl
Norringure	0.2	547	118	27.5	115
Tinning	1.0	464	100	24.1	100
Gruppe a und b + F. Enem. (Durchschn.)	1.8	430	93	21.0	87
Hagsholm 42.....	2.8	387	83	17.1	71

überein, die das Buchenmaterial in bezug auf den Laubfall ergeben hat, sondern auch mit den uns von unsern Ertragstafeln her wohlbekannten Zuwachsverhältnissen bei den verschiedenen Alters- und Bonitätsstufen.

Was noch zu untersuchen übrig bleibt, ist die Möglichkeit, aus einer Analyse des Materials der Tabelle C Aufschluß zu erhalten über die Verschiedenheiten der Zuwachsverhältnisse innerhalb des einzelnen Bestandes. Vielleicht ist es möglich, etwas darüber zu erfahren, welche Baum-Type die geringste Zuwachsmöglichkeit hat, welche die größte, oder ähnliches.

Man könnte sich beispielsweise vorstellen, daß diejenigen Bäume, deren Kronenverhältnisse die größten sind, auch die am besten belaubten wären, d. h. daß sie im Verhältnis zur Holzmasse die größte Nadelmenge hätten und dann auch den größten Zuwachs-Prozent. Manchmal hat man auch den Eindruck, daß sie kräftiger benadelt sind, d. h. als seien die Nadeln größer und stärker.

Die beigefügte Tabelle 5 gibt an, wie es in bezug auf diese Dinge wirklich steht, zum wenigsten bei unserem Material. Für jeden Bestand sind die 10 (9) Bäume nach der Größe des Verhältnisses

$$\frac{\text{g abs. trockne Nadeln}}{\text{l Holz}}$$

geordnet. Die 5 Bäume, bei denen der Wert dieses Verhältnisses

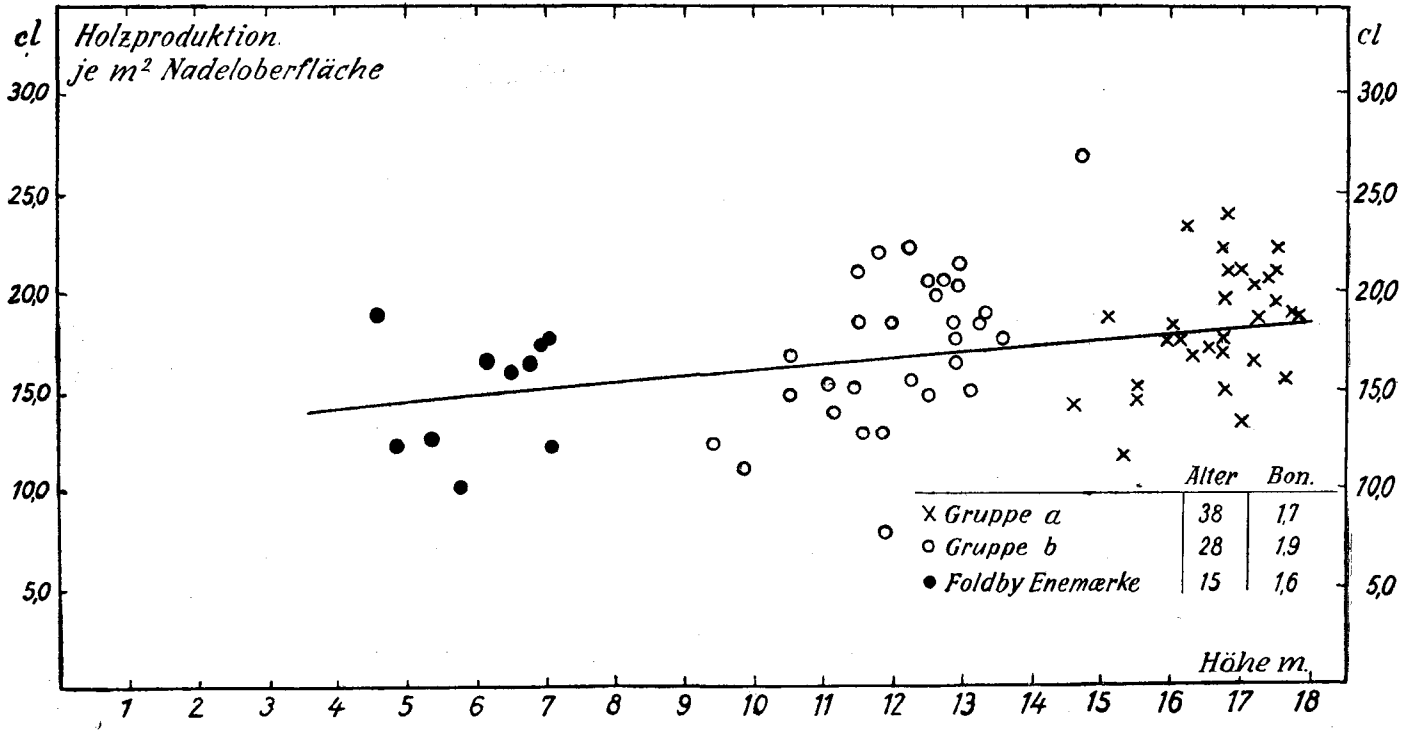


Fig. 35. Holzproduktion je m² Nadeloberfläche bei ungefähr gleicher Bonität, aber verschiedener Höhe.

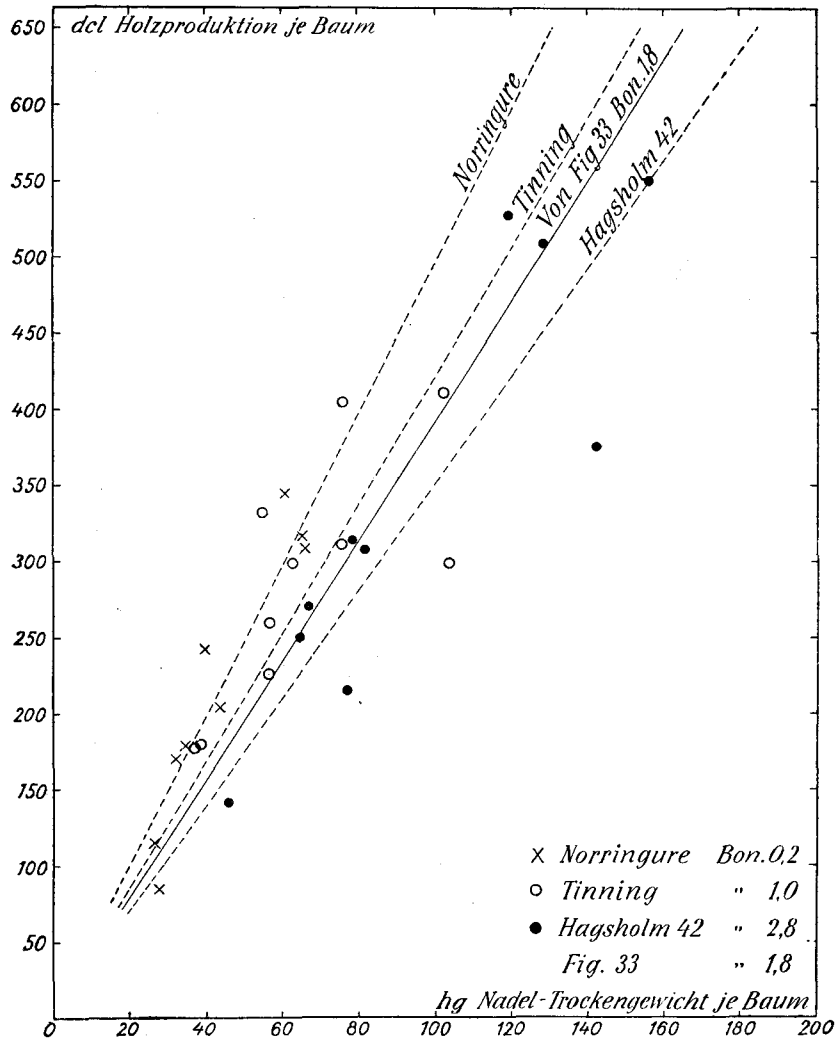


Fig. 36. Holzproduktion dcl im Verhältnis zum Nadel-Trockengewicht (kg) bei verschiedenen Bonitäten. Jede der 3 punktierten Linien geht durch den Schwerpunkt der Marken eines Bestandes. Die voll gestrichene Linie ist von Fig. 33 übertragen. Die Alter sind: Norringure 28, Tinning 27, Fig. 33 durchschn. 27, Hagsholm 40 Jhr.

am größten ist, wurden als Gruppe 1, diejenigen 5 Bäume, bei denen er am kleinsten ist, wurden als Gruppe 2 bezeichnet. Dann sind für jede Gruppe in jedem Bestande die mittleren Zahlen für jeden der folgenden Faktoren ausgerechnet worden: für das

Verhältnis $\frac{\text{g Nadeln}}{\text{l Holz}}$, für das Kronenverhältnis, den Zuwachsprozentsatz und für die durchschnittliche Oberfläche je Nadel.

Es ergibt sich die unerwartete Tatsache, daß zwischen Belaubungsgrad (Nadelmenge im Verhältnis zur Holzmasse) einerseits und Kronenverhältnis, Zuwachsprozent und Nadelgröße andererseits nur ein sehr loser Zusammenhang besteht. Ein großer Unterschied des Belaubungsgrades (von 66,1 bei der besten bis zu 50,0 bei der schlechteren Hälfte) ergibt allerdings auch einen ziemlich konstanten Unterschied gleicher Tendenz in bezug auf Kronenverhältnis, Zuwachsprozentsatz und Nadelgröße, doch handelt es sich hierbei nur um einen sehr kleinen Unterschied.

Die Dinge liegen etwa so, daß, wenn der Unterschied beim Belaubungsgrad etwa 30 % beträgt, er beim Kronenverhältnis etwa 2 %, beim prozentualen Zuwachs etwa 5 % und bei der Nadelgröße etwa 2 % ausmacht.

Das bedeutet praktisch, daß es wenigstens in unserem Material[1]) nicht möglich ist, von dem Belaubungsgrad sichere Schlüsse auf das Kronenverhältnis, den prozentualen Zuwachs, die Nadelgröße oder umgekehrt von diesen Faktoren zurück auf den Belaubungsgrad zu ziehen.

Diese Tatsache stimmt an und für sich recht gut überein mit der oben erwähnten Beobachtung (S. 85), daß das Zuwachsprozent ein und desselben Bestandes sich im Zuge der verschiedenen Durchmesserklassen nicht sehr erheblich verändert.

Sonderbar könnte auf den ersten Blick der Umstand erscheinen, daß der Belaubungsgrad nur so geringfügigen Einfluß auf den Zuwachsprozentsatz hat. Die Erklärung hierfür ist darin zu suchen, daß die am schlechtesten beleuchteten, untersten Teile der vollen Krone eine weit geringere Netto-Assimilation haben als die oberen Teile. Es liegt in der Natur der Dinge, daß die Netto-Assimilation der untersten Zweige, unmittelbar bevor diese infolge unzulänglicher Beleuchtung eingehen, sich der Zahl 0 nähert.

Offenbar liegen die Dinge so, daß dort, wo die Nadelmenge je l Holz besonders groß ist, sich auch ein verhältnis-

---

[1]) Die Bestände über 35 Jahren waren meistens etwas von Rotfäule angegriffen.

Tabelle 5. Verhältnis zwischen g abs. trocknen Nadeln je 1 Holz, Kronenverhältnis, Zuwachsprozent und durchschn. Oberfläche der Nadeln.

»5 grösste« und »5 kleinste« bedeutet: Durchschnittszahl für diejenigen 5 Bäume, bei denen das Verhältnis $\frac{\text{g abs. trock. Nadeln}}{\text{1 Holz}}$ am grössten, bezw. am kleinsten ist.

Bestand	Alter Jahre	g abs. trockn. Nadeln je 1 Holz Durchschnitt der 5 »grössten«	5 »kleinsten«	Unterschied	Kronenverhältnis Durchschnitt der 5 »grössten«	5 »kleinsten«	Unterschied	Zuwachs-Prozent der 5 »grössten«	der 5 »kleinsten«	Unterschied	Durchschn. Oberfläche je Nadel bei den 5 »grössten«	bei den 5 »kleinsten«	Unterschied
		g	g	g	1	2		%	%		mm²	mm²	
Norringure 3....	28	35.0	30.4	4.6	39.6	38.5	1.1	8.3	7.6	0.7	36.9	31.8	5.1
Hammelure 3...	38	53.9	36.5	17.4	45.8	43.0	2.8	9.8	8.4	1.4	34.9	30.8	4.1
Skivholme 32 ...	30	66.1	55.2	10.9	47.0	50.0	—3.0	10.1	11.3	—1.2	33.2	34.2	—1.0
Hagsholm 39....	27	61.5	51.5	10.0	50.6	48.8	1.8	10.8	9.6	1.2	33.1	30.7	2.4
Hagsholm 42....	40	61.8	43.9	17.9	49.2	48.2	1.0	9.8	8.8	1.0	35.3	35.5	—0.2
Hagsholm 43....	37	46.4	35.2	11.2	44.6	48.0	—3.4	8.4	8.4	0	32.5	34.1	—1.6
Naarup Skov 8..	38	50.6	42.3	8.3	47.8	48.4	—0.6	8.8	8.9	—0.1	32.3	34.9	—2.6
Foldby Enemærke 3.....	15	141.5	101.3	40.2	66.4	61.8	4.6	20.6	18.6	2.0	28.3	32.3	—4.0
Tinning 48 a	27	64.7	45.7	19.0	46.6	45.0	1.6	12.6	11.7	0.9	36.4	32.0	4.4
Hammel Mølleskov 17.....	27	79.5	58.1	21.4	55.4	51.8	3.6	13.8	13.4	0.4	35.2	34.5	0.7
Durchschnitt....		66.1	50.0	16.1	49.3	48.4	0.9	11.3	10.7	0.6	33.8	33.1	0.7

mäßig großer Teil schwach produzierender Schattennadeln befinden muß.

Anders ausgedrückt besagt der Vergleich der Doppelkolonne für g abs. trockne Nadeln je 1 Holz mit der Doppelkolonne für den prozentualen Zuwachs, daß diejenigen Bäume, die die kleinste Nadelmenge je 1 Holz besitzen, die größte Effektivität der Nadelmasse aufweisen. Die »5 kleinsten« haben rund gerechnet eine um 25 % größere Effektivität als die »5 größten«. Doch ergibt eine detaillierte Analyse im übrigen recht erhebliche individuelle Abweichungen, und zwar offenbar unter dem Einfluß der vielen andern Faktoren, die sich auf den Zuwachs auswirken (Gesundheitszustand des Baumes, augenblickliche individuelle Ernährungsverhältnisse usw.).

Von dieser Produktionsüberlegenheit der Nadeln der »5 kleinsten« könnte man bei oberflächlicher Betrachtung glauben, sie stünde im Widerspruch zu der bei Durchforstungsversuchen gemachten Erfahrung, daß das Zuwachsprozent bei erhöhter Durchforstungsstärke bedeutend zunimmt, weil nämlich trotz abnehmender Masse der Massenzuwachs (sowie nach dieser Untersuchung die Laubmenge) nahezu konstant bleibt.

Es muß jedoch daran erinnert werden, daß die »5 kleinsten« meistens kräftige, aber ein wenig gedrückte Bäume sein werden, die infolge der starken Durchforstung eine erhöhte Chance erhalten haben und diese ausnutzen, möglicherweise unter besonderer Stimulierung durch die Lichtwirkung auf die nun stärker entblößten Stämme und jedenfalls unter kräftiger Neubildung von Nadeln, so dass die Kronen relativ wenig Schattennadeln tragen. (Im eigentlichen Sinne unterdrückte Bäume wurden bei der Frijsenborger Durchforstungsart in diesen Jahren ja so gut wie überhaupt nicht gefunden). In einem sehr schwach durchforsteten Bestand dagegen wird das durchschnittliche Verhältnis der Bäume anders. Wohl wird die Nadelmasse je Einheit Holzmasse auch hier klein sein, aber die relative wie die absolute Menge an Schattennadeln je ha wird ungefähr dieselbe wie im stark durchforsteten Bestand sein, oder vielleicht größer, weil ja das Licht vollständiger ausgenutzt wird. — Das Problem des einzelnen Baumes deckt nicht das Problem des ganzen Bestandes.

Die in den Doppelkolonnen der Tab. 5 ausgedrückten Beobachtungen stimmen auch mit den Ergebnissen von Hartig,

BURGER, DENGLER und z. T. auch von BOYSEN JENSEN (vgl. S. 57) gut überein, indem nämlich daran zu erinnern ist, daß die Frijsenborg-Durchforstung besonders stark ist, so daß fast alle Bäume denjenigen entsprechen, die in den von den deutschen Forschern untersuchten Beständen die herrschenden oder mitherrschenden sind. Wenn die Ergebnisse von BERTOG, BUSSE u. a. nicht übereinstimmen, dürfte es, wie schon vorher gesagt, an einer schwacheren Durchforstung liegen.

Für die Hiebsanweisungspraxis der Forstwirtschaft läßt sich aus alledem die Lehre ziehen, daß die Entfernung gut belaubter Bäume keine wesentliche Senkung des *prozentualen* Zuwachses des Bestandes nach sich zu ziehen braucht. Entscheidend für diesen ist in der Folgezeit hauptsächlich das Verhältnis der im Bestande zurückgebliebenen Masse zur Höhe und zum Alter, weil eine große Masse erfahrungsgemäss wegen der Konstanz des Massenzuwachses einen niedrigen prozentualen Zuwachs ergibt und umgekehrt.

V.

EIGENE LAUBMENGEN-UNTERSUCHUNGEN BEI ANDEREN BAUMARTEN.

Eichen-Bestände.

Im Herbst 1932 wurden Blattfall-Untersuchungen an Eichen vorgenommen, die mit verschiedener Durchforstungsstärke behandelt worden waren, und zwar handelte es sich um Eichen im Ganne Skov, Abt. XXII 44 (auf älteren Karten als Ganne Skov I 1 bezeichnet), Forstrevier Bregentved auf Seeland. Das forstliche Versuchswesen besitzt hier 3 Probeflächen mit gleichartigen jüngeren Eichen, die eine Fläche nicht durchforstet (Probefläche Q. D. III), die andere mit Bregentved-Durchforstung (Q. D. I) und die dritte mit Vemmetofte-Durchforstung (Q. D. II) bearbeitet.

Hinsichtlich der Bedeutung der hier genannten Durchforstungsarten sei auf L. Hauch »Udhugning i unge Egebevoksninger« (Det forstlige Forsøgsvæsen, Bd. I und IV) verwiesen, wo Hauch Untersuchungen beschreibt, die sich auf dieselben 3 Probeflächen beziehen.

Zur Orientierung sei noch bemerkt, daß — während bei der Vemmetofte-Durchforstung im ersten Hieb zugleich mit einer starken Durchforstung in der obersten Kronenschicht alle unterdrückten Bäume entfernt werden — bei der Bregentved-Durchforstung alle unterdrückten Individuen stehen bleiben und nur in die oberste Etage (stark) eingegriffen wird, um die Entwicklung der höchsten und schönsten Bäume des Bestandes zu fördern.

Die Probeflächen waren seitens des Versuchswesens seit dem Frühling 1920 durch Vermessungen regelmäßig beobachtet worden; vor der Blattfalluntersuchung waren sie das letzte Mal im Herbst 1930 vermessen worden. Diese Messungen bilden die Grundlage für die in Tabelle 5 angeführten Holzvermessungs-

und Zuwachszahlen. Wenn die mittlere Höhe für alle drei Parzellen in der Tabelle als die gleiche angegeben wurde, so geschah dies auf Grund der vom Versuchswesen an einzelnen hohen Bäumen unter gleichzeitiger Feststellung des Durchmessers vorgenommenen Höhenmessungen; der Vergleich derartiger Messungsergebnisse von den 3 verschiedenen Probeflächen ergab nämlich, daß von einem Unterschied in der »Bonitätshöhe« wohl kaum die Rede sein konnte. Die angegebenen Höhen repräsentieren also nicht Bäume, deren Durchmesser demjenigen der mittleren Stammgrundfläche durchschnittlich gleich ist, sondern es handelt sich bei ihnen um Durchschnittsangaben für die dominierenden Bäume. In der Tabelle sind weder für den Durchmesser noch für den relativen Baumabstand Zahlen angeführt; die Ausrechnung derselben an der aufgegebenen Stammzahlen wäre sinnlos gewesen, weil ein so großer und so stark variierender Teil der Stämme zur Unteretage gehört. Die für den Massenzuwachs angeführten Zahlen sind an der nach Bonitäten aufgestellten dänischen Ertragstafeln auf Grund der Zahlen für den Grundflächenzuwachs geschätzt worden. Die bei der Bestandesaufnahme erzielte Genauigkeit hat nicht näher nachgeprüft werden können, aber die Vermessung erfolgte mit besonderer Sorgfalt. Beim Kluppieren ist in den letzten Jahren zwischen Ober- und Unteretage kein Unterschied gemacht worden.

Dagegen wurden bei der ersten Untersuchung 1907 die 100 ausgeprägtesten Hauptstämme des damaligen Bestandes einer jeden Parzelle durch Aufmalen von Nummern besonders gekennzeichnet.

Die Blattfalluntersuchung fand unter besonders günstigen Bedingungen statt. Die 3 Probeflächen liegen dicht am südwestlichen Saum des betreffenden Eichenbestandes; aber südwestlich von diesem erhebt sich ein Buchenhochwald, der gegen jeden Südwestwind vollkommen schützt. Der Laubfall der Eiche erfolgte im Herbst 1932 an dieser Stelle unter recht ruhigen Windverhältnissen. Das Laub fiel fast senkrecht zu Boden, so daß das gefallene Laub genau unter dem Bestand selber lag und das Gras in wenigen Metern Entfernung einigermaßen laubfrei war, auch waren nur in äußerst geringem Umfang Buchenblätter vom Nachbarbestand hereingeweht. Beim Aufsammeln der neugefallenen Blätter wurde ein Rahmenmaß von

1 m^2 verwendet; das Aufsammeln selber erfolgte mit der Hand. Dieses Verfahren ist zwar subjektiver als das des Auslegens von Drahtkästchen, aber der Unterschied zwischen neuen und alten Blättern war in diesem Falle so augenfällig, daß jeder Irrtum ausgeschlossen war.

Es wurden von jeder Probefläche 6 über das Areal verteilte Quadratmeter untersucht.

Die laboratorienmäßige Bearbeitung sowie im Zusammenhang hiermit die Fehlerberechnungen wurden in derselben Weise vorgenommen wie die Bearbeitung des Buchenmaterials.

Die lebende Bodendecke ist auf allen Probeflächen sehr üppig, sie besteht zur Hauptsache aus Anemonen und Waldmeister, und die Zersetzung geht rasch vor sich. Von einer Tätigkeit der Regenwürmer war bei der Einsammlung der neugefallenen Blätter jedoch nichts zu entdecken.

Es hat sich im Laufe der Zeit ein gewisser Buchen-Aufschlag gebildet, über den sich in den Meßbüchern des Versuchswesens aus dem März 1924 folgende Notiz findet: Parzelle 1. In der Unteretage kommen einzelne Buchen vor. Parzelle 2. Es ist etwas aufgeschlagener Buchenunterwuchs vorhanden, und einige Buchen befinden sich in raschem Wachstum bis zur Höhe der Eichenkronen. Parzelle 3. Es finden sich allerlei Buchen von verschiedener Größe, und sie scheinen sich gut durchzusetzen; einige von ihnen haben es nicht mehr weit bis zu den Kronen der Eichen.

In keinem der Jahre jedoch sind die Buchen in die Vermessung einbezogen worden. Soweit man schätzen kann, spielt ihr Laubabwurf für unsre Untersuchung auch keine Rolle von Bedeutung, weil die Buchenblätter höchstens 5 % der Gesamtlaubmenge ausmachen können.

Tab. 5 zeigt, daß die Laubmenge je m^2 bei der Eiche erheblich kleiner ist als bei der Buche. Die Blattfläche liegt etwas über der Hälfte der Normalzahl für Buche, das Blattgewicht bei $^2/_3$ bis $^3/_4$ der Normalzahl für Buche. Das Blattgewicht je m^2 Blattareal bietet überraschende Abweichungen. Danach müßte die Blattdicke bei der Bregentved-Durchforstung am größten und bei der Vemmetofte-Durchforstung besonders klein sein, was aber von vornherein nicht sehr wahrscheinlich sein dürfte. Eine Nachprüfung hat keinen Fehler bei der Material-

Tabelle 5. Blattflächen-Untersuchungen an *Eiche*, mit
Bregentved, Ganne-

Bestand	Areal ha	Gewöhnliches Hiebsintervall Jahre	Letzte Durchforstg. vor 1932	Beobachtungsjahr	je ha						
					Vor der Durchforstung oder nicht durchforstet						
					Alter Jahre	Höhe m	Bonität	Stammzahl Stück	Stammgrundfläche m^2	Masse m^3	Intens. 0,000
Probefl. QD_{III} (keine Durchforstung)	0.0643	nicht durchforstet		Herbst 1932	40	15.4	1.0	2623	29.33	281	182
Probefl. QD_{I} (Bregentved-Durchforstung)	0.0677	4	Herbst 1930	Herbst 1932	40	15.4	1.0	3988	20.32	195	127
Probefl. QD_{II} (Vemmetofte-Durchforstung)	0.0649	4	Herbst 1930	Herbst 1932	40	15.4	1.0	709	16.36	157	102

bearbeitung ergeben, so daß das Resultat einstweilen zur Nachricht genommen werden muß.

Was den Einfluß der jeweils angewandten Durchforstungsart anbelangt, so zeigt das Trockengewicht einen gleichmäßigen Rückgang von der nicht durchforsteten Fläche über die Bregentved bis zu der für die Unteretage so radikalen Vemmetofte-Durchforstung. Ein derartiger Rückgang war auch das, was man erwarten mußte. Die Blattfläche jedoch folgt nicht diesem Gang. Sie weist bei der Bregentved-Durchforstung ein Minimum auf und hat bei der Vemmetofte-Durchforstung und der nicht durchforsteten Fläche ungefähr gleiche Größe. Der Sachverhalt scheint der zu sein, daß die führenden Bäume bei der Bregentved-Durchforstung besonders dicke und kräftige Blätter bekommen. Daß die mittlere Blattgröße bei dieser Durchforstungsart die niedrigste ist (42 cm^2), ist gewiß als eine rein statistische Erscheinung anzusehen, weil die vielen kleinen Blätter an den Bäumen der unteren Kronenschicht die mittlere Blattgröße in der gleichen Weise herunterdrücken, wie die vielen kurzen Durchmesser der Unterwuchsbäume den Durchmesser der mittleren Stammgrundfläche oft ungehörig verkürzen, sofern sie

verschieden starker Durchforstung behandelt.
skov Abt. XXII 44.

Zuwachs		Für die Blätter je m² des Bestandes-Areals						Blattgewicht je m² der Blattfläche g		Mittlere Blattgrösse cm²	
Stamm-grund-fläche m²	Masse m³	Absolutes Trocken-gewicht g		Blattfläche m²		Blatt-Anzahl Stück					
		195	± 8.1	3.05	± 0.24	656	± 50	65.1	± 3.5	44.5	± 1.9
0.85	ca. 11	185	± 8.0	2.58	± 0.12	625	± 42	72.4	± 3.5	42.0	± 2.9
0.84	ca. 11	173	± 6.3	3.14	± 0.25	630	± 59	56.3	± 2.3	50.5	± 1.9

überhaupt bei der Festsetzung der Stammanzahl mitgezählt werden.

Einzelexemplare von Buchen, Eichen, Lärchen und Birken.

Weitere Bestimmungen der Laubmenge je m² der Bestandesfläche sind nicht vorgenommen worden. Dagegen sind an Einzelbäumen im Frederiksdal Skov bei Kopenhagen eine Anzahl von Blatt- und Nadeluntersuchungen nach folgendem Verfahren ausgeführt worden.

Die Bäume, die allesamt verhältnismäßig freistehend und wohlbelaubt waren, wurden gefällt, nachdem eine Meßhöhe von 1,3 m markiert worden war. Nach der Fällung wurde der Stamm direkt unterhalb der lebendigen Krone durchgeschnitten, die Krone selber wurde aufrecht in ihrer natürlichen Stellung aufgestellt und dann ihr Projektionsareal unter Anwendung von Meßband und Senkblei mit der größtmöglichen Sorgfalt gemessen. Sämtliche Blätter oder Nadeln wurden abgepflückt, wobei dafür gesorgt wurde, daß Kurztriebe, namentlich bei der Lärche, nicht mitabgepflückt wurden. In mitgebrachten Säcken wurde die Gesamtlaubmenge eines jeden

Baumes gewogen und aus ihr dann wiederum eine gewisse Menge (10 bis 20 % des Gesamtgewichts) zwecks Weiterbehandlung im Laboratorium entnommen.

Im Laboratorium wurde sofort, während das Laub noch ganz frisch war, zum Zwecke der Ermittlung des Blattflächengehalts eine Probe genommen, die einem Trockengewicht von etwa 10 g entsprach. Diese Probeentnahme erfolgte sorgfältig, indem alle Teile des Haufens gleichmäßig berücksichtigt wurden. Die Feststellung des Blattflächengehalts wurde mittels Abzeichnens der Blätterumrisse auf Papierbogen sowie darauffolgenden Ausschneidens und Wiegens vorgenommen (siehe oben unter Buche). Sodann wurde die ganze aus dem Walde mitgebrachte Probe bei 100° ganz auf konstantes Gewicht herunter getrocknet. Daraufhin konnten das Trockengewicht, die Blattfläche und die Blattanzahl je m^2 des Projektionsareals der Krone sowie die mittlere Blattgröße berechnet werden.

An dem gefällten Baum im Walde wurden nach der Entlaubung folgenden Faktoren durch Messung ermittelt: die Gesamthöhe des Baumes sowie sein Durchmesser in 1,3 m Höhe, die Kronenhöhe von den ersten größeren lebenden Ästen an und die Gesamtmasse an Holz, welch letztere durch sektionsweises Abmessen bestimmt wurde. Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse sämtlicher Untersuchungen und Messungen.

Unmittelbar leuchtet ein, daß die Tabellen-Zahlen für Trockengewicht, Blattfläche und Blattanzahl je m^2 des Projektionsareals der Krone nicht so umgerechnet werden können, daß sie sich auch auf den m^2 der Bestandesfläche anwenden lassen, und zwar deshalb nicht, weil sich in einem normal durchforsteten Bestand ja stets gewisse leere Räume zwischen den einzelnen Bäumen befinden. Wie groß die Rolle ist, die diese leeren Räume spielen, läßt sich nur schwer entscheiden. Unmittelbar nach der Durchforstung in einem stark geschlossenen Walde muß der leere Raum wohl einen so großen Teil des ganzen Kronenraumes ausmachen, der ungefähr dem Durchforstungsprozentsatz entspricht oder etwas niedriger ist. In dem in der Mitte zwischen zwei Durchforstungen liegenden Zeitpunkt wird der leere Raum vermutlich etwas mehr als der Hälfte dieses Prozentsatzes entsprechen. Die Sache ist jedoch besonders kompliziert, weil auch die Durchforstungsstärke und die Häufigkeit der Durchforstungen mit hineinspielt. Eine oft und

Tabelle 6. Blatt- und Nadeluntersuchungen an Einzel-Bäumen im Frederiksdal Skov.

	Angaben über den Baum						je m² der Kronenprojektionsfläche			Blattgewicht je m² der Blattfläche g	Mittlere Blattgrösse cm²
	Höhe m	Durchmesser cm	Holzmasse m³ (total)	Kronenverhältnis (Kronenhöhe dividiert durch die Gesamthöhe des Baumes)	Alter ca. Jahre	Flächeninhalt der Kronenprojektion m²	Trockengewicht g	Blattfläche m	Blatt- oder Nadel-Anzahl		
Buche I	13.5	9.8	0.071	0.44	38	2.99	303	7.16	4360	42.3	16.4
Buche II	16.0	12.5	0.129	0.47	42	6.67	245	5.85	4165	41.9	14.1
Eiche I	18.3	18.0	0.234	0.27	50	6.50	402	6.29	2170	63.9	29.0
Eiche II	17.0	16.5	0.188	0.45	50	4.52	390	6.11	2108	63.9	29.0
Birke I	11.0	7.8	0.036	0.42	25	2.09	348	4.99	9125	69.7	5.5
Birke II	12.5	11.3	0.071	0.42	25	4.01	304	4.35	7960	70.0	5.7
Lärche	15.4	16.0	0.160	0.34	30	4.52	330				

gut durchgeführte Durchforstung kann an den einzelnen Bäumen besonders tiefe und laubreiche Kronen hervorbringen. Die Kronenentwicklung der Bäume entsprach derjenigen einer sehr starken Durchforstung bis fast vollständige Freistellung.

Diese Angaben müssen in Betracht gezogen werden bei der Beurteilung der Zahlen, die namentlich bei der Eiche unwahrscheinlich hoch liegen und etwa das Doppelte von dem betragen, was wir im Ganne Skov je m^2 des Bestandesareals gefunden hatten. Alle Schlußfolgerungen von Einzelbäumen auf einen Bestand dürfen offenbar nur mit der größtmöglichen Vorsicht gezogen werden.

VI.

ASTVERLUST, WURZELVERLUST, RINDENVERLUST.

Astverlust.

Will man versuchen, den Astverlust während der Lebensdauer eines Bestandes zu ermitteln, so liegt es nahe, die folgende Betrachtung anzustellen:

Unter dem blättertragenden Kronendach ist jetzt zwischen den Stämmen und den größeren, die Krone tragenden Ästen ein leerer Raum bis zum Boden vorhanden. Dieser muß zu irgendeiner Zeit einmal überall mit laubtragenden Zweigen ausgefüllt gewesen sein. Wenn man von dem Rauminhalt des jetzt blättertragenden Kronendachs die Holzmasse je m^3 feststellen kann, so müßte der bis jetzt erfolgte Zweigabwurf annähernd dem Produkt gleichkommen, daß sich ergibt, wenn die genannte Holzmasse je m^3 des blättertragenden Kronenraums multipliziert wird mit dem in m^3 ausgedrückten Volumen des vorerwähnten leeren Raums.

Dieser Gedankengang ist indessen nicht stichhaltig oder führt doch auf alle Fälle nur zu ungenauen Annäherungswerten.

Einerseits is ja im bewirtschafteten Forst ein Teil der Zweige, die seinerzeit den jetzigen leeren Raum ausfüllten, schon durch den Abhieb lebender Bäume entfernt, den der Forstmann bei seinen periodischen Durchlichtungen des Waldes vornimmt, und dieser Umstand deutet darauf, daß das auf die oben beschriebene Weise errechnete Ergebnis zu hoch sein würde. Andererseits ist die entgegengesetzt wirkende Tatsache zu bedenken, daß erstens innerhalb des laubtragenden Kronendaches bereits ein recht erheblicher Abwurf von kleinen Zweigen und Reisern stattgefunden hat und daß zweitens der Astab-

---

[1]) Bei Astverlust wird hier der Verlust sowohl an Ästen als an Zweigen verstanden.

wurf innerhalb des nunmehr leeren Zwischenraums nicht nur Zweige und Reiser von den Ausmaßen umfaßt hat, wie sie sich jetzt im laubtragenden Teil des Kronendaches vorfinden, sondern vielleicht auch solche von größeren Dimensionen.

Man denke sich eine dicke, waagerechte Luftschicht ungefähr in der Mitte desjenigen Raumes, den der Bestand während seines Lebenszyklus einnimmt. Diese Luftschicht wird zu einem bestimmten Zeitpunkt von dem grünen Kronendach erreicht und ausgefüllt und darauf wieder verlassen werden. Wenn das Kronendach an dieser Luftschicht gerade vorbei ist, werden innerhalb derselben die Reiser und kleine Zweige abgeworfen sein, aber einzelne Hauptäste werden noch übrig sein und, wie eine Art Stativ, das unmittelbar darüber arbeitende Kronendach tragen. Von Zeit zu Zeit wird mit dem fortschreitenden Höhenwachstum der Bäume der größte Teil auch dieser Hauptäste abgeworfen werden, jedoch nicht ohne daß diese bis dahin ihr Volumen mehr oder minder vergrößert haben. Hierdurch entsteht innerhalb der von uns betrachteten blattlosen Luftschicht ein Astverlust, dessen Masse größer ist als die Masse der obenerwähnten übriggebliebenen Hauptäste, gleich nachdem das blättertragende Kronendach an der Luftschicht vorbei gewachsen ist. Und diese überzählige Masse des Astverlustes ist in dem Ergebnis der anfangs erwähnten annäherungsweisen Berechnung nicht mitenthalten.

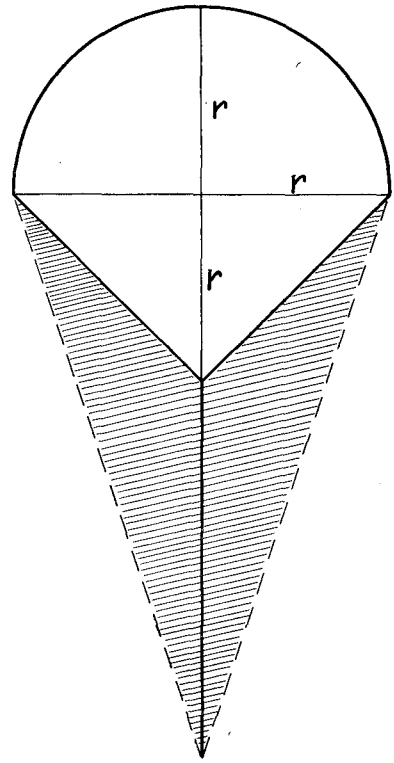


Fig. 37.

Nach alledem ist es klar, daß wir, wenn wir eine zuverlässigere Ermittlung des Astverlustes in einem Bestande erreichen wollen, andere Wege einschlagen müssen als den, der auf den ersten Blick so verlockend erschien.

Wir wollen uns deshalb zunächst den Verhalt wie folgt vereinfacht vorstellen:

Ohne Rücksicht auf Alter und Kronenverhältnis sei angenommen, daß die Krone zu jeder Zeit von oben durch eine Halbkugel begrenzt ist, von unten dagegen durch einen umgestülpten Kegel, dessen Höhe = dem Kugelradius r und dessen Grundflächendurchmesser = 2 r ist (vgl. Fig. 37). Des weiteren sei angenommen, daß das Kronenverhältnis während der ganzen Lebensdauer des Bestandes unverändert bleibt[1]). Ein Kegelmantel, der den jetzigen unteren und äußeren Rand der Krone berührt und dessen Scheitelpunkt sich an der Wurzel befindet, wird daher auch den unteren und äußeren Rand aller früheren Kronen des Baumes berühren und umschließen. Denjenigen Raum nun, der zwischen diesem Kegelmantel und dem die Krone nach unten zu begrenzenden Kegelmantel liegt, nennen wir den Kronenabwurfraum (auf der Figur schraffiert). Wenn dann h die Baumhöhe und k das Kronenverhältnis ist, so ergibt sich

$$k = \frac{2\,r}{h} \quad \text{oder} \quad h = \frac{2\,r}{k}.$$

Für den Kronenabwurfraum x erhält man

$$x = \frac{1}{3}\,\pi\,r^2\,(h - r) - \frac{1}{3}\,\pi\,r^2 \cdot r = \frac{1}{3}\,\pi\,r^2\,(h - 2\,r),$$

und das jetzige Kronenvolumen V wird

$$V = \frac{2}{3}\,\pi\,r^3 + \frac{1}{3}\,\pi\,r^2 \cdot r = \pi\,r^3.$$

Hieraus ergiebt sich

$$\frac{x}{V} = \frac{h - 2\,r}{3\,r} = \frac{\frac{2\,r}{k} - 2\,r}{3\,r} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1 - k}{k},$$

oder

$$x = \frac{2}{3}\,V \cdot \frac{1 - k}{k}.$$

---

[1]) Kronenverhältnis $= \frac{\text{Kronenhöhe}}{\text{Baumhöhe}}$, wobei die Krone von der Stelle an gerechnet wird, wo der erste wirklich kronenbildende Ast vom Stamm abzweigt.

Nehmen wir schließlich an, daß nicht nur das Kronenverhältnis und die Kronenform, sondern auch die prozentuale Astmasse (Ast- und Zweigmasse in $^0/_0$ der Masse des ganzen Baumes) sich während der ganzen Lebensdauer des Bestandes gleichbleibt, was unter den vorerwähnten Voraussetzungen als wahrscheinlich zu betrachten ist, so muß von den Räumen angenommen werden, daß sie sich zu einander auf die gleiche Weise verhalten wie die darin jetzt bezw. früher enthaltenen Astmassen; hieraus ergibt sich die Masse des bisherigen Kronenabwurfs[1]), nämlich

$$A_1 = \frac{2}{3} p \cdot M \cdot \frac{1 - k}{k}, \qquad (1)$$

in welcher Formel p die als Dezimalbruch auszudrückende prozentuale Astmasse (oder der Astmassen-Prozent) ist, M die augenblickliche Masse des Baumes und k das Kronenverhältnis.

Die oben gemachten Voraussetzungen mit Rücksicht auf die Kronenform sind ja aber nicht immer stickhältig. Wo die Bäume in schwach durchforsteten Beständen dicht an einander stehen, wird die Kronenform geändert.

Wie ich in einer früheren Abhandlung (1928) nachgewiesen habe, werden die Kronen freistehender älterer Laubbaüme wegen der atmosfärischen Lichtverhältnissen ungefähr Halbkugelform annehmen, und wenn mehrere ältere Bäume in dichterem Schluß stehen, wird die dem Licht ausgesetzte Oberfläche jeder einzelnen Krone einen je nach dem Durchforstungsgrad grösseren oder kleineren Teil einer mehr oder weniger über dem Boden gehobenen Halbkugelfläche bilden, was man im Walde oft Gelegenheit hat dort zu beobachten, wo Säume durch einen älteren Wald gehauen oder Bestände zwechs Verjüngung lichtgestellt werden.

Was die die Krone nach unten begrenzende Fläche anbe-

---

[1]) Dass nicht von »Astabwurf«, sondern von »Kronenabwurf« gesprochen wird, hat seinen Grund darin, dass sowohl innerhalb der jetzigen Krone als auch innerhalb der früher abgeworfenen Teile der Krone ein Abwurf von untergeordneten Zweigen und Reisern stattgefunden hat, bevor die Hauptäste diejenige Grösse erreichten, die sie gleich vor ihrem Absterben hatten. Der durch unsere Formel unternommene Versuch besteht nun darin, dass wir uns die im Laufe der Zeit abgefallenen Hauptäste wieder auf den Baum zurückgesetzt vorstellen, und zwar in der Grösse und mit den Nebenästen der verschiedensten Ordnung, die sie gehabt haben, als sie noch lebend waren. Die Gesamtmasse des Abwurfs an Zweigen und Reisern wird durch die Formel nicht zum Ausdruck gebracht.

langt, wird sie durchschnittlich ungefähr einen Kegel mit dem Scheitelwinkel 90° (d. h. etwa dem Dobbelten des Anfangswinkel zwischen Zweig und Stamm) entsprechen. Bei dichterem Schluß wird sich eine Tendenz zu einem etwas spitzeren, bei freierer Stellung der Bäume umgekehrt eine Tendez zu einem etwas stumpferen Kegel zeigen. Bei den im Laubwald am häufigsten

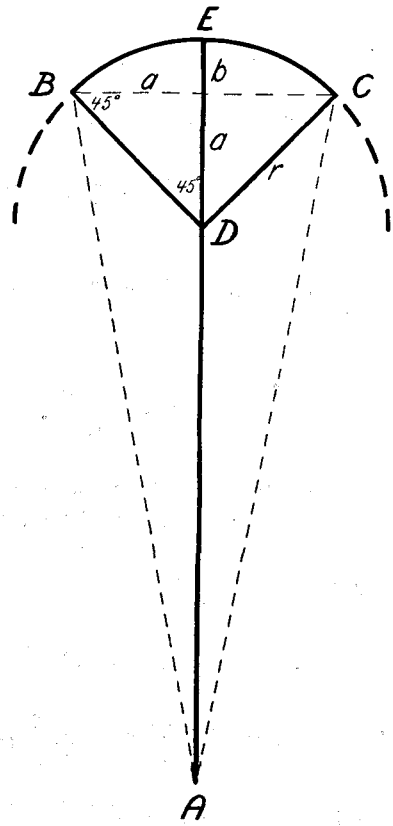


Fig. 38.

vorkommenden Kronenverhältnissen (0,3—0,5) dürfte der durch die allgemeime Annahme eines Scheitelwinkels von 90° begangene Fehler recht geringfügig sein. (Näheres hierüber später).

Denken wir uns jetzt einen Baum von derselben Höhe wie der Baum in Fig. 37, aber in dichterem Schluß, so daß die gesamte Kronenhöhe nur etwa die Hälfte wird, bekommen wir gemäß dem oben gesagte das in Fig. 38 gegebene Bild.

Mit den Bezeichnungen der Figur ergibt sich

$$r = a\sqrt{2}, \quad b = a\sqrt{2} - a = a(\sqrt{2} - 1).$$

Da

$$k = \frac{a + b}{h} = \frac{a\sqrt{2}}{h},$$

erhält man weiter

$$h = \frac{a\sqrt{2}}{k}.$$

Für den Kronenabwurfraum x findet man

$$x = \frac{1}{3}\pi a^2 (h - b) - \frac{1}{3}\pi a^2 \cdot a,$$

woraus

$$x = \frac{1}{3}\pi a^2 \left(\frac{a\sqrt{2}}{k} - a\sqrt{2} + a\right) - \frac{1}{3}\pi a^3 = \frac{1}{3}\pi a^3 \left(\frac{\sqrt{2}}{k} - \sqrt{2}\right),$$

also

$$x = \frac{1}{3}\pi a^3 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{1 - k}{k}.$$

Das jetzige Kronenvolumen V ist gleich der Summe des Kugelabschnittes BEC und des Kegels BCD, also

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{3}\pi b^2 (3r - b) + \frac{1}{3}\pi a^3 \\ &= \frac{1}{3}\pi a^2 (3 - 2\sqrt{2})(3a\sqrt{2} - a\sqrt{2} + a) + \frac{1}{3}\pi a^3 \\ &= \frac{1}{3}\pi a^3 (3 - 2\sqrt{2})(2\sqrt{2} + 1) + \frac{1}{3}\pi a^3 \\ &= \frac{1}{3}\pi a^3 (6\sqrt{2} + 3 - 8 - 2\sqrt{2} + 1), \end{aligned}$$

d. h.

$$V = \frac{1}{3}\pi a^3 \cdot 4(\sqrt{2} - 1).$$

Hieraus ergiebt sich

$$\frac{x}{V} = \frac{\frac{1}{3}\pi a^3 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{1 - k}{k}}{\frac{1}{3}\pi a^3 \cdot 4(\sqrt{2} - 1)},$$

oder

$$x = V \cdot \frac{1-k}{k} \cdot \frac{\sqrt{2}}{4(\sqrt{2}-1)} = V \cdot \frac{1-k}{k} \cdot \frac{2+\sqrt{2}}{4} = 0{,}85\, V \cdot \frac{1-k}{k}.$$

Nehmen wir jetzt an, daß die zwei solcherweise behandelten Fälle (Fig. 37 und 38) die ungefähren Aüsserpunkte der gewöhnlichen Variation im geschlossenen älteren Walde darstellen, können wir die folgende Betrachtung anstellen.

Obgleich große Variationen vorhanden sind, ist doch in der Natur eine klare Tendenz dazu erkennbar, daß je mehr die beleuchtete Kronenoberfläche sich an eine Halbkugelfläche nähert, je größer ist auch das Kronenverhältnis.

Nach Beobachtungen im Walde kann sodann für den ersten der behandelten Fälle (der recht stark durchforstete Wald) das Kronenverhältnis als bei ungefähr 0,5 liegend angenommen werden. Im zweiten Fall wird k bei 0,25—0,3 liegen.

Es ist in der Praksis also offenbar so, daß der Faktor, mit dem die Grösse $V \cdot \frac{1-k}{k}$ um den Kronenabwurfraum zu erhalten in jedem Falle zu multiplizieren ist, vom Kronenverhältnis abhängig ist.

Wir können für die zwei behandelten Fälle die Abhängigkeit wie folgt ausdrücken.

Für $k =$ etwa 0,5 : $0{,}67 = 1 - k\,y$, wo $y =$ etwa 0,66.
» $k =$ » 0,25 : $0{,}85 = 1 - k\,y$, » $y =$ etwa 0,60.

Setzen wir danach als Durchschnittswert für y die Zahl 0,63 an, können wir folgende allgemeine Annäherungsformel aufstellen:

$$x = V \cdot \frac{1-k}{k} (1 - 0{,}63\,k).$$

Bei Anwendung von diesem Ausdruck statt des Ausdruckes

$$x = \frac{2}{3} V \cdot \frac{1-k}{k} \text{ (S. 181 unten)},$$

wird die Formel (1), S. 182, in die folgende Form geändert:

$$A_1 = p \cdot M \cdot \frac{1-k}{k} (1 - k \cdot 0{,}63). \qquad (2)$$

Hier ist A_1 wie früher der bisherige ungefähre Kronenabwurf (vgl. die in der Fußnote S. 182 gegebene Definition), p die als Dezimalbruch ausgedrückte prozentuale Ast- und Zweigmasse (der Astmassen-Prozent) und k ein während der ganzen Lebensdauer des Bestandes konstantes Kronenverhältnis.

Das, worüber wir eine Angabe benötigen, ist jedoch nicht nur der Kronenabwurf, sondern außerdem noch der Astabwurf, der sowohl in der noch jetzt lebenden Krone stattgefunden hat als auch in den Kronen, die der Baum längst abgeworfen hat. Es muß daher zu der mit Hilfe der Formel 2 gefundenen Kronenabwurfmasse noch ein Zuschlag für den Astabwurf innerhalb der Kronen hinzugezählt werden. Bei der Ansetzung dieses Zuschlags muß man sich klar machen, daß schon vom zweiten oder dritten Lebensjahr eines Zweiges an der Abwurf von Kleinzweigen beginnt. Jeder einzelne, ein wenig ältere Nebenzweig kann also mit andern Worten in bezug auf den Zweigabwurf als ein kleiner Baum betrachtet werden, der auf einem größeren Zweig von höherer Ordnung wächst, dieser größere Zweig wiederum als ein Baum, der auf einem Zweig von noch höherer Ordnung wächst, und so weiter bis zum sechsten oder siebenten Glied.

Das Verhältnis kann auch so ausgedrückt werden, daß innerhalb der jetzigen Krone schon ein Kronenabwurf zweiter Ordnung (größern Seitenäste) geschehen ist, und innerhalb der Summe der größeren Seitenäste wird wieder ein Kronenabwurf dritter Ordnung (kleinere Seitenäste auf den größeren) geschehen sein und so fort.

Wahrscheinlich kann man daher mit brauchbarer Annäherung den gesamten Astabwurf derart ausrechnen, daß man die rechte Seite der Gleichung 2 mit dem Faktor $(1 + p_1 + p_1^2 + \dots p_1^n)$ multipliziert, wobei p_1 die als Dezimalbruch auszudrückende prozentuale Kronenmasse darstellt, d. h. den Prozentsatz der Kronenmasse im Verhältnis zur Masse des ganzen Baums.

Daß die prozentuale Kronenmasse (p_1) und nicht die prozentuale Astmasse (p) im Faktor figuriert, ist dadurch begründet, daß die Äste und der Stamm sich mit Hinblick auf den früheren Abwurf gleich verhalten.

Die prozentuale Kronenmasse wird etwas größer als die

prozentuale Astmasse, denn die Masse der Krone ist gleich der Ast- und Zweigmasse plus demjenigen Teil der Schaftmasse, der sich in der Krone befindet. Da es nun einen guten Annäherungswert ergibt, wenn man sagt: $1 + p_1 + p_1^2 + \dots p_1^n = \frac{1}{1-p_1}$, so ist die endgültige Gestalt für unsre Formel folgende:

$$A = p\,M \cdot \frac{1-k}{k} \cdot \frac{1-k \cdot 0{,}63}{1-p_1}, \qquad (3)$$

wobei A den gesamten Ast- und Zweigabwurf darstellt, p den Ast- und Zweigmassenprozent, M die Gesamtmasse des stehenden Baums, k das Kronenverhältnis und p_1 den Kronenmassenprozent.

Diese Formel, die für den einzelnen Baum gilt, gilt zugleich auch für einen ganzen Bestand, sofern unter M nicht nur die stehende, sondern auch die bisher gefällte Masse verstanden wird. A wird dadurch zum Totalabwurf des Bestandes im Laufe von m Jahren und $\frac{A}{m}$ der durchschnittliche Jahresabwurf.

Es bleibt noch die Frage, ob die Formel 3 für den praktischen Gebrauch nicht möglicherweise noch weiter vereinfacht werden kann. Es liegt nämlich in der Natur der Sache, daß die Schwankungen der prozentualen Astmasse und des Kronenverhältnisses nicht unabhängig voneinander sind — wenn die Krone größer wird, so wird ja die Astmasse auch einen größeren Teil des Baumes ausmachen — und u. a. wird es also vielleicht möglich sein, den einen der beiden Faktoren p und k durch den anderen auszudrücken.

Leider finden sich jedoch im forstwissenschaftlichen Schrifttum nur äußerst spärliche Mitteilungen über die Beziehung zwischen dem Astmassen-Prozent und dem Kronenverhältnis. In den »Danske Tilvækst- og Udbytteoversigter« (Dänische Zuwachs- und Ertragstafeln) von Dalgas (1920) enthalten nur einige wenige Tafeln eine Handhabe, aus der sich Zahlen für die hier besprochenen zwei Faktoren gewinnen lassen.

Eine von diesen ist die Ertragstafel für Buche im Revier Sorö 1, die bei den Sommerübungen der Forstabteilung der

Landwirtschaftlichen Hochschule im Jahre 1884 ausgearbeitet wurde. Hier schwankte der Astmassenquotient e (d. h. Ast- und Zweigmasse dividiert durch Stammasse) zwischen 0,19 bei 22 Jahren und 0,32 bei 100 Jahren; das Kronenverhältnis k bewegte sich zwichen 0,33 und 0,50 für die gleichen Jahrgänge.

Die prozentuale Astmasse p kann nun aus e leicht abgeleitet werden. Setzt man

$$e = xp \text{ oder}$$

$$\frac{\text{Zweige}}{\text{Stamm}} = x \cdot \frac{\text{Zweige}}{\text{Stamm} + \text{Zweige}},$$

ergibt sich

$$x = 1 + e \text{ oder also: } p = \frac{e}{e + 1}.$$

Für das Verhältnis $\frac{p}{k}$ entspricht den obengenannten Zahlen demnach bei 22 Jahren 0,49 und bei 100 Jahren 0,48, als Durchschnitt 0,49.

Eine andere Zuwachstafel, aus der Zahlenangaben für p und k gewonnen werden können, ist HELMS' Ertragstafel für Buche im Revier Tisvilde-Frederiksvärk (1895). Hier liegt der Astmassenquotient ziemlich fest bei 0,23; das Kronenverhältnis dagegen beginnt im Alter von 20 Jahren mit 0,50, bewegt sich bei etwa 50—60 Jahren an 0,40 vorbei und steigt bei 100 Jahren wieder bis zu 0,50 (im Durchschnitt 0,45). Diesen Zahlen entspricht für das Verhältnis $\frac{p}{k}$ ein Durchschnittswert von 0,42.

Eine Ertragstafel für Eiche auf Vemmetofte (F. KRARUP) 1892 zeigt einen Astmassenquotienten e, der sich von 0,13 bei 23 Jahren bis 0,19 bei 140 Jahren bewegt, und ein Kronenverhältnis, das gleichermaßen von 0,25 bis zu 0,48 variiert; diesen Zahlen entspricht für das Verhältnis $\frac{p}{k}$ eine Variationsbreite von 0,46 bei 23 Jahren bis zu 0,34 bei 140 Jahren, was einen Durchschnittswert von 0,40 ergibt.

Im Zusammenhang hiermit sei noch erwähnt, daß HELMS' Ertragstafel für Eiche bei Tisvilde-Frederiksvärk 1895, die keine Angaben über das Kronenverhältnis enthält, den Astmassenquotienten als von 0,13 bis 0,18 variierend angibt.

Es will mir scheinen, daß die aus den drei Ertragstafeln gewonnenen Ergebnisse eine einigermaßen gute Übereinstimmung aufweisen. Die Durchschnittswerte für das Verhältnis $\frac{p}{k}$ bewegen sich in den drei Fällen nur von 0,49 über 0,42 bis 0,40, und es ist noch zu bedenken, daß Ertragstafeln in der Regel gerade im Hinblick auf derartige Faktoren wie Kronenverhältnis und Astmassenquotient am schwächsten unterbaut zu sein pflegen.

Es kann indessen nützlich sein, die Durchstöberung der forstwissenschaftlichen Litteratur fortzusetzen. Tun wir das, so finden wir in A. OPPERMANN's Abhandlung über Höhenschichten in Buchenbeständen (Det forstl. Forsøgsvæs. Medd. Bd. IV, S. 1, 1912) ein auch für unsern Zweck umfangreiches und ergiebiges Material, aus dem die folgenden zusammengehörigen Zahlen entnommen werden konnten:

Probefläche oder Bestand	Baumanzahl	Alter: Jahre	Höhe: m	Durchmesser: cm	Holzmasse: m^3	Berechnete Formzahl	Kronenverhältnis	Prozentuale Kronenmasse (p_1)
F	39	67	22,6	23,3	22,5	0,60	0,48	0,36
C B ...	25	101	25,9	27,7	21,7	0,56	43	34
S	24	90	26,4	30,9	27,4	0,58	50	36
X	23	94	28,8	32,7	33,4	0,60	45	32
A	5	107	29,1	36,0	8,5	0,57	47	32
U	36	115	28,5	37,2	69,0	0,62	48	38
Durchschnitt:			26,9	31,3		0,59	0,47	0,35

Das Verhältnis $\frac{p_1}{k}$ ist also = 0,75. Über Astmassenquotient oder -Prozent werden keine Angaben gemacht, aber aus einer von A. OPPERMANN (1911—16 S. 5) gegebenen Übersichtstafel über Abholzigkeit der Stämme geht hervor, daß bei einer Höhe von 27 m und einem Kronenverhältnis 0,47 der zur Krone gehörige Teil des Buchenstammes ca. 0,18 der Masse der ganzen Schaft ausmacht.

Daraus geht hervor, daß der Schaft 0,82 ausmacht oder daß der oberste Teil des Stammes $= \frac{18}{82}$ der Schaftmasse ist,

also $= 0{,}22$ oder etwa $\frac{1}{5}$. Hieraus ergibt sich wiederum die prozentuale Astmasse $= 0{,}22$ und das Verhältnis $\frac{p}{k} = 0{,}47$ im Durchschnitt.

Diese Zahlen gelten, wie man bemerken wird, für solche Bestände, die gut durchforstet sind und bei denen Formzahl und Kronenverhältnis normal sind. Auch bauen die Zahlen auf ein recht umfassendes Material von unmittelbaren Beobachtungen. Es gewährt daher Befriedigung, die einigermaßen gute Übereinstimmung mit den früher ermittelten Zahlen feststellen zu können.

Wir haben auf diese Weise nun verschiedene, untereinander recht benachbarte Werte für das Verhältnis $\frac{p}{k}$ gefunden; von diesen scheint die Zahlenangabe 0,47 bei OPPERMANN (1912) am solidesten unterbaut zu sein. Zugleich finden wir uns auch in unserer Annahme bestärkt, daß — durchaus gleiche Verfahrensweisen bei der Messung vorausgesetzt — das Verhältnis $\frac{p}{k}$ sich einigermaßen unverändert hält. Und schließlich zeigt OPPERMANN's Untersuchung (1912) für das Verhältnis $\frac{p_1}{k}$ einen Durchschnittswert von 0,75.

Kehren wir nun zu unserm Ausgangspunkt, der Formel 3, zurück, so zeigt sich uns — sofern p mit ausreichender Annäherung als $= 0{,}47 \cdot k$ und p_1 als $= 0{,}75 \cdot k$ angesetzt werden kann — daß die Formel sich dann umwandeln läßt in die neue Formel

$$A = 0{,}47 \cdot M\,(1 - k) \cdot \frac{1 - k \cdot 0{,}63}{1 - k \cdot 0{,}75}. \qquad (4)$$

Nun kann aber — wenn k zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{2}$ schwankt — der Faktor $\frac{1 - k \cdot 0{,}63}{1 - k \cdot 0{,}75}$ mit guter Annäherung gleich 1,07 gesetzt werden, und folglich läßt sich die Formel 4 verkürzen zu

$$A = 0{,}5\,M\,(1 - k) \qquad (5)$$

Will man den Astmassenquotienten als Ausgangspunkt benutzen, so läßt sich die Formel 5 umformen zu

$$A = 0{,}5\ M \left(1 - \frac{e}{0{,}47\ (e + 1)}\right), \qquad (6)$$

wobei e der Astmassenquotient ist.

Bei der Anwendung der Formeln sind alle noch am Baum befindlichen toten Äste mit unter den Astverlust zu rechnen.

Die Formeln 3, 4, 5 und 6 drücken den selbständigen Astabwurf des Bestandes aus. Wünscht man eine Zahlenangabe für die gesamte Ast- und Zweigmasse, die der Erde zugute kommt, so muß noch das Reisig hinzugerechnet werden, das nach dem Schlag auf dem Erdboden zurückbleibt.

Die Zahlen hierfür können — soweit Buche und Eiche in Dänemark in Frage kommen — aus CARL MAR: MÖLLER's Ertragstafeln nach Bonitäten (1933) entnommen werden, in welchen die Reisigmenge für die Grenzdurchmesser 3, 5 und 7 cm berechnet worden ist, und zwar auf Grund des vom dänischen forstlichen Versuchswesen stammenden Materials, welches — soweit es sich auf Buche bezieht — von OPPERMANN (1931) veröffentlicht worden ist. In ausländischen Ertragsstafeln wird gewöhnlich nur über die Reisigmenge von unter 7 cm Aufschluß gegeben (WIEDEMANN 1932, SCHWAPPACH 1923, FLURY 1907 u. a. m.).

Obwohl von den hier angegebenen Formeln die Formel 3 die genaueste ist, habe ich mir doch die Bequemlichkeit erlaubt, die Formel 5 zu benutzen, um die untenstehende Ausrechnung einiger Zahlen für den Astabwurf vorzunehmen, der denjenigen beiden dänischen Ertragstafeln entspricht, bei denen das Kronenverhältnis bekannt ist. Freilich stammt das Kronenverhältnis 0,47, das auf OPPERMANN's Ertragstafel von 1914 angewendet wird, nicht aus der Tafel selbst, sondern von Probeflächen, deren Zahlenmaterial als ein Teil der Unterlage der Tafel eingegangen ist.

Sollten nun diese Zahlen für den Astabwurf als unwahrscheinlich hoch empfunden werden, so sei auf folgenden Umstand hingewiesen —: Würde auf jeden m^2 Waldboden jedes Jahr auch nur ein kaum fingerdickes Stöckchen von 1 m Länge fallen — oder auf je 100 m^2 jedes Jahr ein Aststummel von 11 cm Dicke und 3 m Länge — oder, noch anders ausgedrückt, würde jeder Baum im alten Buchenwald jedes Jahr auch nur

	Oppermann 1915 Buche, starke Durchforstung, Dän. Bonität 1,5	Helms Buche Tisv.— Fredvk. 1895 Dän. Bon. 2,7
Kronenverhältnis	0,47	0,45
Insgesamt gefallene Masse m³....	1527	806
Bei einem Umtrieb von Jahren..	125	100
Durchschnittl. Gesamtmassenzuwachs m³ jährlich je ha	12,2	8,1
Jährlicher Astabwurf m³ je ha...	3,3	2,2
Astverlust prozentual zum Zuwachs	28	27

einen einzigen Aststummel von 3 m Länge und 8 cm Dicke verlieren — so wäre dies in jedem der genannten Fälle ausreichend, um jährlich etwa 3 m³ je ha zu ergeben. Es ist ferner daran zu denken, daß jeder Baum, der gefällt wird, unter seiner lebenden Krone einen ungefähr kegelförmigen Kronenabwurfraum besitzt, dessen Spitze dort liegt, wo Stamm und Erdoberfläche sich schneiden, und der von ungefähr gleicher Größenordnung ist wie die lebende Krone. Nach Fig. 35 war z. B. für das Kronenverhältnis $\frac{1}{2}$ der Astabwurfraum $\frac{2}{3}$ des Kronenvolumens und für das Kronenverhältnis $\frac{1}{4}$ das $2\frac{1}{2}$ fache des Kronenvolumens. Und innerhalb des Kronenvolumens hat zusätzlich noch ein gewisser interner Astabwurf stattgefunden.

Da die Summe des Astabwurfs während der Lebensdauer eines Bestandes sich ausdrücken läßt als eine Funktion der Summe der Astabwurfräume aller einzelnen gefällten Bäume unter Hinzurechnung eines kleineren Zuschlags für den internen Abwurf, und da ferner die Summe der geernteten Astmasse ausgedrückt werden kann als eine ganz ähnliche Funktion der Summe der Kronenräume aller gefällten Bäume, so kann es (weil das Kronenverhältnis fast immer zwischen 0,3 und 0,5 liegt) nicht wundernehmen, daß der Astverlust von ungefähr derselben Größenordnung ist wie die geerntete Astmasse. (Vgl. diverse Ertragstafeln).

Formel 5 drückt sowohl den bisherigen Astverlust des einzelnen Baumes als auch den gesamten Astverlust eines Bestandes während seiner Lebensdauer aus und sagt, daß dieser durch die erzeugte Gesamtmasse und durch das Kronenverhältnis bestimmt ist, welch letzteres bei der Aufstellung der Formel als konstant vorausgesetzt wurde. (Über die Richtigkeit dieser Voraussetzung später).

Da nun aber die gesamte erzeugte Masse gleich der Summe der jährlichen Zuwachsmengen ist, so liegt der Gedanke nahe, daß der Astverlust auch eines kürzeren Zeitraumes nach derselben Formel bestimmt werden kann, in welchem Falle M lediglich den innerhalb des betreffenden Zeitraums erzeugten Massenzuwachs bedeuten würde.

Eine nähere Bearbeitung des Gedankes stützt diese Annahme. Soll der gesamte Astverlust eines Bestandes während seiner Lebensdauer auf die einzelnen Jahrzehnte verrechnet werden, so gibt es für die vorzunehmende Verteilung wohl kaum einen besseren Maßstab als den Massenzuwachs, weil ja der Astverlust eine direkte Folge des Wachstums der Bäume ist, und zwar teils des Höhenwachstums, der eine neue schattengebende Krone über der alten entstehen läßt, und teils des Seitenwachstums, der die einzelnen Bäume auf einander zuwachsen und um Raum kämpfen läßt. Welcher dieser beiden Wachstumsrichtungen die größere Bedeutung zukommt, wird mit dem Alter variieren. Rein schätzungsmäßig möchte man glauben, daß jegliches Wachstum, welches das Volumen der Krone vermehrt, den gleichen Astabwurf bewirkt, wenn der Abwurf von Kronenteilen und der Abwurf innerhalb der Krone gleichzeitig in Betracht gezogen werden. Man kann dies auch so ausdrücken, daß man sagt: Da innerhalb eines Bestandes die Blattmenge je ha ziemlich konstant ist, muß jedes Wachstum bedeuten, daß — zum Ausgleich für die erfolgte Neubildung von blättertragenden Zweigen — Teile der Krone blattlos werden, und vorausgesetzt nun, daß die Blattmenge völlig konstant ist, muß jeder Vermehrung der Blattmasse oben und außen eine genau ebenso große Verminderung der Blattmasse unten und innen entsprechen.

Nun ist die Blattfläche freilich nicht vollkommen konstant. Sie verringert sich bei jeder Durchforstung, und zwar desto mehr, je stärker die Durchforstung ist. Infolgedessen kann

man von der Formel 5, wollte man sie auf eine ganz kurze Periode von nur einpaar Jahren anwenden, nicht gerade ein sehr brauchbares Resultat erwarten. Z. B. ist der Astabwurf unmittelbar vor dem Hieb bestimmt grösser als unmittelbar nachher, und eine besonders starke Durchforstung kann vielleicht noch während mehrerer folgenden Hiebsintervalle eine vermindernde Wirkung auf den Astabwurf ausüben.

Dagegen dürfte eine ihren Zweck erfüllende Anwendung der Formel bei gleichmäßig geführter Durchforstung und für einen nicht allzu kurzen Zeitraum — u. Umst. auch nach Verlauf von genau der Hälfte eines Hiebsintervalles — möglich sein.

Dies gibt uns eine Handhabe, die Richtigkeit der Formel durch Vergleich mit den in der Literatur vorhandenen Angaben über den Umfang des jährlichen Astabwurfs nachzuprüfen (Tab. 7). An derartigen Angaben gibt es, soweit mir bekannt ist, nur die von Boysen Jensen und Mork mitgeteilten[1]).

Von diesen Verfassern hat — wie bereits auf S. 33 und S. 54 bei Besprechung ihrer Arbeiten erwähnt wurde — keiner ein fehlerfreies Verfahren angewandt.

Boysen Jensen hat den Abwurf innerhalb der Krone selbst unberücksichtigt gelassen; ferner hat er so gerechnet, als wäre der Astabwurf dem untersten Astquirl gleich, was kaum zutreffen dürfte.

Mork's kleine Sammelschalen haben keine genaue Bezifferung des Falles der größeren Äste ermöglicht, was bei der Ermittlung der Abfallsumme schwer ins Gewicht fällt. Andrerseits stellen die Zahlen, die in der Tab. 7 bei Mork in der Rubrik »jährl. Astverlust« stehen, Reststreu dar, d. h. die Gesamtmenge an Streu unter Abzug von Nadeln, Blättern, Zapfen und Samenkörnern, also wohl hauptsächlich Äste und Zweige mit einem unbekannten Beisatz von Rindenstücken, Kätzchen, Moosteilen, verschiedenen vom Winde hinzugebrachten Bestandteilen usw.

Die von Mork angeführten Zahlen sind darum als Maximalwerte des Astabwurfs anzusehen, und der tatsächlich erfolgte Astabwurf ist sicher bedeutend geringer als die angegebenen Zahlen, namentlich in altem, schlecht wachsendem Nadelwald,

---

[1]) Dabei ist jedoch auch anzuführen, dass Kittredge 1939 bei der Messung des jährlichen Streufalles in kalifornischen Wäldern nur ca. 40 % Laub in der Streu vorfand.

Tabelle 7. Vergleich zwischen jährl. Zuwachs und jährl. Astverlust.
(Bei MORK jedoch jährl. Fall von Reststreu).

Quelle	Baumart usw.	Alter ungefähr	Höhe m	je ha in Tonnen Trockenstoff		Astverlust in % vom Zuwachs
				jährl. Zuwachs	jährl. Astverlust (oder Reststreu)	
BOYSEN JENSEN & D. MÜLLER						
1927—30...	Buche, stark durchforstet	22	7	8,7	1,4	16
do. ...	» nicht »	22	7	8,2	2,4	29
do. ...	Esche, stark »	12	6	3,9	0,4	10
do. ...	» nicht »	12	6	3,5	0,6	17
ELIAS MORK 1942	Fichte	40	17	8,1	0,5	6
»	»	60	18	4,5	0,3	7
»	»	140	14	2,0	0,3	15
»	Birke	50	17	3,6	0,6	17
»	»	100	9	0,6	0,2	33
»	Kiefer	200	11	6,8	0,2	25

wo Rindenverlust und Abfall von Moos, Flechten u. dgl. eine verhältnismäßig größere Rolle spielen. MORK gibt den Zuwachs in Schaftmasse an, aber in der Aufstellung S. 195 ist diesen Zahlen noch ein angemessener Prozentsatz für die Astmasse hinzugerechnet worden (auf Grund von Schwappachs Ertragstafeln 1923).

Bei den Fichten sollte zu dem Astverlust eigentlich die recht bedeutende Masse der toten Äste hinzugezählt werden, die noch während mehrerer Jahrzehnte am Stamm sitzen bleiben. Auf diesen Umstand ist jedoch in Tab. 7 keinerlei Rücksicht genommen worden. Dabei sind in der Tabelle die Abfallzahle für die Fichte verkleinert worden.

Wenn BOYSEN JENSEN und D. MÜLLER für die zwei stark durchforsteten Probeflächen einen kleineren Astverlust als für die zwei nicht durchforsteten Probeflächen finden, ist es ein Resultat der angewandten Methode, wonach der Astverlust als die Trockenstoffmenge der Zweige auf den untersten asttragenden Jahrestrieben bestimmt wurde, und zwar nur in den Jahren 1923—24, also direkt nach der Durchforstung bzw. ein Jahr später. Es ist einleuchtend, daß wenn eine große Zahl von Stämmen beim Aushieb verschwinden, muß der auf dieser Weise bestimmte Astverlust niedriger werden.

Gewiß stimmt dieses Resultat einigermaßen mit den faktischen Verhältnissen überein, denn die freier gestellten Bäume auf den stark durchforsteten Probeflächen werden natürlich die untersten Äste besser lebend behalten können als die Bäume im dicht geschlossenen, nie durchforsteten Bestand, aber die Zahlen geben doch keineswegs ein zuverlässiges Bild von der durchschnittlichen Größe des Astverlusts im stark durchforsteten Bestand, weil ja die Jahre unmittelbar vor Durchforstung nicht repräsentiert sind.

Wenn auch zu erwarten ist, daß der Astverlust in durchforsteten Beständen kleiner ist als in nicht durchforsteten, dürften darum BOYSEN JENSEN's Zahlen für die letzteren wohl das zuverlässigste Bild von der wirklichen Größen-Ordnung des Astverlustes in jungen Beständen geben.

Alles in allem ist das Material der Tabelle 7 mit so vielen Unsicherheiten behaftet, daß es sehr wünschenswert gewesen wäre, eigene kontrollierende Untersuchungen anzustellen.

Diese hätte ich mir wie folgt gedacht: Ein Areal von

0,01—0,1 ha nach dem Bestandesalter sollte in verschiedenen Buchenbeständen reingefegt und der Boden fest zusammengetreten gehalten werden. Danach sollte während eines Jahres die niedergefallene Äste und Zweige sorgsam aufgesammelt werden. Eine Zuwachsbestimmung im den Beständen sollte gleichzeitig erfolgen.

Leider haben die Verhältnisse nicht die Durchführung dieses Gedankens gestattet, und es ist wohl auch eine Frage, ob nicht mehrjährige Beobachtungen notwendig gewesen wären, um ein zuverlässiges Resultat zu erreichen, denn der Abfall von Ästen ist ja außer vom Zuwachs auch noch von andern Einflüssen bedingt, die in den einzelnen Jahren nicht gleichmäßig zum Ausdruck kommen. Zum Beispiel kennt ja jeder Forstmann, wie nach besonders schweren Stürmen, die z. B. viel Fichtenwald geschlagen haben, auch besonders viele und große Äste im Laubwald zum Boden gefallen sind.

Im übrigen zeigt sich in Tab. 7 bei dem in $^0/_0$ vom Zuwachs angegebenen Astverlust eine recht gute Übereinstimmung zwischen den von Boysen Jensen und D. Müller ermittelten Zahlen und denjenigen, die von mir unter Benutzung der Formel für zwei Ertragstafeln ausgerechnet wurden. Daß der prozentuale Astverlust bei 12jähriger Esche verhältnismässig gering ist, kann nicht wundernehmen, wenn man an die Form der jungen Eschen in dichtem Anbau denkt, wo die Seitenäste im Vergleich zum Stamm meist auffallend schwach entwickelt sind.

Wenigstens zu überschläglicher Berechnung darf die Formel 5 demnach für anwendbar gehalten werden, besonders im Hinblick auf die Buche.

Die Formel läßt erkennen — was im übrigen auch nur natürlich ist — daß ein großes Kronenverhältnis (d. h. eine starke Durchforstung) den Astverlust vermindern bezw. die Reisermenge erhöhen muß, die bei den Hauungen geerntet wird (und die evt. zu Verkaufszwecken nutzbar gemacht werden kann). Die von Boysen Jensen und D. Müller (1927, 1930) angeführten Zahlen stimmen hiermit gut überein.

Es ist ohne weiteres erkennbar, daß die Erhöhung oder Verminderung des Astverlustes, die durch Änderungen des Kronenverhältnisses verursacht ist, auf der andern Seite eine genau ebenso große Verminderung oder Erhöhung des Reisholzertrags bei den Hauungen bedeutet.

Dieser Umstand hat möglicherweise einen Einfluß auf den Totalmassenzuwachs, nämlich dann, wenn das richtig ist, was aus den preußischen und anderen Durchforstungsversuchen hervorzugehen scheint (WIEDEMANN 1932) —: daß der Derbholz-Zuwachs sich nicht in nachweisbarem Ausmaß ändert, wenn der Durchforstungsgrad ein anderer ist. Trifft dies zu, so muß der Zuwachs an Gesamtmasse sich mit steigendem Kronenverhältnis, d. h. bei stärkerer Durchforstung erhöhen.

Es kann sich hierbei um Zahlen handeln, die durchaus nicht klein sind. Wo bei der Buche ein Kronenverhältnis von $\frac{1}{2}$ als Durchschnittswert für die ganze Lebensdauer des Bestandes einen Astfall von 3 m^3 jährlich ergibt, da wird ein durchschnittliches Kronenverhältnis von $\frac{1}{4}$ einen Astfall von 4,5 m^3 jährlich verursachen.

Es könnte gegen die Formel eingewendet werden, daß Form und Entwicklungsgang der Krone, so wie in den Figuren vorausgesetzt, nicht immer dem tatsächlichen Verlauf in der Natur entsprechen, auch läßt sich unmittelbar erkennen, daß die Formel jedenfalls für Nadelbäume nicht ohne weiteres gelten kann, da bei diesen die Kronenform sich gewöhnlich zwischen einem Ellipsoid und einem Kegel hält. Auch im stark durchforsteten Laubwald, besonders in jüngerem Alter, wird sich die äußere Form der Krone von der einer Kugeloberfläche entfernen und mehr oder minder ausgesprochen ellipsoidisch werden, weil dort zwar einerseits Licht genug vorhanden ist, um die Kronenseiten bis weit herunter am Leben zu erhalten, aber andrerseits nicht Licht genug dafür, daß das Wachstum der unteren Seitenäste mit demjenigen der Wipfeläste Schritt halten könnte, was zur Folge hat, daß eine kleine und eine große Achse entstehen.

Denken wir uns nun aber die Zeichnungen Fig. 37 und 38 aus der Ebene des Papiers herausgedreht — und zwar um die Stammitte-Linie als Achse — und die Zeichnungen sodann wieder in die Papierebene hineinprojiziert, so erhalten wir die Kronenschnitte vom Kreis zur Ellipse verändert, und es ist ohne weiteres klar, daß auch in diesen Fällen dieselben Beziehungen gelten, die zur Aufstellung der Formeln 1—5 geführt haben, so daß die Anwendbarkeit dieser Formeln offenbar unabhängig

davon ist, ob die Oberfläche der Baumkrone einen Teil eines Rotations-Ellipsoids oder einer Kugel bildet.

Größeres Gewicht dagegen hat der Einwand, daß das Kronenverhältnis und die Kronenform sich während der Lebensdauer des Baumes und des Bestandes vielleicht in einer solchen Weise ändern, daß der Kronenabwurfraum keineswegs die einfachen äußeren Grenzlinien erhält, die in Fig. 38 vorausgesetzt wurden.

Da das Verhältnis $\frac{D}{H}$ gewöhnlich bei zunehmendem Alter größer wird, liegt die Annahme nahe, daß auch das Verhältnis $\frac{\text{Kronenbreite}}{\text{Höhe}}$ mit zunehmendem Alter ansteigt, oder mit anderen Worten, daß die Krone relativ breiter wird. Die mit dem Alter erfolgende Zunahme des Verhältnisses $\frac{D}{H}$ ist u. a. jedoch auch eine Folge der zunehmenden Mengen an inaktivem Holz (evt. Kern), und die angedeutete Schlußfolgerung ist daher nicht ohne weiteres statthaft.

Dahingegen gibt der relative Baumabstand $\left(\sqrt{\frac{A}{N}} : H\right.$, wobei A = Bestandesfläche, H = Höhe und N = Stammzahl) einen ziemlich sicheren Indikator für die relative Kronenbreite ab. Zahlenangaben für den relativen Baumabstand in Buchenbeständen verschiedener Altersstufen finden sich in Tabelle A und B (am Schlusse dieser Arbeit). Sie zeigen in der Regel eine deutliche Zunahme mit dem Alter.

Für den einzelnen Baum bedeutet dies eine Verkleinerung des Kronenabwurfraums (mit dem vorausgesetzten verglichen), der außen von einer Neiloidfläche begrenzt werden wird, anstatt — wie in Fig. 37 u. 38 vorausgesetzt — von einem Kegelmantel. Und dieses wiederum bedeutet, daß der Astabwurf des einzelnen Baumes etwas geringer wird als der Abwurf, der sich aus Formel 5 ergibt.

Für die Ermittlung des Astabwurfs des ganzen Bestandes hat dieser Umstand jedoch bei weitem keine so große Bedeutung, weil ein verringerter relativer Wachstumsplatz gleichbedeutend sein würde mit einer entsprechend größeren Stammanzahl. Benutzt man bei Anwendung der Formel 5 daher für k einen Wert, der die Durchschnittszahl der gleichmäßig variieren-

den Kronenverhältnisse ist, die der Bestand während der Dauer seines Lebens gehabt hat, so dürfte das Resultat ausreichend genau werden.

Schließlich ist noch der Fehler zu besprechen, der davon herrührt, daß die Krone nicht immer, wie vorausgesetzt, nach unten zu durchschnittlich von einem Kegel mit einem Scheitelwinkel von 90° begrenzt wird.

In der Natur wird die Tendenz dahin gehen, daß bei gleichem Alter ein größeres Kronenverhältnis auch eine stärkere Durchforstung eine freiere Stellung und tiefere grüne Kronen bedeuten wird, woraus sich ein nach außen gebogener Verlauf der untersten Äste ergibt, so daß der Winkel, den ein Ast mit dem Stamm bildet, sich von etwa 45° inwendig am Stamm bis zu 90° und mehr außen in der Krone ändert.

Umgekehrt wird ein kleines Kronenverhältnis mit dichterem Schluß und hoch angesetzten Kronen verbunden sein, was meistens bei den Ästen eine Neigung zu nach innen gebogenem Verlauf hervorrufen wird, d. h. daß der Winkel, den sie mit dem Stamm bilden, sich von etwa 45° dicht am Stamm bis erheblich weniger als 45° weiter oben verändert.

Am stärksten ausgeprägt kann man diese beiden Arten der Astbiegung dort beobachten, wo eine Änderung des Durchforstungsgrades stattgefunden hat, also ein Übergang entweder von schwächerer zu stärkerer (nach außen gebogene Äste) oder von stärkerer zu schwächerer Durchforstung (nach innen gebogene Äste). Weil auch die Schwerkraft in diese Dinge mithineinspielt, wird die Biegung nach außen gewöhnlich die deutlicher ausgeprägte sein.

Bei Beurteilung der Frage, eine wie große Rolle diese Abweichungen von den als normal vorausgesetzten Kronengrenzlinien spielen, müssen folgende Tatsachen in Betracht gezogen werden.

Den meisten Praktikern ist es wohlbekannt, daß nach einer starken Durchforstung eines Laubwaldes eine Senkung der Äste einzutreten pflegt, die eine der Hauptursachen für die rasche Schließung nach dem Hieb ist[1]).

[1]) Einmal haben, jedenfalls die dänischen, Praktiker geglaubt, diese schnelle Schliessung sei ausschliesslich durch Zuwachs verursacht, und dies führte sie zu der Annahme, dass der Zuwachs innerhalb recht weiter Grenzen stark abhängig sei von der Durchforstungsstärke, möglicherweise sogar fast proportional mit dieser; angesichts vorliegender Versuchsresultate hat aber diese Auffassung seit langem der Ansicht weichen müssen, dass der Zuwachs sich durch die Durchforstung nur wenig beeinflussen lässt.

Es ist indessen ohne weiteres verständlich, daß eine Senkung der Äste (die im übrigen keineswegs auf die untersten Äste allein beschränkt bleibt) eine Erweiterung des Kronenraumes ohne entsprechende Vermehrung von seiner Holzmasse bedeutet.

Umgekehrt wird man bei dichterem Schluß eines Bestandes von einer Hebung der Äste sprechen müssen, die also eine Einengung des Kronenraumes ohne dementsprechende Verringerung seiner Holzmasse bedeutet.

Mit andern Worten: Die normalerweise vorkommenden Abweichungen von den vorausgesetzten unteren Konturen des Kronenraumes führen zu recht genau entsprechenden, aber entgegengesetzt gerichteten Abweichungen der Kronendichte (d. h. der Holzmasse je Raumeinheit der Krone). Man begeht daher kaum einen erheblichen Fehler, wenn man — wie es oben getan wurde — mit einer konstanten Form der unteren Umrisse des Kronenraumes und, zum Ausgleich dafür, auch mit gleichbleibender Kronendichte rechnet.

Ein letzter Punkt ist noch zu erwähnen. Wenn die Durchforstung so schwach geführt wird, daß viele Bäume unterdrückt werden, sterben und umfallen, ohne also in die Schlagmasse miteinzugehen, so müssen diese Bäume selbstverständlich mit ihrer gesamten Masse in den Astverlust miteinberechnet werden.

In sehr schwach durchforsteten Beständen wird dies eine recht erhebliche Steigerung bedeuten und selbstverständlich noch mehr in den sogenannten »Urwäldern« wie z. B. der bekannten unberührten Buchen-Probefläche auf Brahetrolleborg (vgl. A. Oppermann 1912).

Wurzelverlust.

Für diesen Faktor ist es erheblich schwieriger, eine Formel zu finden, als für den Astverlust.

Über die Masse des Wurzelsystems selber läßt sich jedoch etwas ermitteln. Im Winter 1919—20 wurde bei Holbæk (Holbæk Slots Ladegaard) mit Genehmigung des Landwirtschaftsministeriums ein größeres Stück alten Buchenwaldes gerodet, dessen Fläche als Acker benutzt werden sollte. Da damals in Dänemark Brennholznot herrschte, war es möglich, unter Erzielung eines guten Verdienstes sämtliche Stöcke auszuheben, und die derart zustandegebrachten Brennholzlieferungen hatten eine ungefähre Festmasse von 80 m^3 je ha. Die Mehrzahl der

Wurzeln über 10 cm blieb jedoch in der Erde stecken. Hiernach wird man schätzungsweise[1]) die ganze Wurzelmasse unter Abzug des über der Erde stehenden Teils der Stöcke auf wenigstens 80 m^3 ansetzen dürfen.

Die gesamte Holzmasse des Bestandes über der Erde ist auf annähernd 500 m^3 zu veranschlagen, hiervon Astmasse wohl 100 m^3.

Es wird auffallen, daß die Wurzelmasse erstaunlich groß ist, aber entsprechend hohe Zahlen liegen auch aus andern Quellen vor[2]), und hierzu kommt noch der Umstand, daß ein größerer Teil der weit nach unten gehenden Wurzeln in der Regel überhaupt nicht ausgehoben worden und daher auch nicht mit in Rechnung gezogen ist.

Nach alledem also nähert sich die Wurzelmasse in ihrem Größenwert offenbar der Astmasse — auf alle Fälle im geschlossenen Walde — so daß man vielleicht einen voll entwickelten, hochstammigen Baum eigentlich als im Besitz von zwei Kronen auffassen könnte: eine oben und eine unten; eine Astkrone und eine Wurzelkrone von annähernd gleicher Größe, verbunden durch einen senkrechten Schaft, den Stamm, der aus konstruktiven Gründen an der Wurzel am dicksten ist.

Damit diese Auffassung jedoch allgemeingültig sein kann, ist es nötig, überall dort, wo die Hauptachse des Baumes, der Stamm, sich frühzeitig in große Äste auflöst, diese letzteren bis so weit nach oben als Stamm zu betrachten, als sie tatsächlich nur als Tragstützen der assimilierenden Krone dienen. Die obere Krone benötigt Licht, um Kohlenstoff zu gewinnen. Ihre Größe ist begrenzt durch den Platz nach den Seiten zu, also durch die zur Verfügung stehende Fläche, und durch die Tiefe, bis zu welcher das Licht durch die Blätter hindurchzudringen vermag. Bei hochstämmigen Bäumen wird die Astkrone dauernd weiter nach oben verlegt, und der Stamm nimmt an Masse zu.

---

[1]) MUNDT (Dansk Skovf. Tidsskr. 1918, S. 319) findet allerdings, dass der ausgehobene Teil des Wurzelholzes nur $^1/_8$—$^1/_{10}$ der Holzmasse über der Erde auszumachen scheint. MUNDT's Verfahren war jedoch nicht besonders gründlich (Ausheben mit der Hand durch Spalten des Stocks).

Der überirdische Teil der Stöcke lässt sich sehr wohl berechnen, so gibt zum Beispiel eine durchschnittliche Stockhöhe von 20 cm, ein durchschnittlicher Diameter der Stöcke von 50 cm und eine Stammzahl von 200 je ha — nur 8 m^3 je ha.

[2]) vgl. P. MOLTESEN NIELSEN 1940.

Die Wurzelkrone dagegen muß an ihrem Platz verharren und sich dort entwickeln. Seitlich ist ihr Wachstum nicht so scharf wie das der Astkrone durch den zur Verfügung stehenden Platz begrenzt. In vertikaler Richtung wird es einerseits von der Erdoberfläche begrenzt, andrerseits von der Tiefe, bis zu der die Sauerstoffzufuhr reicht, oder auch von der Tiefe solcher etwaigen Schichten in der Erde, die ein weiteres Abwärtswachsen mechanisch verhindern. Des weiteren ist die Entwicklung der Wurzeln gebunden an die Schichten mit den besten Bedingungen 1. für die Aufnahme von Nährsalzen (in der Regel den Obergrund) und 2. für die Aufnahme von Wasser (sehr häufig die tieferen Schichten). Diese beiden Tätigkeiten, können zu einem gewissen Grade voneinander abgegrenzt sein, so daß man von Wasserholwurzeln und Saugwurzeln sprechen kann. Die erstgenannten reichen bis tief abwärts, die letzteren halten sich jedenfalls bei der Buche vorzugsweise im Obergrund. Es gibt nun zwar unzweifelhaft zahlreiche Wurzeln, die eine Mittelstellung einnehmen, doch läßt es sich kaum bezweifeln, daß selbst wenn die Astkrone und die Wurzelkrone annähernd gleich große Massen enthalten, ihre Formen dennoch oft höchst verschieden sind, und zwar mehr oder minder je nach der Baumart.

Von allen diesen Tatsachen aus muß man die Frage des Abwurfs an Seitenwurzeln betrachten, und es ist daher als wahrscheinlich anzusehen, daß derselbe prozentual geringer ist als der Astabwurf der Blätterkrone.

Bei der Wurzel kann es sich ja nicht um eine Erscheinung handeln, die dem Astabwurf entspricht, der in der Blätterkrone dadurch hervorgerufen wird, daß der Baum ununterbrochen gleichsam über sich selbst hinaus und um sich selbst herum weiterwächst, so daß die untersten und innersten Zweige nicht Licht genug erhalten und abfallen. Andrerseits ist es bekannt, daß die allerfeinsten Seitenwurzeln, die nur eine kurze Zeit nach ihrer Entstehung in Tätigkeit sind, ständig von anderen abgelöst werden müssen. Die etwas älteren und auch die ganz alten Wurzeln sind ja über einen grossen Teil ihrer Länge ohne oder fast ohne Seitenwurzeln, so daß diese also im Laufe der Zeit abgeworfen worden sein müssen. Außerdem gehen unzweifelhaft bei starkem Wind-Einfluß dauernd zahlreiche Wurzelsprengungen vor sich, die zum Verlust von Wurzelteilen führen, und ebenso kommt es vor, daß Wurzeln auf Grund ungenügen-

der Ernährung absterben, z. B. in Zeiten der Dürre. Den Gesamtumfang aller dieser Verluste in auch nur einigermaßen sicherer Weise zu beziffern, dürfte schwierig oder vielleicht unmöglich sein. Unter Berücksichtigung alles dessen, was oben darüber angeführt wurde, möchte ich jedoch glauben, daß der gesamte bisherige Wurzelverlust jederzeit wenigstens ebenso groß ist wie der Astverlust, der innerhalb des Bereichs der im gleichen Augenblicke vorhandenen Krone stattgefunden hat; ich denke mir dabei, daß der wegen fehlender »Schattenwirkung« weniger vollständige Abwurf an Seitenwurzeln nur teilweise aufgewogen wird durch den Verlust an Feinwurzeln und durch den vom Einfluß des Windes verursachten zusätzlichen Wurzelverlust.

Nehmen wir deshalb nach alledem als wahrscheinlich an, daß — alles, und also auch die Wurzelsprengungen mitgerechnet — der gesamte bisherige Wurzelverlust eines Baumes während seiner jeweils vergangenen Lebensdauer jederzeit ebenso groß ist wie der Astverlust in der zur selben Zeit vorhandenen Krone, so läßt sich folgende, annähernde Formel aufstellen:

$$R_n = 0{,}5 \cdot M_n \cdot p_1 \ (1 - k).$$

In dieser Formel ist R_n = Wurzelverlust im Laufe von n Jahren, M_n = Holzmasse des Bestandes im n^{ten} Jahre, p_1 = Kronenmassequotient, und k = Kronenverhältnis.

Setzt man in diese Formel die von Oppermann (1912) angegebenen Werte ein, nämlich $p_1 = 0{,}35$, $k = 0{,}47$ und $M_{125} = 697\ m^3$, so ergibt sich als Wurzelverlust:

$$R_{125} = 0{,}5 \cdot 0{,}35 \cdot 697 \cdot 0{,}53$$

oder:

jährlicher Wurzelverlust je ha = ca. 0,5 m^3.

Es ist aber selbstverständlich, daß weder die Formel noch die danach vorgenommene Ausrechnung irgendwelchen Anspruch auf Zuverlässigkeit machen, sondern höchstens zur Angabe der mutmaßlichen Größenordnung dienen können. Bedenkt man, wie groß allein die Gesamtmenge der jährlich abgestoßenen Feinwurzeln sein muß, so dürfte das Ergebniss jedenfalls nicht zu hoch sein.

Rindenverlust.

Eigentliche Untersuchungen über den Rindenverlust sind nicht angestellt worden. Aber schon ein unmittelbarer Blick in die Natur führt zu der Einsicht, daß der Verlust bei dünnrindigen Baumarten wie Buche und Fichte von so geringfügiger Größenordnung ist, daß er hier außer Betracht gelassen werden darf. Bei dickrindigen Baumarten wie Eiche, Lärche und Kiefer handelt es sich um wesentlich mehr, wie sich dies z. B. bei lange lagernder Schneedecke beobachten läßt. Doch wird der Rindenverlust selbst bei diesen Baumarten offenbar nur einen kleinen Bruchteil des Astverlustes betragen, sicher weit unter einem Zehntel.

Bei allen Baumarten wird der Rindenverlust mit steigendem Alter zunehmen.

VII.

EIGENE UNTERSUCHUNGEN ÜBER RESPIRATIONSVERLUST IM HOLZ.

Da die forstwirtschaftliche Abteilung der Landwirtschaftlichen Hochschule in Kopenhagen die für eine Untersuchung von Assimilation und Respiration notwendige Laboratoriums-Einrichtung nicht besitzt, wandte ich mich 1937 an Professor Dr. phil. D. MÜLLER, Pflanzenphysiologisches Laboratorium derselben Hochschule, mit der Bitte, daß ein eigens dazu angestellter Assistent in seinem Laboratorium für meine Rechnung Untersuchungen über die Respiration in verschieden belegenen Teilen des Querschnittes von älteren Stämmen verschiedener Baumarten ausführen dürfe, da ich hoffte, auf diese Weise Material für eine annähernde Berechnung des Respirationsverlustes in älteren Beständen oder doch zumindest verwertbare Angaben hierüber zu erhalten.

Zugleich hoffte ich auch, Aufschluß über die Frage des Einflusses der Durchforstung auf den Atmungsverlust je ha zu erhalten (vgl. die Einleitung).

D. MÜLLER kam meinem Wunsch bereitwilligst nach und stellte außerdem seine besonderen Erfahrungen auf diesem Gebiete zur Verfügung. Die Untersuchungen wurden an einem aus den Wäldern der Umgebung von Kopenhagen geholten Material begonnen. Da D. MÜLLER's Mitarbeiterschaft rasch dazu führte, daß dieser den wesentlichsten Einsatz in bezug auf die laboratoriumsmäßige Seite der Arbeit leistete, war es nur natürlich, daß das erzielte Ergebnis von ihm und mir gemeinsam veröffentlicht wurde; dies geschah in einer Abhandlung »Aanding i ældre Stammer« (»Die Atmung in alten Stammteilen«), die 1938 in Band 15 der Schriften von Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark herauskam. Diese Abhandlung gibt Auskunft über die von uns angewandte Methodik sowie über die erzielten Resultate allgemeinen pflanzenpsychologischen Cha-

rakters, insbesondre hinsichtlich des Unterschieds zwischen Splintholzbäumen (Buche) und Reifholzbäumen (Fichte, Eiche, Esche), des Einflusses von Temperatur und traumatischem Stimulus, der Trennung zwischen echter und unechter Atmung, der Berechnung des jährlichen Trockenstoffverlustes in einer Stammscheibe usw.

Im folgenden seien die 1938 mitgeteilten Resultate teils kurz zusammengefaßt, und teils sei eine weitere Erörterung derselben auf Grund einer rein graphischen Darstellung des Materials versucht. Als Grundlage soll zunächst eine kurze Uebersicht über die bei der Arbeit angewandte Methodik gegeben werden. Ein kleinerer Teil des Materials (bezüglich Lärche u. a. m.) ist bisher noch nicht veröffentlicht worden.

Die Bäume wurden 1 oder 2 Tage vor den Versuchen gefällt, und 0,5—1 m über dem Wurzelhals wurde eine 50 cm lange Stammwalze abgesägt, deren Durchmesser 30—45 cm betrug, bei einigen Eichen etwas mehr. Eine Beschreibung des Baumes und seines Standorts wurde aufgenommen. Unmittelbar vor den Versuchen wurde ungefähr an der Mitte der Stammwalze eine 5,5 cm dicke Scheibe ausgesägt, von der wiederum, mit einem Schnitt durch das Mark und zwei in einem Abstand von 2,5 cm beiderseitigen parallellen Schnitten zwei viereckige Stäbe ausgesägt wurden. Aus diesen Stäben wurden wieder Klötze von 2,5 cm Breite ausgespalten. Dadurch erhielten wir für die Versuche eine Reihe von Serien oder zusammengehörigen »Sätzen« viereckiger Klötze in einer Größe von ungefähr $5{,}5 \times 2{,}5 \times 2{,}5$ cm; jeder Satz enthielt 4 Klötze, die untereinander ungefähr gleich waren, und ein Satz enthielt die ältesten Jahrringe (z. B. 0—7), ein anderer die zweitältesten usw. Nur die vier äußersten Stücke mit den jüngsten Jahrringen waren etwas größer oder kleiner. Sofort danach wurde das Frischgewicht der Klötze bestimmt. Diese wurden sodann in einen Vakuum-Exsikkator getan, der 30 Minuten lang ausgepumpt wurde, um die angesammelte Kohlensäure so weit möglich zu entfernen.

Unmittelbar nach der Entleerung wurden die Ermittlungen der CO_2-Ausscheidung vorgenommen, und zwar serienweise nach Verlauf von etwa 1, 3 und 5 Stunden. Es ist in diesem Falle von großer Wichtigkeit, daß man sich darüber vergewissert, ob die ausgeschiedene Kohlensäure tatsächlich auf Atmung

in lebenden Zellen zurückzuführen ist oder etwa auf andere Oxydationsprozesse der Stoffe in den Zellen. Um dies festzustellen, wurden zwei verschiedene Verfahren angewandt. Erstens wurde von jedem Satz ein Klotz durch Behandlung mit Chloroform getötet, wodurch erfahrungsgemäß die wahre Atmung auf Null heruntergebracht wird; und zweitens wurde — weil die Respirations-Intensität von der Temperatur stark beeinflußt wird — eine Untersuchung darüber vorgenommen, welche Wirkung niedrige und hohe Temperatur (+ 2° und + 20°) auf die CO_2-Ausscheidung des Stammes ausübte. Es stellte sich heraus, daß die beiden untereinander so verschiedenen Methoden dasselbe Resultat ergaben, so daß es also möglich ist, mit Sicherheit festzustellen, wieviel von der CO_2-Ausscheidung auf die Respiration zurückzuführen ist.

Nach den Versuchen wurden die Klötze bei 100° bis auf konstantes Gewicht heruntergetrocknet und Gewicht und Wasserverlust bestimmt.

Die graphischen Darstellungen Fig. 39—45 zeigen die Hauptzüge der Versuchsresultate.

In den Figuren sind, wie hier bemerkt werden muß, alle Beobachtungen auf eine Temperatur von 20° C bezogen worden, selbst wenn in einigen Fällen Messungen für gerade diese Temperatur nicht vorliegen, sondern z. B. für 25° C. Die Umrechnung erfolgte verhältnismäßig, und zwar unter Benutzung der von Kuyper (1910) angegebenen Zahlen für die Atmung von keimenden Erbsen bei verschiedenen Temperaturen.

Im Hinblick auf die Standortsgüte stehen die einzelnen untersuchten Bäume ungefähr gleich (dänische Buchen-Bonität 2—2,5).

Des weiteren ist daran zu erinnern, daß jeder Klotz einen Radius von 2,5 cm repräsentiert, der zuäußerst an der Rinde gelegene jedoch evt. etwas mehr oder weniger. Der ungefähre Durchmesser des Stammes kann auf diese Weise für jeden einzelnen Baum von den Figuren abgelesen werden.

Die Respirationszahlen beziehen sich hier auf den Zeitpunkt sofort nach Beginn der Untersuchung. Spätere Untersuchungen 3 und 5 Stunden nach dem Beginn zeigten erhebliche Steigerungen auf Grund von traumatischem Stimulus. Es wurde versucht, durch Extrapolierung einen Schluß auf die Größe der Atmung ohne den traumatischen Stimulus zu ziehen, doch

bietet diese Methode kaum eine zufriedenstellende Sicherheit. Schätzungsweise dürften die hier angegebenen Respirationszahlen im Durchschnitt etwa 20 % zu hoch sein, doch ist die Größe des traumatischen Stimulus starken Schwankungen unterworfen.

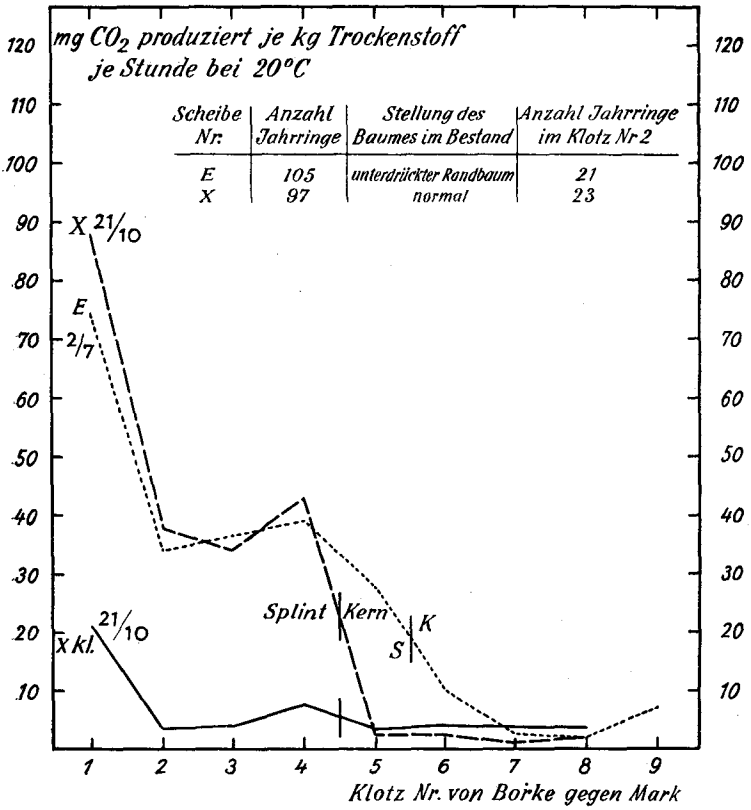


Fig. 39. Respiration des Stammholzes einiger Buchen mit Rotkern. Jeder Klotz 2,5 cm breit. x kl. bedeutet Scheibe x chloroformbehandelt.

Die in den Kurven angegebenen Daten beziehen sich jeweils auf den Untersuchungszeitpunkt.

Unter dem Ausdruck Splintholzring wird im folgenden bei der Buche der äußerste Teil des Holzes verstanden, von dem Jahrring an gerechnet, bei dem die Respiration sprunghaft in die Höhe geht[1]). Die Stelle dieses Jahrringes ist durch

[1]) D. MÜLLER (1943) hat auf Grund der in der Literatur angegebenen Zahlen für Gefäss-Querflächeninhalte, Wasseraufstiegsgeschwindigkeiten und Wasserverbrauch berechnet, dass in einer 120 jährigen Buche 10 bis 20 volle Jahrringe am Wassertransport zur Krone teilnehmen müssen.

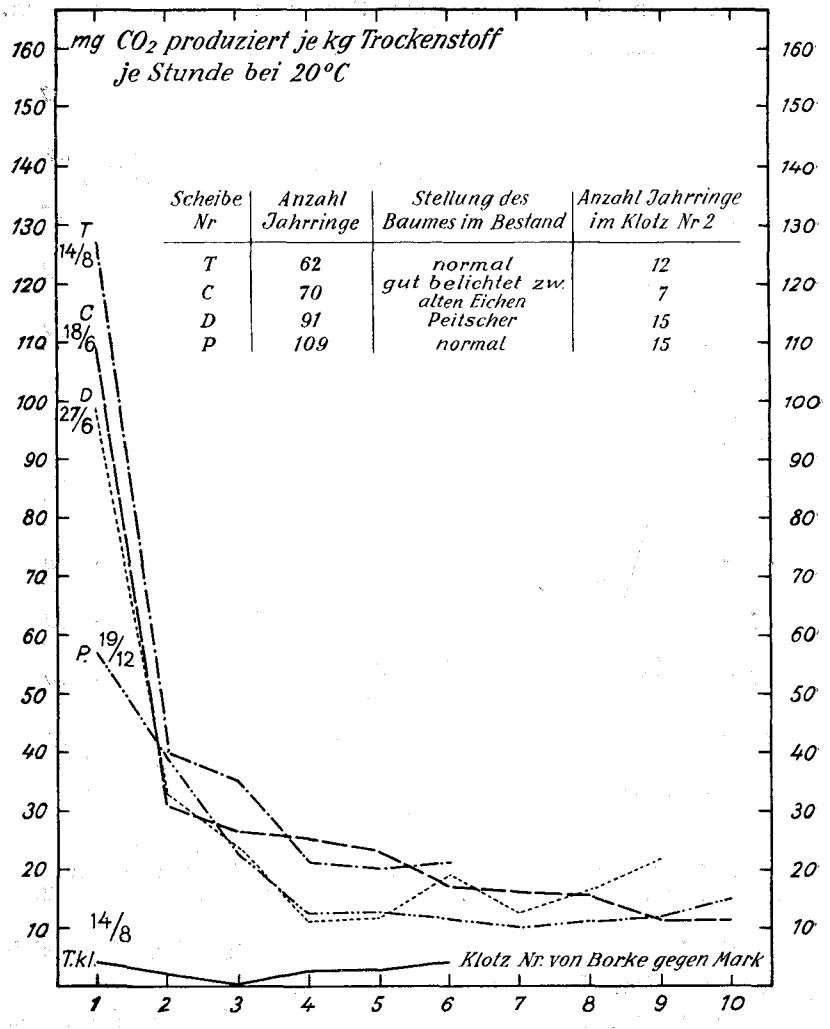


Fig. 40. Respiration des Stammholzes einiger Buchen ohne Rotkern. Jeder Klotz 2,5 cm breit.

graphische Schätzung festgelegt worden. Der innerhalb desselben liegende Teil erhielt den Namen Innenteil. Man bemerke, daß die Respiration, wie vermutet, im wesentlichen an die Oberfläche des Baumes gebunden ist. Selbst für einen Splintholzbaum wie die Buche, die ganz bis zum Mark oder bis zum »falschen Kern« hin lebende Zellen besitzt, machte die Atmung des Innenteils, wo sich kein »falscher Kern« vorfand, in Stämmen von ca. 50 cm Durchmesser etwa 1 m über der Erde lediglich 30 % der Gesamt-Respiration aus, während die Holzmasse des Innenteils 64 % der gesamten Holzmasse in dieser Höhe betrug.

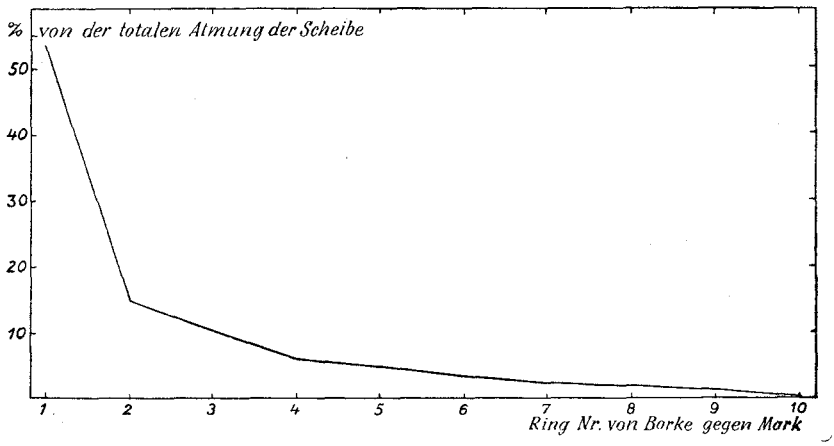


Fig. 41. Resp. des Stammholzes einiger Buchen ohne Rotkern. Die Respiration der verschiedenen Ringen von je 2,5 cm Breite ist in % der totalen Atmung der ganzen Stammscheibe angegeben, auf Grund der Mittelzahlen für die Buchen C, D und T. (Fig. 40).

Die Kurven über die mit Chloroform behandelten Stücke zeigen deutlich, daß im Kernholz der Eiche, im Reifholz der Fichte und im »falschen Kern« der Buche keine echte (durch Leben verursachte) Respiration stattfindet.

Im übrigen gestatten der begrenzte Umfang des Materials sowie der schwankende und nicht zu beseitigende Einfluß des traumatischen Stimulus nicht viele sichere Schlußfolgerungen. Die folgenden Tatsachen lassen sich jedoch feststellen:

Es fällt auf, daß diejenigen Proben, die während des Winters untersucht wurden (Dezember—Februar), bei den meisten Baumarten (Eiche, Esche, Buche) bei 20° C eine

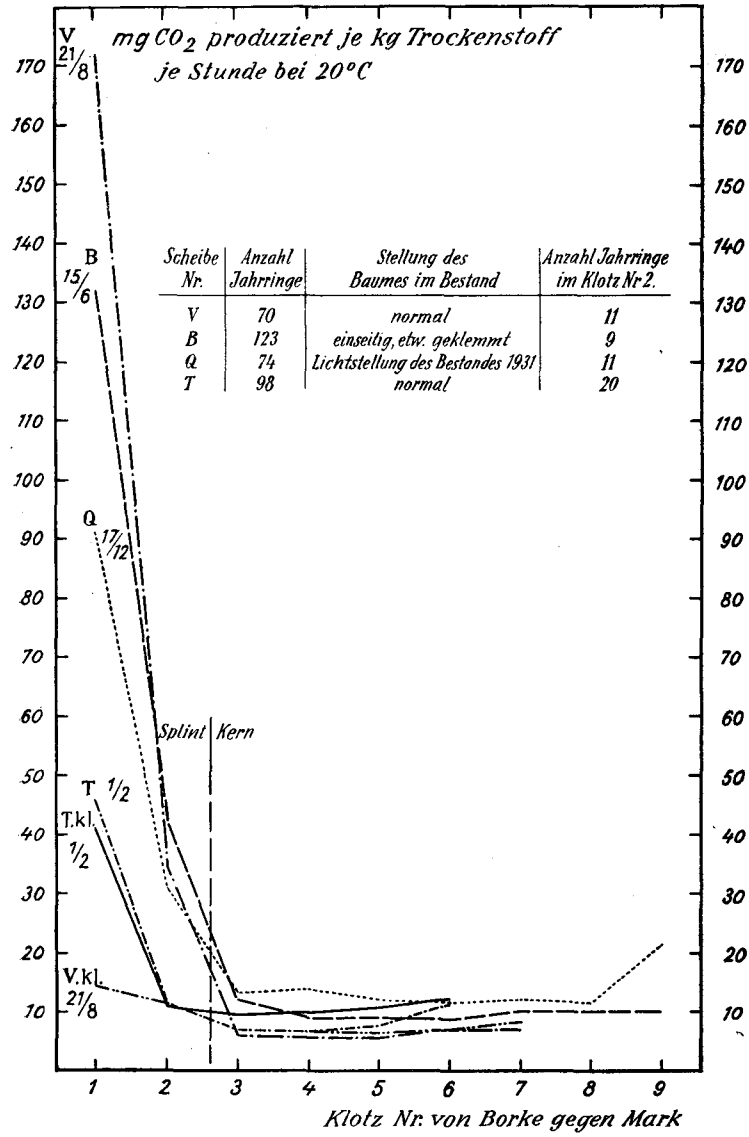


Fig. 42. Respiration des Stammholzes einiger Eichen.

herabgesetzte Respiration aufweisen, und zwar vermutlich infolge des Einsetzens der Winterruhe. Nur bei der Fichte ist keine deutliche Wirkung dieser Art zu erkennen. Daß dieses Absinken der Atmung nicht etwa auf eine zu langsame Erwärmung des Klotzes auf 20° C zurückzuführen ist, geht u. a. daraus hervor,

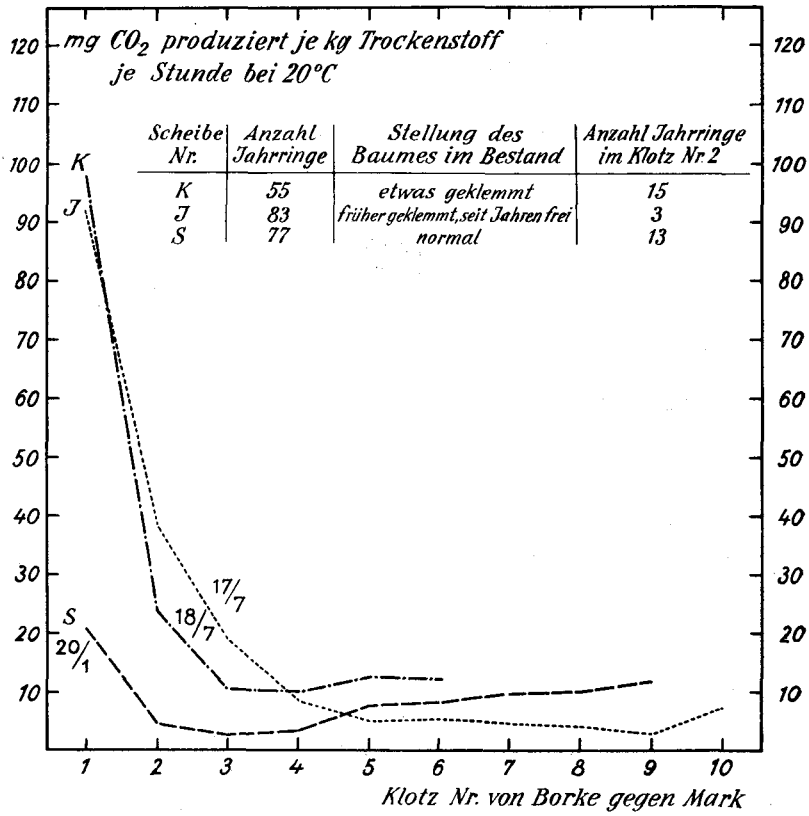


Fig. 43. Respiration des Stammholzes einiger Eschen.

daß nach Verlauf von 3 oder 5 Stunden keine abnorme Zunahme der Respiration eintritt. Recht auffällig ist bei der Eiche T der geringe Unterschied zwischen der Respiration der chloroformbehandelten und der nicht chloroformbehandelten Proben.

In der Zeit vom Juni bis zum Oktober ist dagegen von einem Einfluß des Untersuchungszeitpunktes nichts zu merken.

Es wurde versucht, einen etwaigen Einfluß starken Durchmesserzuwachses festzustellen, aber leider geschah dies erst so

spät, daß die Breite der Jahrringe in Klotz 1, der auch Kambium und Rinde enthält, nicht rechtzeitig vermerkt werden konnte. Der Versuch mußte infolgedessen darauf beschränkt bleiben, auf den Figuren die Anzahl der Jahrringe von Klotz 2 zu verzeichnen, d. h. die Anzahl Jahrringe, die sich auf je 2,5 cm

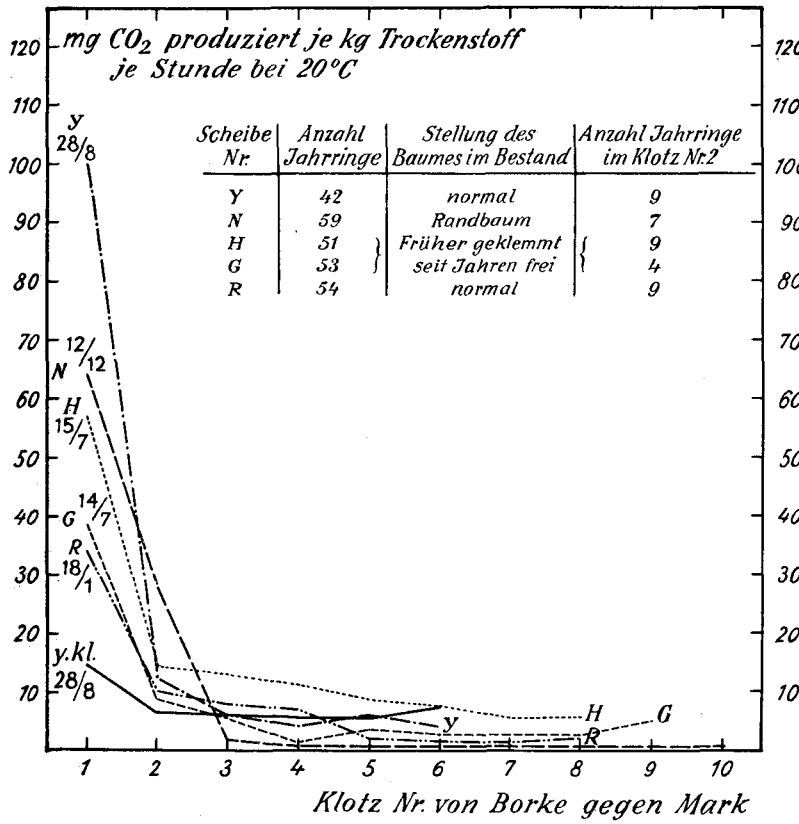


Fig. 44. Respiration des Stammholzes einiger Fichten.

des Radius finden, wenn man ein paar cm innerhalb der Rinde beginnt. Man wird bemerken, daß bei Esche und Lärche ein direkter Zusammenhang zwischen starker Respiration und starker Jahrringbreite zu bestehen scheint, während es sich bei Fichte und Buche damit eher ungekehrt zu verhalten scheint.

Alles in allem ergeben die Zahlen also keine sicheren Anhaltspunkte dafür, daß die Respiration je Trockengewichtseinheit von der größeren oder geringeren Breite der etwas älteren Jahres-

ringe (über 2 cm von der Oberfläche der Borke) beeinflußt wird. Darüber, wie die Respiration sich zu der Breite der äußerst liegenden Jahrringen und zum Kambium selbst verhält, kann diese Untersuchung leider keinen Aufschluß geben.

Eigentümlich ist der Umstand, daß die meisten Kurven eine erhöhte Respiration des Markklotzes anzeigen; dies rührt

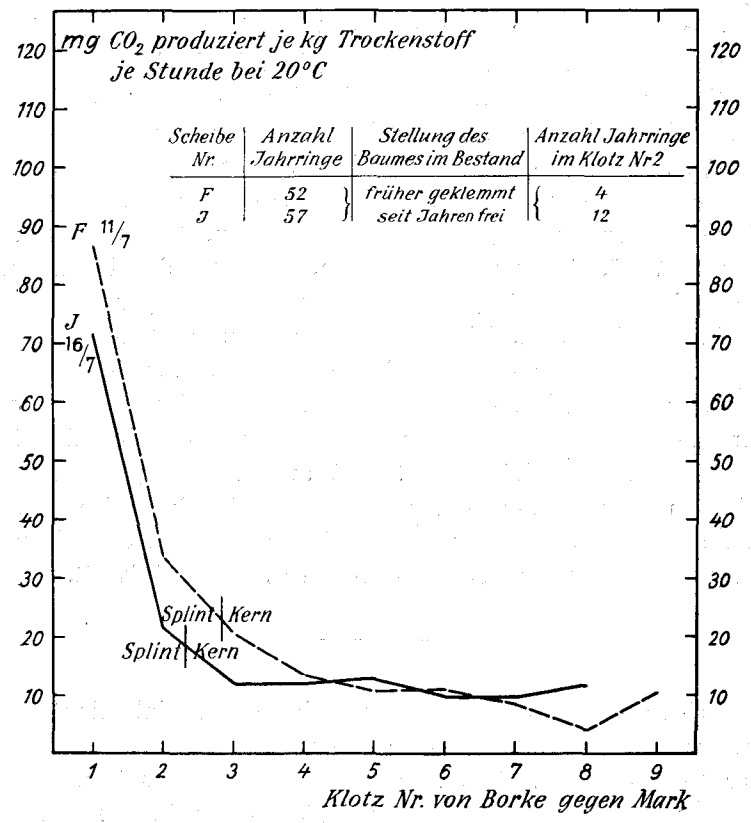


Fig. 45. Respiration des Stammholzes einiger Lärchen.

vermutlich von Mikroorganismen her, die hier auf Grund der etwas größeren Sauerstoffzufuhr die für sie notwendigen Lebensbedingungen vorfinden.

Was das Verhältnis der Baumarten untereinander anbelangt, so fällt sofort auf, daß die Kurvenbilder sich in bezug auf die Gesamt-Respiration im Radialschnitt verhältnismäßig nahekommen; die Gesamt-Respiration kann ja von Art zu Art eini-

germaßen verglichen werden auf Grund des Flächenraumes, der auf den Figuren zwischen den Kurven und den Ordinaten- und Abszissenachsen liegen. Die Baumart, die in einem radialen Schnitt die kleinste Gesamtrespiration zu haben scheint, ist die Fichte. Lärche und Esche scheinen ungefähr gleichzuliegen, und zwar etwas höher als die Fichte, aber niedriger als Buche und Eiche.

Der Verlauf der Kurven weist gewisse charakteristische Unterschiede auf. Die Atmung der Eiche ist in höherem Maße als die der übrigen Baumarten in der Nähe der Oberfläche konzentriert; dies steht im Einklang mit unsrer Kenntnis der Tatsache, daß bei dieser und andren ringporigen Holzarten die Aufwärtsbewegung des Wassers in dem oder den äußersten Jahrringen vor sich geht (HUBER 1925 u. 1928; HUBER & SCHMIDT 1937, SCHUBERT 1939 u. a. m.). Bei der Buche umgekehrt ist es augenfällig, wie langsam die Atmungskurve durch den Stamm hin fällt. Wenn das Holz ganz frisch ist, so kann offenbar die Buche — sogar in alten Individuen — *noch bis ganz zum Mark hin lebende Zellen haben.* Ferner fällt auf, wie sehr die Respirationskurve in rotkerniger Buche bei den beiden untersuchten Stämmen sofort außerhalb der Grenze des »falschen Kerns« ansteigt, und zwar möglicherweise infolge einer an dieser Stelle durch die Bildung des »falschen Kerns« verursachten organischen Schutz- oder Abwehraktivität.

Leider erfüllt das derart vorgelegte Material nicht ganz das, was davon erhofft wurde; es ermöglicht keinen Aufschluß über den Atmungsverlust in stark und in schwach durchforsteten Beständen. Vielleicht kann aber ein rein theoretisches Durchdenken der Frage gewisse Fingerzeige geben.

Daß für den Respirationsverlust nicht die Größe der Holzmasse maßgebend ist, sondern eher die Oberfläche des Stammteiles, ist bestätigt worden durch Untersuchungen von N. JOHANNSON (1933), PRINTZ (1937) und schließlich durch D. MÜLLER's und meine Untersuchungen (1938), welche für diese Tatsache gleichzeitig auch eine Erklärung geben. In Wirklichkeit ist es nicht die Oberfläche selbst, welche die Respiration bestimmt, sondern vielmehr die Oberfläche im Zusammenwirken

mit einem innerhalb derselben belegenen Holzring von wechselnder Größe.

An und für sich ändert sich dadurch nicht die Grundlage der von BOYSEN JENSEN (1921, S. 306) vertretenen Auffassung, wonach stärkere Durchforstung verminderte Stammrespiration verursache und infolgedessen auch — sofern dieselbe Assimilation vorausgesetzt werden darf — größeren Zuwachs. Es ist leicht einzusehen, daß — wenn die Bestandeshöhe dieselbe und die Stammgrundfläche je ha erheblich kleiner, die Grundfläche je Baum dagegen erheblich größer ist — daß dann nicht nur die Masse, sondern auch die Oberfläche des Stammteils im stark durchforsteten Bestand am kleinsten sein muß.

Das einzige, wodurch das Bild sich ändern könnte, müßten die Verhältnisse in den äußersten dünnen Zweigen sein, wo man sich denken könnte, daß der stark durchforstete, tiefkronige Wald eine größere Menge Reiser und dünne Zweige aufweist.

Wie wir jedoch gesehen haben, ist sowohl die Blattoberfläche als auch das Blattgewicht je ha im stark und im schwach durchforsteten Wald ungefähr gleich, so daß es wahrscheinlich ist, daß die Mengen je ha an Reisern und dünnen Zweigen ebenfalls nicht sehr verschieden sein können.

Indessen ist durch die vorerwähnte Feststellung — daß die Respiration eher eine Funktion der Oberfläche des Stammteils ist als seiner Masse — der Verhalt noch nicht vollauf erklärt. Wie N. JOHANSSON (1933) gezeigt hat, spielt auch der Zuwachs des Stammteils mit hinein. JOHANSSON hat gefunden, daß zwischen der Respiration und dem Zuwachs innerhalb des Stammes ein deutlicher Zusammenhang besteht, wie dies übrigens von vornherein zu erwarten war.

Das Wachstum ist ja die Folge einer von den lebenden Zellen ausgeführten Assimilations- und Aufbauarbeit und muß daher mit einer der Arbeit entsprechenden Zunahme der Atmung verbunden sein. Die Tatsache, daß wir bei den oben geschilderten Versuchen einen Zusammenhang zwischen der Jahrringbreite und der Respiration etwas älterer Jahrringe nicht gefunden haben, kann daran nichts ändern.

HARTIG (1884) hat ebenfalls festgestellt, daß je besser die Beleuchtung und Ernährung der Kronen ist, desto größer auch die Menge an Markstrahlen wird, ebenso wie umgekehrt FORSAITH (1920) ermittelt hat, daß bei Erle und Birke die Mark-

strahl-Menge dicht an der Baumgrenze stark zurückgeht, so daß die Strahlen oft nur von einer einzelnen Reihe von Zellen gebildet werden.

Da unsre systematischen Durchforstungsversuche ergeben haben, daß angenommen werden muß, daß der Massenzuwachs je ha von der Durchforstungsstärke weitgehend unabhängig ist, liegt der Schluß nahe, daß zumindest auch die Produktionsatmung davon unabhängig ist. Dagegen läßt sich von der Ruhe-Atmung vorstellen, daß sie im schwach durchforsteten Wald mit dessen größerer Masse ebenfalls größer ist. Nach N. JOHANSSON (1933) spielt die Ruhe-Atmung hier aber die untergeordnete Rolle, so daß man zwischen der auf den ha entfallenden Holzteil-Respiration in stark und in schwach durchforsteten Beständen kaum solche Unterschiede erwarten darf, die den Unterschieden in bezug auf die Holzmasse je ha völlig entsprechen.

BOYSEN JENSEN und D. MÜLLER haben (1927—30) folgende Werte ermittelt:

		t Trockenstoff je ha		Verhältniszahl
		Atmungsverlust	Totalmasse üb. dem Boden	
Esche	keine Durchforstung	3,4	36	10,6
	starke —	2,8	25	8,9
Buche	keine Durchforstung	5,8	64	11,0
	starke —	4,4	47	10,7

Die Zahlen bestätigen principiell meine obige Behauptung. Der Rückgang des Atmungsverlustes nach der Durchforstung ist doch besonders für Buche größer als man hätte warten sollen.

Es handelte sich aber sowohl bei Esche wie bei Buche um junge Bestände, die neulich zum ersten Mal durchforstet worden waren. Man kann sich vorstellen, daß der Unterschied an Atmung zwischen einem stark und einem überhaupt nicht durchforsteten Bestand in demselben Maße, in dem die Durchforstung den Zuwachs des Einzelbaumes aktiviert, immer kleiner wird.

In D. MÜLLER's und meiner Abhandlung von 1938 ist ferner eine Berechnung des jährlichen Respirationsverlustes in

einigen typischen Stammscheiben von Fichte, Buche, Eiche und Esche wiedergegeben worden; die ermittelten Zahlen können mit früheren Resultaten wie folgt zusammengestellt werden (Respirationsverlust in $^0/_0$ vom Trockenstoff):

Picea abies	Zweige	4-12 Jahre alt	11,3 $^0/_0$	D. MÜLLER 1924.
» »	Ganzer Baum	14 » »	8,5 $^0/_0$	BOYSEN JENSEN 1921.
» »	» »	20 » »	7,4 $^0/_0$	BOYSEN JENSEN 1921.
» »	Stammscheibe	42 » » (y)	4,0 $^0/_0$	MÖLLER & MÜLLER 1938 [1]).
Fagus silvatica	Zweige	4-12 » »	8,4 $^0/_0$	D. MÜLLER 1924.
» »	Ganze Bäume (Kl. I u. II)	22-24 » »	10,5 $^0/_0$	BOYSEN JENSEN u. D. MÜLLER 1927, 1930.
» »	Stammscheibe 62 ohne »falschen Kern« (T).	» »	5,0 $^0/_0$	MÖLLER & MÜLLER 1938.
Quercus robur.....	Stammscheibe 70 (V).	» »	6,0 $^0/_0$	MÖLLER & MÜLLER 1938.
Fraxinus excelsior .	Zweige	4-12 » »	19,2 $^0/_0$	D. MÜLLER 1924.
» » .	Ganze Bäume (Kl. I u. II)	12-14 » »	12,5 $^0/_0$	BOYSEN JENSEN u. MÜLLER 1927, 1930.
» » .	34jähriger Baum		2,8 $^0/_0$	BOYSEN JENSEN 1921.
» » .	Stammscheibe 49 (u)	» »	2,5 $^0/_0$	MÖLLER & MÜLLER 1938.

Selbstverständlich leiden diese Zahlen recht weitgehend an Unsicherheit und erheblichen Fehlern, und zwar auf Grund des traumatischen Stimulus (der wahrscheinlich bei MÖLLER u. MÜLLER am größten, bei BOYSEN JENSEN u. D. MÜLLER am kleinsten ist), ferner auf Grund evt. Zurück-Assimilierung von CO_2 in den chlorophyllhaltigen Zellen der jungen Zweige (P. LARSEN 1936) und evt. in den Blättern, soweit das CO_2 mit dem Wasser heraufgeführt wird, sowie schließlich auch weil ein Teil der Kohlensäure von toten Stammteilen ausgeschieden wird und weil nur in den Untersuchungen von MÖLLER u. MÜLLER ein Unterschied gemacht worden ist zwischen dem CO_2, das von

[1]) Von den Zahlen v. MÖLLER u. MÜLLER müssen ca. 20 $^0/_0$ für traumatischen Stimulus abgezogen werden.

Aufspeicherung in den Geweben herrührt, und dem CO_2, das während der Untersuchungszeit durch Atmung entstanden ist.

Aber auch mit diesen Mängeln noch zeigen die Zahlen ganz deutlich, daß die ältesten Stammteile am wenigsten respirieren, wie man dies übrigens nach D. MÜLLER's und meiner Feststellung, daß die Respiration überwiegend im Kambium und den äußeren Jahresringen konzentriert ist, erwarten mußte.

Außerdem zeigen die Zahlen eine recht auffällige Ähnlichkeit mit den für den prozentualen Zuwachs in den forstlichen Ertragstafeln aufgeführten Zahlen. Z. B. enthält A. OPPERMANN's Ertragstafel für stark durchforstete Buche (1914) folgende für die Gesamtmasse geltenden Zuwachsprozentsätze: 23—26 Jahre 10,5 %, 56—63 Jahre 3,9 %. Da die Respiration viel mit dem Zuwachs zu schaffen hat, so ist das Bestehen eines gewissen Zusammenhangs auch sehr wahrscheinlich.

Obwohl Berechnungen über den jährlichen Respirationsverlust für die verschiedenen Baumarten, Bonitäten und Altersklassen sich auf der gegebenen Grundlage offenbar nicht mit einer Genauigkeit ausführen lassen, die den übrigen Messungen in der vorliegenden Abhandlung entspricht, scheint es dennoch, daß das Material zumindest solche Berechnungen ermöglicht, die uns von den durch das Alter bedingten Schwankungen der Respiration eines Bestandes einen richtigen Eindruck geben.

Eine Berechnung der Art, wie sie weiter unten für Buche dänischer Bonität 2,5 (CARL MAR:MÖLLER 1933) vorgenommen werden wird, kann unter Anwendung von den zwei folgenden Hilfsmitteln durchgeführt werden:

1. Man kann die Stammrespiration als direkt proportional mit der Stammoberfläche annehmen, welch letztere sich annäherungsweise für die verschiedenen Alter berechnen läßt.

2. Man kann die oben zusammengestellten Zahlen benutzen, hat dann aber von den Zahlen für die Respiration der älteren Stammscheiben den traumatischen Stimulus in Abzug zu bringen.

A. OPPERMANN (1912) hat Untersuchungen über die Verteilung der Masse (und der Sortimente) auf die Höhenschichten in Buchenbeständen angestellt; von diesen Untersuchungen stammt die folgende Aufstellung über Probefläche CB, Alter 101 Jahre, Gesamthöhe 25,9 m, Schafthöhe 14,4 m, Durchmesser 27,7 cm. Die Formzahl für die Gesamtmasse wurde dabei nach Höhe und Alter den Zuwachstafeln nach Bonitäten von CARL MAR:MÖLLER (1933) entnommen.

Die Angaben beziehen sich auf einen Durchschnitt von 25 Durchforstungsbäumen.

Von mehreren untersuchten Probeflächen ist die Probefläche CB deshalb gewählt worden, weil ihre verhältnismäßig kleinere Schafthöhe und größere Astmasse vermutlich am besten mit der neuzeitlichen Durchforstungsweise übereinstimmt.

Höhenschichten in Probefläche CB.

Kolonne No. 1	2	3	4	5	6	7
Höhenschicht m über der Erde	Gesamtmasse m^3	Durchschnittl. Radius cm	% der Holzmasse des ganzen Baumes	Gesamtoberfläche des Holzkörpers m^2	% der Oberfläche des ganzen Baumes	Relative Respirations-Intensität
20—25,9	0,203	2,3	22,5	17,65	56,7	87
15—20	0,091	6,2	10,0	2,92	9,4	32
10—15	0,128	9,0	14,2	2,84	9,1	22
5—10	0,201	11,3	22,2	3,56	11,4	18
0— 5	0,282	13,4	31,1	4,21	13,4	15
	berechnet aus Kol. 4.	berechnet aus Kol. 2.	berechnet nach Opperman.	berechnet aus Kol. 2 u. 3.	berechnet aus Kol. 5.	Kol. 5 / Kol. 2
		Für die beiden obersten Schichten z. T. durch graph. Darst. u. Schätzung.				

Von Oppermann hat für die 3 untersten Höhenschichten unmittelbar entnommen werden können, wieviel Prozent die Masse jeder dieser Höhenschichten von der Gesamtmasse des Baumes ausmacht. Hiervon wiederum konnten Durchmesser und Radius in der Mitte der betreffenden Höhenschicht berechnet werden. Für die beiden obersten von meinen Höhenschichten liegen direkt ermittelte Zahlen nicht vor, doch konnten die Durchmesser durch Annäherung hinlänglich genau bestimmt werden. Dies geschah durch Anlegung einer graphischen Darstellung der Seitenlinie des Durchschnittsbaumes auf Grund der bekannten Zahlen der untersten Höhenschichten und oben durch Fortführung mittels Schätzung. Von den wahrscheinlichen Durchmessern aus erfolgte dann die weitere Berechnung und Schätzung der Verteilung der Masse in den zwei obersten

Höhenschichten. Diese Masse selbst ist von OPPERMANN her bekannt. Die Schätzung stützt sich auf Messungsergebnisse an gefällten Bäumen.

Die Fehler, die dieses Verfahren im Gefolge hat, können in dem hier behandelten Zusammenhang als bedeutungslos angesehen werden.

Die Zahlen für die Oberfläche konnten von denen für die Gesamtmasse (das Volumen) berechnet werden, indem man für die Oberfläche den folgenden Ausdruck hat:

$$O = l \cdot 2\pi r \cdot s,$$

in welcher Formel $l =$ Höhe der Höhenschicht, $r =$ (durchschnittl.) Radius in der Mitte der Höhenschicht und $s =$ Anzahl der Holzstücke ist, aus denen sich die Höhenschicht zusammensetzt, nämlich unten am Stamm nur einer, aber oben in der Krone evt. mehrere, die eine bestimmte, aus Masse und Durchmesser berechenbare Gesamtlänge besitzen. — Entsprechend ergibt sich:

$$\text{Volumen der Holzmasse } M = l \cdot \pi r^2 \cdot s,$$

und hieraus:

$$\frac{O}{M} = \frac{2}{r} \text{ oder } O = \frac{2M}{r}.$$

Da sowohl l wie s durch Verkürzung in Fortfall kommen, hat die Formel bei der Berechnung von O aus M weiter keine andern Fehler als den, daß die Schwankung von r einen etwas größeren Wert für O bedingt, als durch die Formel ermittelt wird. Doch ist der Fehler bei dieser rein orientierenden Berechnung bedeutungslos.

Vergleicht man die Zahlen in Kolonne 7 mit denjenigen, die oben aus der Abhandlung von MÖLLER u. MÜLLER (1938) wiedergegeben wurden, so wird man eine deutlich erkennbare Übereinstimmung der beiden Zahlenkadenzen bemerken. Doch liegen die Respirationszahlen für ältere Stammscheiben teilweise bei MÖLLER u. MÜLLER relativ höher als hier. Als Ursache hierfür ist bis zu einem gewissen Umfang der traumatische Stimulus anzusehen, der bei dem von M. u. M. befolgten Verfahren besonders groß war; zum Teil dürfte vermutlich aber auch die Atmung der inneren Jahrringe Schuld daran sein. Damit

stimmt auch die Tatsache, daß die Zahlen von M. u. M. für Buche schlechter mit denen der Kolonne 7 übereinstimmen als die Zahlen für Esche[1]).

Es mögen nun vorläufig die Zahlen der Kolonne 7 als gültige Relativwerte für die Atmung der Holzteile in den verschiedenen Höhenschichten angesehen werden. Und ferner möge angenommen werden, daß bei Fortnahme einer oder mehrerer Höhenschichten in einem Bestande (vom Boden an aufwärts gerechnet) der restierende »Wipfelteil« des Bestandes sich in bezug auf die Respiration ebenso verhält wie ein jüngerer Bestand, dessen Höhe der Differenz der ursprünglichen Bestandeshöhe und der Höhe der fortgenommenen Schichten gleichkommt.

Dies beides vorausgesetzt, können wir mit Hilfe der obenstehenden Zahlen aus Oppermanns Höhenschichten-Untersuchungen die folgenden relativen Werte des jährlichen Respirationsverlustes im gesamten Holzteil eines Buchenbestandes aufstellen:

Bestandeshöhe m	Relativer Wert der jährlichen Respiration im gesamten Holzteil
5,9	8,7
10,9	7,0
15,9	5,5
20,9	4,3
25,9	3,5

Die Größenordnung dieser Relativwerte ist so gewählt, daß sie den weiter oben nach Möller u. Müller (1938) angeführten Prozentzahlen einigermaßen nahekommen, wodurch ein Vergleich erleichtert wird.

Im Hinblick auf die zugrunde gelegten Voraussetzungen sei bemerkt, 1) daß die Atmung der alten Bestände wie ge-

[1]) Die Zahlen für Fichte stimmen zwar auch nicht genau, aber wie aus Fig. 44 ersichtlich, liegt die Stammscheibe y (von der die Angabe 4% stammt) auch etwa doppelt so hoch wie der Durchschnitt der andern im Sommer untersuchten Fichtenscheiben. Hingegen liegt die Eschenscheibe U (auf die die Angabe 2,5% sich bezieht) ungefähr ebenso hoch wie die Scheibe K, ist aber auf Grund einer Unvollständigkeit nicht mit auf die Zeichnung gekommen. Von den beiden im Sommer untersuchten Eichenscheiben liegt die mitverwendete Eichenscheibe U, wie man bemerken wird, am günstigsten, aber gross ist der Unterschied nicht. Ähnlich verhält es sich auch mit der Buchenscheibe T.

nannt wahrscheinlich größer ist, als es von den Relativzahlen hervorgeht (innere Atmung); und 2) daß die Blattfläche eines Bestandes sich nach den Ergebnissen meiner Untersuchungen mit dem Alter nicht in nennenswertem Umfang ändert; diese Tatsache erhöht die Wahrscheinlichkeit dafür, daß die Respiration des »Wipfelteils« sich ungefähr ebenso verhält wie die Respiration eines Bestandes von entsprechender Höhe.

Dagegen dürften die Zahlen der Kolonne 7 nach unseren Beobachtungen (vgl. Fig. 39—45) wohl kaum gleich große Gültigkeit für die verschiedenen Baumarten besitzen.

Unter Zugrundelegung der soeben angegebenen bestandesweise aufgeführten Relativzahlen sowie unter Verwertung aller derjenigen Wahrscheinlichkeiten, die sich aus dem vorgelegten Material an Zahlen und graphischen Darstellungen ergaben, errechnete ich daher die folgenden Zahlen für den

jährl. Respirationsverlust in % vom Trockenstoff im Holzteil (ü. d. Boden) ganzer Bestände:

Bestandeshöhe m	Buche	Esche	Fichte
5,9	11,0	12,5	8,0
10,9	9,1	10,1	6,6
15,9	7,6	8,0	5,6
20,9	6,3	6,2	4,8
25,9	5,4	5,0	4,2
30,9	4,8	4,2	3,7

Die Zahlen beziehen sich hauptsächlich auf Bodenarten, die ungefähr der dänischen Buchenbonität 2 entsprechen.

Diese Zahlen dürfen nicht für mehr genommen werden als für das, was sie sind. Während kaum ein Zweifel daran bestehen kann, daß ihre gemeinsame Hauptrichtlinie richtig ist, stützen sich die Unterschiede nach Baumarten auf ein nur wenig umfangreiches und außerdem mit Fehlern behaftetes Beobachtungsmaterial.

Mein Ausgangspunkt waren die S. 219 für junge Bäume und Bestände angeführten Größen sowie die von D. Müller und mir für ältere Stammscheiben gefundenen Zahlen, indem die letzten mit 20 % für Wundreizung reduziert sind, und indem auch, besonders für Fichte, auf die Gesamtwirkung des graphischen Materials Rücksicht genommen worden ist.

Für jede Baumart sind also zwei als verhältnismäßig sicher angesehene Ausgangspunkte angenommen worden. Indem die Zahlen von OPPERMANNS Höhenschichten-Untersuchungen als Modell benutzt wurden, konnten von diesen aus die weitere Berechnungen mit Hilfe von Ertragsstafeln ausgeführt werden. Bei der Fichte wurden OPPERMANN's Zahlen für die Verteilung der Holzmasse in den Höhenschichten nach Erfahrungszahlen ein wenig geändert.

Obwohl die je nach den Baumarten ermittelten Zahlen als recht unsicher bezeichnet werden mußten, bin ich doch der Auffassung, daß sie dem tatsächlichen Verhalt wahrscheinlich näher kommen, als wenn eine derartige Ausarbeitung nach Baumarten gar nicht versucht worden wäre, und diese Zahlen sind daher auch im folgenden benutzt.

VIII.

AUFRISS VON PRODUKTIONSSPEKTREN.

Auf den vorhergehenden Seiten ist der Trockenstoffverlust des Waldes in seinen verschiedenen Formen betrachtet worden. Obwohl die Ermittlungen nicht in allen Fällen gleich sicher sind und manche Zusammenhänge noch im Dunkel liegen, sind dennoch so viele Angaben beschafft worden, daß es nun möglich ist, Produktionsspektren zu zeichnen, aus denen der Trockenstoffhaushalt des Waldes zumindest in seinen Hauptzügen, je nach wechselnder Baumart und Altersklasse, ersichtlich ist.

Das befolgte Verfahren war folgendes:

Alle Größen sind in Trockenstoff jährlich je ha gerechnet. Für den forstlichen Zuwachs über der Erde konnten die Zahlen für die Kubikmeterproduktion (der Gesamtmasse) direkt aus Ertragstafeln entnommen werden, und zwar für Buche und Fichte aus den Ertragstafeln nach Bonitäten von Carl Mar: Möller (1933) und für Esche aus der Ertragstafel für Eschen-Hochwald von Oppermann u. Bornebusch (1928). Zu den Zuwachszahlen über der Erde wurden 20 % für Wurzelzuwachs hinzuaddiert, und die sich so ergebenden Zahlen wurden multipliziert mit den mutmaßlichen Zahlen für Raumdichte, nämlich 0,60 für Buche, 0,57 für Esche und 0,39 für Fichte.

Der Astverlust ist nach der Formel 5 berechnet worden: $A = 0{,}5 \cdot M\ (1-k)$, in der, wie erinnerlich, M = Zuwachs und k = Kronenverhältnis war (vgl. S. 190 und 193). Letzteres ist für Buche und Esche summarisch mit 0,50 und 0,45 angesetzt worden und für Fichte auf 0,40, alles auf Grund tatsächlicher Beobachtungen in dänischen Beständen. Ein nachweisbarer Fehler wäre aber selbst dann kaum begangen worden, wenn das Kronenverhältnis in allen Fällen mit 0,45 angesetzt worden wäre.

(Dagegen ermöglicht eine Variation des Kronenverhältnisses

einen graphischen Überblick über die entsprechende Variation des Astabwurfs). Zu dem auf diese Weise ermittelten Astverlust sind 20 % für Wurzelverlust hinzuaddiert worden (vgl. S. 204). Bei der jüngsten Altersklassen von Buche und Esche sind die von BOYSEN JENSEN und D. MÜLLER (1927) ermittelten Zahlen für Astabwurf in einem gewissen Umfang berücksichtigt worden.

Auch für die Fichte ist die Formel 5 benutzt worden, weil ein Blick auf die Ertragstafeln von SCHWAPPACH (1923) zeigt, daß die Derbholz-Prozentsätze für Buche und Fichte gleicher Höhe nahezu völlig gleich sind.

Der Blattverlust (für Laubbäume) ist im Hinblick auf die gefundene unwesentliche Änderungen der Blattmenge mit dem Alter hier als für alle Altersstufen nach dem 20. Jahre konstant gerechnet worden; die Größe desselben wurde für Buche gleich der ungefähren mittleren Größe nach der vorliegenden Untersuchung angesetzt, für Esche dagegen nach der Untersuchung von BOYSEN JENSEN und D. MÜLLER (1927).

Der Nadelverlust der Fichte ist wie folgt ermittelt worden:

Die vorliegende Untersuchung ergab als Durchschnitt von 10 Beständen auf dem Gut Frijsenborg eine Nadelmasse, die 1,2 kg Trockengewicht je ha entsprach, und weder das Alter noch die Bonität schien innerhalb der Grenzen des Materials eine erkennbare Wirkung auf die Nadelmasse auszuüben. Nun leben selbst dort, wo die Beleuchtungsverhältnisse günstig sind, die Nadeln nicht länger als etwa 7 Jahre (z. B. im älteren, gut durchforsteten Wald). Andrerseits ist es durchaus möglich, daß ihnen im Falle von Überschattung keine so lange Lebenszeit beschieden ist. Das wird namentlich im Alter von 20 bis 40 Jahren der Fall sein, da der Höhenzuwachs (der Gesamtmasse) dann ungefähr seinen Kulminationspunkt erreicht. Hier lassen Höhenwachstum und Kronenverhältnis erkennen, daß die Nadeln bei normaler dänischer Durchforstung ein Lebensalter von durchschnittlich nur etwa 5 Jahren erreichen. Von diesem Gesichtspunkt ausgehend, habe ich den Nadelverlust für einige verschiedene Altersstufen errechnet, so daß eine Kurve angelegt werden konnte.

Die Berechnung des Respirationsverlustes schließlich erfolgte mit Hilfe der Zahlen für die Masse gemäß den Ertragstafeln sowie der oben angegebenen Ziffern für die Größe der

jährlichen Respiration in $^0/_0$ der Trockenstoffmenge der Holzteile bei verschiedenen Altern.

Das Verfahren bei der graphischen Darstellung geht unmittelbar aus den Figuren selbst hervor. Die Summe des Zuwachses und sämtlicher Verluste ist gleich der apparenten Assimilation (der Netto-Assimilation der Blätter).

Sowohl bei den Laub- als auch bei den Nadelbäumen ist stets von den Massen- und Zuwachszahlen der Gesamtmasse ausgegangen worden.

Von den mittels der graphischen Darstellungen (Fig. 46—48) veranschaulichten Faktoren darf der Blattverlust als am genauesten bestimmt gelten, danach der Zuwachs über und unter der Erde, sodann der Ast- und Wurzelverlust und zum Schluß der Atmungsverlust, dessen Ermittlung, wie wir gesehen haben, sich nur auf ein kleines und mit Fehlern behaftetes Material stützen konnte.

Vielleicht hätte erwartet werden können, daß die Kurve für die apparente Assimilation von einem gewissen Alter an parallel mit der Abszissen-Achse verlaufen und somit eine konstante Assimilation — entsprechend der durch alle Altersstufen konstanten Blattmenge — zur Veranschaulichung bringen würde. Bei Buche Bonität 2 ist dies vom 40. Jahre an auch einigermaßen der Fall, nicht aber bei Fichte und Esche.

Der Grund hierfür dürfte jedoch nur schwerlich in einem Fehler bei der Ermittlung der Respiration zu suchen sein. Denn die Fehler, die hier am ehesten denkbar sind — daß nämlich infolge des traumatischen Stimulus die ermittelten Werte für Respiration in den älteren Stammteilen zu groß sind —, diese Fehler würden sich in entgegengesetzter Richtung auswirken und der Kurve für die apparente Assimilation nur eine noch spitzere Form geben (vgl. das Verhältnis zwischen Buche und Esche).

Am wahrscheinlichsten ist es daher, daß die besondere Form der Zuwachskurve auf das Zusammenwirken von zwei Faktoren zurückzuführen ist, nämlich darauf, daß die Kurve für die apparente Assimilation prinzipiell im mittleren Alter kulminiert sowie auf den ständig zunehmenden Respirationsverlust.

Woran es liegt, daß die apparente Assimilation nach Erreichung eines Kulminationspunktes wieder fällt, ist schwer zu sagen. Vermutlich hängt es damit zusammen, daß die Wasser-

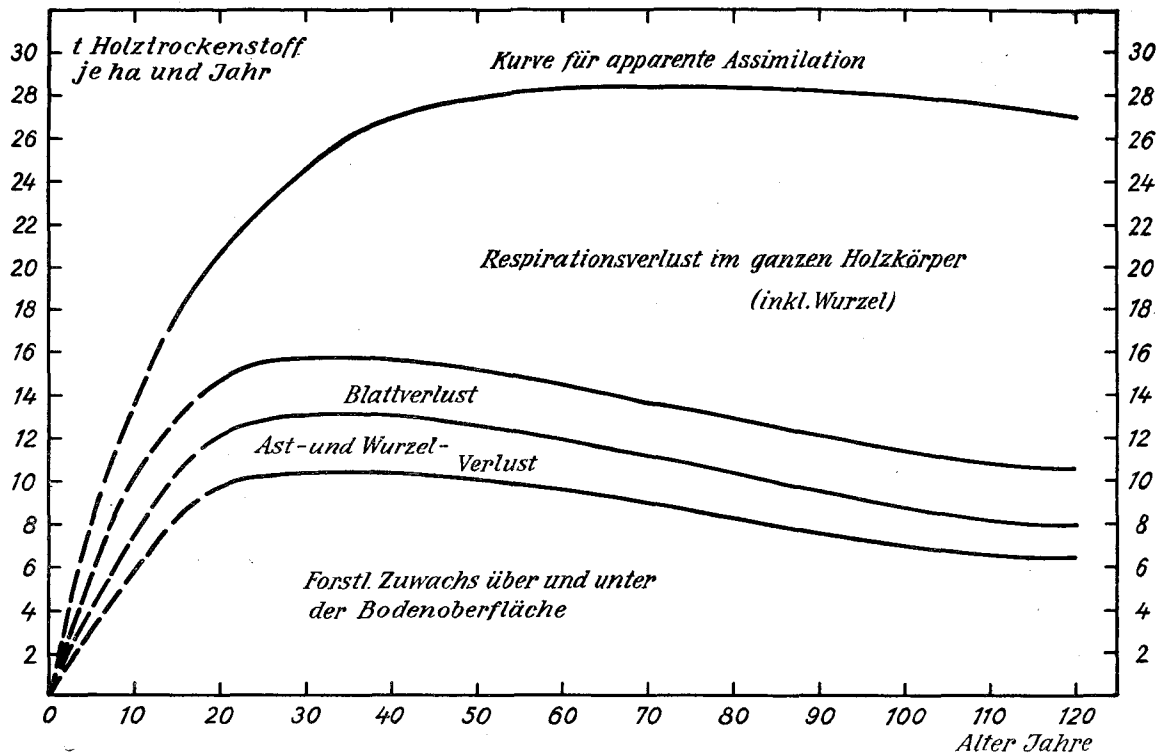


Fig. 46. Entwurf eines Produktionsspektrums für Buche dänischer Bonität 2.

versorgung in größerer Höhe beschwerlicher wird und damit alle Lebenswirksamkeiten niedergesetzt werden. Der mit dem Alter, auch mit gleicher Masse, abnehmende Massen- und Höhenzuwachs deutet in diese Richtung, und ebenso auch der Umstand, daß starke, kronensenkende Durchforstung in älterem Wald zu einer bedeutenden Zunahme des Massenzuwachses führen kann. Es wird jetzt zwar allgemein angenommen, daß die Aufwärtsförderung des Wassers durch den Stamm hindurch von reichlich

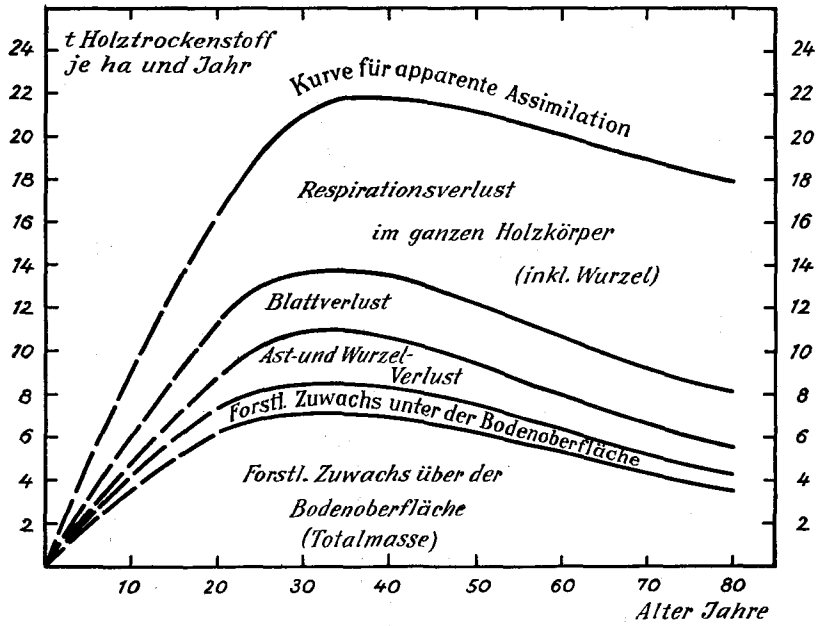


Fig. 47. Entwurf eines Produktionsspektrums für Esche, der dänischen Buchenbonität 1—2 entsprechend.

vorhandenen physikalischen Kräften verursacht wird (Kohäsionstheorie), aber ein Teil der Forscher ist dennoch der Ansicht, daß auch eine gewisse Lebens-Wirksamkeit von seiten des Baumes erforderlich ist (vgl. Büsgen, 1927, S. 315 ff.).

Da die Laubmenge innerhalb ein und desselben Wachstumsgebietes nur in geringem Maße von der Bonität beeinflußt wird, so sieht man, daß der Blattverlust bei niedriger Bonität einen beinahe doppelt so großen Prozentsatz des Umsatzes ausmacht als bei hoher, ebenso wie auch der Anteil der Zweige an der gesamten jährlichen Abfallmenge weit geringer ist. Diese

Tatsache ist für den Umsatz auf dem Waldboden von Bedeutung, weil demnach beinahe die gleiche Laubmenge auf dem schlechteren Boden umgesetzt werden muß, dessen geringwertigerer Baumbestand zugleich ein Maßstab dafür ist, daß er auch den Mikroorganismen, die die Zersetzung des Abfalls besorgen, schlechtere Lebensbedingungen gewährt. Das Verständnis für

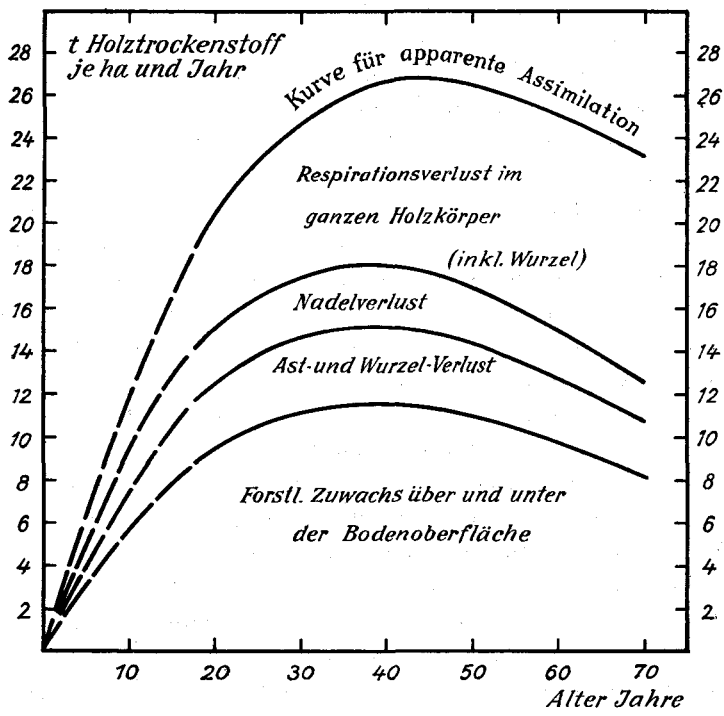


Fig. 48. Entwurf eines Produktionsspektrums für Fichte dänischer Bonität 2.

die Bedingungen der Rohhumusbildung wird hierdurch erheblich gefördert. Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch der Umstand, daß die Untermischung des Laubs mit Reisern bei niedrigen Bonitäten nur etwa halb so groß ist, so daß die Laublagerung dadurch eine dichtere wird.

Das Bild der Produktionsspektren giebt vielleicht auch eine Möglichkeit den bekannten Umstand zu beleuchten, daß der Massenzuwachs bei niedriger Bonität gewöhnlich etwas später kulminiert.

Die vollständige Blattfülle wird bei den niedrigeren Bonitäten bedeutend später erreicht, ebenso wie angenommen werden muß, daß die Wasserhebungsschwierigkeiten wegen der kleineren Höhe etwas später auftreten. Möglicherweise wird die Kulmination der apparenten Assimilation dadurch im Alter aufwärts verschoben.

Weiter wird wahrscheinlich der Respirationsverlust bei den niedrigeren Bonitäten, auch relativ, langsamer ansteigen, weil die Respiration des ziemlich konstanten Assimilationssystems (Blätter und Zweige) relativ größeres Gewicht hat.

Im übrigen geben die Figuren Anlaß, die folgenden Betrachtungen über die relative Konstanz, die der Zuwachs auch bei verschieden starker Durchforstung zeigt, anzustellen.

Wenn der Derbholzzuwachs sich trotz Reduktion der Masse konstant erhält, so muß dies entweder darauf beruhen, daß sowohl die apparente Assimilation als auch die Atmung der Holzteile unverändert bleibt, oder aber darauf, daß beide Größen gleich stark vermindert werden. Für die erstgenannte Tatsache spricht die Konstanz der Blattmenge. Es ist denn aber notwendig, daß die Respirationsaktivität im verkleinerten Holzteil hinreichend stark zunimmt, um ihren Rückgang in der Masse des Holzteils wieder aufzuwiegen. Aber dies ist auch nicht unwahrscheinlich, da die Zuwachsleistung ja konstant bleibt.

Wenn eine Reduktion der Masse, auf alle Fälle vorübergehend, den Zuwachs aktivieren kann, so muß dies in derselben Weise entweder darauf beruhen, daß die Assimilation weniger abnimmt als die Respiration, oder daß die Assimilation bei verringerter Respiration gleichbleibt, oder aber — als dritte Möglichkeit — weil der Lichtreiz einen erhöhten Verbrauch an Nahrungsreserven herbeiführt (vgl. GÄUMANN 1935), hierunter insbesondere vielleicht an Wachstumsstoffen. Für diese letztgenannte Möglichkeit spricht der später folgende Zuwachsrückgang.

Daß der Gesamtmassenzuwachs bei stärkerer Durchforstung ein wenig steigen muß, wenn der Derbholzzuwachs unverändert bleibt, ist eine einfache Folge der Verringerung des Astverlustes und ist früher (S. 197) besprochen worden.

Wie aus den vorhergehenden Ausführungen hervorgeht, nehmen die hier vorgelegten Entwürfe zu Produktionsspektren nicht für sich in Anspruch, daß das durch sie vermittelte Bild exakt sei. Denn obwohl einige der Faktoren jetzt relativ genau untersucht sind und obwohl ferner die gemeinsamen Hauptzüge der Spektren sich wahrscheinlich als richtig erweisen werden, darf dies dennoch nur als ein erster, noch unsicherer Versuch einer Gesamtdarstellung der Hauptzüge des Trockenstoffhaushaltes im Walde betrachtet werden.

Wünschenswert wäre vor allem gewesen, daß die Respiration im Holzteil genauer hätte festgelegt werden können, und zwar am besten durch sektionsweise Respirationsbestimmungen an einer erheblichen Anzahl von Bäumen verschiedenen Alters, wenn möglich an verschiedenen Baumarten. Dazu haben die Mittel nicht ausgereicht; doch steht zu hoffen, daß sich später eine Möglichkeit ergibt, die Untersuchung in diesem wichtigen Punkt weiterzuführen.

IX.

ZUSAMMENFASSUNG DER HAUPTERGEBNISSE UND DISKUSSION.

Literatur.

Die Literatur, die über das in dieser Schrift behandelte Thema vorliegt, ist eingehend besprochen worden.

Diese Literatur enthält eine Fülle von Einzelangaben über Laubmengen (Masse, Fläche, Anzahl); zum Teil sind diese Angaben mit den Zahlen für den Zuwachs in Zusammenhang gebracht worden, dagegen nur gelegentlich auch mit der Wachstumsbonität, dem Alter, der Durchforstungsstärke u. dgl.

Der Atmungsverlust des Holzteiles ist nur in ziemlich wenigen Fällen angegeben und auch dann bei weitem nicht mit einer Sicherheit, die der Ermittlung der Laubmasse entspricht. Doch hat mit Sicherheit konstatiert werden können, daß die Respiration annähernd mit der Oberfläche des Holzteilesproportional ist.

Der Astverlust ist nur in ganz wenigen Fällen ermittelt worden, und zwar unter Anwendung von Methoden, die stark mit Fehlern behaftet varen.

Der Wurzelverlust ist so gut wie überhaupt nicht behandelt.

Am aufschlußreichsten besonders in bezug auf Laubmenge und Zuwachs ist das von BURGER vorgelegte Material, daß Bestände von Buche, Weymouthskiefer, Douglasie, Fichte und Kiefer zum Teil von verschiedenem Alter und verschiedener Provenienz auf verschiedenen Standorten umfaßt.

Systematisch am besten gegliedert und auch am tiefsten in das Problem der Stoffproduktion eindringend sind die von BOYSEN JENSEN sowie gemeinsam von BOYSEN JENSEN u. D. MÜLLER gelieferten Arbeiten. Diesen Forschern gelang es, eine auf zuverlässigen Messungen beruhende, vollständige Produktionsbilanz für junge Buchen- und Eschen-Bestände aufzustellen,

in der die jeweils für Blattfall, Respiration, Astverlust, Zuwachs (forstlich) und Bruttoproduktion geltenden Zahlen (in t Trockenstoff jährlich je ha) mitgeteilt wurden.

Eine Arbeit auf Grund eines systematischen Gesamtplans zur Klarlegung des Zusammenwirkens aller verschiedenen Faktoren untereinander ist doch bisher noch nicht vorgelegt worden. (Außer Blattfall, Respiration, Astverlust und Bruttoproduktion sind noch Alter, Höhe, Wachstumsbonität, Durchforstungsstärke u. a. m. in Betracht zu ziehen.)

Wie aus der vorhandenen Literatur hervorgeht, müssen diese Zusammenhänge recht kompliziert sein. Die von einigen Forschern (und vielen in der praktischen Arbeit stehenden Forstleuten) vermutete einfache Relation zwischen Laubmenge und Zuwachs besteht auf alle Fälle nicht; nicht einmal für den einzelnen Bestand der einzelnen Baumart.

Eine Zusammenstellung von verschiedenen stammklassenweisen Untersuchungen (S. 57-58) des Verhältnisses $\frac{\text{Zuwachs} > 7\text{ cm}}{\text{Laubmenge}}$ hat erwiesen, daß das Verhältnis am kleinsten für unterdrückte Bäume ist, in der Regel bei herrschenden oder mitherrschenden Bäumen in einigermaßen stark durchforsteten Beständen kulminiert und bei vorherrschenden oder freigestellten Bäumen wieder sinkt. In Beständen, die nicht eine Zeit lang mit starker Durchforstung behandelt worden sind, scheint das Verhältnis keine Kulmination zu erreichen.

Die Erklärung der Erscheinung ist vermutlich darin zu suchen, daß die freier gestellten großkronigen Bäume viel mehr dem Wind ausgesetzt sind, daß sie eine verhältnismäßig größere passive Krone haben (der schwach assimilierende untere Teil der Krone), und daß endlich ein verhältnismäßig größerer Teil vom Zuwachs zur Astmasse (> 7 cm) geht.

Eigene Untersuchungen.

Laubmenge, Buche. Vorgelegt wird einesteils das Resultat einiger bereits 1925 vorgenommenen Blattfallmessungen (Tabelle A am Schluß dieser Abhandlung), andernteils das Ergebnis neuer und größerer Blattmessungen aus den Jahren 1930, 1931 und 1932, vorgenommen mittels ausgelegter Auffangplatten, wovon etwa 10 in jedem Bestand; diese Messungen umfaßten 57 Bestände in verschiedenen Gegenden Dänemarks und reprä-

sentierten serienweise soweit möglich: 1. verschiedene Bonitäten bei gleichem Alter und Durchforstungsgrad, 2. verschiedene Altersstufen bei gleicher Bonität und gleichem Durchforstungsgrad, 3. verschiedene Durchforstungsgrade bei gleicher Bonität und gleichem Alter.

Die Durchführung einer vollständigen Isolierung dieser einzelnen drei Faktoren erwies sich jedoch als unmöglich, und die beabsichtigte Serienwirkung konnte infolgedessen nur zum Teil erzielt werden; auch mußte einige der Messungsergebnisse beiseite gelassen werden, weil der Laubfall nicht ruhig genug gewesen war. Trotz alledem ist das Material als hinreichend groß und gut anzusehen.

Es wurde eine besondere Methode ausgearbeitet, um den Blatt-Flächengehalt unter alleiniger Zugrundelegung der größten Blattbreite (des sogenannten »Blatt-Durchmessers«) zu ermitteln (Fig. 3).

Zugleich mit dem Blattfall wurden die Holzmassenfaktoren und der Zuwachs (durch umfassende Bohrung) bestimmt.

Das Material, das sich in Tabelle B (am Schluß dieser Arbeit) zusammengestellt findet, wurde einer eingehenden (und zufriedenstellenden) Fehler-Beurteilung unterzogen und sodann graphisch dargestellt, wobei mit Hilfe der Kurve Fig. 7 zugleich eine allgemeine Korrektur der Unterschiede in bezug auf den Durchforstungsstandpunkt vorgenommen wurde.

Innerhalb der Grenzen des Materials konnten folgende Zusammenhänge festgestellt werden (vgl. Fig. 9—25).

Bonität. Eine Variation der Bonität von 1 bis 4 (dänisch) übt keinen nachweisbaren Einfluß auf die Blattfläche oder das Blattrockengewicht je ha aus.

Fallende Bonität bewirkt eine schwache Tendenz zu abnehmender Blattgröße (Fig. 13). Die Blattdicke dagegen scheint nicht beeinflußt zu sein.

Alter und Höhe. Die Blattmenge, die schon mit der ersten Schließung des Kronendaches ungefähr seine volle Größe erreicht, zeigt eine schwache Steigung (10—20 %) vom 20. bis zum 120. Jahre. Gleichzeitig findet wahrscheinlicherweise ein schwacher Rückgang der Blattgröße statt. Die Blattdicke wird nicht beeinflußt.

Durchforstungsstärke. Es stellte sich heraus, daß Blattgewicht und Blattfläche sich bei sehr variierenden Durchforstungsstärken (von etwa 35 bis 18 m^2 Grundfl. je ha nach Durchf. bei 50 Jahren, Fig. 22) nahe zu konstant halten können.

Erst wenn der Punkt erreicht wird, an dem der Bestandesschluß beginnt entscheidend durchbrochen zu werden, fällt die Blattmenge.

Die Blattgröße und die Blattdicke werden von der Durchforstungsstärke nicht beeinflußt. (Vergl. Tab. B, Sorö I und II).

Klima. Der Einfluß des Klimas war in den 3 Jahren 1930—32 nur gering. In regenreichen Jahren mit niedriger Temperatur und einer geringen Anzahl Sonnenschein-Stunden scheinen Blattfläche und Blattgröße durchgehends am größten, die Blattdicke dagegen am kleinsten zu sein. (Vgl. Fig. 28 und Tab. 1 und 2).

Da der Zuwachs sich je nach Bonität und Alter ändert, die Blattmenge dagegen sich relativ konstant hält, so läßt sich von einer Wechselwirkung zwischen der Blattmenge und dem Zuwachs nicht reden. Eine derartige Wechselbeziehung ist lediglich im Zusammenhang mit dem Durchforstungsakt festgestellt worden (siehe unten). Eine graphische Analyse des Stammgrundflächenzuwachses (Fig. 26) zeigt keinen Einfluß der Durchforstungsstärke; dies stimmt mit den Untersuchungsergebnissen von Wiedemann (1932 u. 1937) und andern Forschern gut überein.

Es ist als wahrscheinlich anzusehen, daß die in Fig. 27 gezeigte Kurve für das Verhältnis zwischen jährlich laufendem Zuwachs und Durchforstungsstärke oder Lichtstellungsgrad recht gut der wahren Kurve für die Blattmenge je ha bei verschiedenen Durchforstungsstärken oder Lichtstellungsgraden entspricht.

Die ausgesprochene Konstanz der Laubmenge je ha ist vermutlich so zu erklären, daß das vorhandene Licht — im Gegensatz zu den andern Wachstumsfaktoren — immer in der Nähe des zur Bindung von CO_2 erforderlichen Minimums bleibt und daß deshalb jeder Bestand dafür sorgt, die vorhandenen Lichtmengen unter allen Umständen stets so weit wie nur irgend möglich auszunutzen. (Vergl. auch landwirtsch. Kulturen, s. Fußnote S. 240).

Dieser Annahme entspricht es auch, daß schwach durchforstete Bestände gleicher lokaler Rasse und bei gleichem

Klima erfahrungsgemäß bei Verschiedenheit des Alters und der Wachstumsbonität ungefähr gleich dunkel erscheinen. Im Trolde-Skov im Rold-Skov südlich von Aalborg, einem seit vielen Jahren nicht durchforsteten Buchenbestand von unter 6. Bonität, fand ich z. B. bei mehrmals wiederholten Messungen nur 0,8—1,5 % vom vollen Sommersonnenlicht außerhalb des Waldes. Erst bei äußerst geringer Bonität, bei Annäherung an den Punkt, wo der Bestand anfängt, sich nicht mehr geschlossen halten zu können, scheint eine sicher erkennbare Abnahme einzutreten.

Diese Untersuchungsergebnisse werden in keiner Weise widerlegt, sondern sie finden zum Teil sogar ihre ausdrückliche Bestätigung durch die von BURGER sowie von BOYSEN JENSEN und D. MÜLLER ermittelten Zahlen und stimmen auch mit mehreren älteren deutschen Streufallmessungen ziemlich gut überein (z. B. EBERMAYER u. DANCKELMANN in bezug auf den Einfluß von Alter und Bonität bei der Buche, vgl. S. 12, wobei man sich vor Augen zu halten hat, daß die Streu außer Blättern ja auch eine zugleich mit der Bonität zunehmende Menge von Reisern enthält).

Es sei in dieser Verbindung besonders darauf verwiesen, daß BURGER (1940) für die schweizerischen Buchenversuchsflächen eine ziemliche Konstanz der Reisigmasse je ha ohne Rücksicht auf Bonität gefunden hat, was auf eine entsprechende Konstanz der Blattmasse deutet.

Dagegen vermerkt EBERMAYER einen erheblichen Rückgang der Blattgröße bei zunehmender Höhe über dem Meeresspiegel, während BURGER (für Nadelbäume), MORK (für Birke) und andere Forscher bei zunehmender Höhe über dem Meeresspiegel Abnahme der Laubmenge (und des Zuwachses) angeben und BURGER (für Nadelbäume) vermerkt, daß die Laubmenge (und der Zuwachs) bei zunehmend nördlichen und zunehmend alpinen Provenienzen zurückgeht.

In Anbetracht dieser Angaben können die Ergebnisse der hier vorgelegten Arbeit, wie bereits bemerkt, Gültigkeit nur für einigermaßen gleiche genetische Typen sowie unter einigermaßen gleichen Klimaverhältnissen beanspruchen, während bei größeren Veränderungen des Klimas oder Verschiedenheiten der Provenienz Abweichungen zu erwarten sind.

Auch die Folgen, die der bei dem Durchforstungsakt vor-

genommene Eingriff nach sich zieht, sind durch die Versuche klargestellt worden. Sowohl die Laubmenge als auch der Zuwachs erleiden im ersten Jahre einen Rückgang, der jedoch rasch wieder aufgeholt wird (vgl. Fig. 7—8). — —

Die durchschnittliche einseitig gemessene Blattfläche des Materials von 1930—32 war ungefähr 5,5 m^2 je m^2 Bestandesfläche und das durchschnittliche Blattrockengewicht etwa 250 g je m^2.

Laubmenge, Fichte. In jedem von zehn Beständen auf dem Gut Frijsenborg, die verschiedene Durchforstungsgrade, verschiedene Bonitäten und Alter repräsentierten, wurde die Nadelmasse von 10 (in einem Einzelfalle von 9) Bäumen bestimmt, von denen jeder für sich einer Stammanalyse unterworfen wurde, während außerdem die Holzmassenfaktoren und der Zuwachs der Bestände ermittelt wurden. Zwecks Feststellung der Nadeloberfläche war eine Methode ausgearbeitet worden, nach der die Nadeloberfläche als eine Funktion der Nadellänge ermittelt werden konnte (S. 153); auch wurde der Fehler bei dieser ganzen Nadelmengenbestimmung untersucht und als ausreichend klein befunden. Je m^2 der Bestandesareal ergaben sich im Durchschnitt 1,2 kg Nadeln (Trockengewicht), während die (totale) Nadeloberfläche durchschnittlich 13,1 m^2 ausmachte, was also eine wesentlich niedrigere Zahl ist als diejenige, die BURGER für Hügelland gefunden hat.

Sämtliche Untersuchungsergebnisse sind aus Tabelle 3 sowie aus Tabelle C (am Schluß dieser Arbeit) ersichtlich.

Hinsichtlich des Zusammenhanges zwischen Nadelmenge je ha (und Nadelgröße), Bonität, Alter, Durchforstungsstärke und Zuwachs stimmen die Ergebnisse (vgl. Fig. 30—36) mit denen überein, die oben für die Buche mitgeteilt wurden. Diese Tatsache steht nicht im Widerspruch zu den Untersuchungsergebnissen von EBERMAYER und DANCKELMANN, denen zufolge der Streufall bei Nadelbäumen mit dem Alter und der Bonität abzunehmen scheint; denn bei gleicher lebender Nadelmasse je ha würde ein größerer Massenzuwachs eine Zunahme des Nadelabwurfs bedeuten.

Die an den 99 Probebäumen vorgenommene Analyse (Tab. 4) hat u. a. ergeben, daß der Holzzuwachs je Nadelgewichtseinheit in dem Maße zunimmt, als der Wert des Ver-

hältnisses $\frac{\text{Nadelgewicht}}{\text{Holzmasse}}$ geringer wird; dies bedeutet, daß die Nadeln in diesen größtenteils außerordentlich stark durchforsteten Beständen durchschnittlich am besten an Bäumen mit der relativ geringsten Nadelmenge arbeiten (vgl. HARTIG u. a. m.; s. S. 57). Dieses Resultat läßt sich gut mit der oben (S. 58) gegebenen Erklärung in Einklang bringen.

Laubmenge; andere Baumarten. Laubmengenuntersuchungen sind im Jahre 1932 auf 3 40jährigen Eichen-Probeflächen des forstlichen Versuchswesens und zwar auf Bregentved vorgenommen worden; die Durchforstungsart der drei Flächen war verschieden: keine Durchforstung, Bregentved-Durchforstung, Vemmetofte-Durchforstung. Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5 niedergelegt. Die einseitig gemessene Blattfläche je m^2 liegt bei ungefähr 3 m^2, also etwas über der Hälfte der Normalzahl für Buche[1]); das Blattgewicht liegt bei $^2/_3$ bis $^3/_4$ von dem der Buche und fällt von 195 g/m^2 bei der nicht durchforsteten Fläche über 185 bis herunter auf 173 g bei Vemmetofte-Durchforstung, bei der keine untere Kronen-Etage übrigbleibt. Da die letzte vorhergegangene Durchforstung damals nur um 2 Jahre zurücklag, war diese Kadenz des Blattgewichts zu erwarten. Der Grundflächen-Zuwachs der Oberetage war für alle drei Probeflächen ungefähr gleich groß.

Des weiteren sind Laubmengenermittelungen an Einzel-

---

[1]) Zu Vergleich können folgende Zahlen für die einseitige Blattoberfläche von landwirtschaftlichen Kulturen angeführt werden. Die Zahlen sind mir von Prof. Dr. DETLEV MÜLLER mitgeteilt worden.

Kleegras, überwiegend aus rotem Klee bestehend, Versuchsfeld der landwirtschaftl. Hochschule, Kopenhagen $^8/_7$ 1943....	5,4	m^2 je m^2
Lucerne, ibidem. $^{10}/_7$ 43	5,3	» » »
Tystofte Prentice-Gerste, ibidem., gerade bevor das Korn sich ährte, $^{11}/_6$ 43 ..... maximal	3,7	» » »
Kenia-Gerste, an derselben Stelle und Zeit, nachdem das Korn sich geährt hatte..... maximal	2,6	» » »
Ötofte Zuckerrübe, Studsgaard Versuchsstation $^{16}/_9$ 43.....	3,3	» » »
Wilhelmsburger Kohlrübe, ibidem. $^{16}/_9$ 43.....	1,8	» » »
Örn-Hafer, vollgedüngt, ibidem. $^{17}/_5$ 43.....	2,3	» » »
do. , ungedüngt, » $^{17}/_5$ 43.....	0,22	» » »

(Die Zahlen von Studsgaard sind dem Vorsteher FRODE HANSEN zu verdanken).

Man sieht, dass die dichtesten landwirtschaftlichen Kulturen ungefähr dieselbe Blattflächen wie der Wald erreichen können. Offenbar ist auch hier, wie bei den Baumarten, eine Differentiierung in Schatten- und Lichtpflanzen vorhanden. Ferner scheint die Wachstumsbonität (vollgedüngter und ungedüngter Hafer) einen Einfluss auf die Blattfläche zu haben.

bäumen von Buche, Eiche, Birke und Lärche vorgenommen worden (Tabelle 6). Die Ergebnisse zeigen, daß es mit der größten Unsicherheit verbunden ist, wenn man versucht, die für die Projektionsfläche der Krone geltenden Zahlen auf den ha des Bestandesareals umzurechnen. Je m^2 Kronenprojektion wurden für Birke 304—308 g Laub und für Lärche 330 g festgestellt (alles Trockengewicht). Während das Blattgewicht (in g) je m^2 (»Blattdicke«) bei Buche gut 40 ausmacht, beträgt es bei Eiche etwa 65 und bei Birke etwa 70.

Astverlust. Auf mathematischem Wege wurde unter Zuhilfenahme von Ertragstafeln und andern Messungen die folgende Annäherungsformel für den Astabwurf (Astverlust) aufgestellt:

$$A = 0{,}5\ M\ (1-k),$$

wobei A = Abwurf, k = Kronenverhältnis und M = Masse ist, und zwar kann unter »Masse« entweder der bisherige Zuwachs des Bestandes (in Totalmasse je ha) verstanden werden, in welchem Falle die Formel den bisherigen Abwurf in Totalmasse je ha angibt, oder aber es ist mit diesem Ausdruck nur der durchschnittliche Jahreszuwachs innerhalb einer nicht zu kurzen Periode gemeint, in welchem Falle dann die Formel den innerhalb der Periode erfolgten jährlichen Astabwurf bezeichnet, eine gleichmässige Durchforstung vorausgesetzt.

Wurzelverlust. Auf Grund von praktischen Erfahrungen bei der Aushebung von Stümpfen und Wurzelholz sowie ferner auf Grund von Überlegungen physiologischer Art wurde der bis zu einem bestimmten Zeitpunkt erfolgte Wurzelverlust als schätzungsweise wenigstens ebenso groß angesetzt wie der in der zum selben Zeitpunkt vorhandenen Krone bisher erfolgte Astabwurf.

Respirationsverlust im Holz. Einige von D. Müller gemeinsam mit dem Verfasser dieser Abhandlung vorgenommene und bereits 1938 veröffentlichte Respirationsmessungen in Stammscheiben von älteren Bäumen (Buche, Eiche, Esche, Fichte und Lärche) wurden hier in neuer graphischer Bearbeitung vorgelegt (Fig. 39—45). Hierbei zeigte sich u. a. eine Konzentration der Atmung in der Nähe der Oberfläche, am stärksten bei Kernholz-

Baumarten, in geringerem Maße bei Splintholz-Baumarten wie Buche, wo lebende Zellen selbst in etwa 100jährigen Querschnitten bis ganz dicht zum Mark hin vorkommen können. In der Hauptsache ist also die Respiration als eine Funktion der Oberfläche anzusehen.

Unter Heranziehung von in der Literatur bereits früher mitgeteilten Ergebnissen von Respirationsuntersuchungen an jüngeren Bäumen und Beständen (BOYSEN JENSEN und D. MÜLLER) sowie von einigen von OPPERMANN ausgeführten höhenschichtweisen Analysen der Holzmasse älteren Buchenwaldes wurde eine Reihe von Zahlen für die jährliche Respiration in Buchen-, Eschen- und Fichtenwald von verschiedener Höhe (aber ungefähr gleicher Bonität) ausgerechnet; hierbei wurde von der Voraussetzung ausgegangen, daß Äste und Zweige (oder Stämme) unter ca. 15 cm Durchmesser — gleichgültig, ob sie im Wipfel eines kleinen oder eines großen Baumes sitzen — doch die gleiche Respiration je Raumeinheit aufweisen und daß die Respiration sich im übrigen ungefähr proportional zur Oberfläche des Holzkörpers verhält (vgl. JOHANSSON 1933 und PRINTZ 1937).

Aufriss von Produktionsspektren. Die in der oben geschilderten Weise beschafften Angaben über die verschiedenen Stoffverluste wurden zum Schluß gemeinsam mit bekannten Zuwachszahlen versuchsweise zu graphischen Darstellungen zusammengearbeitet, von denen jede für eine Baumart und Bonität die je nach dem Alter eintretenden Änderungen der Produktionsbilanz zum Ausdruck bringt. Derartige Spektren wurden für Buche und Fichte Bonität 2 sowie für Esche entsprechend der Buchenbonität 1—2 ausgeführt (Fig. 46—48), wobei jedoch vermerkt wurde, daß es sich hierbei in Anbetracht des unsicheren Respirationsverlustes nur um einen ersten Orientierungsversuch handeln kann. Als verhältnismäßig am genauesten dürfte das Produktionsspektrum für Buche anzusehen sein.

Diskussion.

Laubmenge und Zuwachsverhältnisse im allgemeinen. Wie bereits oben erwähnt, läßt die große Konstanz der Blattmasse darauf schließen, daß der Wald die vorhandene Beleuchtung stets voll auszunutzen sucht. Der Boden wird in allen Bonitäten

eigentlichen Waldes einer bestimmten Baumart ungefähr gleich stark überdeckt gehalten, und ein die Lichtdurchlässigkeit erhöhender Eingriff ins Kronendach wird in allen Bonitäten mit ungefähr gleich großer Energie überwunden. Die Richtigkeit dieser Deutung geht u. a. auch daraus hervor, daß der Grundflächenzuwachs bei demselben Alter und derselben Holzart in der Regel nicht sehr viel mit der Bonität schwankt, wie dies dem u. a. von den dänischen Bonitäts-Ertragstafeln her bekannten Umstand entspricht, daß die laufenden Totalmassen-Zuwachszahlen in verschiedenen Beständen gleicher Baumart sich bei gegebenem Alter ungefähr ebenso verhalten wie die Höhen.

Die dänischen Ertragstafeln nach Bonitäten (CARL MAR: MÖLLER 1933) geben für etwa 80jährige Buche folgende Zahlen für den jährlichen Stammgrundflächenzuwachs: Bon. I 0,60 m^2, Bon. II 0,60 m^2, Bon. III 0,58 m^2, Bon. IV 0,58 m^2 nnd Bon. V 0,60 m^2. Die Höhe für Buche Bonität I ist bei 80 Jahren etwa 29 m, die Höhe für Bonität V etwa die Hälfte. Für 50jährige Fichte gelten folgende Ziffern: Bon. I 1,3 m^2, Bon. II 1,2 m^2, Bon. III 1,1 m^2, Bon. IV 1,1 m^2, Bon. V 1,0 m^2, Bon. VI 0,9 m^2.

Für Norwegen nennen EIDE u. LANGSÆTER (1941) allerdings die folgenden ungefähren Zahlen für den jährlichen Zuwachs der Stammgrundfläche bei etwa 50jähriger Fichte:

Bon. A 1,3 m^2, Bon. B 1,1 m^2, Bon. C 1,0 m^2, Bon. D 0,8 m^2, Bon. E 0,6 m^2.

Es ist aber denkbar, daß die mit fallender Bonität wahrscheinlich in der Regel wachsende Steinigkeit des Bodens hier eine Rolle spielen kann.

Für die Schweiz gibt FLURY (1907 S. 217) folgende Zahlen als jährlichen Stammgrundflächenzuwachs bei 80jähriger Buche an:

Bon. I 0,40 m^2, Bon. III 0,29 m^2, Bon. V 0,20 m^2.

Und für etwa 50jährige Fichte (Hügelland) hat FLURY:

Bon. I 1,21 m^2, Bon. III 1,07 m^2, Bon. V 0,88 m^2.

Die Zahlen für den Stammgrundflächenzuwachs der Buche sind hier merkwürdig niedrig.

Sie stimmen auch mit FLURYS eigenem Urmaterial schlecht überein. Aus den »Numerischen Aufnahmeergebnissen pro 1,0 ha für die einzelnen Versuchsbestände« (l. c. S. 166) sind die fol-

genden Zahlen herausgezogen worden, indem nur die Durchforstungsperioden in Betracht genommen sind, die bei 60 Jahren oder mehr eingeleitet und bei 100 Jahren oder darüber abgeschlossen waren.

Für die Bonitäten III und IV, die bei weitem die best repräsentierten sind, ist das Material in zwei Teile aufgeteilt worden, mit dem Alter 80 Jahre mitten in der Durchforstungsperiode als Grenze.

	Bon. I	II	III	IV	V
Durchschn. Alter		73	70	70	
Anzahl Beobacht.		1	15	5	
lauf. jährl. Grundfl.-zuwachs m²		0,59	0,62	0,64	
Durchschn. Alter	83		88	89	81
Anzahl Beobacht.	3		9	2	3
lauf. jährl. Grundfl.-zuwachs m²	0,45		0,49	0,34	0,61

Diese Zahlen deuten recht bestimmt auf einen durchschnittlichen Grundflächenzuwachs bei 80 Jahren von etwa 0,55 m², und weiter geben die Zahlen keine sicheren Anhaltspunkte dafür, daß der Grundflächenzuwachs mit abnehmende Bonität fallen sollte. Ein Durchblick des Urmaterials im ganzen bestätigt diesen Eindruck.

Wiedemann (1932, S. 57) spricht sich über die sehr zahlreichen und durch lange Zeiträume beobachteten preußischen Buchenversuchsflächen folgendermaßen aus:

> »Der Kreisflächenzuwachs je ha ist verblüffend unabhängig von der Bonität. Schon nach der Schwappachschen Tafel A. 1911 hat im Alter 70—100 die I. Bonität einen kleineren Kreisflächenzuwachs als die II., und die III. Bonität sogar einen um 11 % höheren Kreisflächenzuwachs als die I. Bonität. Auch die jetzige genaue Durcharbeitung der gesamtem Unterlagen ergab dasselbe . . . . Der periodische Kreisflächenzuwachs der Bestände mit einer Kreisfläche von 22—27 m² je ha schwankt bei der I. Bonität im Alter 81—90 zwischen 0,48 und 0,84 m² und beträgt im Mittel 0,57 m², bei der II. Bonität zwischen 0,49 und 0,76 m², im Mittel 0,64 m²; für die III. und IV. Bonität fehlt eine genügende Anzahl von Werten«.

In bezug auf die Fichte schreibt WIEDEMANN (1937, S. 198) u. a. wie folgt:

»Die absoluten Werte des Kreisflächenzuwachses der drei besseren Bonitäten sind nur um etwa 10 % verschieden. Sie liegen zum Beispiel mit 40 Jahren bei 1,2 m^2 für die I. Bonität und 1,1 m^2 für die III. Bonität. Im hohen Alter sinkt der Kreisflächenzuwachs der I. Bonität etwas langsamer als bei der II. und III. Mit 120 Jahren hat II. und III. Bonität fast den gleichen Zuwachs (0,44 bezw. 0,41 m^2 jährlich), die I. Bonität . . . . 0,52 m^2. Im Gegensatz zur Buche, bei der sich der Kreisflächenzuwachs der verschiedenen Bonitäten mehrfach überschneidet, gibt die neue Fichtentafel in allen Altern für die besseren Bonitäten einen höheren Kreisflächenzuwach an. Jedoch sind auch hier mindestens bis zum 80. Jahre die Unterschiede gering, so daß sie keine entscheidende praktische Bedeutung haben«.

Zur Erleichterung eines Vergleichs zwischen den angegebenen Zahlen mögen die folgenden Höhen-Angaben dienen:

Buche etwa 80 Jahre	Höhe in m, nach Durchforstung		
	Bon. I	Bon. III	Bon. V
FLURY	29,4	24,6	19,7
WIEDEMANN	27,9	19,9	—
CARL MAR: MÖLLER	28,9	21,4	14,0

Fichte etwa 50 Jahre	Höhe in m	
	Bon. I oder A	Bon. 5 oder E
FLURY (Hügelland)	24,5	15,2
WIEDEMANN	21,2	6,8
EIDE u. LANGSÆTER	20,0	8,0
CARL MAR: MÖLLER	24,0	12,0

Man erhält den Eindruck, als ob hinsichtlich des Stammgrundflächenzuwachses ein prinzipieller Unterschied zwischen Buche und Fichte (zwischen Laub- und Nadelbäumen?) bestehe, und zwar derart, daß der Stammgrundflächenzuwachs bei der

Buche einigermaßen unabhängig von der Bonität erscheint, während er sich bei der Fichte mit der Bonität zwar verhältnismäßig wenig verändert, aber dennoch unverkennbar mit dieser abnimmt.

Da nun aber infolgedessen der Stammgrundflächenzuwachs auf alle Fälle — und ganz besonders bei der Buche — ebenso wie die Laubmenge eine nur geringfügige Abhängigkeit von der Bonität aufweist, so wirkt (zumindest bei der Buche und unter gleichen klimatischen Verhältnissen) weder die Blattfläche noch der Stammgrundflächenzuwachs in einem geschlossenen Wald bestimmend auf den Gesamt-Massenzuwachs während eines Umtriebs ein; vielmehr ist ein solcher Einfluß in der Hauptsache von den Möglichkeiten des Höhenzuwachses bedingt, der sich seinerseits wiederum aus den Möglichkeiten für die Versorgung der Kronen mit Wasser u. a. ergibt, so wie diese primär von den physikalischen Verhältnissen des Erdbodens und vom Klima abhängt, und mehr sekundär vom Zugang der allgemeinen Pflanzennährstoffe.

Der Verlauf, den der jährliche laufende Massenzuwachs während der Lebensdauer eines Bestandes nimmt, ist bekanntlich der einer nach oben gebogenen Kurve, und zwar meistens mit Kulmination zu Beginn der mittleren Altersstufen. Diese Kurve fällt weder mit derjenigen für den jährlichen laufenden Höhenzuwachs zusammen (welch letztere mit zunehmendem Alter viel steiler abfällt), noch mit der Kurve für den Stammgrundflächenzuwachs, noch auch mit einer einfachen Kombination dieser beiden. Der Verhalt ist der, daß der Massenzuwachs — außer vom Formzahlzuwachs, den man während langer Zeiten in den späteren Jahren der mittleren Altersstufe unberücksichtigt lassen kann — nicht nur vom Zuwachs der Stammgrundfläche und der Höhe abhängig ist, sondern auch von der zu jedem Zeitpunkt erreichten Höhe und Stammgrundfläche selber, so wie dies bereits von Wiedemann (1932, S. 82) auseinandergesetzt worden ist.

Oder, da der Stammgrundflächenzuwachs besonders für Buche sämtliche Altersstufen hindurch für die verschiedenen Bonitäten ungefähr derselbe bleibt, so bedeutet dies, daß der laufende Massenzuwachs des Bestandes in der Hauptsache bestimmt wird durch einen für alle Bonitäten ungefähr ge-

meinsamen, laufenden Stammgrundflächenzuwachs in Verbindung mit der Höhenkurve der einzelnen Bonität sowie mit dem Verlauf der Formzahl. Dieser Umstand vereinfacht u. a. die Aufstellung von lokalen Ertragstafeln, weil die ortseigentümlichen Massenzuwachs-Verhältnisse in der Regel ganz überwiegend durch die ortseigentümlichen Höhenzuwachs-Verhältnisse bestimmt sind (wie z. B. stagnierender Höhenzuwachs auf flachgründigem Boden).

Im Hinblick auf den *typischen Verlauf der Zuwachskurven für die einzelnen Massenfaktoren* (je ha und Jahr) kann hiernach der folgende Beitrag zu einer physiologischen Erklärung gegeben werden.

Der Massenzuwachs. In seiner frühen Jugend nutzt der Bestand noch nicht alle vorhandenen Produktionsmöglichkeiten aus. Der Boden ist noch nicht vom grünen Laub überdeckt, und die Wurzeln finden sich nur zerstreut und nahe der Bodenoberfläche.

Natürlich wird dann der Massenzuwachs je ha und Jahr zunehmen können.

Noch nachdem die vollständige Blattfülle erreicht worden ist (für Buche bei 15—20 Jahren), kann der Massenzuwachs eine Steigerung erfahren, weil das Wurzelsystem seine Entwicklung in die Tiefe immer noch weiter fortsetzt und dabei eine Zeitlang neue Möglichkeiten der Wasser- und Nährsalzversorgung (und damit auch der CO_2-Assimilation) verwerten kann, bis wohl zuletzt auch das Wurzelsystem je ha eine ungefähr konstante Ausdehnung erreicht.

Früher oder später wird jedoch eine Zeit kommen, wo das ständige Anwachsen des Respirationsverlustes im Stammteil (d. h. in Stamm und in den größeren Ästen unter der grünen Krone) die genannten Verbesserungen der Assimilationsmöglichkeiten überwiegt; der Massenzuwachs kulminiert und beginnt von jetzt an wieder zu sinken[1]).

Hierzu trägt jedoch sicherlich auch der Umstand bei, daß die Krone bei zunehmender Höhe unter wachsenden Wasserhebungsschwierigkeiten leidet (vgl. Boysen Jensen 1932, S. 103), wodurch die Spaltöffnungen nicht so lange wie sonst offen gehalten werden können.

---

[1]) A. Howard Grön (1943 S. 23) hat den Zuwachsgang mit Hilfe des von der Nationalökonomi wohlbekannten Gesetzes des Grenz-Ertrags beleuchtet.

Der Höhenzuwachs. Es läßt sich unschwer vorstellen, daß in den allerersten Jahren, während der Massenzuwachs steil ansteigt, auch der jährliche Höhenzuwachs zunehmen muß. Vom Sämling entwickelt sich das Individuum zu einem jungen Baum. Relativ bald darauf kulminiert der Höhenzuwachs. Es ist nur natürlich, daß als Ursache hierfür u. a. die einsetzenden Wasserhebungsschwierigkeiten angesehen werden, von denen anzunehmen ist, daß sie in der Folgezeit in genau demselben Maße gleichmäßig zunehmen, in dem der jährliche Höhenzuwachs gleichmäßig abnimmt. Es ist, wie man zu sagen pflegt, dafür gesorgt, daß die Bäume nicht in den Himmel wachsen.

Indessen spielt vielleicht auch noch die folgende Tatsache mit hinein:

Daß der Höhenzuwachs kulminiert, bedeutet ja keineswegs, daß auch der Massenzuwachs kulminieren muß. Falls z. B. der Grundflächenzuwachs und der Formzahl unverändert bleiben, wird der Massenzuwachs sich immer proportional zur Höhe verhalten und also immer steigen, solange überhaupt noch ein Höhenzuwachs stattfindet.

Umgekehrt müssen, falls der Massenzuwachs und die Formzahl konstant bleiben, der Höhenzuwachs oder der Grundflächenzuwachs oder alle beide zugleich entsprechend fallen.

Wenn auch wegen der Menge der variierenden Faktoren der ganze Sachverhalt recht kompliciert ist, so liegt danach die Annahme nahe, daß sowohl der Grundflächenzuwachs als auch der Höhenzuwachs *vor* dem Massenzuwachs kulminieren müssen, und dies ist auch tatsächlich der Fall.

Ferner ist es einleuchtend, daß sowohl der Höhenzuwachs als auch der Grundflächenzuwachs nach der Kulmination viel schneller als der Massenzuwachs wieder absinken müssen, wie dies in der Tat aus allen Ertragstafeln ersichtlich ist.

Der Grundflächenzuwachs. Aus denselben Gründen wie oben ist es klar, daß auch der Grundflächenzuwachs je ha und Jahr in der frühesten Jugend zunehmen und daß er *vor* dem Massenzuwachs kulminieren muß. Tatsächlich kulminiert er sogar bedeutend vor dem Höhenzuwachs. Weil die gegebenen Wachstumsbedingungen (darunter auch das Bestandesalter) ihren unmittelbaren Ausdruck im Massenzuwachs finden müssen, kann man den Massenzuwachs als das primäre Zuwachsphänomen betrachten, während der Höhenzuwachs als

ein sekundäres und der Grundflächenzuwachs sowie der Formzahlzuwachs als tertiäre Phänomene aufgefaßt werden müssen.

Daß die Grundflächenzuwachskurve von den Bonitätsgraden nahezu unbeeinflußt bleibt (bei Buche), bedeutet weiter, daß (bei konstanter Formzahl im gleichen Alter), der Massenzuwachs und der Höhenzuwachs bei allen Bonitäten in derselben Weise zusammenwirken, oder mit andern Worten, daß der Massenzuwachs in einem gegebenen Alter bei allen Bonitäten in einem annäherungsweise konstanten Verhältnis zum Höhenzuwachs steht. Dies findet sich auch in allen Ertragstafeln bestätigt.

Wenn die Formzahl sich (z. B. in der Jugend) erheblich mit der Bonität ändert, so spielt dies natürlich in die hier erörterten Beziehungen mit hinein, ohne daß dadurch jedoch die Hauptzüge der soeben genannten Regel verwischt oder unkenntlich gemacht werden.

Rein physiologisch läßt sich die relative Konstanz des Grundflächenzuwachses bei einem gegebenen Alter durch die entsprechende relative Konstanz der Blattmenge erklären; dies ist so zu verstehen, daß alle Bonitäten das Licht mit ungefähr gleicher Energie auszunützen versuchen und darum bei gleichem Alter ungefähr gleich schnell alle Lücken im Kronendach schließen.

Der Formzahlzuwachs (der unechten Formzahlen) wird bekanntlich in den jungen Altern für die Totalmassen-Formzahl negativ und für die Derbholz-Formzahl positiv sein müssen. In den höheren Altern tritt eine relative Konstanz der Formzahlen ein. Die Totalmassen-Formzahlen für Laubholz weisen sogar oft in den höheren Altern eine Steigung auf.

Wie oben mehrfach erwähnt, beeinflussen diese bei verschiedener Bonität verschieden verlaufende Bewegungen der Formzahlgröße den Grundflächenzuwachs auf verschiedener Weise, und zwar besonders in den jungen Altern. Durch Verwendung des Systems der echten Formzahlen wird dieser Einfluß ganz oder teilweise beseitigt werden können. — —

Nach Wiedemann (1937, S. 203) hat es den Anschein, als könne eine stärkere Durchforstung den Kulminationszeitpunkt des Stammgrundflächenzuwachses (und Massenzuwachses) in bezug auf das Alter nach unten verschieben, ohne daß dies jedoch einen mit Sicherheit erkennbaren Einfluß auf den während eines Umtriebs erzielbaren Gesamt-Stammgrundflächen- oder Massen-Zuwachs ausübt.

In bezug auf den *Zersetzung des Abfalls im Walde* geben die Untersuchungsergebnisse Anlaß zu folgenden Betrachtungen:

Die Ursachen für die Humus-Anhäufung mit darauffolgender Rohhumusbildung im Walde sind im allgemeinen hauptsächlich darin zu sehen, daß die ärmeren Bodenarten den Regenwürmern und Bakterien keine günstigen Lebensmöglichkeiten bieten; die Arbeit der Regenwürmer, die im Zusammenmischen der Laubreste mit der mineralischen Erde besteht, und ebenso die rasche, etwa drei Viertel des Abfalls verarbeitende Zersetzungstätigkeit der Bakterien bleibt infolgedessen aus (BORNEBUSCH 1930).

Zu diesen Faktoren kann nun noch ein weiterer, primärer Faktor hinzugefügt werden, nämlich die Menge und Zusammensetzung des Abfalls im Verhältnis zur Zersetzungssfähigkeit (Stoffumsetzungsfähigkeit) des Bodens.

Die Umstände, die eine kräftige Waldvegetation bedingen (hohe Bonität), sind größtenteils dieselben wie die, die eine rasche Stoffumsetzung auf dem Boden herbeiführen[1]). Beides ist der sichtbare Ausdruck von vegetativen Wachstumsprozessen, deren Haupterfordernisse im wesentlichen die gleichen sind: angemessene Feuchtigkeit, angemessene Wärme, ausreichende Sauerstoffzufuhr sowie reichliche Versorgung mit den anorganischen Pflanzennährstoffen.

Für die Baumvegetation gesellt sich hierzu noch die Forderung nach Licht und Kohlensäure, doch sind dies auf der andern Seite wiederum Forderungen, die ohne Unterschied der Bonität in gleichem Ausmaße erfüllt werden.

Nimmt man nun an, daß die Stoffumsetzungsfähigkeit des Bodens zugleich mit der zunehmenden Bonität ungefähr im Verhältnis zur steigenden Zuwachsfähigkeit des Waldes ansteigt — was vermutlich wirklich der Fall ist —, so würde allein schon wegen der nachgewiesenen Unterschiede in der Menge und Zusammensetzung des Abfalls die Wahrscheinlichkeit einer Humusanhäufung bei niedriger Bonität bestehen.

Außer dem relativ weit größeren Blattfall bei den niedrigen Bonitäten läge hier dann noch die unvorteilhafte Tatsache vor, daß der Astverlust einen so weitaus geringeren Teil der gesamten Abfallmenge ausmachte.

---

[1]) Nur gehen die Wurzeln der Waldbäume auch tief in den Boden hinunter.

Dies würde einesteils bedeuten, daß die Lagerung des Abfalls eine dichtere wäre (wie die Blätter eines Buches), wobei dann auch der physische Zustand ein dementsprechend ungünstigerer sein müßte, und andernteils, daß die das Laub festhaltende und sammelnde sowie auch Windschutz gewährende Wirkung, die die herabgefallenen Zweige und Äste ausüben, eine geringere sein würde.

Durchforstung, Blattfläche und Zuwachs. Denken wir uns einen großen kubischen Raum, z. B. 30×30×30 m groß, der oben mit einem einfachen, und das bedeutet hier insbesondere: einschichtigen Deckel aus lichtundurchlässigem Pappkarton verschlossen wäre, so würde der Boden des Raumes völlig dunkel sein.

Denken wir uns sodann den Kartondeckel in kleine Stücke zerschnitten, deren jedes ungefähr die Größe eines Blattes hätte, nnd stellen wir uns zunächst vor, daß diese Stückchen in derselben Ebene und in der gleichen Anordnung frei nebeneinander schweben würden wie vor dem Ausschneiden, so würde der Kastenboden immer noch nahezu völlig dunkel sein. Aber denken wir uns nun weiter jedes Stückchen für sich allein an einer senkrechten Achse sowohl drehbar als auch auf und ab beweglich, und lassen wir die einzelne Stückchen verschieden grosse Bewegungen ausführen, so ist klar, daß einerseits die auf den Boden gelangende Lichtmenge größer werden wird, während andrerseits der durchschnittliche Belichtungsgrad aller Stückchen sich verringern muß, weil ja nun nicht mehr alles Licht von ihnen aufgefangen und zurückgehalten wird.

Gleichzeitig wird sich aber auch herausstellen, daß die Stückchen ihre Lichtzufuhr auf eine andre Art und Weise erhalten. Sie werden sich zum Teil — und zwar zu verschiedenen Zeitpunkten auf verschiedene Weise — gegenseitig überschatten, und das Hauptergebnis hiervon wird sein, daß jedes Stückchen, durchschnittlich betrachtet, einen Wechsel zwischen beinahe voller Beleuchtung und mehr oder minder stark reduzierter Beleuchtung durchmachen wird. Und zwar wird die durchschnittliche Reduktion prozentual ebenso groß sein wie die prozentuale Lichtmenge, die jetzt auf den Boden gelangt.

Handelt es sich bei alledem nun anstelle der Pappstücke um Blätter, so liegt zunächst die Vermutung nahe, daß deren Zuwachs in dem gleichen Maße abnehmen wird wie ihre Belichtung. Indessen ist von BOYSEN JENSEN's und STÅLFELT's Untersuchungen her bekannt, daß der Rückgang stets weit schwächer ist, als man nach der soeben erwähnten Annahme erwarten müßte, und daß er häufig sogar gleich Null ist, weil z. B. die Assimilation des Buchen-Lichtblattes ihren ungefähren Höhepunkt bereits bei 60—70 % der vollen Sommerbeleuchtung erreicht und die Assimilation des Buchen-Schattenblattes noch früher.

Das empfangene Licht wird demnach von den auf verschiedene Höhenlagen verteilten, getrennt belegenen Blättern besser ausgenutzt, als wenn die Blätter dicht nebeneinander, d. h. ungetrennt, und alle in der gleichen Ebene liegen. An diesen Sachverhalt denkt BOYSEN JENSEN, wenn er von einer »günstigeren Anordnung des Assimilationssystems« spricht, und falls es möglich sein sollte, durch Anwendung einer stärkeren Durchforstung eine größere Blattmasse zu schaffen und aufrechtzuerhalten, so müßte es ebenfalls möglich sein, mittels der stärkeren Durchforstung einen größeren Zuwachs zu erzielen.

Die vorliegende Untersuchung zeigt jedoch, daß eine stärkere Durchforstung im Durchschnitt genommen keine dauernde Erhöhung der Blattmenge zur Folge hat, mitunter im Gegenteil. Der Sachverhalt muß wahrscheinlich der sein, daß eine stärkere Durchforstung zwar an sich die Blattmenge vergrößern kann, nämlich zu dem Zeitpunkt, da ein Bestand nach erfolgtem Hieb im Begriff ist, sich wieder ganz zu schließen, daß aber dieser Zustand starker Vertikalverteilung des Laubs bei gleichzeitig vollem Schluß des Bestandes keineswegs stabil ist. Wird nicht eingegriffen, schließt sich der Wald zu stark, dann sterben die untersten Blätter ab, und damit ist dann auch die Höhenverteilung weniger umfassend. Die Vorbedingungen für tiefe Kronen müssen ständig aufs neue durch öffnende Eingriffe geschaffen werden. Und die Wirkung dieser für den Zweck notwendigen Eingriffe ist offenbar gerade so stark, daß zwar die Laubfülle des einzelnen Baums größer wird, nicht aber die durchschnittliche Laubfülle des Bestandes. Ein eigentümliches Gleichgewichtsgesetz macht sich hier geltend, das folgendermaßen zu formulieren ist:

In einem Bestande kann eine umfassendere Höhenverteilung des Laubs nebst dadurch bedingter größerer Laubmenge je m^2 Schirmfläche für den einzelnen Baum dauernd aufrechterhalten werden nur durch eine mittels ständig erneuter Durchforstungen vorzunehmende Öffnung des Bestandes, die genau so weit zu gehen hat, daß sie prozentual gerade ebensoviel ausmacht wie die Zunahme der Laubmasse je m^2 für den einzelnen Baum.

Die Tatsache, daß der Zuwachs trotz stärkerer Durchforstung gleich bleibt, oft sogar vorübergehend ansteigt, obwohl die Gesamtmenge des von den Blättern aufgefangenen Lichts infolge der Durchforstung verringert ist, scheint BOYSEN JENSEN's Annahme zu bestätigen, daß sich ein vorteilhafterer Aufbau des Assimilationssystems durch stärkere Durchforstung erzielen ließe. Doch bleibt noch zu erklären, warum nach einer etwaigen Zuwachsstimulierung später ein Rückschlag eintritt, der dann zu dem Gesamtergebnis führt, daß der Zuwachs während einer beispielweise 40jährigen Periode bei verstärkter Durchforstung nicht zunimmt. Ich habe früher versucht dies dadurch zu erklären, daß der verstärkte Lichtzugang eine Reizwirkung auf die Kambial-Tätigkeit ausübt, und daß während der Zuwachsbeschleunigung Stoffreserven verbraucht werden, möglicherweise Reserven von Wachstumsstoffen.

Bei der Beurteilung der Frage wird es jedoch angebracht sein, auch die Tatsache in Betracht zu ziehen, daß sowohl BOYSEN JENSEN's als auch STÅLFELT's Versuche von der Voraussetzung ausgehen, daß die Blätter (Nadeln) während der Versuchszeit ausreichend mit Wasser versorgt sind.

In der Natur wird diese Voraussetzung indessen nicht immer in gleichem Umfange erfüllt sein. Wir werden die Sachlage näher betrachten.

Da die durchschnittliche Laubmenge durch die Durchforstung nicht verändert wird, so wird vermutlich auch die Menge der Niederschläge nicht nennenswert beeinflußt, die innerhalb des Bestandes den Erdboden erreicht. Dies könnte zu der Annahme führen, daß die Wasserversorgungsmöglichkeiten des Bestandes und somit zugleich diejenigen seiner Laubmasse auch bei verschiedenen Durchforstungsstärken ungefähr gleich seien. Doch ist hierbei auch die Wasserförderungshöhe mit in Betracht zu ziehen, und diese ist durchschnittlich am kleinsten in den stark durchforsteten, tiefkronigen Beständen. Viel-

leicht ist hierin eine wesentliche Ursache für die den Zuwachs beschleunigende Wirkung der Durchforstung zu suchen, die man besonders in älterem Buchenwald beobachtet hat, wo die Durchforstung teilweise zur Bildung einer sekundären Krone führt und wo sich die Äste in allen Fällen sofort nach dem Forsteingriff stark senken. (Bestände im Forstrevier Farum, auf dem Gut Frijsenborg und an andern Stellen).

Die auf alle Fälle teilweise erfolgende »Rückzahlung« des Mehrzuwachses, die, wie die Versuche ergeben, später innerhalb eines Zeitraum von 20 bis 30 Jahren erfolgt, kann dann zum Teil vielleicht auch dadurch erklärt werden, daß der Bestand während der starken Durchforstung über das für das Alter normale Maß hinaus die Wasserreserven des Bodens erschöpft hat.

Lichtbäume und Schattenbäume. Das vorgelegte Material ermöglicht einen Beitrag zur Erklärung gewisser Wachstums-Unterschiede zwischen Lichtbäumen auf der einen und Schattenbäumen auf der andern Seite sowie ferner eine teilweise Aufklärung über den Unterschied in Massenzuwachs zwischen Laub- und Nadelbäumen.

1. Höhenwuchs. Es ist eine bekannte Tatsache, daß Lichtbäume sich gegenüber den Schattenbäumen durch ein weit schnelleres Jugendwachstum auszeichnen, daß dafür aber die Wachstumsgeschwindigkeit später nachläßt, so daß die schließlich erreichte Höhe einer Lichtbaum-Art oft geringer ist als die der nächststehenden Schattenbaum-Arten (z. B. Eiche und Buche). Untersuchungen von Boysen Jensen (1929, 1932) und Stålfelt (1924) haben gezeigt, daß die Lichtblätter von Lichtbäumen bei vollem Licht eine größere Produktionskapazität erreichen können als die ausgesprochensten Lichtblätter von Schattenbäumen[1]). In den Anfangsjahren des Wachstums wird diese Tatsache für

[1]) Möglicherweise bildet die Birke eine Ausnahme (vgl. Boysen Jensen 1932, S. 44). Doch ist es zweifelhaft, ob eine einzige Bestimmung der Assimilationskurve für eine Baumart ausreicht, um ihr Allgemeingültigkeit zuzuschreiben. Werden Birkenblätter von einem guten Standort nicht eine grössere Assimilation aufweisen als die von einem schlechten Standort (z. B. wegen grösseren Nährstoffgehalts)? Und werden Lichtblätter von ganz jungen Pflanzen nicht eine grössere Assimilation ergeben als Lichtblätter von älteren Bäumen? Dass das letztere bei der Birke der Fall ist, glaube ich ganz entschieden. Eine unmittelbare Betrachtung dieser zwei Arten Blätter bestätigt diese Annahme. Die Blätter der jungen Pflanze scheinen in ganz besonders hohem Masse von Kraft zu strotzen.

die Wachstumsgeschwindigkeit ausschlaggebend sein, weil die Pflanze in ihren ersten Jahren wegen ihrer Kleinheit noch gar nicht imstande ist, Licht- und Schattenblätter in deutlicher Differenziertheit voneinander auszubilden, so daß der Vorteil, in dem sich die Schattenbäume auf diesem Gebiete befinden, in den jungen Jahren das Gesamtbild noch nicht beeinflust. Zum Ausgleich für die große Kapazität seiner Lichtblätter hat der Lichtbaum späterhin eine erheblich begrenztere Fähigkeit zur Ausfüllung des Raumes mit Blättern als die Schattenbaum-Art. Es sei hier an die von Boysen Jensen (1932, S. 68 u. a. St.) hervorgehobene geringere Fähigkeit der Lichtbäume zu einem ökonomischen Aufbau des Blattsystems erinnert, welcher Umstand zur Folge hat, daß die Blätter einander in unzweckmäßiger Weise gegenseitig beschatten, so daß zu einer bestimmten Blattmasse eine verhältnismäßig große Reisermasse gehört und das Licht nicht voll ausgenutzt wird. Beispielsweise beträgt die Blättfläche je m^2 Bestandesfläche bei der Eiche nur etwa die Hälfte von derjenigen der Buche, das Trockengewicht je m^2 zwei Drittel. Die Dinge müssen also vermutlich wohl so liegen, daß die Pflanze in ihren ersten Jahren, in denen sie nur wenige, einander unerheblich beschattende Blätter besitzt, bei einigermaßen normalem Lichtzugang nur Lichtblätter benötigt, und daß darum die Baumart am stärksten wächst — auch der Höhe nach —, deren Blätter in ausgeprägtestem Maße den spezifischen Charakter von Lichtblättern tragen: die Lichtbäume.

Späterhin dagegen, wenn das Assimilationssystem sich voll entfaltet hat (das bedeutet: seine Fähigkeit zur Überdachung des Bodens voll entwickelt hat), wird die Baumart den größten Zuwachs leisten können — jedenfalls der Masse nach, aber auf die Dauer auch der Höhe nach —, die das Licht am vollständigsten auszunutzen vermag: die Schattenbäume.

2. Massenzuwachs, Blattmenge, Wasserverbrauch, Mineralstoffverbrauch. Vergleicht man einander nahestehende Licht- und Schattenbäume paarweise miteinander, z. B. Eiche mit Buche oder Kiefer mit Fichte, so werden sofort gewisse gemeinsame Hauptzüge der beiden Vergleichsreihen auffallen. Es lassen sich annäherungsweise die folgenden Gleichungen aufstellen (alle Angaben je ha und unter der Voraussetzung gleicher Wachstumsbedingungen und Durchforstungsgrade):

$$\frac{2}{3} = \frac{\text{Zuwachs Eiche}}{\text{Zuwachs Buche}} = \frac{\text{Zuwachs Kiefer}}{\text{Zuwachs Fichte}} = \frac{\text{Stammgrundfläche Eiche}}{\text{Stammgrundfläche Buche}} =$$

$$\frac{\text{Stammgrundfläche Kiefer}}{\text{Stammgrundfläche Fichte}} = \frac{\text{Blattmasse Eiche}}{\text{Blattmasse Buche}} =$$

$$\frac{\text{Wasserverbrauch Eiche}}{\text{Wasserverbrauch Buche}}.$$

Dagegen ist das Verhältnis $\frac{\text{Nadelmasse Kiefer}}{\text{Nadelmasse Fichte}}$ nicht $\frac{2}{3}$, sondern etwa $\frac{1}{3}$, was man unwillkürlich mit den Zahlen für den Wasserverbrauch der beiden Baumarten in Zusammenhang bringt. Nach BURGER's Blattmengenbestimmungen, die er selbst (1939, 1940, 1941) mit v. HÖHNEL's Transpirationsmessungen kombiniert hat, gelten die folgenden, bei der Fichte hier ein wenig nach unten korrigierten Zahlen[1]):

Jährlicher Wasserverbrauch je ha

Buche	2000 t
Eiche	1200 t
Fichte	2000 t
Kiefer	500 t

Wenn wir uns bis auf weiteres ausschließlich an Buche und Eiche halten, so scheint es, als ob das Durchschnittsblatt, im ganzen genommen und abgesehen von den ersten Jugendjahren, ohne Unterschied der Baumart ungefähr die gleiche Assimilationsfähigkeit je Gewichtseinheit besitzt.

Wie groß in einem gegebenem Alter und an einem gegebenen Standort der jährliche Zuwachs je ha werden kann, scheint daher in der Hauptsache davon abzuhängen, wie groß die Blattmengen sind, die auf 1 ha angebracht werden können, und in dieser Beziehung wird die Buche als Schattenbaumart die höhere Zahl erreichen.

Des weiteren zeigt sich, daß dem Verhältnis zwischen den Zuwächsen nicht nur dasjenige zwischen den Blattmassen und Grundflächen ungefähr entspricht, sondern ungefähr auch

---

[1]) Die von V. HÖHNEL verwendeten etwa 5jährigen Fichtenbäume besassen etwa 5 Jahrgänge Nadeln, wohingegen bei älteren Bäumen mit 6—7 voll benadelten Jahrestrieben zu rechnen ist, von denen den älteren keine so grosse Transpiration je Gewichtseinheit beigemessen werden kann wie den jüngeren (vgl. STÅLFELT 1924).

das Verhältnis zwischen und die Lichtausnutzung den Wasserverbrauch.

Alles deutet darauf, daß die beiden Baumarten in jeder Beziehung, durchschnittlich für alle Blätter, ungefähr gleich arbeiten, ausgenommen gerade in bezug auf die Blattmasse, die jede von ihnen auf 1 ha anzusetzen vermag. Die Zahlen für ihren Mineralstoffverbrauch je m^3 Holz liegen ebenfalls dicht beieinander (WOLFF 1874, 1880).

Völlig anders liegen diese Dinge, sobald wir Kiefer und Fichte mit einander vergleichen. Schon BURGER hat darauf hingewiesen, daß die Kiefernnadeln in jeder Beziehung ökonomischer arbeiten als die Fichtennadeln.

Mit etwa $^1/_3$ der Nadelmasse der Fichte je ha und etwa $^1/_4$ des Wasserverbrauchs der Fichte je ha ist die Kiefer imstande, etwa $^2/_3$ des Massenzuwachses der Fichte zu leisten, und dies bei einem geringeren Mineralstoffverbrauch je m^3 (MORK 1942).

Es muß sich hierbei um eine Lichtnadel-Tätigkeit von im Verhältnis zur Fichte außerordentlich viel höherer Kapazität handeln (vgl. STÅLFELT 1924). Ähnliches muß auch für die Douglasfichte gelten (vgl. Übersicht über BURGER's Untersuchungsergebnisse S. 22).

Bei den andern als den bisher genannten Baumarten scheint sich überall das Verhältnis zu wiederholen, daß innerhalb derselben Hauptgruppe (Nadel- oder Laubbäume) die ausgeprägtere Schattenbaumart im Durchschnitt ihrer Lebensdauer stets den größeren Zuwachs leistet, auch an Trockenstoff, ebenso wie sie das größere Blattgewicht je ha besitzt.

Zur Beleuchtung dieses Sachverhalts habe ich die sogleich folgende Übersicht über einige skandinavische Laubmassenermittlungen zusammengestellt, die in bezug auf die Standortsbonität einigermaßen vergleichbar sein dürften und denen einige Zahlen für Massen-Zuwachs zugefügt sind, die sich auf ungefähr gleiche Standortsbedingungen beziehen dürften. Die Zahlen sind aus Ertragstafeln entnommen, zum Teil mit Hilfe von Schätzung. Die eingeklammerten Ziffern sind als weniger gesichert anzusehen. Bei Buche, Eiche und Fichte sind die dänischen Ertragstafeln nach Bonitäten benutzt worden, die übrigen Zahlen wurden mit Hilfe der Verhältniszahlen bestimmt,

die aus den Ertragstafeln von SCHWAPPACH und anderen Forschern stammen.

Baumart	Trockengewicht der Blätter od. Nadeln g je m² Bestandesfläche	Quelle	Durchschn. jährl. Zuwachs an Totalmasse je ha für einen Umtrieb	
			m³	t Trockenstoff
Buche	250	CARL MAR: MÖLLER	11	6,2
Eiche	185	CARL MAR: MÖLLER	7	4,0
Esche	250	BOYSEN JENSEN 1927—30	(8)	4,6
Birke » »	130 150 160	MORK 1942 NORDFORS 1923 KNUDSEN u. MAURITZ HANSEN 1939	(6)	(3)
Fichte	1200	CARL MAR: MÖLLER	17	6,6
Kiefer »	490 500	AMILON 1925 TIREN 1927	11	4,6
Lärche	(etwa 200)	CARL MAR: MÖLLER	(11)	(5)

Das Blattgewicht für Lärche ist auf Grund von Tabelle 6 durch Vergleich mit meinen übrigen Tabellen geschätzt worden.

Die Ziffern für den Trockenstoff wurden mit Hilfe der Raumdichtezahlen von TRENDELENBURG (1939, S. 230) berechnet.

Es ist ersichtlich, daß die große Volumenleistung der Nadelbäume in erster Linie durch das geringere Raumgewicht des Holzes bedingt ist, da auf besserem Boden zwischen der Trockenstoffproduktion der Laub- und der Nadelbäume kein großer Unterschied besteht (wie schon von WEBER 1888 hervorgehoben). Wenn die Nadelbäume dafür bekannt sind, daß sie auf geringerem Boden mehr Trockenstoff produzieren, so ist dieser Umstand hauptsächlich wohl ihrem in der Regel geringerem Bedarf an Mineralstoffen zuzuschreiben (WOLFF 1874); bei der Kiefer kommt noch der geringere Wasserbedarf hinzu. Ferner wirkt bei den meisten Nadelbäumen vermutlich auch ihr Charakter als immergrüne Pflanzen mit, durch den sie in den Stand gesetzt sind, ihre Assimilationstätigkeit auch zu

solchen Zeitpunkten auszuüben, bei denen die Laubbäume noch nicht ausschlagen (ÅLVIK 1939).

Weiter ist das folgende zu bemerken: Die Lärche scheint hinsichtlich ihrer Assimilations-Energie je Gewichtseinheit des Laubes den Laubbäumen nahezustehen, was auch von vornherein als wahrscheinlich gelten mußte. Die Kiefer steht den Laubbäumen näher als der Fichte. Erinnert man sich daran, daß der Chlorophyllgehalt der Assimilationsorgane bei Fichte und Kiefer nur ungefähr halb so groß ist wie bei den Laubbäumen (STÅLFELT 1924, S. 224), so darf man sagen, daß das Chlorophyll der Kiefer ungefähr mit derselben Intensität arbeitet wie das der Laubbäume.

Dagegen nimmt die Fichte (und nehmen vermutlich die meisten Picea- und Abies-Arten) eine völlig abweichende Stellung ein; denn es scheinen zur Hervorbringung eines gegebenen Zuwachses bei der Fichte mindestens doppelt so große Chlorophyllmengen in Aktivität zu sein, und bei der Tanne ist nach KNUCHEL (1914) mit noch größeren Mengen zu rechnen. — Vermutlich liegt das daran, daß wenn alles (oder beinahe alles) Licht mit Hilfe von Nadeln aufgefangen werden soll, eine erheblich größere Stoffaufwendung nötig ist, als wenn es durch die Blätter mit ihrer dazu weit geeigneteren Form geschieht. Bei der Fichte wird sich daher eine größere Menge schwach assimilierendes Laub ergeben als bei einem Laubbaum.

Ganz eigenartige und stark abweichende Verhältnisse herrschen bei Baumarten wie Bergkiefer, Stechpalme, Wacholder u. a. m., deren Laub ein auffallend geringes Produktionsvermögen besitzen. Worauf dies zurückzuführen ist, geht aus der vorliegenden Arbeit nicht hervor. Im übrigen grenzen mehrere dieser Baumarten ihrem Aussehen nach an den Typus der Sträucher.

3. Zeitpunkt des Ausschlagens. Typisch für die Lichtbaum-Arten ist endlich ihre im Verhältnis zu den Schattenbäumen durchgängig frühzeitige Belaubung.

Indessen bestehen in dieser Beziehung beträchtliche Unterschiede, und zwar in der Weise, daß beinahe alle zerstreutporigen Lichtbaum-Arten frühen Laubausbruch zeigen, wohingegen die ringporigen Lichtbaum-Arten (Esche, Eiche, Eßkastanie u. a.) sich in der Regel spät belauben. Den letztgenannten Umstand hat HUBER (1935) damit in Zusammenhang

gebracht, daß die ringporigen Lichtbaum-Arten einen Teil des neuen Frühholzes bereits vor dem Laubausbruch gebildet haben müssen, weil die Aufwärtsförderung des Safts in der Hauptsache nur in den Gefäßen des jungen Frühholzes vor sich gehen kann und so gut wie gar nicht in den älteren Jahrringen.

Über die Ursache davon, daß die zerstreutporigen Lichtbaum-Arten fast alle frühzeitig ausschlagen, ist dagegen bisher wohl noch nichts bekannt.

Auch das hier vorgelegte Material kann zur Beantwortung dieser Frage nichts Entscheidendes beitragen. Doch mutet es als wahrscheinlich an, daß die außerordentlich große Assimilationsenergie in den Lichtblättern der Lichtbäume eine Rolle spielt. Vermutlich sind ihre Knospen (und vielleicht auch noch andere Organteile) gegenüber dem Lichtreiz in demselben Maße empfindlicher, in dem die Assimilationsenergie der Lichtblätter bei ihnen größer ist als bei den Schattenbäumen.

X.

DANSK RESUMÉ.

Litteraturen.

Den foreliggende Litteratur om Emnet er indgaaende refereret.

Grundlæggende for Emnets Bearbejdning har følgende af BOYSEN JENSEN (1910) opstillede Stofproduktionsligning været:

Bladenes Netto-Assimilation (den apparent. Ass.) ÷ Bladtab ÷ Grenetab ÷ (Rodtab) ÷ Respirationstab i Stamme, Grene (og Rod) = Massetilvæksten i Stamme, Grene (og Rod) + evt. Frø.

Litteraturen rummer iøvrigt en Rigdom af Enkeltoplysninger om Løvmængder (Masse, Flade, Antal), til Dels set i Sammenhæng med Masse- og Tilvæksttal, men kun lejlighedsvis i Sammenhæng med Vækstbonitet, Alder, Udhugningsstyrke o. l.

Respirationstabet er kun i ret faa Tilfælde oplyst og langtfra med en Sikkerhed, der svarer til Løvmassens Bestemmelse. Dog har klart den Lovmæssighed kunnet konstateres, at Respirationen ret nær er proportional med Trædelens Overflade.

Grenetabet er kun i ganske faa Tilfælde oplyst og ved stærkt fejlbehæftede Fremgangsmaader.

Rodtabet findes næppe behandlet.

Righoldigst navnlig med Hensyn til Løvmængde og Tilvækst er det Materiale, som er fremlagt af BURGER, omfattende Bevoksninger af Bøg, Weymouthsfyr, Douglasie, Rødgran og Skovfyr, til Dels af forskellig Alder og Proveniens paa forskellige Voksesteder.

Systematisk bedst tilrettelagt og trængende dybest ind i Stofproduktionsproblemet er de af BOYSEN JENSEN og BOYSEN JENSEN & D. MÜLLER ydede Arbejder. Disse Forskere er naaet

til at opstille en paa gode Maalinger baseret fuldstændig Produktionsbalance for unge Bevoksninger af Bøg og Ask, hvor Tal er fundet (i t Tørstof pr. ha aarlig) for henholdsvis Bladfald, Respiration, Grenetab, Tilvækst (forstlig) og Bruttoproduktion, alt ved to forskellige Hugststyrker.

Noget Arbejde efter en samlet systematisk Plan til Klarlæggelse af alle de forskellige Faktorers indbyrdes Samspil er dog endnu ikke fremlagt. (Foruden Bladfald, Respiration, Grenetab og Bruttoproduktion ogsaa Alder, Højde, Vækstbonitet, Udhugningsstyrke op gennem Aldrene m. m.).

Af den foreliggende Litteratur fremgaar, at disse Sammenhæng maa være ret komplicerede. Den af nogle Forskere og mange praktiske Forstmænd formodede simple Relation mellem Løvmængde og Tilvækst er i alle Tilfælde ikke til Stede, selv for den enkelte Bevoksning af den enkelte Træart.

En Sammenstilling af forskellige stammeklassevise Undersøgelser (smlgn. S. 57) af Forholdet $\frac{\text{Tilvækst} > 7 \text{ cm}}{\text{Løvmængde}}$ viser, at dette Forhold er mindst for undertrykte Træer, oftest kulminerer for herskende eller medherskende Træer i nogenlunde stærkt huggede Bevoksninger og igen falder for meget fremherskende eller fritstillede Træer. I Bevoksninger, der ikke er fulgt med en nogenlunde stærk Udhugning, synes Forholdet ikke at naa nogen Kulmination. Forklaringen paa Fænomenet er formentlig at søge i større Vindpaavirkning, forholdsvis større passiv Krone (den svagt assimilerende nederste og inderste Del af Kronen) og endelig i, at hos de mere fritstillede Træer en forholdsvis større Del af Tilvæksten gaar til Grenemassen ($<$ 7 cm).

Egne Undersøgelser.

Løvmængde, Bøg. Der er forelagt dels Resultatet af nogle allerede i 1925 anstillede Bladfaldsmaalinger*) (Tab. A bag i Arbejdet), dels Resultatet af nye og større Bladfaldsmaalinger ved Hjælp af udlagte Bakker, ca. 10 i hver Bevoksning i 1930, 1931 og 1932, omfattende 57 Bevoksninger i forskellige Egne af Danmark og saa vidt muligt serievis repræsenterende 1) forskellige Boniteter ved samme Alder og Hugstgrad, 2) forskellige

*) Meddelt ved Nordiske Naturforskeres Kongres i Kbhvn. 1928.

Aldre ved samme Bonitet og Hugstgrad og 3) forskellige Hugstgrader ved samme Bonitet og Alder.

Det viste sig dog umuligt at gennemføre en fuldstændig Isolation af de enkelte 3 Faktorer, saaledes at Serievirkningen kun til Dels har kunnet opnaas, ligesom nogle af Maalingerne har maattet udskydes paa Grund af, at Løvfaldet ikke var tilstrækkelig roligt. Alligevel maa Materialet anses for tilstrækkelig omfattende.

Der udarbejdedes en særlig Metode til Bestemmelse af Bladarealet blot ved Hjælp af Bladets største Tværmaal (Diameteren) (Fig. 3).

Samtidig med Bladfaldet bestemtes Vedmassefaktorer og Tilvækst (ved omfattende Boring).

Materialet, der er samlet i Tab. B (bag i Arbejdet), underkastedes en indgaaende (og tilfredsstillende) Fejlvurdering og oplagdes derefter grafisk, idet der samtidig skete en almindelig Korrektion for Forskelle med Hensyn til Udhugningsstandpunkt ved Hjælp af Kurven, Fig. 7.

Inden for Materialets Grænser kunde følgende Sammenhænge konstateres (smlgn. Fig. 9—25).

Bonitet. En Variation af Boniteten fra 1 til 4 (dansk) udøver ingen paaviselig Indflydelse paa Bladfladen eller Bladtørvægten pr. ha.

Faldende Bonitet medfører en svag Tendens til aftagende Bladstørrelse (Fig. 13). Bladtykkelsen synes derimod ikke at paavirkes.

Alder og Højde. Bladmængden naar sin fulde Størrelse allerede kort efter Kulturens Slutning, men viser iøvrigt en svag Stigning (10—20 $^0/_0$) fra det 20. til det 120. Aar. Samtidig finder vistnok en svag Nedgang i Bladstørrelsen Sted. Bladtykkelsen paavirkes ikke.

Udhugningsstyrke. Det viste sig, at Bladvægt og Bladflade kan holde sig næsten konstant ved meget varierende Udhugningsstyrker (fra ca. 35 til 18 m^2 Grundflade pr. ha efter Udhugning ved ca. 50 Aar, Fig. 22).

Først naar det Punkt naas, hvor Bevoksningens Slutning begynder at brydes afgørende, falder Bladmængden tydeligt.

Bladstørrelse og Bladtykkelse paavirkes ikke af Udhugningsstyrken (smlgn. Tab. B, Sorö I og II).

Klima. Klimaets Indflydelse var i de 3 Aar 1930—32

kun ringe. I regnrige Aar med lav Temperatur og et ringe Antal Solskinstimer synes Bladflade og Bladstørrelse gennemgaaende størst, Bladtykkelsen derimod mindst (smlgn. Fig. 28 og Tab. 1 og 2).

Da Tilvæksten varierer med Bonitet og Alder, medens Bladfladen holder sig nogenlunde konstant, kan der ikke ses nogen Sammenhæng mellem Bladmængde og Tilvækst. En saadan Sammenhæng er kun konstateret i Forbindelse med Udhugningsakten (se nedenfor). En grafisk Analyse af Grundfladetilvæksten (Fig. 26) viser ingen Paavirkning af Udhugningsstyrken, hvilket er i god Overensstemmelse med de af WIEDEMANN (1932, 1937) og andre fundne Resultater.

Det er sandsynligt, at den Kurve for Forholdet mellem aarlig løbende Tilvækst paa den ene Side og Udhugningsstyrke eller Lysstillingsgrad paa den anden, som er vist i Fig. 27, ret godt vil modsvare ogsaa Kurven for Bladmængde pr. ha ved varierende Udhugningsstyrke eller Lysstillingsgrad.

Den fundne betydelige Konstans med Hensyn til Løvmængde pr. ha maa formentlig forklares saaledes, at det til CO_2-Bindingen nødvendige Lys altid er relativt nær ved Minimum, sammenlignet med de andre Vækstfaktorer. Derfor sørger en Bevoksning altid for under alle Omstændigheder saa vidt muligt at udnytte de forhaandenværende Lysmængder. (Smlgn. Landbrugs-Kulturer, se Fodnote S. 266).

Svarende hertil fornemmes svagt gennemhuggede Bevoksninger af samme lokale Race og under samme Klima erfaringsmæssigt omtrent lige mørke med varierende Alder og Vækstbonitet. I Troldeskoven under Rold Skov S. f. Aalborg, en i mange Aar ikke gennemhugget Bøgebevoksning af Bonitet under 6, fandt Forf. saaledes ved gentagne Maalinger kun 1—$1^1/_2$ % af det fulde Sommer-Sollys uden for Skoven. Først ved meget lav Bonitet, hvor man nærmer sig det Punkt, hvor Bevoksningen ikke længer kan holde sig sluttet, synes et udpræget Fald i Bladmængden at indtræde.

Disse Resultater modsiges ikke eller bekræftes endog af de af BURGER samt BOYSEN JENSEN & D. MÜLLER fundne Tal og stemmer ogsaa ret godt overens med flere ældre tyske Strøfaldsmaalinger (f. Eks. EBERMAYER og DANCKELMANN med Hensyn til Alderens og Bonitetens Indflydelse for Bøg, smlgn. S. 12, idet det maa erindres, at Strøelsen foruden Blade ogsaa inde-

holder en med Boniteten stigende Mængde Kviste). Det kan i denne Sammenhæng nævnes, at BURGER (1940) for de schweiziske Bøgeprøveflader angiver, at Massen under 7 cm Diam. er nogenlunde konstant gennem alle Bonitetsklasser.

Derimod angiver EBERMAYER et betydeligt Fald i Bladstørrelsen med stigende Højde over Havet, medens BURGER (for Naaletræ) og MORK (for Birk) m. fl. har fundet aftagende Løvmængde (og Tilvækst) med stigende Højde over Havet og BURGER (for Naaletræ) aftagende Løvmængde (og Tilvækst) for Provenienser af mere og mere nordlig eller alpin Proveniens.

Under Hensyn hertil kan nærværende Arbejdes Resultater kun anses for at have Gyldighed for nogenlunde samme genetiske Type og under nogenlunde samme Klima, medens man maa vente Udslag for større Forandringer i Klima eller Proveniens.

Udhugningsindgrebets direkte Indflydelse er ogsaa belyst gennem Forsøgene. Saavel Løvmængde som Grundfladetilvækst er nedsat det første Aar, men retter sig hurtigt op (smlgn. Fig. 7—8).

Den gennemsnitlige, ensidigt maalte Bladflade var for Materialet fra 1930—32 ca. 5.5 m^2 pr. m^2 og den gennemsnitlige Bladtørvægt ca. 250 g pr. m^2.

Løvmængde, Rødgran. I hver af 10 Bevoksninger paa Frijsenborg, repræsenterende forskellig stærk Udhugning og forskellige Boniteter og Aldre, er Naalemassen bestemt paa 10 (i et enkelt Tilfælde 9) Træer, der hver for sig er underkastet en Stammeanalyse, samtidig med at Bevoksningernes Vedmassefaktorer og Tilvækst er bestemt. Til Bestemmelsen af Naaleoverfladen er udarbejdet en Metode, hvorefter Naaleoverfladen findes som en Funktion af Naalelængden (S. 153), og Fejlen ved hele Naalemængdebestemmelsen er undersøgt og fundet tilstrækkelig lille. Pr. m^2 af Bevoksningens Areal fandtes i Gennemsnit 1,2 kg Naale (Tørvægt), medens den totale Naaleoverflade gennemsnitlig laa paa 13,1 m^2, altsaa væsentlig lavere Tal end de af BURGER for schweizisk Bakkeland fundne.

Samtlige Resultater findes fremlagt i Tab. 3, og i Tab. C bag i Arbejdet.

Med Hensyn til Sammenhæng mellem Naalemængde pr. ha (og Naalestørrelse), Bonitet, Alder, Udhugningsstyrke og Tilvækst

er fundet Overensstemmelse med de foran for Bøg meddelte Resultater (smlgn. Fig. 30—36). Dette er ikke i Modstrid med EBERMAYER's og DANCKELMANN's Undersøgelser, hvorefter Strøfaldet for Naaletræer synes at have nogen Tendens til Fald med Alderen og Boniteten, idet med samme levende Naalemasse pr. ha en større Massetilvækst vil betyde større Naaleafkastning.

En Analyse af Forholdet hos de 99 Prøvetræer (Tab. 4) har bl. a. vist, at Vedtilvæksten pr. Naalevægtsenhed stiger med faldende Værdi af Forholdet $\frac{\text{Naalevægt}}{\text{Vedmasse}}$, d. v. s. at Naalene gennemsnitlig arbejder bedst paa Træer med relativt mindst Naalemængde i disse meget stærkt udhuggede Bevoksninger (smlgn. HARTIG m. fl., se S. 57).

Forklaringen maa være en mindre Procent Skyggenaale, jvnf. S. 58 og 262.

Løvmængde, andre Træarter. Løvmængdeundersøgelser er i 1932 anstillet i 3 af Forsøgsvæsenets Prøveflader i 40 aarig Eg paa Bregentved, behandlet med forskellig Hugst (ingen Hugst, Bregentved-Hugst, Vemmetofte-Hugst). Resultaterne er forelagt i Tab. 5. Bladfladen pr. m^2 ligger ved ca. 3.0 m^2, altsaa ved lidt over Halvdelen af Normaltallet for Bøg[1]) og Bladvægten ved $^2/_3$ til $^3/_4$, faldende fra 195 g/m^2 ved ingen Hugst over 185 ned til 173 g ved Vemmetoftehugsten, hvor ingen 2. Etage efterlades. Da sidste Udhugning var sket kun 2 Aar før, er denne Kadence ventelig.

---

[1]) Til Sammenligning kan anføres følgende Tal for den ensidigt maalte Bladoverflade i Landbrugskulturer. Tallene er meddelt mig af Professor Dr. DETLEV MÜLLER.

Kløvergræs, overvejende Rødkløver, Landbohøjskolens Forsøgsmark, Kbhvn. $^8/_7$ 1943	5,4	m^2	pr. m^2
Lucerne, smstds. $^{10}/_7$ 1943	5,3	»	»
Tystofte Prentice-Byg, smstds. lige før Skridning $^{11}/_6$ 1943 max.	3,7	»	»
Kenia-Byg, smstds. og Aar, men efter Skridning, max.	2,6	»	»
Øtofte Sukkerroe, Studsgaard Forsøgsstation $^{16}/_9$ 43	3,3	»	»
Wilhelmsborg Kaalroe, smstds. $^{16}/_9$ 43	1,8	»	»
Ørne-Havre, fuldgødet, smstds. $^{17}/_5$ 43	2,3	»	»
do. , ugødet, » »	0,22	»	»

Tallene fra Studsgaard skyldes Forstander FRODE HANSEN.

Man ser, at de tætteste Landbrugskulturer kan opnaa omtrent samme Bladflade som Skov. Rimeligvis er ogsaa her, ligesom hos Træarterne, en Differentation i Lys- og Skyggeplanter til Stede. Endvidere synes Jordens Vækstbonitet (fuldgødet og ugødet Havre) at have Indflydelse paa Bladfladen.

Yderligere er foretaget Løvmængdebestemmelser paa Enkelttræer af Bøg, Eg, Birk og Lærk (Tab. 6). Resultaterne viser, at man kun med største Usikkerhed kan overføre Tal fra Kronens Projektionsareal til at gælde pr. ha af Bevoksningens Areal. Pr. m^2 Kroneprojektion fandtes for Birk 304—348 g Løv og for Lærk 330 g (alt Tørvægt). Medens Bladvægten (g) pr. m^2 Bladflade (»Bladtykkelsen«) hos Bøg ligger ved godt 40, ligger den hos Eg ved ca. 65 og hos Birk ved ca. 70.

Grenetab.. Ad matematisk Vej er ved Hjælp af Tilvækstoversigter og andre Maalinger udledet følgende Tilnærmelsesformel for Greneafkastningen (Grenetabet):

$$A = 0{,}5\ M\ (1 - k),$$

hvor A = Afkastningen, k = Kroneforholdet og M = Massen, enten forstaaet som Bevoksningens hidtidige Tilvækst i Totalmasse pr. ha, hvorved Formelen giver den hidtidige Greneafkastning i Totalmasse, eller forstaaet som den gennemsnitlige aarlige Tilvækst for en ikke for kort Periode, hvorved Formelen giver Periodens genmsnitl. aarlige Greneafkastning, under Forudsætning af jævnt ført Hugst.

Rodtab. Paa Basis af praktiske Erfaringer med Stødoptagning og v. Hj. af fysiologiske Overvejelser er det hidtidige Rodtab skønsvis ansat $\lesseqgtr$ den i den forhaandenværende Krone hidtil skete Greneafkastning.

Respirationstab i Veddet. Nogle tidligere (1938) publicerede Respirationsmaalinger i Stammeskiver af ældre Træer af Bøg, Eg, Ask, Rødgran, Lærk, foretaget af D. Müller og Forf. er fremlagt i ny grafisk Bearbejdning (Fig. 39—45). De viser bl. a. Koncentration af Respirationen nær Overfladen, især hos Hjerteved-Træarterne, mindre hos Splinttræarter som Bøg, hvor der selv i ca. 100 aarige Tværsnit kan være levende Celler lige til Marven. Hovedsagelig er Respirationen dog en Funktion af Overfladen.

Ved Hjælp af i Litteraturen tidligere meddelte Resultater af Respirationsundersøgelser for yngre Træer og Bevoksninger (Boysen Jensen og D. Müller) og nogle af A. Oppermann udførte højdelagsvise Analyser af Vedmassen i ældre Bøgeskov er be-

regnet en Række Tal for Aars-Respirationen i Skov af Bøg, Ask og Rødgran af forskellig Højde (men omtrent samme Bonitet), idet den Forudsætning er anvendt, at Grene (eller Stamme) under ca. 15 cm Diameter har samme Respiration pr. Rumenhed, hvad enten de sidder i Toppen af et lille eller af et stort Træ, og idet der iøvrigt er gaaet ud fra, at Respirationen omtrent er proportional med Vedlegemets Overflade (smlgn. JOHANSSON 1933 og PRINTZ 1937).

Opridsning af Produktionsspektrer. De som refereret fremskaffede Data for diverse Stoftab er endelig sammen med kendte Tilvæksttal forsøgsvis sammenstillet i grafiske Fremstillinger (Fig. 46—48), der hver for sig for en Træart og Bonitet udtrykker Produktionsbalancens Ændringer med Alderen. Saadanne Spektrer er opridset for Bøg og Rødgran Bon. 2 og Ask svarende til Bøg Bon. 1—2, men det er angivet, at de især paa Grund af Respirationstabets Usikkerhed kun kan betragtes som en første Orientering. Sikrest maa Produktionsspektret for Bøg antages at være.

Diskussion.

Løvmængdens Sammenhæng med Tilvækstforholdene i Almindelighed. Det er nævnt ovenfor, at Bladmassens relative Konstans, maa betyde, at Skoven altid søger at udnytte Lysfaktoren fuldt. Bunden holdes i alle Boniteter af egentlig Skov af en given Træart omtrent lige stærkt dækket, og et udtyndende Indgreb i Kronetaget overvindes med omtrent lige stor Energi i alle Boniteterne.

At dette maa være rigtigt, ses bl. a. ogsaa af, at Grundfladetilvæksten ved samme Alder ikke er meget forskellig for forskellige Boniteter, svarende til det fra danske og udenlandske bonitetsvise Tilvækstoversigter kendte Forhold, at de løbende Totalmasse-Tilvækster i forskellige Bevoksninger af samme Træart ved en given Alder forholder sig omtrent som Højderne.

I de danske bonitetsvise Tilvækstoversigter (CARL MAR: MØLLER 1933) har ca. 80 aarig Bøg følgende aarlige Grundfladetilvækster: Bon. I 0,60 m², Bon. II 0,60 m², Bon. III 0,58 m², Bon. IV 0,58 m² og Bon. V 0,60 m². Højden for Bøg Bon. I er ved 80 Aar ca. 29 m, Højden for Bon. V ca. det halve. For 50 aarig Rødgran gælder følgende Tal: Bon. I 1,3 m², Bon. II

1,2 m², Bon. III 1,1 m², Bon. IV 1,1 m², Bon. V 1,0 m², Bon. VI 0,9 m².

For Norge har ganske vist EIDE & LANGSÆTER (1941) omtrent følgende aarlige Grundfladetilvækster for ca. 50 aarig Gran:

Bon. A 1,3 m², Bon. B 1,1 m², Bon. C 1,0 m², Bon. D 0,8 m², Bon. E 0,6 m². Men det er maaske tænkeligt, at Bundens med faldende Bon. oftest stigende Stenethed her kan spille ind.

For Schweiz har FLURY (1907 S. 217) for 80 aarig Bøg følgende aarlige Grundfladetilvækster:

Bon. I 0,40 m², Bon. III 0,29 m², Bon. V 0,20 m².

For ca. 50 aarig Rødgran (Hügelland) har FLURY:

Bon. I 1,21 m², Bon. III 1,07 m², Bon. V 0,88 m².

Tallene for Bøgens Grundfladetilvækst er her mærkværdigt lave. De stemmer ogsaa daarligt med FLURY's eget Urmateriale (vid. l. c. pg. 166), hvorefter Grundfladetilvæksten ved 80 Aar er ca. 0,55 m² uden sikkert Fald med Boniteten (se nærmere nærv. Arb. S. 244).

WIEDEMANN (1932, S. 57) udtaler sig saaledes med Henblik paa de meget talrige og gennem lange Tidsrum iagttagne preussiske Bøgeprøveflader:

»Grundfladetilvæksten pr. ha. er forbløffende uafhængig af Boniteten. Allerede efter SCHWAPPACHS A-Oversigter i 1911 havde ved 70—100 Aars Alder 1. Bonitet en mindre Grundfladetilvækst end 2., og 3. Bonitet endog 11 % større Grundfladetilvækst end 1. Bonitet. Ogsaa den nu udførte Gennemarbejdning af hele Materialet viste det samme....«

For Rødgranens Vedkommende siger WIEDEMANN (1937, S. 198) bl. a.:

»De absolute Værdier for de 3 bedste Boniteters Grundfladetilvækster viser kun en Variation paa c. 10 %.... I Modsætning til Bøg.... angiver de nye Rødgran-Oversigter i alle Aldre en større Grundfladetilvækst for de bedre Boniteter. Dog er ogsaa her, i det mindste til 80 Aars Alderen, Forskellene kun smaa, saaledes at de ikke har nogen praktisk Betydning.«

Til Lettelse af Sammenligning mellem de fremlagte Tal kan omstaaende Højdetal tjene.

Det kan se ud, som om der er en principiel Forskel paa Bøg og Rødgran (Løvtræ og Naaletræ?) med Hensyn til Grundfladetilvæksten, saaledes at denne hos Bøg synes saa nogenlunde uafhængig af Boniteten, medens den hos Rødgran vel

Bøg ca. 80 Aar	Højde m efter Udh.		
	Bon. I	Bon. III	Bon. V
FLURY	29,4	24,6	19,7
WIEDEMANN	27,7	19,9	—
CARL MAR: MØLLER	28,9	21,5	14,0

Rødgran ca. 50 Aar	Højde m	
	Bon. I eller A	Bon. V eller E
FLURY (Hügelland)	24,5	15,2
WIEDEMANN	21,2	6,8
EIDE & LANGSÆTER	20,0	8,0
CARL MAR: MØLLER	24.0	12,0

forandrer sig ret lidt med Boniteten, men dog umiskendeligt falder med denne.

Da Grundfladetilvæksten saaledes i alle Tilfælde og ganske særlig hos Bøg ganske som Løvmængden kun viser svag Afhængighed af Boniteten, bliver (i det mindste for Bøg og under samme klimatiske Forhold) hverken Bladfladen eller Grundfladetilvæksten i en sluttet Skov afgørende for den samlede Massetilvækst gennem en Omdrift, men i Hovedsagen kun Højdetilvækstmuligheden, der vistnok igen hovedsagelig er bestemt af Muligheden for Kronernes Vandforsyning, saaledes som den er betinget primært af fysiske Jordbundsforhold og Klima og, mere sekundært, af Tilgangen af de almindelige Plantenæringsstoffer.

Den aarlige løbende Massetilvæksts Forløb gennem Bevoksningens Liv følger som bekendt en opadbuet Kurve, oftest med Kulmination i den tidlige Mellemalder. Denne Kurve er hverken sammenfaldende med Kurven for den aarlige løbende Højdetilvækst, der har et langt stærkere Fald med Alderen, eller med Kurven for Grundfladetilvæksten eller med en simpel Kombination af de to. Forholdet er det, at Massetilvæksten (foruden af Formtalstilvæksten, som der i lange Perioder af den ældre Mellemalder kan ses bort fra) er afhængig ikke blot af Grundflade- og Højdetilvækst, men ogsaa af den til enhver Tid opnaaede Højde og Grundflade, saaledes som det allerede er udredet af WIEDEMANN (1932, S. 82).

Tages dette sidste Forhold med i Regning, faas den løbende

Massetilvækst (i den ældre Mellemalder, hvor Formtallet holder sig nogenlunde konstant) tilfredsstillende bestemt af Grundflade- og Højdetilvæksten.

Eller da Grundfladetilvæksten (især for Bøg) gennem Aldrene er den samme for de forskellige Boniteter, vil dette sige, at den løbende Massetilvækst bestemmes af en for alle Boniteter fælles, løbende Grundfladetilvækst, kombineret med den enkelte Bonitets Højdekurve og Formtalsgangen. Dette Forhold simplificerer Opstillingen af Lokaltilvækstoversigter, idet de særegne Massetilvækstforhold meget ofte vil være helt eller aldeles overvejende bestemt af de særegne Højdetilvækstforhold (f. Eks. stagnerende Højdetilvækst paa fladgrundet Jord).

Der kan herefter gives følgende Bidrag til en fysiologisk Forklaring paa *det typiske Forløb af Tilvækstkurverne for de enkelte Massefaktorer* (pr. ha og Aar).

Massetilvæksten. I sin første Ungdom udnytter Bevoksningen endnu ikke fuldt alle tilstedeværende Produktionsmuligheder. Bunden er endnu ikke dækket af det grønne Løv, og Rødderne findes kun spredt og nær Overfladen.

Naturligvis vil da Massetilvæksten pr. ha og Aar kunne stige.

Endnu efter at den fulde Bladfylde er naaet (for Bøg ved 15—20 Aar) kan Massetilvæksten vise Stigning, fordi Rodsystemet fortsætter sin Udvikling i Dybden og derved en Tid lang kan udnytte nye Muligheder for Vand- og Mineralforsyning (og dermed ogsaa for CO_2 Assimilationen), indtil sluttelig vel ogsaa Rodsystemet pr. ha naar en tilnærmelsesvis konstant Størrelse.

Før eller senere vil dog den Tid komme, hvor Vedmassens stadig voksende Respirationstab overvejer de nævnte Forbedringer af Assimilationsmulighederne. Massetilvæksten kulminerer da og vil fra nu af begynde at synke[1]).

Hertil bidrager dog sikkert ogsaa den Omstændighed, at Kronen med voksende Træhøjde kommer til at lide under stigende Vandhævnings-Vanskeligheder (smlgn. Boysen Jensen 1932 S. 103), saa at Spalteaabningerne ikke kan holdes saa længe aabne som tidligere.

[1]) A. Howard Grøn (1943 S. 23) har paa interessant Maade belyst Tilvækstgangen v. Hj. af den fra Nationaløkonomien kendte Grænseudbytte-Lov.

Højdetilvæksten. Det er let at forestille sig, at ogsaa Højdetilvæksten maa stige i de aller første Aar, hvor Massetilvæksten er i stejl Stigning. Fra Kimplante udvikler Individet sig til ungt Træ. Relativt hurtigt derefter kulminerer Højdetilvæksten. Det er naturligt at tænke sig voksende Vandhævningsvanskeligheder som Hovedaarsag hertil, og det er sandsynligt, at de tiltager i omtrent samme Grad som Højdetilvæksten aftager. Der er, som det hedder, sørget for, at Træerne ikke vokser ind i Himlen.

Imidlertid spiller maaske ogsaa følgende Forhold en Rolle:

At Højdetilvæksten kulminerer, betyder paa ingen Maade, at ogsaa Massetilvæksten maa kulminere. Hvis f. Eks. Grundfladetilvæksten og Formtallet holder sig uforandret, vil Massetilvæksten altid være proportional med Højden og altsaa stige, saa længe der overhovedet finder en Højdetilvækst Sted.

Omvendt maa, hvis Massetilvækst og Formtal er konstante, enten Højdetilvæksten eller Grundfladetilvæksten eller de begge falde tilsvarende.

Selv om hele Forholdet paa Grund af de mange varierende Faktorer er ret kompliceret, ligger dog derefter den Antagelse nær, at saavel Grundflade- som Højdetilvækst maa kulminere før Massetilvæksten, og dette er faktisk ogsaa Tilfældet.

Det er endvidere indlysende, at saavel Højdetilvæksten som Grundfladetilvæksten efter deres Kulmination maa synke langt hurtigere end Massetilvæksten, saaledes som det ogsaa fremgaar af alle Tilvækstoversigter.

Grundfladetilvæksten. Af de samme Grunde som ovenfor er det klart, at ogsaa Grundfladetilvæksten pr. ha og Aar maa vokse i den tidligste Ungdom, og at den maa kulminere før Massetilvæksten. I Virkeligheden kulminerer den endog før Højdetilvæksten.

Da de givne Vækstbetingelser, herunder ogsaa Alderen, maa finde deres umiddelbare Udtryk i Massetilvæksten, kan man betragte denne som det primære Tilvækstfænomen, medens Højdetilvæksten kan opfattes som et sekundært og Grundflade- og Formtalstilvækster som tertiære Fænomener.

At Grundfladetilvækstkurven (hos Bøg) næsten ikke paavirkes af Variationer i Boniteten, betyder, samme Formtal for samme Alder forudsat, at Forholdet mellem Massetilvækst og Højdetilvækst ved en given Alder er tilnærmelsesvis ens for alle Boniteter, som det ogsaa fremgaar af enhver Tilvækstoversigt.

Hvis Formtallet, f. Eks. i Ungdommen, ændrer sig væsentlig med Boniteten, paavirker det naturligvis de nævnte Relationer, uden at dog ovennævnte Regels Hovedtræk derved udviskes.

Rent fysiologisk lader Grundfladetilvækstens relative Konstans ved en given Alder sig forklare ved Bladmængdens tilsvarende Konstans, saaledes at forstaa, at alle Boniteter med omtrent samme Energi søger at udnytte Lyset og derfor ved samme Alder lukker Huller i Kronetaget omtrent lige hurtigt.

Formtalstilvæksten (paa de uægte Formtal) maa som bekendt i de unge Aldre blive negativ for Totalmasse-Formtallet og positiv for Formtal, der kun gælder Massen $>$ 5 eller 7 cm. I de højere Aldre indtræder en nogenlunde Konstans af begge Slags Formtal. Totalmasseformtallet for Løvtræ viser endog ofte en Stigning i de ældste Aldre.

Som nævnt maa disse ved forskellig Bonitet forskelligt forløbende Ændringer af Formtallet ogsaa paavirke Grundfladetilvæksten forskelligt, ganske særlig i Ungdommen. Ved Anvendelse af de ægte Formtal vilde denne Indflydelse helt eller delvis kunne fjernes. — —

Efter WIEDEMANN (1937 S. 203) synes det, som om en forstærket Udhugning kan forskyde Kulminationstidspunktet for Grundfladetilvæksten (og Massetilvæksten) nedad i Alder, uden at dette har nogen sikker Indflydelse paa den Grundflade- eller Massetilvækst, der kan naas i Løbet af en normal Omdrift.

Med Hensyn til *Omsætningen af Skovens Affald* giver Resultaterne Anledning til følgende Betragtninger:

Aarsagerne til Humusophobning med paafølgende Mordannelse i Skov ses i Almindelighed fortrinsvis deri, at de magre Jorder ikke afgiver gunstige Livsvilkaar for Regnorme, hvis Arbejde med at sammenblande Løvresterne med den mineralske Jord da udebliver, og for Bakterier, hvis hurtige nedbrydende Virksomhed, som omfatter ca. $^3/_4$ af Affaldet, da ogsaa udebliver (smlgn. BORNEBUSCH, 1930).

Til disse utvivlsomme Faktorer kan nu føjes en ny og primær Faktor, nemlig Affaldets Mængde og Sammensætning i Forhold til Jordbundens omsættende Evne.

De Forhold, der betinger en kraftig Skovvegetation (høj Bonitet) er i og for sig de samme, som betinger en hurtig Omsætning paa Bunden. Begge Dele er Udtryk for vegetative

Vækstprocesser, hvis Hovedfordringer i det væsentlige er de samme: passende Fugtighed, passende Varme, tilstrækkelig Ilttilgang, og en rigelig Forsyning med de uorganiske Plantenæringsstoffer.

For Trævegetationens Vedkommende kommer hertil Fordringen om Lys og Kulsyre, men det er paa den anden Side Fordringer, der i ens Grad tilfredsstilles uden Hensyn til Boniteten af Jorden.

Hvis man nu antager, at Jordbundens Omsætningsevne stiger med stigende Bonitet ganske i Forhold til Skovens stigende Tilvækstevne, hvad der er sandsynligt, vil der alene i Kraft af de paaviste Forskelle i Affaldets Mængde og Sammensætning være Sandsynlighed for en Humusophobning paa den lave Bonitet.

Foruden det relativt langt større Bladfald vil der her findes den ugunstige Omstændighed, at Grenetabet udgør en saa langt ringere Del af det samlede Affald.

Dette vil dels betyde en tættere Lejring af Affaldet (som Bladene i en Bog) med tilhørende mindre gunstig fysisk Tilstand, dels vil den løvsamlende og lægivende Virkning, som de nedfaldne Grene yder, være mindre, hvad der især har Betydning paa vindudsatte Steder.

Udhugning, Bladflade og Tilvækst. Tænker vi os et stort kubisk Rum, f. Eks. paa $30 \times 30 \times 30$ m, lukket foroven med et enkelt Lag ugennemskinneligt Karton, vil Bunden af Rummet være helt mørk.

Tænker vi os nu, at Kartonet klippes i smaa Stykker, hvert af omtrent samme Størrelse som et Blad, og forestiller vi os først Smaastykkerne svævende tæt Side om Side i samme Flade og Orden, som før de blev klippet ud, vil Bunden fremdeles være næsten mørk. Men tænker vi os derpaa Smaastykkerne hvert for sig bevægelige langs en lodret Akse, og lader vi dem hver for sig foretage forskellige større og mindre Bevægelser, er det klart paa den ene Side, at den Lysmængde, der naar Bunden, vil blive større, og paa den anden Side, at Stykkernes gennemsnitlige Belysningsstyrke vil blive mindre, da nu ikke alt Lys standses af Stykkerne.

Samtidig vil det vise sig, at Stykkerne vil faa Lystilgangen paa en anden Maade. De vil delvis og til forskellige Tidspunkter

paa forskellig Maade skygge for hinanden med det Hovedresultat, at der for Gennemsnitsstykket vil ske en Veksling mellem næsten fuld Belysning og mere eller mindre reduceret Belysning. Den gennemsnitlige Reduktion vil i Procent svare til den Procent af Lyset, der naar Bunden.

Drejer det sig nu om Blade i Stedet for Kartonstykker, kunde det lyde sandsynligt, at deres Tilvækst maatte gaa ned svarende til den reducerede Lys-Nydelse. Men fra BOYSEN JENSEN's og STÅLFELT's Undersøgelser ved vi, at Nedgangen i alle Tilfælde bliver langt svagere end ventet og maaske ofte nærmer sig 0, da Bøge-Lysbladets Assimilation naar sin omtrentlige Kulmination allerede ved 60—70 pCt. af fuldt Sommerlys.

Det modtagne Lys udnyttes altsaa for saa vidt fordelagtigere af de i vertikal Retning spredte Blade end af de i samme Plan og tæt liggende Blade. Det er dette, BOYSEN JENSEN sigter til, naar han bruger Udtrykket: »en gunstigere Ordning af Assimilationssystemet«, og hvis der ved den stærkere Hugst kunde skabes og opretholdes en større Bladmasse pr. ha, skulde ogsaa en større Tilvækst være mulig ved den stærke Hugst.

Nu viser nærværende Undersøgelse, at der gennemsnitlig ikke opnaas en større Bladmængde ved den stærkere Hugst, og Forholdet maa rimeligvis være det, at vel kan man ved en stærkere Hugst opnaa en større Bladmængde, nemlig paa det Tidspunkt, hvor Bevoksningen efter en Udhugning er ved at slutte sig fuldt igen. Men denne Tilstand af stærk Vertikal-Spredning af Løvet samtidig med fuld Slutning af Bevoksningen er ikke stabil. Gribes der ikke ind, sluttes Skoven for stærkt, og de nederste Blade dør, Vertikalspredningen mindskes. Der maa stadig paany ved aabnende Indgreb skabes Mulighed for dybe Kroner. Og disse nødvendige Indgrebs lysnende Virkning er aabenbart netop saa stærk, at vel det enkelte Træs Løvfylde bliver større, men ikke Bevoksningens gennemsnitlige Løvfylde. En mærkværdig Afbalanceringens Lov gør sig gældende, som formuleret i Ord maa lyde saaledes:

En stærkere Vertikalspredning af Løvet i en Bevoksning med tilhørende større Løvmasse pr. m^2 Areal for det enkelte Træ, kan kun varigt opretholdes ved en procentvis saa stærk Aabning af Bevoksningen gennem stadig tilbagevendende Udhugning, som netop svarer til Forøgelsen af Løvmassen pr. m^2 for det enkelte Træ.

Dette, at Tilvæksten ved stærkere Hugst opretholdes, ja ofte endog midlertidig stiger, til Trods for at Hugsten nedsætter den af Bladene ialt opfangede Lysmængde, synes at bekræfte BOYSEN JENSEN's Tanke om en fordelagtigere Opbygning af Assimilationssystemet ved stærkere Hugst. Tilbage staar at forklare, hvorfor der efter en eventuel Tilvækststimulering senere sker et Tilbageslag i Tilvæksten med det samlede Resultat, at Tilvæksten gennem en f. Eks. 40 aarig Periode ikke med Sikkerhed er større for stærk Hugst. Jeg har tidligere villet forklare dette derved, at der under Tilvækstaccelerationen skulde være forbrugt Reservestoffer (mulig til Dels Vækststoffer).

Ved Bedømmelse af Spørgsmaalet er det dog sikkert rigtigt ogsaa at tage følgende Forhold i Betragtning: BOYSEN JENSEN's saavel som STÅLFELT's Forsøg har som Forudsætning, at Bladene (Naalene) under Forsøgstiden er tilstrækkeligt forsynet med Vand.

I Naturen vil denne Forudsætning ikke altid være tilfredsstillet i lige høj Grad. Det kan derfor tænkes, at den ved stærkere Hugst opnaaede bedre Ordning af Assimilationssystemet kun medfører Fordel, saalænge Vandforsyningen er tilstrækkelig.

Da den gennemsnitlige Løvmængde ikke ændres ved Hugsten, paavirkes formentlig heller ikke nævneværdigt den Mængde Nedbør, der naar Jorden i Bevoksningen. Man kunde derfor tro, at Bevoksningens og dermed Løvmassens Vandforsyningsmulighed var nogenlunde ens ved forskellig Hugstgrad. Her kommer dog Vandhævningshøjden med i Betragtning, og denne er gennemsnitlig mindst i den stærkt huggede dybtkronede Bevoksning, hvilket kunde bidrage til at forklare den tilvækstaccelererende Virkning af Hugsten, som ikke mindst kendes fra ældre Bøgeskov, hvor der ved Hugsten til Dels dannes sekundær Krone, og hvor Grenene i alle Tilfælde straks efter Hugstindgrebet sænker sig stærkt (Bevoksninger paa Farum Skovdistrikt og Frijsenborg m. fl. Steder).

Den i alt Fald delvise »Tilbagebetaling« af Mertilvæksten, som Forsøg tyder paa finder Sted senere, indenfor et Tidsrum af 20—30 Aar, kan saa maaske til Dels ogsaa forklares ved, at Bevoksningen under den stærke Hugst har tæret stærkere paa Jordens Vandreserver end normalt for den paagældende Alder.

Lystræer og Skyggetræer.

Det fremlagte Materiale rummer Muligheden for et Bidrag til Forklaringen af visse Vækstforskelle mellem Lystræer paa den ene Side og Skyggetræer paa den anden, ligesom ogsaa Tilvækstforskellen mellem Løvtræer og Naaletræer til Dels kan belyses.

1. Højdevæksten. Det er velkendt, at Lystræerne i Forhold til Skyggetræerne udmærker sig ved langt hurtigere Ungdomsvækst, idet til Gengæld Væksthastigheden senere, omkring Mellemaldrene, falder tilbage, saaledes at den sluttelig opnaaede Højde oftest bliver mindre for en Lystræ-Art end for de nærmeststaaende Skyggetræ-Arter (f. Eks. Eg og Bøg). Undersøgelser af BOYSEN JENSEN (1932) og STÅLFELT (1924) har vist, at Lystræernes Lysblade kan naa en større Produktionskapacitet ved fuldt Lys end Skyggetræernes mest udprægede Lysblade[1]). I Vækstens Startaar vil dette Forhold blive bestemmende for Væksthastigheden, idet Planten i sine første Aar paa Grund af sin ringe Størrelse endnu ikke har nogen Mulighed for en væsentlig Uddifferentiering i Lys- og Skyggeblade, og Skyggetræernes Fortrin paa disse Punkter derfor ikke kommer til at gribe ind i Billedet. Til Gengæld for sine Lysblades store Kapacitet har Lystræet senere hen en meget mere begrænset Evne til at udfylde Rummet med Blade end Skyggetræ-Arten. Der skal her erindres om den af BOYSEN JENSEN (1932, S. 68 m. fl. Steder) fremhævede ringere Evne hos Lystræerne til en økonomisk Opbygning af Bladsystemet, som bevirker, at Bladene paa uhensigtsmæssig Maade skygger for hinanden, saa at der gaar forholdsvis større Kvistmasse paa en given Bladmasse, og Lyset ikke fuldt udnyttes. Bladfladen pr. m^2 ligger f. Eks. for Eg kun ved godt det halve af Bladfladen for Bøg, og Tørvægten pr. m^2 kun ved $^2/_3$. Forholdet maa da formentlig ligge saaledes, at i Plantens første Aar, hvor der kun er faa Blade, som ikke nævneværdigt skygger for hinanden, bliver

[1]) Birk, smlgn. BOYSEN JENSEN 1932, S. 44, kan synes at danne en Undtagelse, men det er tvivlsomt, om en enkelt Bestemmelse af Assimilationskurven for en Træart er tilstrækkelig almengyldig. Vil Birkeblade fra en god Lokalitet ikke give større Assimilation end Blade fra en daarlig Lokalitet? (F. Eks. paa Grund af større Næringsstofindhold). Og vil Lysblade fra helt unge Planter ikke give større Assimilation end Lysblade fra ældre Træer? Dette sidste tror jeg afgjort er Tilfældet for Birkens Vedkommende. En umiddelbar Betragtning af de to Slags Blade synes at bekræfte Antagelsen. Den unge Plantes Blade synes i særlig Grad at strutte af Styrke.

der ved nogenlunde normal Lystilgang kun Brug for Lysblade, og derfor vil den Træart vokse mest, ogsaa i Højden, hvis Blade er mest udspecialiserede som Lysblade og har den største Lysudnyttelsesevne, altsaa Lystræet.

Senere, naar Assimilationssystemet har naaet sin fulde Udvikling (d. v. s. sin fulde Evne til at dække over Jorden) vil den Træart kunne yde størst Tilvækst, ialt Fald i Masse, men aabenbart i Længden ogsaa i Højden, der fuldstændigst formaar at udnytte Lyset, altsaa Skyggetræarten.

2. Massetilvæksten, Bladmængden, Vandforbruget, Mineralstofforbruget. Sammenligner man parvis hinanden nært staaende Arter af Lys- og Skyggetræer, f. Eks. Eg med Bøg og Skovfyr med Rødgran, vil visse fælles Hovedtræk i de to Sammenligningsrækker hurtigt vise sig paafaldende. Man vil med ganske god Tilnærmelse kunne opstille følgende Ligninger (alle Angivelser pr. ha og forudsættende samme Vækstvilkaar og Udhugningsstyrke):

$$\frac{2}{3} = \frac{\text{Tilv. Eg}}{\text{Tilv. Bøg}} = \frac{\text{Tilv. Fyr}}{\text{Tilv. Gran}} = \frac{\text{Grundfl. Eg}}{\text{Grundfl. Bøg}} =$$

$$= \frac{\text{Grundfl. Fyr}}{\text{Grundfl. Gran}} = \frac{\text{Bladmasse Eg}}{\text{Bladmasse Bøg}} =$$

$$= \frac{\text{Vandforbrug Eg}}{\text{Vandforbrug Bøg}}$$

Derimod er Forholdet $\frac{\text{Naalemasse Fyr}}{\text{Naalemasse Gran}}$ ikke $\frac{2}{3}$ men ca. $\frac{1}{3}$, hvilket man uvilkaarligt sætter i Forbindelse med Træarternes Vandforbrugstal. Efter BURGER's Bladmængdebestemmelser, som han (1939, 1940, 1941) har kombineret med v. HÖHNEL's Transpirationsmaalinger faar man følgende, for Rødgran en Smule nedad korrigerede[1]) Tal:

	Aarligt Vandforbrug pr. ha
Bøg	2000 t
Eg	1200 t
Rødgran	2000 t
Fyr	500 t

[1]) De af v. HÖHNEL anvendte ca. 5 aarige Rødgranplanter har haft ca. 5 Aargange Naale, medens man hos ældre Træer maa regne med 6—7 fuldt benaalede Aarsskud, af hvilke de ældste ikke kan paaregne saa stor Transpiration pr. Vægtenhed som de yngre. (Smlgn. STÅLFELT 1924).

Hvis vi indtil videre holder os til Bøg og Eg alene, ser det ud, som om Gennemsnitsbladet pr. Vægtenhed stort set og bortset fra de første Ungdomsaar har omtrent samme Evne til Assimilation, uden Hensyn til Træarten.

Hvor stor den aarlige Tilvækst pr. ha i en given Alder og paa et givet Voksested kan blive, vil da i Hovedsagen afhænge af, hvor stor Mængde Blade der kan anbringes paa en ha, og her vil Skyggetræarten Bøg naa det højeste Tal.

Det vil videre ses, at Forholdet mellem Tilvæksterne modsvares ikke blot af Forholdet mellem Bladmasserne, men ogsaa omtrentligt af Forholdet mellem Lysudnyttelserne og Vandforbruget.

Alt tyder paa, at de to Træarter arbejder nogenlunde ens i alle Henseender undtagen netop med Hensyn til den Bladmasse, hver af dem formaar at anbringe paa en ha. Deres Mineralstofforbrug pr. m^3 Ved ligger ogsaa i Nærheden af hinanden (WOLFF 1874, 1880).

Anderledes bliver Forholdet, naar vi sammenligner Fyr og Gran. Som BURGER har paapeget det, arbejder aabenbart Fyrrenaalene i alle Henseender mere økonomisk end Grannaalene.

Med ca. $^1/_3$ af Rødgranens Naalemasse pr. ha og ca. $^1/_4$ af Rødgranens Vandforbrug pr. ha formaar Fyrren at yde ca. $^2/_3$ af Rødgranens Massetilvækst, med et mindre Mineralstofforbrug pr. m^3 (MORK 1942).

Det maa her dreje sig om en Lysnaale-Virksomhed af i Forhold til Rødgran ganske overlegen Kapacitet (smlgn. STÅLFELT 1924). Noget lignende maa gælde Douglasgran (smlgn. Oversigten over BURGER's Resultater S. 22).

Med Hensyn til andre Træarter end de hidtil nævnte synes det overalt at gentage sig, at inden for samme Hovedgruppe (Naaletræer eller Løvtræer) yder den mest udprægede Skyggetræart altid i Gennemsnit af sin Levetid den største Tilvækst, ogsaa i Tørstof, ganske som den har størst Bladvægt pr. ha.

Til Belysning heraf har jeg sammenstillet hosstaaende Oversigt over skandinaviske Løvmassebestemmelser, som med Hensyn til Voksestedsbonitet skulde være nogenlunde jævnførbare, og til hvilke er kædet nogle Tal for Massetilvækst, der skulde referere sig til omtrent ens Vækstforhold. (Tallene er udtaget af Tilvækstoversigter til Dels med Støtte af Skønnet). De i Parentes anførte Tal maa betragtes som mindre sikre. For Bøg,

Eg og Rødgran er anvendt de danske bonitetsvise Oversigter, medens de øvrige Tal er bestemt ved Hjælp af Forholdstal hentet fra SCHWAPPACH's og andres Tilvækstoversigter.

Tørstoftallene er beregnet ved Hjælp af Rumtæthedstal hentede fra TRENDELENBURG 1939, S. 230.

Bladvægten for Lærk er skønnet ud fra Tab. 6. sammenholdt med mine øvrige Tabeller.

Træart	Tørvægt af Blade eller Naale g pr. m² Bevoksningsareal	Kilde	Gennemsnitlig aarlig Tilvækst i Totalmasse for en Omdrift pr. ha	
			m³	t Tørstof
Bøg	250	CARL MAR: MØLLER	11	6,2
Eg	185	CARL MAR: MØLLER	7	4,0
Ask	250	BOYSEN JENSEN 1927—30	(8)	4,6
Birk » »	130 150 160	MORK 1942 NORDFORS 1923 KNUDSEN & MAURITZ-HANSSON 1939	(6)	(3)
Rødgran	1200	CARL MAR: MØLLER	17	6,6
Skovfyr »	490 500	AMILON 1925 TIRÉN 1927	11	4,6
Lærk	(c. 200)	CARL MAR: MØLLER	(11)	(5)

Det vil ses, at Naaletræernes store Volumenydelse først og fremmest er betinget af Veddets lavere Rumvægt, idet der paa bedre Bund ikke er stor Forskel paa Løv- og Naaletræernes Tørstofproduktion (som allerede fremhævet af WEBER 1888). Den større Tørstofproduktion, som Naaletræerne vides at yde paa ringere Bund maa vistnok hovedsagelig tilskrives det gennemgaaende ringere Mineralstofkrav (WOLFF 1874), for Fyr ogsaa det ringere Vandkrav. Hertil kommer ogsaa for de fleste Naaletræer deres Stedsegrønhed, som gør det muligt for dem at assimilere paa Tidspunkter, hvor Løvtræerne endnu ikke er sprunget ud (ÅLVIK 1939).

Videre maa følgende bemærkes: Lærk synes med Hensyn

til Assimilationsenergi pr. Vægtenhed Løv at staa Løvtræerne nær, hvad paa Forhaand maatte anses for sandsynligt. Fyr staar Løvtræerne nærmere end Gran. Naar det erindres (STÅLFELT 1924, S. 224), at Klorofylindholdet pr. Friskvægtenhed i Assimilationsorganerne hos Skovfyr og Rødgran kun er ca. det halve af de vigtigste Løvtræers, kan man sige, at Fyrrens Klorofyl arbejder omtrent med samme Intensitet som Løvtræernes.

Derimod indtager Rødgran (og formodentlig de fleste Picea- og Abies-Arter) en helt afvigende Stilling, idet for Rødgran mindst dobbelt saa store Klorofylmængder synes at være i Aktivitet for at frembringe en given Tilvækst, og efter KNUCHEL (1914) maa man for Ædelgran regne med endnu større Mængder. Formentlig skyldes dette Forhold, at det kræver en betydelig større Stofanvendelse at opfange alt (eller næsten alt) Lys ved Hjælp af Naale end ved Hjælp af Blade med deres for Lysopfangelsen langt gunstigere Form. Der vil da hos Granen blive en større Mængde svagt assimilerende Løv end hos Løvtræet.

Ganske særlige og stærkt afvigende Forhold har vi for Træarter som Bjergfyr, Kristjørn, Ene o. a., hvis Løv har en paafaldende ringe Produktionsevne. Hvad der kan være Aarsag til denne, kan nærværende Arbejde intet oplyse om. Iøvrigt staar flere af disse Arter i deres Udseende paa Overgang til Busktypen.

3. Udspringstid. Typisk for Lystræarterne er endelig deres i Forhold til Skyggetræerne gennemgaaende tidlige Løvspring.

Der er dog i saa Henseende betydelige Forskelle, i Hovedsagen saaledes, at næsten alle spredtporede Lystræarter har tidligt Løvspring, hvorimod de ringporede Lystræarter (Ask, Eg, ægte Kastanie m. fl.) som Regel har sent Udspring. Dette sidste har HUBER (1935) sat i Forbindelse med, at de ringporede maa have dannet en Del af det nye Vaarved, inden Løvspringet kan ske, fordi Saftstigningen i Hovedsagen kun foregaar i det nye Vaarveds Kar og saa godt som ikke i de ældre Aarringe.

Om Aarsagen til, at de spredtporede Lystræarter næsten alle har tidligt Løvspring, foreligger derimod vistnok intet.

Heller ikke det her forelagte Materiale kan bidrage afgørende til Belysning af Spørgsmaalet. Dog maa det forekomme sand-

synligt, at den ekstraordinært store Assimilationsenergi hos Lystræernes Lysblade spiller en Rolle. Paa et tidligere Tidspunkt end for Skyggetræernes Vedkommende, maa disse Blade kunne faa et Nettoudbytte ud af Assimilationsarbejdet, og det er da naturligt, om Vegetationsperioden begynder før. Formodentlig er Knopperne (og maaske ogsaa andre Dele af Træet) i samme Grad mere følsomme for Lyspirring, som Lysbladenes Assimilationsenergi er større end Skyggetræernes.

XI. LITERATURVERZEICHNIS:

ÅLVIK, G.: Über Assimilation und Atmung einiger Holzgewächse im westnorwegischen Winter. Medd. Nr. 22 fra Vestl. forstl. Forsöksanstalt, Bergen, 1939.

ALWAY and ZON: Quantity and nutrient contents of pine leaf litter. Amer. Journ. of Forestry 1930.

Anleitung zur Vornahme von Untersuchungen zum Zwecke der Erforschung des jährl. Waldstreufalles u. s. w.« Forstl. Mitt. herausgegeb. vom Kgl. Bayer. Ministerial-Forstbureau, Bd. IV, Heft. 2, 1867.

AMILON, J. A.: Barrmassan och stamtilväxten hos mellansvensk tall. Stockholm 1925.

BERTOG: Untersuchungen über den Wuchs und das Holz der Weisstanne und Fichte. Forstl.-naturw. Zeitschr. 1895.

BISTRUP. C.: Bladarealer. Dansk Skovf. Tidsskr., København 1943.

BLACKMAN. F. F.: Optima and limiting factors. An. of Bot. 19, 1905.

— and MATTHAEI, G.: A quantative study of carbon-dioxide assimilation and leaf-temperature in natural illumination. — Proc. Roy. Soc. of London 76, 1905.

BODMAN, G. B.: The forest floor developed under conditions of summer rainfall deficiency in a California pine and fir forest. Amer. Soil Survey Assoc. Bull. 1935.

BORNEBUSCH, C. H.: Skovbundens Dyreliv. Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, Bd. 11, 1930.

— Et Udhugningsforsøg i Rødgran. Ibidem Bd. 13, 1933.

— Iagttagelser over Rødgranens Naalefald. Ibidem Bd. 14, 1937.

BOYSEN JENSEN, P.: Studier over Skovtræernes Forhold til Lyset. Tidsskrift for Skovvæsen. Bd. 22, København 1910.

— Studies on the Production of Matter in Light- and Shadow-Plants. Botanisk Tidsskr. Bd. 36, København 1919.

— Studier over Stofproduktionen i Skov. Dansk Skovf. Tidsskr. 1921.

— Studier over Skovtræernes Forhold til Lyset. Dansk Skovforenings Tidsskrift, 1929.

— Undersøgelser over Stofproduktionen i yngre Bevoksninger af Ask og Bøg. II. Det forstl. Forsøgsv. i Danmark, Bd. X, 1930.

— Die Stoffproduktion der Pflanzen, Jena 1932.

— Respiration i Stamme og Grene af Træer. Svenska Skogsvårdsför. Tidskrift 1933.

— og D. MÜLLER: Unders. o. Stofprodukt. i yngre Bevoksn. af Ask og Bøg I. Det forstl. Forsøgsv. i Danmark, Bd. IX, 1927.

BURGER, HANS: Holz-, Laub- und Nadeluntersuchungen. Schweizer. Zeitschr. f. d. Forstw. 1925.

— Holz, Blattmenge und Zuwachs. Mitt. d. eidgen. Anst. f. d. forstl. Versuchsw. 1929—1942.

I. Die Weymouthsföhre. 1929.
II. Die Douglasie. 1935.
III. Föhren und Fichten verschiedener Herkunft. 1937.
IV. Ein 80-jähriger Buchenbestand. 1940.
V. Fichten und Föhren verschiedener Herkunft auf verschiedenen Kulturorten. 1941.
VI. Ein Plenterwald mittlerer Standortsgüte. 1942.
— Kronenaufbau gleichaltriger Nadelholzbestände. Gleiche Mitt. 1939.
— Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebsreifen Fichtenbeständen. Gleiche Mitt. 1939.
— Blattmenge und Zuwachs an Fichten in Plenterwald. Schw. Zeitschr. f. d. Forstw. 1938.
BUSSE: Baumkrone und Schaftzuwachs. Forstw. Centralbl. 1930.
BÜSGEN: Bau und Leben uns. Waldbäume. Jena 1927.
CAPELLETTI, C.: Ricerche sulla respirazione del legno. Annale di Botanica. Vol. XX. 1934.
— Sulla respirazione del legno ed i suoi rapporti con l'ecologia della pianta. Versamenti di lequido dalle perforazioni del fusto e loro significato. Annale di Botanica. Vol. XXI. 1938.
CHALK: The formation of spring- and summer wood in ash and Douglas fir. Oxford Forestry Memoirs, 10, 1930.
DALGAS, J. M.: Tilvækst- og Udbytteoversigter over danske Skovtræer. København 1920.
DANCKELMANN: »Streuertragstafel f. Kiefernbestände« und »Streuertragstafel f. Buchen- und Fichtenhochwaldungen«. Danckelmanns Zeitschr. f. Forst- u. Jgdw. Bd. 19. 1887.
DENGLER, A.: Analyse eines Kiefern-Buchenmischbestandes. Z. f. Forst- u. Jgdw. 1935.
— Kronengrösse, Nadelmenge und Zuwachsleistung von Altkiefern. Z. f. Forst- u. Jgdw. 1937.
EBERMAYER, E.: Die gesammte Lehre der Waldstreu. Berlin 1876.
— Untersuchungen über die Zahl und Grösse der Blätter in Eichen- und Buchenbeständen. Forstw. Centralblatt, Bd. 4, 1882.
EIDE og LANGSÆTTER: Produksjonsundersökelser i granskog. Medd. f. d. norske skogforsöksvesen, Oslo 1941.
FLEMES, E.: Zuwachsleistungen reiner Kiefern-Altbestände. Z. f. Forst- u. Jgdw. 1937.
FLURY: Ertragstafeln für die Fichte und Buche der Schweiz. Mitt. d. schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchsw. Bd. IX, 1907.
FORSAITH, C. C.: Anatomical reduction in some alpine plants. Ecology. 1920.
GAÜMANN, E.: Die chemische Zusammensetzung des Fichten- u. Tannenholzes in versch. Jahreszeiten. Flora 1928.
— Der Stoffhaushalt der Buche im Laufe eines Jahres. Ber. d. schweiz. bot. Gesellsch. 1935.
GOODWIN and GODDARD: The oxygen consumption of isolated woody tissues. Amer. Journ. of Botany, Vol. 27, Nr. 4, 1940.
GRADMANN, H.: Die Windschutzeinrichtungen an den Spaltöffnungen der Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. 62, 1923.

GRØN, A. HOWARD: Skovbrugets teoretiske Driftsøkonomi, I Afsnit, København 1943.

HARTIG, R.: Der Einfluss des Baumalters u. d. Jahrringbreite auf die Beschaffenheit des Holzes. Allg. Forst- u. Jgdz. 1884.

— Die Produktionsfähigkeit verschiedener Holzarten auf gleichen Standorten. Allg. Forst- u. Jgdz. 1888.

— und WEBER: Das Holz der Rotbuche. Berlin 1888.

HARTIG, R.: Wachstumsuntersuchungen an Fichten. Forstl.-naturwiss. Zeitschr. 1896.

HAUCH, A.: Udhugning i unge Egebevoksninger. Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark. Bd. I og IV (1905 og 1915).

HUBER, B. und SCHMIDT, E.: Weitere thermoelektrische Untersuchungen ü. d. Transpirationsstrom d. Bäume. Tharandt. Forstl. Jahrb. 1937.

HUBER, B.: Die physiol. Leistungsfähigkeit d. Wasserleitungssystems d. Pflanzen. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellsch. 43, 1925.

— Weitere quantitative Unters. ü. d. Wasserleitungssystem d. Pflanzen Jahrbuch f. wissenschaftliche Botanik. Bd. LXVII. 1928.

— Die physiolog. Bedeut. d. Ring- und Zerstreutporigkeit. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellsch. 53, 1935.

HUGERSHOFF, R.: Ausgleichsrechnung, Kollektivmasslehre und Korrelationsrechnung. Sammlung Wichmann. Berlin 1940.

HÖHNEL, F. v.: Über die Transpirationsgrössen der forstl. Holzgewächse etc. Mitt. d. forstl. Versuchsw. Oesterreichs. Bd. 2. 1879.

IWANOFF & KOSSOWITSCH: Über die Arbeit des Assimilationsapparates verschiedener Baumarten. I. Die Kiefer. Planta. 1929.

JAEGER: Die Land- u. Forstwirtschaft des Odenwaldes. Darmstadt 1843. (S. 235).

JOHANSSON, N.: Sambandet mellan vedstammens åndning och dess tilväkst. Svenska Skogsvårdsför. Tidskr. Stockholm 1933.

— Forvedade stammars andning. Ibidem 1933.

KITTREDGE, J.: The forest floor of the Chaparral in San Gabriel mountains Calif.
und: The annual accumulation... of litter and other surface materials in the Chaparral... Journal of Agricultural Research, Washington 1939.

KNUCHEL: Spektrophotometrische Untersuchungen im Walde. Mitt. d. schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchsw. Bd. XI. 1914.

KNUDSEN, F. og MAURITZ-HANSSON: Om produktionen af lövförna och dennas sammensättning i et mellansvenskt björkbestånd. Svenska Skogvårdsför. Tidskr. Stockholm 1939.

KRUTZSCH, H.: Untersuchungen über die Waldstreu. Tharander forstw. Jahrbuch, Bd. 6, 1850, Bd. 8, 1852, Bd. 15, 1863, Bd. 19, 1869.

KUYPER, J.: Über den Einfluss der Temperatur auf die Atmung der höheren Pflanzen. Rec. traveaux bot. Neerl. 9, 1910.

LARSEN, P.: Regenererende Kulsyreassimilation hos Askegrene. Det forstl. Forsøgsv. i Danmark. Bd. 14, 1936.

LINDQUIST, BERTIL: Dalby Söderskog. Stockholm 1938.

LUBIMENKO, W.: Production de la substance sèche et de la chlorophylle

chez les végéteaux supérieurs aux differentes intensités lumineuses. Ann. d. sci. nat. 9me sér. Bot. 7 1908 b.

LUNDEGÅRDH, H.: Ecological studies in the assimilation of certain forest-plants and shore-plants. Svensk bot. Tidsk. Bd. 15, Stockholm 1921.

LØVENGREEN, J. A.: Unders. over den tidlige og hyppige Udhugnings Virkning paa Rødgranens Vækst. Dansk Skovf. Tidsskr. 1935.

MINCKLER, L. S.: Transpiration of trees and forest. Journal of Forestry 1939.

MOLTESEN NIELSEN, P.: Stødrydning. Dansk Skovf. Tidsskr. 1940.

MORK, ELIAS: Om Ströfallet i våre skoger. Medd. f. det norske skogforsöksvesen. Nr. 29. Oslo 1942.

MUNDT, K. H.: Stødoptagning og vore Skovarbejdere. Dansk Skovforenings Tidsskrift 1918.

MÜLLER, N. J. C.: Untersuchungen über Atmung und Energie in der Pflanze. Beitr. z. wissensch. Bot. II. Abt. 2. 1898.

MÜLLER, D.: Studies on Traumatic Stimulus and Loss of dry Matter by Respiration in Branches from Danish Forest-Trees. Dansk Bot. Arkiv. Bd. 4, 1924.

— Hvorfor springer Eg og Ask saa sent ud? Forskellen mellem ring- og spredtporede Løvtræer. Dansk Skovf. Tidsskr. 1943.

— og P. BOYSEN JENSEN: Undersøgelser over Stofproduktionen i yngre Bevoksninger af Ask og Bøg. I. Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, Bd. IX 1927.

MØLLER, CARL MAR: og MÜLLER, DETLEV: Aanding i ældre Stammer. Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark. Bd. 15, 1938.

MØLLER, CARL MAR: Trækroners Form og Bygning som Funktion af de atmosfæriske Lysforhold. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Aarsskrift, København 1928.

— Stoftab, Tynding og Tilvækst i Løvskov. Ber. f. 18' Skandin. Naturforskermøde, Kbhvn. 1929.

— Boniteringstabeller og bonitetsvise Tilvækstoversigter for Bøg, Eg og Rødgran i Danmark. Dansk Skovf. Tidsskr. 1933.

— Skovdyrkningens Udvikling 1888—1938. Das Buch »Danmarks Skove« 1938.

NORDFORS, G. A.: Något om björken, dess förhållande til granen o. s. v. Norrlands Skogsvårdsförb. Tidskr. 1923.

OPPERMANN, A.: Nogle Træmaalingsforsøg. Det forstl. Forsøgsv. i Danmark, Bd. I, 1905.

— Træ og andre Skovprodukter. København 1911—16.

— Højdelag i Bøgebevoksninger. Det forstl. Forsøgsv. i Danmark, Bd. IV, 1912.

— God dansk Bøgeskov belyst ved tre Tilvækstoversigter. Ibidem Bd. IV, 1914_1.

— Elleve Prøveflader i Bøg. Ibidem Bd. IV, 1914_2.

— Bøgekvas. Ibidem Bd. XI, 1931.

OPPERMANN, A. og BORNEBUSCH, C. H.: Højskov af Ask. Det forstl. Forsøgsv. i Danmark, Bd. X, 1928.

OPITZ, P.: Beitrag zur Kenntnis der Holzatmung. Bot. Archiv 32, 1931.

POTTS, S. F.: A method for determining the quantity of foliage pr. acre of woodland. Americ. Journ. of Forestry 1939.

PRINTZ, H.: Om Stammeåndingen under Vinterhvilen o. s. v. Det norske Videnskapsakademi i Oslo I. Mat. Naturv. Kl. Nr. 10, 1937.

RAMANN, E.: Blättergewicht und Blattflächen einiger Buchen. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 1911.

RENNER, O.: Beiträge zur Physik der Transpiration, Flora 100, 1910.

RIEGLER, W.: Beiträge zur Lehre von den Moosdecken u. v. d. Waldstreu. Mitt. d. forstl. Versuchsw. Oesterreichs. Bd. 2, 1881.

ROMELL, LARS-GUNNAR: Den nordiska blåbärsgranskogens produktion av ris, mossa och förna. Svensk bot. Tidskr. Stockholm 1939.

RUHLAND und RAMSHORN: Aaerobe Gärung in aktiven pflanzlichen Meristemen. Planta 28. 1938. Hft. 3.

SCHMIDT, G.: Über die Atmung ein- und mehrjähriger Blätter im Sommer und Winter. Beitr. z. wissensch. Bot. V, 1903.

SCHUBERT, A.: Unters. ü. d. Transpirationsstrom d. Nadelhölzer u. d. Wasserbedarf d. Fichte u. Lärche. Tharandter forstl. Jahrb. 1939.

SCHWAPPACH: Der Einfluss des Streurechens auf den Holzbestand. Danckelmanns Zeitschr. f. Forst- u. Jgdw. Bd. 19, 1887.

— Ertragstafeln der wichtigeren Holzarten. Neudamm 1923.

SCHÜTZE, W.: Über die Menge und den Aschengehalt monatlich abfallender Nadeln in Kiefernbeständen. Danckelmanns Z. f. Forst- u. Jgdw. Bd. 10, 1879.

SIMON, S.: Unters. ü. d. Verhalten einiger Wachstumsfunktionen sowie d. Atmungstätigkeit d. Laubhölzer währ. d. Ruheperiode. Jahrb. f. wissensch. Bot. 1906.

STÅLFELT, M. G.: Til känned. om förh. ml. solbladens o. skuggbl. kolhydratsprod. Medd. f. Statens Skogsförsöksanst, Stockholm 1921.

— Om skogsträd. kolsyreass. o. d. betyd. f. produktionen. Sv. Skogsvårdsför. Tidskr., Stockholm 1923.

— Tallens och granens kolsyreass. o. d. ekolog. betingelser. Medd. f. Statens Skogsförsöksanst., Stockholm 1924.

TIRÉN, LARS: Om barrytans storlek hos tallbestånd. Medd. f. Statens Skogsförsöksanst. 1927.

TRENDELENBURG, R.: Das Holz als Rohstoff, München/Berlin 1939.

WEBER, R.: Die Aufgaben der Forstwissenschaft. Loreys Handb. d. Forstw. Bd. I, 1888.

WIEDEMANN, E.: Die Rotbuche 1931. Mitt. d. preuss. forstl. Versuchsanst. 1932.

— Die Fichte 1936. Mitt. d. preuss. forstl. Versuchsanst. 1937.

WILLSTÄTTER, R. und STOLL, A.: Untersuch. über d. Assimilation d. Kohlensäure. Berlin 1918.

WOLFF: Aschenanalysen von wirtschaftlichen Produkten I, 1874; II 1880.

TABELLE A

ALLE FAKTOREN FÜR SÄMTLICHE IN 1925 UNTERSUCHTEN BESTÄNDE (Buche)

Alle Blattmengenmessungen wurden durch Aufsammeln mit der Hand mittels eines Rahmenmasses von 1 m^2 Grösse auf 5 wohlverteilten Stellen je Bestand ausgeführt.

Dabei sind alle über der Knospenschuppen-Schicht vom letzten Frühjahr gelagerten Blätter mit in die Probe gekommen. Wahrscheinlicherweise ist darin eine Hauptursache dafür zu sehen, dass die Blattmengen je m^2 Bestandesfläche 1925 etwas grösser waren als 1930—32.

Der Bucheckernfall war 1925 ganz unbedeutend.

Die Bonität ist nach den dänischen Ertragstafeln von CARL MAR: MÖLLER 1933 angegeben.

Tabelle A. Alle Faktoren für säm

No.	Alter Jahre	Revier oder/und Wald, Abteilung	Grösse d. Probefl. o. Bestand m²	Höhe m	Bonität	Durchm. cm	je ha Stammzahl	Stammgrundfl. m²	Totalmasse m³
1	5	Ryget 2.....		0.85					
2	7	»		1.30					
3	14	»		3.7					
4	18	Tokeköb 97.....		4.5					
5	30	Ravnholt VII 4....	601	1. Etage 13.0 2. Etage 8.0		9.6 4.7	3379 2463	24.6 4.2	224 24
6	45	Tokeköb 90.....	1441	1. Etage 14.1 2. Etage 6.0		11.4 2.5	2292 4440	22.6 21.8	191 104
7	55	Sorö I Alsted Skov 4 B...	10000	17.5	2.5	19.3	1173	34.3	360
8	55	Sorö II St. Bögeskov 62...	21300	16.5	2.8	19.1	908	26.0	257
9	60	Sorö II St. Bögeskov 69 A .	5700	15.4	3.6	17.5	901	21.6	200
10	86	Ravnholt XVI 33..	etwa 5000	29.0	1.3	38.6	1. Etage 211 2. Etage 22	1. Etage 26.9 2. Etage 0.4	1. Etage 445 2. Etage 7
11	80—100	Tokeköb 84.....	5106	25.4		36.1	317	32.4	494
12	105	Ravnholt VII 8.... (Der ungleichaltr. Wald)	29200	28.1	2.1	40.6	248	32.1	523
13	108	Ravnsholte Abt. 180, 189.....	4694	25.4	2.8	39.9	281	34.5	515
14	120	Sorö I 20 A.....	98000	30.0	1.8	47.5	244	43.3	780
15	120—150	Folehave 326, 327 .	12083	27.2		52.3	179	37.4	610
16	200	Jägersborg Dyrehave.....	eine einzelne Probe	etwa 30.—					
		Durchschnitt...							
		Durchschnitt der prozentualen mittleren Fehler.....							

Ryget, Tokeköb, Folehave, Ravnsholte und Jägersborg Dyrehave liegen nördl. v. Kopenhagen, Sorö

[1]) Der Faktor zur Höhe ist immer mittels der Höhe der oberen Etage ausgerechnet.

[2]) Die Durchschnitts-Zahlen für Anzahl Blätter und Blattgrösse beziehen sich nur auf die Bestände

:he in 1925 untersuchten Bestände.

ntensität Faktor zur Höhe) 0.000	Relativer Baumabstand	je m² der Bestandesfläche: Blattfläche m²		Abs. Trockengewicht der Blätter g		Anzahl Blätter		Blattgewicht g / Blattfläche m²		Durchschnittl. Blattgrösse cm²		Durchschn. d. 5 grössten u. d. 5 kleinsten Blt.: Grösste Blattlänge cm	Kleinste Blattlänge cm
		6.10		235		7924		38.5		7.7		6.4	2.0
		6.08		219		7174		36.0		8.5		6.8	2.2
		5.29	± 0.23	212	± 11	2882	± 121	40.1	± 0.6	18.4	± 0.4	8.7	3.4
		6.51	± 0.21	264	± 11	3472	± 206	40.4	± 1.1	18.8	± 0.7	8.8	3.6
19.1[1])	1. Etage 0.132	5.22	± 0.24	224	± 9	2732	± 132	43.0	± 0.8	19.1	± 0.5	9.2	3.9
13.0													
22.0[1])	1. Etage 0.148	7.45	± 0.50	302	± 24	4588	± 383	40.5	± 0.3	16.3	± 0.3	8.8	3.1
20.6	0.167	5.70	± 0.16	257	± 9	3114	± 79	45.0	± 1.8	18.3	± 0.7	8.8	3.6
15.6	0.201	7.13	± 0.54	277	± 16	3930	± 340	39.0	± 1.6	18.2	± 0.5	8.8	3.5
13.0	0.216	7.48	± 0.39	294	± 13	4308	± 199	39.3	± 1.0	17.3	± 0.5	9.3	3.4
15.6	0.226	5.86	± 0.24	234	± 8	3642	± 129	40.1	± 0.4	16.1	± 0.5	8.8	3.3
19.5	0.221	6.44	± 0.10	254	± 8	4814	± 225	39.6	± 1.0	13.4	± 0.6	8.1	3.1
18.6	0.218	6.45	± 0.29	257	± 9	4110	± 240	39.8	± 0.8	15.7	± 0.5	8.7	3.4
20.7	0.235	7.17	± 0.40	266	± 11	4929	± 176	37.2	± 0.9	14.5	± 0.6	8.3	2.8
26.0	0.213	5.93	± 0.40	234	± 15	4003	± 237	39.5	± 0.8	14.8	± 0.3	8.5	3.0
22.4	0.275	7.09	± 0.41	277	± 12	3896	± 206	39.2	± 0.7	18.2	± 0.3	9.0	3.3
		7.48		291		4831		38.9		15.5			
		6.45		256		3947[2])		39.8		16.8[2])			
			± 4.6		± 4.9		± 5.2		± 2.2		± 3.0		

er Mitte v. Seeland und Ravnholt in der Nähe v. Odense auf Fünen. Vergl. die Karte Fig. 2.

16.

TABELLE B

ALLE FAKTOREN FÜR SÄMTLICHE SEIT 1930 UNTERSUCHTEN BUCHENBESTÄNDE

Alle Massenzahlen geben die Totalmasse über dem Boden an. Für jedes Jahr und jeden Bestand gilt die obere Zahlenreihe, falls es deren zwei gibt, für die obere Etage (Kronenschicht). Die eingeklammerten Zahlen darunter gelten für die untere Etage. Bei der oberen Etage sind alle Bäume mitgerechnet, die nicht ganz überwachsen sind. Mitunter ist jedoch die Grenze zwischen den beiden Etagen bei einem Durchmesser gesetzt worden, der vom messenden Forstkandidaten schätzungsweise gewählt wurde. Bäume unter 3 cm Durchmesser (in 1.3 m Höhe) sind nicht bei der Vermessung mitgenommen worden. Eingemischte Bäume von anderen gleichaltrigen Baumarten sind unter Buche mit eingetragen. Es handelt sich jedoch um ganz unbedeutende Mengen, und in der Regel ist die Einmischung unter Bemerkungen erwähnt und charakterisiert. In einem Fall gab es auf der Untersuchungsfläche ein paar viel ältere Überhälter von Kiefer, die ausserhalb der Messungen gehalten worden sind. Auch sie sind unter Bemerkungen erwähnt.

Unter dem Durchmesser der Blätter ist ihre grösste Breite zu verstehen.

In der Beschreibung, die hier nur im Auszug gegeben ist, ist unter Obergrund die in bezug auf Farbe edaphisch beeinflusste obere Bodenschicht zu verstehen. Wo nichts anderes angegeben ist, ist der Obergrund ursprünglich vom selben Charakter wie der Untergrund.

Unter Mull ist nur die Schicht zu verstehen, die noch die körnige Struktur nach der Passage durch die Regenwürmer bewahrt hat.

Jedes Jahr wurden die in den Auffangplatten gefundenen Bucheckern gezählt und notiert. Die Zahlen waren aber verschwindend klein und sind deshalb in der Tabelle ausgelassen worden. (Nur in einigen wenigen Fällen ein oder ein paar Bucheckern je Platte).

Da die Beschreibung von drei verschiedenen Forstkandidaten vorgenommen wurde, ist sie nicht ganz einheitlich.

Revier und Abteilung	Grösse d. untersuchten Fläche ha	Gewöhnl. Durchf. zwischenraum, Jahre	Vor 1930 (od. 1929) letztes Mal durchforstet	Untersuchungsjahr (Herbst)	je ha: Vor Durchforstung oder ohne Durchforstung: Alter Jahre	Höhe m	Bonität	Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Intensität (Faktor zur Höhe) 0.000	Relativer Baumabstand	Durchforstung: Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Jährl. Zuwachs nach Bohrungen: Durchmesser cm	Grundfläche m²	Masse m³	je m² der Bestandesfläche: Absol. Blattgewicht g	Blattfläche m²	Anzahl Blätter Stück	Trockengewicht je m² Blattfläche g	Durchschnittl. Blattgrösse cm²	Durchschnittl. Durchmesser der 5 grössten Blätter cm	5 kleinsten Bl. cm	Gütekl. nach ruhig. Blattfall	Anzahl Platten mit zufriedenstell. Laubfall	Bemerkungen	Beschreibung Herbst 1930	Revier und Abteilung
Nödebo 57	0.5698	6—8	Mehrere Jahre vorher	1930	etwa 150	22.4		35.3	300	29.40	387	17.2	0.258					0.30	0.49	6.2	295 ± 17	6.30 ± 0.48	3570 ± 260	47.3 ± 1.0	17.6 ± 0.3	5.8	2.5	2	8	Bestand teilweise aus Stockausschlägen entstanden. Das Blattmaterial von 1931 wegen unruhigen Laubfalles nicht verwendet. 1930 und 1932 etwas Zugluft vom Saum mit Möglichkeit von Blattanhäufungen.	Bestand sehr geschlossen. Bodenflora nur Moos. Etwa 35 cm Obergrund, wovon 3—8 cm Rohhumus. Die darunter liegende Schicht etwas gebleicht. Unterst wenig ausgeprägte Roterde (Illuvial-Horizont). Der Untergrund schwach anlehmiger, gelber Sand. Sehr steinig.	**Nödebo** 57
				1931	»													0.28	0.47	5.9												
				1932	»	21.7	etwa 4	35.5	300	29.70	378	17.3	0.267					0.28	0.48	6.1	278 ± 5	6.94 ± 0.22	4036 ± 130	40.4 ± 1.4	17.2 ± 0.4	5.7	2.7	2	9			
» 62	0.7332	6—8	etwa 19 25/26	1930	etwa 200	25.6		47.7	157	28.02	411	16.1	0.304					0.29	0.33	5.8	263 ± 10	5.61 ± 0.22	3410 ± 141	47.0 ± 0.8	16.5 ± 0.2	5.7	2.4	2	10	Etwas unruhiger Laubfall 1930. Das Blattmaterial von 1931 wegen unruhigen Laubfalles nicht verwendet. Jährl. Höhenzuwachs 18 cm in den letzten 5 Jahre.	Keine Bodenflora. 3—6 cm Rohhumus. Darunter 2—3 cm Bleichsand, wonach eine 1—3 cm dicke rostfarbige Schicht, die in braungelben, steinigen Kies mit sehr geringem Lehmgehalt übergeht.	» 62
				1931	»													0.28	0.34	6.0												
				1932	»	26.4	etwa 3	48.3	151	27.72	419	15.9	0.309					0.29	0.34	6.0	260 ± 9	5.14 ± 0.23	3375 ± 223	50.8 ± 1.4	15.5 ± 0.6	5.3	2.4	1	8			
» 103	0.6654	6—8	etwa 19 25/26	1930	117	23.8		36.9	299	31.93	442	18.6	0.243					0.37	0.63	10.8	264 ± 9	5.60 ± 0.27	3260 ± 128	47.4 ± 0.9	17.1 ± 0.3	5.8	2.3	1	9	Von der Grundfl. d. 1. Etage ist 0.9 % Schwarzerle (1930). Blattmaterial von 1931 wegen unruhigen Laubfalles nicht verwendet.	Etwas ungleichaltrig. Flora: Oxalis, Deschampsia etc. 2—4 cm Rohhumus, 1—2 cm Bleichsand, 3—4 cm Roterde, worunter noch etwa 30 cm Obergrund von etwas dunklerer Farbe als der graugelbe Untergr. von schwach anlehm. Sand.	» 103
				1931	118	24.8		37.3	298	32.46	466	18.8	0.233	31.5	83	6.44	95	0.35	0.60	10.4												
				1932	119	25.7	2.8	38.8	216	25.52	378	14.6	0.265					0.37	0.52	9.0	247 ± 6	5.29 ± 0.15	2980 ± 78	46.8 ± 1.2	17.8 ± 0.4	5.6	2.8	1	9			
» 172	0.2032	6	Mehrere Jahre vorher	1930	57	15.0 (etwa 10.0)	3.5	13.3 (7.9)	1415 (507)	19.34 (2.51)	180 (18)	12.0	0.177	12.2 (8.3)	236 (94)	2.76 (0.51)	26 (4)	0.26	0.73 (0.09)	8.7 (0.8)	259 ± 7	5.08 ± 0.18	3120 ± 167	51.4 ± 1.1	16.2 ± 0.4	5.5	2.5	1	8	Von der Grundfl. d. 1. Etage 2.1 % Lärche (1930). Die Höhenmessung von 1930 ist hier die genaueste (auf 10 gefällt. Bäumen gestützt). Blattmaterial von 1931 wegen unruhigen Laubfalles nicht verwendet. Jährl. Höhenzuwachs 21 cm in den letzten 5 Jahren.	Flora nur Moos, 2—3 cm Rohhumus, 2—3 cm schwarze Mineral-Erde, 2—5 cm stark abgefärbter Bleichsand, 4—5 cm lockerer ortsteinartige Roterde. Danach 20—25 braungelber Sand auf Untergr. von gelbem, etwas anlehmigem Sand mit vielen Steinen.	» 172
				1931	58													0.24	0.58 (0.07)	7.9 (0.6)												
				1932	59	13.9 (9.6)		14.0 (7.9)	1117 (502)	17.05 (2.48)	150 (15)	10.8	0.215					0.25	0.62 (0.07)	7.9 (0.7)	248 ± 6	4.99 ± 0.14	3004 ± 65	50.0 ± 1.3	16.6 ± 0.4	5.4	2.6	1	8			
» 269	0.3611	4—5	19 29/30	1930	53	15.9	2.8	16.2 (9.6)	949 (78)	19.48 (0.56)	191 (3)	12.0	0.200					0.39	0.93 (0.03)	12.4 (0.3)	191 ± 12	3.76 ± 0.25	2230 ± 141	50.9 ± 0.7	16.7 ± 0.3	5.8	2.5	1	8	Blattmaterial von 1931 wegen unruhigen Laubfalles nicht verwendet.	Bestand nach dem Hieb von 19 29/30 noch nicht geschlossen. Macht einen lichten Eindruck. Flora: Oxalis-Gruppen. Milder Rohhumus mit sehr wenig Podsolierung. Boden schwankt von reinem Sand zu anlehmigem Sand.	» 269
				1931	54													0.38	0.94 (0.03)	12.1 (0.3)												
				1932	55	16.3 (10.4)		16.9 (9.6)	962 (66)	21.55 (0.48)	216 (3)	13.2	0.195					0.42	1.04 (0.03)	13.7 (0.3)	241 ± 7	4.83 ± 0.21	3208 ± 129	50.1 ± 1.7	15.0 ± 0.3	5.4	2.4	1	8			
» 316	0.1226	4	etwa 19 26/27	1930	46	14.3 (6.8)	2.6	12.5 (5.7)	1674 (1510)	20.40 (3.86)	184 (17)	12.9	0.171	11.2 (4.7)	595 (250)	5.79 (0.42)	52 (4)	0.33	1.06 (0.20)	12.8 (1.5)	205 ± 11	4.13 ± 0.25	2470 ± 120	49.8 ± 0.5	17.4 ± 0.5	5.9	2.5	1	5	Auf der Probefläche finden sich 3 Überhälter von Kiefer mit einem mittl. Durchm. von 43.7 cm, die bei der Vermessung ausgelassen sind. Blattmaterial von 1931 wegen unruh. Laubf. nicht verwendet. Jährl. Höhenzuw. 32 cm in den letzten 5 Jahren.	Nach letztem Hieb gut geschlossen, keine Bodenflora. 2—4 cm Rohhumus auf etwa 6 cm dunklem Bleichsand. Obergrund bis etwa 40 cm. Untergr. steiniger, lehmloser Sand.	» 316
				1931	47													0.33	0.79 (0.19)	9.3 (1.6)												
				1932	48	14.9 (7.7)		13.5 (5.6)	1192 (995)	17.18 (2.47)	160 (12)	10.7	0.194					0.39	0.94 (0.22)	11.2 (1.7)	209 ± 10	3.92 ± 0.16	2572 ± 94	53.2 ± 0.7	15.2 ± 0.2	5.3	2.4	1	5			
» 106	0.2736	4	19 28/29	1930	48	15.0 (etwa 10.0)	2.6	15.6 (7.3)	1148 (691)	22.00 (2.91)	205 (17)	13.6	0.197								259 ± 11	5.04 ± 0.25	2820 ± 100	51.5 ± 0.6	17.9 ± 0.4	6.1	2.4	2	8	Lage vielleicht zu nahe an der Chaussee südl. d. Probefläche. Blattmaterial von 1931 wegen unruh. Laubf. nicht verwendet. Die Schutzverhältnisse 1932 durch Erweiterung der Chaussee zerstört. 2.8 % der Grundfl. d. ob. Etage Lärche (1930).	Nach dem Hieb fast geschlossen. Sparsame Oxalis-Flora. Stellenweise magerer Mull, sonst milder Rohhumus. Bleichsand und Roterde von geringer Ausdehnung. Rotgelber Obergr. bis etwa 30 cm. Untergr. braungelb. Sand mit geringem Lehmgehalt und vielen Steinen.	» 106

Revier und Abteilung	Grösse d. untersuchten Fläche ha	Gewöhnl. Durchf. zwischenraum, Jahre	Vor 1930 (od. 1929) letztes Mal durchforstet	Untersuchungsjahr (Herbst)	je ha: Vor Durchforstung oder ohne Durchforstung: Alter Jahre	Höhe m	Bonität	Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Intensität (Faktor zur Höhe) 0.000	Relativer Baumabstand	Durchforstung: Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Jährl. Zuwachs nach Bohrungen: Durchmesser cm	Grundfläche m²	Masse m³	je m² der Bestandesfläche: Absol. Blatt-Trockengewicht g	Blattfläche m²	Anzahl Blätter Stück	Trockengewicht je m² Blattfläche g	Durchschnittl. Blattgrösse cm²	Durchschnittl. Durchmesser der 5 grössten Blätter cm	5 kleinsten Bl. cm	Gütekl. nach ruhig. Blatt. fall	Anzahl Platten mit zufriedenstell. Laubfall	Bemerkungen	Beschreibung Herbst 1930	Revier und Abteilung
(Fortsetzung) Nödebo 261	0.6834	6	19 27/28	1930	110—150	30.0	etwa 2	50.9 (23.4)	171 (18)	34.74 (0.76)	590 (13)	19.6	0.255								280 ± 13	6.14 ± 0.31	3460 ± 135	46.5 ± 0.7	17.7 ± 0.3	6.1	2.6	2	9	Von d. Grundfl. d. ob. Etage etwa 1.9 % Eiche und Esche (1930). Etwas unruhiger Laubfall 1930. Blattmaterial von 1931 u. 1932 wegen unruh. Laubf. nicht verwendet.	In der Hauptsache nach letztem Hieb geschlossen. Kräftige Mull-Flora, Oxalis, Asperula, Melica. Laubdecke v. etwa 1½ Jahren. Etwa 25 cm dunkler und etwa 15 cm heller Obergrund auf Sand mit geringem Lehminhalt.	Nödebo 261
Store Frederikslund: Vedsövang 2	0.2090	etwa 10 Jahr	Nach Angabe d. Försters wenigstens 8 Jahre vorher	1930	49	18.6		18.3 (11.1)	1339 (43)	34.90 (0.41)	391 (3)	21.0	0.147					0.34	1.28 (0.01)	19.1 (0.1)	273 ± 7	5.60 ± 0.21	3040 ± 92	49.0 ± 0.9	18.4 ± 0.3	6.0	2.6	2	6			**Store Frederikslund:** Vedsövang 2
				1931	50			18.2 (11.0)	1350 (33)	34.89 (0.32)	393 (3)	21.0	0.147	16.3	383	8.00	87	0.37	1.40 (0.02)	21.2 (0.2)	240 ± 10	5.68 ± 0.36	3170 ± 187	42.7 ± 1.4	17.9 ± 0.1	6.1	2.6	2	6	Spuren v. unruh. Laubf. 1930 und 1931	Zieml. sparsame Bodenflora v. Oxalis u. a. Laubdecke v. 1½—2 Jhr. 2—3 cm guter Mull, 10—15 cm dunkelgrauer Obergrund, Untergr. Kies mit etwas Lehm.	
				1932	51	18.5 (14.0)	1.7	19.4 (11.6)	923 (72)	27.43 (0.76)	304 (6)	16.4	0.178					0.37	1.13 (0.02)	16.3 (0.2)	210 ± 7	4.21 ± 0.15	2553 ± 92	49.9 ± 0.4	16.5 ± 0.2	5.2	2.7	1	7			
Dyrehaven	0.1561	»	»	1930	40	16.5		17.1 (9.0)	1346 282	30.78 (1.78)	312 (13)	18.9	0.165					0.36	1.27 (0.09)	18.6 (1.0)	242 ± 9	5.09 ± 0.22	2960 ± 111	47.5 ± 0.8	17.2 ± 0.1	5.8	2.2	1	6	Gelände etwas geg. NO. geneigt.	Spars. Bodenflora, Anemone, Oxalis. Laubdecke v. 2—2½ Jhr. 2—5 cm guter Mull, etwa 15 cm dunkelgrauer Obergrund auf gelbem Kies mit schwank. Lehminhalt.	Dyrehaven
				1931	41													0.32	1.14 (0.07)	17.8 (0.8)	291 ± 22	6.25 ± 0.54	3640 ± 384	46.9 ± 1.9	17.3 ± 0.3	5.6	2.8	1	5			
				1932	42	17.0 (12.4)	1.3	17.6 (9.4)	1250 (301)	30.27 (2.09)	313 (16)	18.3	0.167					0.32	1.15 (0.07)	17.7 (0.8)	252 ± 4	5.08 ± 0.10	3183 ± 121	49.5 ± 0.9	16.0 ± 0.3	5.2	2.4	1	6			
Eickstedlund 4	0.3689	»	»	1930	42	17.1		19.2 (11.1)	1286 (68)	37.16 (0.65)	388 (5)	22.7	0.163					0.35	1.33 (0.02)	20.5 (0.2)	231 ± 8	5.01 ± 0.15	2680 ± 77	46.0 ± 0.4	18.7 ± 0.1	6.1	2.2	1	8	Reihenkultur auf ehemaligem Ackerboden	Zerstreut Oxalis, Asperula, Anemone und viele Eschensämlinge. Laubdecke v. etwa 1½ Jhr. 2—3 cm guter Mull auf 20—25 cm graugelbem Obergr. Untergr. gelber, lehmiger Sand.	Eickstedlund 4
				1931	43													0.35	1.34 (0.02)	20.7 (0.2)	229 ± 6	5.29 ± 0.22	3100 ± 107	43.6 ± 1.2	17.1 ± 0.3	6.0	2.3	1	8			
				1932	44	17.3 (10.0)	1.5	19.3 (11.6)	1217 (119)	35.83 (1.26)	377 (8)	21.8	0.166					0.34	1.35 (0.02)	20.7 (0.2)	252 ± 8	4.89 ± 0.15	3046 ± 104	51.6 ± 0.4	16.1 ± 0.2	5.2	2.7	1	8			
Nyrup 1	0.3770	»	»	1930	81	28.2	1.2	35.1	390	37.69	606	21.4	0.180					0.30	0.63	13.8	259 ± 6	5.46 ± 0.19	3010 ± 122	47.5 ± 0.8	18.1 ± 0.3	6.0	2.4	1	7	Etwas ungleichaltrig.	Üppige Bodenflora v. Anemone, Asperula, Oxalis u. a. — Laubdecke v. 1—2 Jhr. 1—2 cm guter Mull auf 10—15 cm mull-artigen Obergr. Untergr. braungelber, lehmreicher Kies.	Nyrup 1
				1931														0.30	0.64	14.1	237 ± 12	5.55 ± 0.36	3310 ± 223	42.9 ± 1.0	16.8 ± 0.2	5.9	2.3	1	7			
				1932														0.32	0.69	15.1	273 ± 7	5.30 ± 0.12	3523 ± 119	51.6 ± 1.3	15.1 ± 0.2	5.0	2.5	1	7			
Sorö I Alsted Skov 3 B	0.2093	7—8	etwa 1922	1930	40	15.1		12.6 (5.9)	2176 (1534)	27.06 (4.24)	254 (22)	16.8	0.142	9.5 (5.4)	884 (244)	6.05 (0.45)	57 (2)	0.27	1.17 (0.19)	14.5 (1.1)	259 ± 7	5.57 ± 0.22	3050 ± 133	46.8 ± 1.0	18.1 ± 0.2	6.2	2.4	1	7		Anemone-Asperula Flora. Laubdecke v. 1—2 Jhr. 2—3 cm guter Mull. 15—20 cm braungrauer Obergrund. Untergr. v. gelb. Sand mit recht grossem Lehminh. und vielen Steinen.	**Sorö I** Alsted Skov 3 B
				1931														0.27	0.95 (0.17)	11.9 (1.2)	209 ± 16	4.14 ± 0.31	2060 ± 155	50.5 ± 1.0	20.2 ± 0.2	6.0	3.0	1	6			
				1932	42	14.4 (9.0)	2.1	13.8 (6.2)	1529 (1290)	22.85 (3.85)	206 (22)	14.3	0.178					0.28	0.97 (0.18)	12.8 (1.3)	261 ± 8	5.48 ± 0.21	3260 ± 151	47.7 ± 0.6	16.9 ± 0.4	5.4	2.7	1	6			

Revier und Abteilung	Grösse d. untersuchten Fläche ha	Gewöhnl. Durchf. zwischenraum, Jahre	Vor 1930 (od. 1929) letztes Mal durchforstet	Untersuchungsjahr (Herbst)	je ha: Vor Durchforstung oder ohne Durchforstung: Alter Jahre	Höhe m	Bonität	Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Intensität (Faktor zur Höhe) 0.000	Relativer Baumabstand	Durchforstung: Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Jährl. Zuwachs nach Bohrungen: Durchmesser cm	Grundfläche m²	Masse m³	je m² der Bestandesfläche: Absol. Blattrockengewicht g	Blattfläche m²	Anzahl Blätter Stück	Trockengewicht je m² Blattfläche g	Durchschnittl. Blattgrösse cm²	Durchschnittl. Durchmesser der 5 grössten Blätter cm	5 kleinsten Bl. cm	Gütekl. nach ruhig. Blattfall	Anzahl Platten mit zufriedenstell. Laubfall	Bemerkungen	Beschreibung Herbst 1930	Revier und Abteilung
(Fortsetzung) Alsted Skov 4 B Eigene Probefläche	0.2935	7—8	19 28/29	1930	53	21.0	1.3	19.4	1105	32.54	406	19.3	0.143					0.37	1.25	19.9	280	± 6	5.55	± 0.10	3350	± 96	50.5	± 1.0	17.0	± 0.4	5.8	2.3	1	6	Abt. 4 B ist für die Durchforst. des Forstmeisters AMMITZBÖL besonders typisch. V. d. Grundfl. der 1. Etage 2.5 % Eiche (1930).	Üppige Bodenflora. Anemone-Asperula mit Galeobdolon, Mercurialis u. a. Überall Eschen-Anflug. Laubdecke v. nur 1 Jhr. — 2—3 cm Mull. 5—20 cm mullart. Obergr. auf hellem, sehr lehmigem Sand.	(Fortsetzung) Alsted Skov 4 B Eigene Probefläche
				1931				(9.7)	399	(2.96)	(21)							0.37	(0.12)	(1.2)	281	± 3	5.16	± 0.10	2630	± 54	54.5	± 1.1	19.7	± 0.2	5.9	3.1	1	6			
				1932	55	21.8 (12.5)		19.2 (9.3)	1104 (327)	32.14 (2.21)	411 (16)	18.9	0.138					0.34	1.18 (0.11)	20.1 (1.2)	285	± 16	5.88	± 0.31	3463	± 177	48.4	± 0.8	17.0	± 0.2	5.3	2.7	1	7			
» 4 B Probefläche des Reviers	1.000	7—8	1929	1930	53	18.8	1.9	21.9	860	22.60	368	19.6	0.181					0.34	1.01	16.4	223	± 8	4.52	± 0.14	2600	± 120	49.1	± 0.8	17.5	± 0.3	6.0	2.4	1	9	Holzmesszahlen: Vermessung des Reviers v. Herbst 1929 mit Addition vom Zuwachs.	Wie eigene Probefläche.	» 4 B Probefläche des Reviers
				1931														0.33	0.98	16.4	250	± 9	4.92	± 0.15	2550	± 83	50.8	± 1.0	19.3	± 0.2	6.0	2.9	1	9			
				1932														0.33	1.01	17.4	284	± 7	5.64	± 0.12	3445	± 116	50.3	± 0.7	16.4	± 0.3	5.2	2.8	1	10			
» 10 B	0.6575	10—12	19 17/20	1930	121	31.8		44.9	253	40.02	720	22.7	0.198	37.8	49	5.47	99	0.35	0.63	13.2	290	± 8	6.03	± 0.14	3580	± 89	48.1	± 0.4	16.9	± 0.1	5.8	2.3	1	10		Anemone-Oxalis Typus. Laubdecke v. 1—1 1/2 Jhr. 2—5 cm guter Mull, 10 cm grauer Obergr. auf gelbem, lehm. Kies mit wenigen Steinen.	» 10 B
				1931														0.36	0.55	10.5	234	± 8	5.03	± 0.20	2600	± 107	46.6	± 1.2	19.4	± 0.2	5.9	2.9	1	9			
				1932	123	31.7	1.5	47.4	214	37.91	677	21.4	0.216					0.35	0.53	10.5	258	± 6	5.16	± 0.14	3123	± 95	50.1	± 0.8	16.5	± 0.2	5.3	2.7	1	10			
Vindelbro 19 A Tinghusvänget	0.6709	12—15	etwa 1918	1930	123			45.9	242	40.00	724	22.4	0.199					0.34	0.59	12.0	278	± 7	5.79	± 0.19	3510	± 105	47.9	± 0.5	16.5	± 0.2	5.8	2.4	1	8		Anemone-Oxalis mit Stachys, Circaea, Melica u. a. Laubdecke v. 1—2 Jhr. 2—3 cm Mull auf 20—25 cm dunkl. Obergr. Danach braungelber, lehm. Kies mit vielen Steinen.	Vindelbro 19 A Tinghusvänget
				1931														0.35	0.60	12.2	289	± 7	6.27	± 0.17	3200	± 90	46.2	± 0.8	19.7	± 0.1	5.9	2.9	1	8			
				1932	125	32.5	1.3	46.3	240	40.35	732	22.6	0.199					0.35	0.61	12.3	326	± 13	6.78	± 0.32	4109	± 194	48.3	± 0.9	16.5	± 0.3	5.3	2.6	1	8			
» 20 A	0.4711	12—15	etwa 1918	1930	133	29.6		48.3	238	43.65	734	24.8	0.220	39.5	45	5.47	92	0.32	0.56	11.0	288	± 4	5.80	± 0.12	3510	± 65	49.9	± 1.1	16.5	± 0.1	5.7	2.4	1	7			» 20 A
				1931														0.31	0.50	9.8	249	± 9	5.28	± 0.18	2870	± 103	47.1	± 1.1	18.4	± 0.1	5.8	2.8	1	6	Etwas unruhiger Laubfall 1932.	Oxalis-Anemone. Boden wie 19 A.	
				1932	135	32.1	etwa 1.5	50.8	195	39.62	716	22.2	0.224					0.31	0.50	9.9	311	± 21	5.92	± 0.43	3785	± 283	52.8	± 1.6	15.7	± 0.5	5.2	2.7	2	8			
Sönderskov 43 B	0.2211	8—10	etwa 1920	1930	47	17.0 (10.0)		16.5 (7.3)	1326 (1050)	28.68 (4.38)	297 (27)	17.5	0.161					0.35	1.21 (0.18)	16.9 (1.2)	272	± 6	4.78	± 0.20	2600	± 106	57.3	± 1.8	18.4	± 0.3	5.9	2.7	1	6	V. d. Grundfl. d. ob. Etage etwa 2.4 % Kiefer und Eiche (1930). Herbst 1932 keine Grundflächenmessung.	Laubdecke v. etwa 2 Jhr. Spars. Oxalis-Anemone. 3 cm guter Mull auf etwa 10 cm dunkl. Obergr. Danach graugelber, anlehm. Kies.	Sönderskov 43 B
				1931														0.34	1.18 (0.18)	16.9 (1.2)	228	± 11	4.62	± 0.27	2400	± 174	49.6	± 0.5	19.3	± 0.3	5.7	3.0	1	5			
				1932	49	16.9 (10.0)	2.1											0.33	1.10 0.17	16.7 (1.2)	278	± 10	5.57	± 0.22	3398	± 165	50.0	± 1.3	16.4	± 0.4	5.2	2.6	1	5			
» 44 A	0.1289	8—10	etwa 1920	1930	47	18.2 (8.5)		15.3 (5.6)	1560 (1886)	28.54 (4.68)	314 (24)	17.2	0.139	Durchforstung Herbst 1931, aber nicht gemessen				0.32	1.18 (0.19)	17.2 (1.5)	257	± 9	4.93	± 0.21	2730	± 85	52.3	± 0.9	18.0	± 0.6	5.8	2.6	1	5		Wie 43 B.	» 44 A
				1931														0.32	1.20 (0.20)	18.1 (1.6)	243	± 9	4.77	± 0.22	2550	± 110	51.0	± 0.8	18.7	± 0.1	5.8	2.9	1	5			
				1932	49	17.8 (9.0)	1.8	16.3 (6.8)	1234 (1102)	25.68 (4.02)	277 (22)	15.4	0.160					0.35	1.11 (0.17)	16.4 (1.4)	260	± 6	4.70	± 0.15	2964	± 165	55.4	± 0.9	16.0	± 0.7	5.1	2.7	1	5			

Revier und Abteilung	Grösse d. untersuchten Fläche ha	Gewöhnl. Durchf. zwischenraum, Jahre	Vor 1930 (od. 1929) letztes Mal durchforstet	Untersuchungsjahr (Herbst)	je ha: Vor Durchforstung oder ohne Durchforstung: Alter Jahre	Höhe m	Bonität	Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Intensität (Faktor zur Höhe) 0.000	Relativer Baumabstand	Durchforstung: Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Jährl. Zuwachs nach Bohrungen: Durchmesser cm	Grundfläche m²	Masse m³	je m² der Bestandesfläche: Absol. Blattrockengewicht g	Blattfläche m²	Anzahl Blätter Stück	Trockengewicht je m² Blattfläche g	Durchschnittl. Blattgrösse cm²	Durchschnittl. Durchmesser der 5 grössten Blätter cm	5 kleinsten Bl. cm	Güteklasse nach ruhig. Blattfall	Anzahl Platten mit zufriedenstell. Laubfall	Bemerkungen	Beschreibung Herbst 1930	Revier und Abteilung
(Fortsetzung) Sönderskov 46 A	0.5100	12—20	etwa 1918	1930	123	30.3		42.1	298	41.45	710	23.4	0.192	35.7	57	5.65	97	0.30	0.57	10.7	282 ± 9	5.67 ± 0.13	3400 ± 138	49.8 ± 0.5	16.7 ± 0.2	5.8	2.2	1	9	Etwas ungleichaltrig.	Anemone-Oxalis. Laubdecke v. 1—2 Jhr. 3—5 cm guter Mull auf etwa 20 cm braungrauem Obergr. Darunter heller, etwas sandiger Lehm.	(Fortsetzung) Sönderskov 46 A
				1931														0.31	0.54	10.5	234 ± 8	4.91 ± 0.18	2730 ± 94	47.9 ± 0.9	18.0 ± 0.1	5.6	2.9	1	7			
				1932	125	31.1	1.6	44.4	240	36.99	651	20.7	0.207					0,33	0.58	10.9	292 ± 10	6.03 ± 0.25	3801 ± 125	48.6 ± 1.1	15.9 ± 0.4	5.2	2.6	1	8			
Sorö II: Orebo 6 A a	2.6	3	19 26/27	1929	61	etwa 21 (etwa 9)		27 (6.8)	etwa 350 (790)	20.4 (2.8)	254 (20)	120	0.255	27	etwa 50	etwa 3.1	34	0.68	0.89 (0.14)	13.4 (0.7)	230 ± 9	4.75 ± 0.16	2600 ± 106	48.3 ± 0.8	18.4 ± 0.3	6.2	2.4	1	11	Holzmessung des Reviers mit ergänz. Messung der Unteretage (alle Stämme under 18 cm Durchm.) bei uns 1930. Bei den Messungen des Reviers werden Stämme < 18 cm ausgelassen.	Kräftige Flora von Anemone, Asperula, Oxalis, Melica, Mercurialis etc. — Laubdecke v. etwa 1 Jhr. Untergr. von sandigem Lehm.	**Sorö II:** Orebo 6 A a
				1930		21.5												0.72	0.96 (0.16)	14.6 (0.8)	231 ± 10	4.94 ± 0.25	2760 ± 144	47.2 ± 1.1	17.9 ± 0.1	5.8	2.6	1	12			
				1931														0.68	0.93 (0.15)	14.3 (0.8)	279 ± 10	4.64 ± 0.20	3322 ± 98	60.3 ± 1.0	13.9 ± 0.3	5.1	2.3	1	11			
				1932		22.0 (etwa 9)	1.8	30 (etwa 7)	etwa 290 (etwa 790)	19.8 (etwa 2.8)	231 (etwa 20)	115	0.267	28	etwa 47	etwa 2.9	28															
Nordskov 39 A (Die ganze Abteilung ÷ eine Ecke von 0.2 ha gegen Norden)	2.8	3	19 25/26	1929	61	etwa 24 (etwa 12)		30 (13.4)	etwa 340 (130)	etwa 23.9 (1.85)	312 (13)	139	0.226	27	etwa 47	etwa 2.7	36	0.56	0.75 (0.07)	12.7 (0.5)	207 ± 9	4.10 ± 0.19	2430 ± 112	50.7 ± 0.6	16 9 ± 0.2	6.0	2.3	1	13	Wie 6 A a. Etwas unruh. Laubf. 1931.	Anemone, Asperula, Melica. Guter Mull. Untergr. v. schwach sandhaltigem Lehm.	Nordskov 39 A (Die ganze Abteilung ÷ eine Ecke von 0.2 ha gegen Norden)
				1930														0.58	0.78 (0.07)	14.2 (0.5)	186 ± 11	3.82 ± 0.21	2130 ± 117	48.8 ± 0.7	17.9 ± 0.3	5.8	2.6	2	10			
				1931														0.58	0.80 (0.07)	15.9 (0.5)	250 ± 6	4.77 ± 0.11	3026 ± 69	52.5 ± 0.9	15.8 ± 0.3	5.1	2.5	1	11			
				1932		24.9 (etwa 12)	1.1	32.5 (13.4)	etwa 300 (130)	etwa 25.3 (1.85)	328 (13)	147	0.232	31	etwa 50	etwa 3.8	45															
St. Bögeskov 62	0.5464	3	19 27/28	1930	59	21.5	1.6	24.1 (7.7)	4.31 (1094)	19.75 (5.04)	248 (27)	11.5	0.224	22.6 (0)	114 (0)	4.43 (0)	56	0.54	0.90 (0.23)	13.2 (1.4)	272 ± 8	5.57 ± 0.19	3100 ± 108	49.0 ± 0.7	18.1 ± 0.2	6.0	2.3	1	10	Unsere Probefläche. V. d. Grundfl. d. ob. Etage 10.4 % Esche und Ahorn. 1931 etwas unruhiger Laubfall.	Artreiche Mullflora. Laubdecke v. kaum 1 Jhr. Etwa 30 cm Obergrund auf kalkhalt. Lehm.	St. Bögeskov 62
				1931														0.56	0.70 (0.24)	10.9 (1.8)	239 ± 7	4.92 ± 0.21	2550 ± 82	48.8 ± 1.1	19.3 ± 0.3	6.0	2.8	2	10			
				1932														0.54	0.68 (0.24)	10.8 (1.9)	269 ± 5	5.23 ± 0.11	3326 ± 138	51.4 ± 0.6	15.9 ± 0.4	5.3	2.5	1	10			
» 69 A	0.572	3	19 27/28	1930	62	19.7	2.4	22.9 (6.8)	492 (etwa 1070)	20.30 (4.04)	237 (24)	12.0	0.229	20.2 (11.5)	96 (32)	3.11 (0.34)	36 (2)	0.68	1.22 (0.24)	16.7 (1.8)	292 ± 8	5.95 ± 0.17	3260 ± 107	49.2 ± 1.0	18.4 ± 0.2	6.0	2.4	1	10	Unsere Probefläche. V. d. Grundfl. d. ob. Etage 4.4 % Eiche und Fichte.	Artreiche Mullflora. Laubdecke v. etwa 1 Jhr. 2—3 cm Mull auf 12—15 cm braungrauem Obergr. Untergr. v. Sand mit etwas Lehm.	» 69 A
				1931														0.70	1.04 (0.22)	14.5 (1.6)	266 ± 16	5.52 ± 0.44	2990 ± 218	48.7 ± 1.1	18.4 ± 0.2	5.8	2.8	1	8			
				1932		20.1												0.62	0.96 (0.21)	13.6 (1.7)	321 ± 10	6.65 ± 0.40	4298 ± 250	49.0 ± 1.6	15.4 ± 0.3	5.4	2.4	1	10			

Revier und Abteilung	Grösse d. untersuchten Fläche ha	Gewöhnl. Durchf. zwischenraum, Jahre	Vor 1930 (od 1929) letztes Mal durchforstet	Untersuchungsjahr (Herbst)	je ha: Vor Durchforstung oder ohne Durchforstung: Alter Jahre	Höhe m	Bonität	Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Intensität (Faktor zur Höhe) 0.000	Relativer Baumabstand	Durchforstung: Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Jährl. Zuwachs nach Bohrungen: Durchmesser cm	Grundfläche m²	Masse m³	je m² der Bestandesfläche: Absol. Blattgewicht g	Blattfläche m²	Anzahl Blätter Stück	Trockengewicht je m² Blattfläche g	Durchschnittl. Blattgrösse cm²	Durchschnittl. Durchmesser der 5 grössten Blätter cm	5 kleinsten Bl. cm	Gütekl. nach ruhig. Blattfall	Anzahl Platten mit zufriedenstell. Laubfall	Bemerkungen	Beschreibung Herbst 1930	Revier und Abteilung
(Fortsetzung) St. Bögeskov 64 B																																(Fortsetzung) St. Bögeskov 64 B
	0.5158	3	19 28/29	1930	57	20.6	1.6	22.8 (6.6)	494 (1369)	20.18 (4.62)	245 (27)	11.9	0.218					0.58	0.98 (0.22)	11.8 etwa (1.5)	268 ± 9	5.37 ± 0.24	3130 ± 139	49.8 ± 0.8	16.9 ± 0.1	5.8	2.2	1	9			
	0.5158			1931		20.4		22.9 (6.4)	484 (1168)	19.80 (3.78)	238 (22)	11.7	0.223	21.5 (12.4)	132 (10)	4.64 (0.13)	56 (1)	0.56	1.00 (0.22)	12.2 etwa (1.5)	296 ± 10	5.81 ± 0.19	3100 ± 88	51.1 ± 1.7	18.8 ± 0.3	5.9	3.0	1	7	Unsere Probefläche.	Artreiche Mullflora. Laubdecke v. etwa 1 Jhr. Einige cm Mull auf 12—15 cm mullart. Obergr. — Untergr. v. braungelb. Lehm mit grossem Kiesgehalt.	
				1932														0.56	0.74 (0.22)	9.2 etwa (1.5)	246 ± 8	4.62 ± 0.18	3041 ± 106	53.5 ± 1.3	15.2 ± 0.4	5.4	2.4	1	8			
» 70 A b	6.6	3	19 28/37	1929	56	etwa 19.2		etwa 24	etwa 390	17.3	198	10.4	0.264	22	etwa 60	etwa 2.3	23	0.58	0.94	11.0										D. ganz. Abt. vom Revier gemessen		» 70 A b
	0.4800			1930		19.5	1.9	22.6 (6.2)	464 (1353)	18.62 (4.12)	216 (24)	11.1	0.239					0.56	(0.20) 0.94	etwa (1.3) 11.1	242 ± 5	4.82 ± 0.11	2740 ± 74	50.2 ± 0.5	17.7 ± 0.3	6.0	2.4	1	9	Mess. v. uns. Probefläche } 0.6 % d. Grdfl. ist Eiche	Anemone, Asperula, Oxalis. — Laubdecke v. 1—2 Jhr. Etwa 1 2 cm mullartiger Obergr. auf sandig. Lehm.	
	0.4800			1931														0.50	(0.20) 0.84	etwa (1.3) 10.0	292 ± 13	5.91 ± 0.30	3120 ± 141	49.8 ± 1.5	18.9 ± 0.2	5.8	3.1	1	9	do. }		
	6.6			1932				etwa 25	etwa 330	etwa 16.1	190	9.5	0.278	25	etwa 77	etwa 3.8	38		(0.19)	etwa (1.3)	291 ± 5	5.06 ± 0.14	3560 ± 106	57.5 ± 0.9	14.3 ± 0.2	5.2	2.3	1	8	D. ganz. Abt. vom Revier gemessen		
Ll. Bögeskov 82 Bd	2.6	3	19 26/37	1929	61	etwa 21.5		etwa 26	etwa 455	24.2	304	14.2	0.218	23	etwa 67	etwa 2.8	24	0.64	0.96	12.3										D. ganz. Abt. vom Revier gemessen		Ll. Bögeskov 82 Bd
	0.5822			1930		21.8	1.7	26.5 (6.6)	357 (739)	19.58 (2.56)	248 (15)	11.4	0.243					0.62	(0.12) 0.98	etwa (0.8) 12.7	202 ± 14	4.38 ± 0.35	2380 ± 208	46.6 ± 0.7	18.5 ± 0.3	6.1	2.4	2	9	Unsere Probefläche.	Anemone, Asperula, Oxalis, Melica. — Laubdecke v. 1—2 Jhr. Etwa 2—3 cm Mull, 15—25 cm dunkler Obergr. auf hellem, etwas sandigem Lehm.	
	0.5822			1931				26.6 (6.7)	361 (632)	20.01 (2.21)	256 (13)	11.6	0.238	26 (6.7)	71 (2)	3.53 (0.02)	45 (0)	0.58	(0.12) 0.70	etwa (0.8) 9.2	256 ± 14	5.77 ± 0.37	3020 ± 188	44.6 ± 0.6	19.2 ± 0.3	5.9	2.9	1	7	Etw. unruh. Laubf. 1930 u. 1932.		
				1932															(0.11)	etwa (0.8)	208 ± 14	4.48 ± 0.38	2820 ± 233	47.2 ± 1.7	15.9 ± 0.2	5.5	2.4	2	8			
» 81 A	0.3045	3	19 28/29	1930	62	19.7	2.3	25.4 (5.2)	440 (1873)	22.20 (3.94)	258 (18)	13.1	0.242					0.64	1.08 (0.19)	12.6 etwa (1.3)	281 ± 21	5.93 ± 0.46	3180 ± 262	47.5 ± 0.7	18.7 ± 0.5	6.1	2.4	1	5			» 81 A
	0.3045			1931				25.2 (5.3)	427 (1351)	21.20 (3.02)	250 (14)	12.5	0.242	24.2 (5.3)	106 (6)	4.41 0.13	52 (1)	0.66	1.16 (0.20)	13.8 etwa (1.3)	270 ± 17	5.54 ± 0.41	2910 ± 207	48.8 ± 0.7	19.1 ± 0.1	5.8	2.9	1	6	Unsere Probefläche.	Anemone, Asperula, Oxalis. Boden wie 82 Bd.	
				1932														0.64	0.88 (0.15)	10.7 etwa (1.2)	245 ± 9	4.69 ± 0.17	3032 ± 141	52.4 ± 1.5	15.5 ± 0.3	5.1	2.5	1	6			

Revier und Abteilung	Grösse d. untersuchten Fläche ha	Gewöhnl. Durchf. zwischenraum, Jahre	Vor 1930 (od. 1929) letztes Mal durchforstet	Untersuchungsjahr (Herbst)	je ha: Vor Durchforstung oder ohne Durchforstung: Alter Jahre	Höhe m	Bonität	Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Intensität (Faktor zur Höhe) 0.000	Relativer Baumabstand	Durchforstung: Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Jährl. Zuwachs nach Bohrungen: Durchmesser cm	Grundfläche m²	Masse m³	je m² der Bestandesfläche: Absol. Blattgewicht g	Blattfläche m²	Anzahl Blätter Stück	Trockengewicht je m² Blattfläche g	Durchschnittl. Blattgrösse cm²	Durchschnittl. Durchmesser der 5 grössten Blätter cm	5 kleinsten Bl. cm	Güteklasse nach ruhig. Blattfall	Anzahl Platten mit zufriedenstell. Laubfall	Bemerkungen	Beschreibung Herbst 1930	Revier und Abteilung
Frijsenborg: Houlbjerg 36	0.2085	3		1929	29	11.6		12.0	1304	14.75	114	09.9	0.239	12.0	172	1.95	15	0.63	1.34	14	153 ± 8	3.19 ± 0.21	1830 ± 102	48.6 ± 1.8	17.1 ± 0.5	5.9	2.4	2	7	**NB.** Die Holzmessungen in Verbindung mit Durchforstung 1929 sind auf Frijsenborg vom Revier vorgenommen worden. Wo 1929 nicht durchf., sind die Holzmesszahlen mittels Zurückrechnung v. uns. Messung 1930 gefunden. Etwas Zugluft vom Saum in 1930 und 1931.	Moos mit etwas Oxalis. Laubdecke v. 1 Jhr. 2—3 cm Mull, 30 cm dunkler lockerer Obergr. auf braunem, stark sandigem Lehm. Gegen Süden weniger Obergr. u. mehr Lehm.	**Frijsenborg:** Houlbjerg 36
				1930	30	12.0	1.3	12.6	1132	14.14	112	09.3	0.248					0.64	1.48	15	230 ± 7	4.46 ± 0.09	2400 ± 49	51.6 ± 1.3	18.6 ± 0.1	5.5	3.0	2	6			
				1931	31	12.4		13.3	1132	15.62	127	10.2	0.240					0.63	1.58	16	227 ± 8	4.95 ± 0.26	3116 ± 177	56.1 ± 1.4	15.9 ± 0.4	5.2	2.6	1	7			
				1932	32	12.8		13.9	1132	17.20	143	11.1	0.232	13.3	307	4.30	35															
Borridsö 10	4.4	3	19 27/28	1929	31	11.5		11.4	1777	17.94	138	12.0	0.207					0.45	1.52	16	222 ± 8	4.63 ± 0.25	2480 ± 193	46.7 ± 1.9	18.9 ± 0.6	6.0	2.5	2	4	Etwas Zugluft in 1931. 1930 u. 1931 viele Platten beim Verkehr aufgerissen.	Im nördl. Teil Anemone, Asperula, Oxalis, Geranium Rob., Urtica. — Gegen Süden keine Flora. Laubdecke v. 1—2 Jhr. — 1—2 cm guter Mull, 40—50 cm braungrauer, lockerer Obergr. auf rotfleckigem, stark sandgemischt. Lehm.	Borridsö 10
				1930	32	11.9	1.7	11.8	1777	19.46	153	12.9	0.199	10.5	692	6.00	46	0.54	1.24	12	167 ± 10	2.92 ± 0.20	1580 ± 101	57.6 ± 0.9	18.5 ± 0.1	5.6	3.1	2	4			
				1931	33	12.6		13.1	1085	14.70	120	09.6	0.242					0.58	1.30	14	230 ± 7	4.71 ± 0.17	2874 ± 125	48.8 ± 0.6	16.4 ± 0.2	5.2	2.8	1	5			
				1932	34	12.9		13.7	1085	16.00	133	10.3	0.236																			
Lyngaa 14	1.4	3	19 27/28	1929	29	12.7		12.2	1572	18.41	152	11.9	0.198					0.58	1.79	19	204 ± 1	4.31 ± 0.12	2320 ± 54	47.2 ± 1.4	18.6 ± 0.2	6.1	2.4	2	3	Laubfall 1930 u. 1931 nicht ganz ruhig. In allen 3 Jahren wurden je 3 Platten wegen ungünstiger Lage ausgelassen.	Flora wie Borridsö 10 + viel Anflug v. Esche. Laubdecke v. 1 Jhr. 3—4 cm Mull, 15—40 cm lockerer Obergr. auf braunem, lehmigem Sand mit Steinchen.	Lyngaa 14
				1930	30	13.3	0.9	12.8	1572	20.20	172	12.9	0.189					0.58	1.84	21	262 ± 16	5.50 ± 0.25	2910 ± 157	47.6 ± 2.1	18.9 ± 0.3	5.7	3.0	2	3			
				1931	31	13.7		13.4	1572	22.04	193	14.1	0.184					0.57	1.96	22	238 ± 1	4.87 ± 0.20	2978 ± 103	49.2 ± 2.1	16.3 ± 0.3	5.3	2.7	1	4			
				1932	32	14.1		13 9	1572	24.00	214	15.1	0.179	12.2	650	7.62	68															
Haar Skov 3	1.5	3	19 27/28	1929	27	10.1		9.8	2500	18.97	133	13.2	0.199					0.54	1.93	20	234 ± 11	5.11 ± 0.27	2630 ± 132	46.7 ± 0.8	19.5 ± 0.5	6.3	2.5	2	6	Verhältnis $\frac{\text{Blattgew.}}{\text{Blattfläche}}$ vom normalen etwas abweichend. 1931 u. 1932 unruhiger Laubfall.	Flora gegen Süden Moos mit etwas Anemonen. Gegen Norden der Boden ganz mit Hedera helix gedeckt. Laubdecke von kaum 1 Jhr., etwa 3 cm Mull auf etwa 15 cm braungrauem, lockerem Obergr. — Untergr. brauner, lehmiger Sand.	Haar Skov 3
				1930	28	10.6	1.5	10.3	2500	20.90	153	14 4	0.189	9.25	790	5.24	38	0.62	1.87	19												
				1931	29	11.4		11.4	1710	17.53	134	11.8	0.213					0.63	1.98	21												
				1932	30	11.9		12.1	1710	19.51	153	12.9	0.203																			
Tinning Skov 31	5.2	3.4	19 25/26	1929	49	17.4		21.7	596	22.00	231	13.3	0.236	18.70	167	4.56	48	0.59	0.92	11	169 ± 8	3.46 ± 0.20	1920 ± 115	48.9 ± 0.8	18.1 ± 0.3	5.7	2.4	2	8	Etwas unregelm. Laubfall.	Anemone, Oxalis, Milium eff. u. Rubus id. — Laubdecke von etwa 2 Jhr., 2—3 cm Mull, 20 cm lockerer, braungrauer Obergr. auf braungelb., lehm. Sand.	Tinning Skov 31
				1930	50	17.8	1.9	23.3	429	18.36	196	11.0	0.272					0.58	0.95	12	216 ± 7	4.49 ± 0.21	2400 ± 131	48.4 ± 0.9	18.8 ± 0.2	5.8	3.0	2	7			
				1931	51	17.9		23.9	429	19.31	208	11.6	0.269					0.58	0.90	12	252 ± 9	4.93 ± 0.18	3086 ± 129	51.1 ± 0.7	16.0 ± 0.6	5.2	2.7	2	7			
				1932	52	18.1		24.5	429	20.21	219	12.1	0.266																			
Foldby Enemærke 16	1.2	3	19 26/27	1929	31	14.7		16.5	634	12.93	119	08.1	0.270			3.7	33	0.70	1.14	13	220 ± 10	4.47 ± 0.21	2530 ± 108	49.4 ± 1.1	17.7 ± 0.2	6.1	2.5	1	5	Viel Zugluft.	Anemone, Asperula, Oxalis u. Gräser. Laubdecke von etwa 1 Jhr., 4—7 cm Mull, 30—35 cm dunkelgrauer, humoser, lockerer Obergr. auf braungrauem, rotfleck., sehr sandigem Lehm.	Foldby Enemærke 16
				1930	32	15.1	0.7	16.8	634	14.07	132	08.7	0.263					0.70	1.21	15	229 ± 13	4.36 ± 0.26	2310 ± 141	52.8 ± 1.7	18.9 ± 0.1	5.7	3.0	1	5			
				1931	33	15.5		17.5	634	15.28	146	09.4	0.256					0.70	1.23	15	252 ± 8	5.02 ± 0.13	3164 ± 94	50.2 ± 0.7	15.9 ± 0.2	5.1	2.7	2	5			
				1932	34	15.9		18.2	634	16.51	162	10.2	0.250	16.35	163	3.01	29															

Revier und Abteilung	Grösse d. untersuchten Fläche ha	Gewöhnl. Durchf. zwischenraum, Jahre	Vor 1930 (od. 1929) letztes Mal durchforstet	Untersuchungsjahr (Herbst)	je ha: Vor Durchforstung oder ohne Durchforstung: Alter Jahre	Höhe m	Bonität	Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Intensität (Faktor zur Höhe) 0.000	Relativer Baumabstand	Durchforstung: Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Jährl. Zuwachs nach Bohrungen: Durchmesser cm	Grundfläche m²	Masse m³	je m² der Bestandesfläche: Absol. Blattgewicht g	Blattfläche m²	Anzahl Blätter Stück	Trockengewicht je m² Blattfläche g	Durchschnittl. Blattgrösse cm²	Durchschnittl. Durchmesser der 5 grössten Blätter cm	5 kleinsten Bl. cm	Güteklasse nach ruhig. Blattfall	Annzahl Platten mit zufrei denstell. Laubfall	Bemerkungen	Beschreibung Herbst 1930	Revier und Abteilung
Frijsenborg: Foldby Enemærke 17	1.7	3—4	19 27/28	1929	41	15.1		17.1	729	16.77	157	10.4	0.246																			**Frijsenborg:** Foldby Enemærke 17
				1930	42	15.5	1.8	17.7	729	18.05	173	11.2	0.239	16.3	228	4.77	46	0.65	1.28	16	221 ± 4	4.61 ± 0.16	2600 ± 76	48.1 ± 1.1	17.7 ± 0.2	6.2	2.4	1	6		Anemone, Asperula, Oxalis, Deschamps. caesp. u. a. Gräser. Laubdecke v. 1 Jhr. 4—7 cm Mull, 30—35 cm dunkler, lockerer Obergr. auf braungrauem, rotfleck., sandig. Lehm.	
				1931	43	16.1		19.1	501	14.38	142	08.8	0.278					0.73	1.10	14	199 ± 11	3.73 ± 0.20	1920 ± 97	53.4 ± 1.1	19.4 ± 0.4	5.6	3.2	1	6			
				1932	44	16.6		19.8	501	15.48	156	09.4	0.270					0.73	1.10	14	216 ± 6	4.33 ± 0.10	2686 ± 34	50.0 ± 0.8	16.1 ± 0.2	5.2	2.8	1	7			
Nörreris 30	1.9	5—6	19 27/28	1929	etwa 97	27.1		42.3	166	23.34	360	13.3	0.287																			Nörreris 30
				1930	98	27.3	etwa 2.2	43.0	166	24.07	373	13.7	0.285					0.66	0.73	14	195 ± 7	4.15 ± 0.15	2340 ± 103	47.2 ± 1.6	17.8 ± 0.2	6.1	2.5	2	6	Zieml. ungleichaltrig. Alter und Bonität daher nur annähernd. Etwas unregelm. Laubfall 1930.	Anemone, Asperula, Oxalis, Geranium Rob., Deschamps. u. a. Gräser, Gruppen v. Rubus id. — Laubdecke v. 1 Jhr. ca. 4 cm Mull, 50 cm braungrauer, lockerer Obergr. auf gelbbraun., lehm. Sand.	
				1931	99	27.4		43.6	166	24.82	388	14.1	0.283					0.66	0.75	13	239 ± 10	4.79 ± 0.22	2520 ± 115	50.1 ± 1.2	19.0 ± 0.3	5.8	3.1	1	6			
				1932	100	27.6		44.3	166	25.58	401	14.5	0.282	40.6	46	5.90	90	0.67	0.76	14	243 ± 12	4.79 ± 0.24	2795 ± 136	50.9 ± 0.5	17.1 ± 0.1	5.5	2.8	1	5			
Gl. Dyrehave 40	1.8	5—7	19 24/25	1929	etwa 86	26.5		40.1	195	24.61	373	14.1	0.270																			Gl. Dyrehave 40
				1930	87	26.8	etwa 1.9	40.7	195	25.41	388	14.5	0.268					0.66	0.80	17	191 ± 6	4.28 ± 0.13	2520 ± 87	44.7 ± 0.4	16.6 ± 0.2	5.9	2.2	1	8	Wie Nörreris 30 in bezug auf Alter u. Bonität.	Anemone, Asperula, Oxalis, Rubus id., Melica u. Anflug von Ahorn. Laubdecke v. 1 Jhr. 5 cm Mull, 40 cm lockerer Obergr. auf gelbbraun., sand. Lehm.	
				1931	88	27.0		41.4	195	26.25	405	15.0	0.266	37.1	53	5.73	86	0.66	0.84	18	229 ± 8	4.55 ± 0.17	2510 ± 87	50.3 ± 0.4	18.1 ± 0.2	5.7	2.9	1	8			
				1932	89	27.4		43.6	142	21.21	332	12.1	0.305					0.71	0.69	14	226 ± 4	4.18 ± 0.10	2749 ± 72	54.1 ± 0.7	15.2 ± 0.1	5.1	2.6	1	8			
» 41	1.5	5—7	19 27/28	1929	etwa 91	25.4		40.5	147	18.99	277	10.9	0.326																			» 41
				1930	92	25.6	etwa 2.4	41.2	147	19.55	288	11.2	0.322					0.60	0.56	11	195 ± 9	4.14 ± 0.16	2470 ± 112	47.1 ± 1.0	16.8 ± 0.2	5.9	2.3	1	8	Wie Nörreris 30 in bezug auf Alter u. Bonität.	Oxalis, Anemone, Asperula, Melica, Rubus id. Laubdecke v. 1 Jhr. 3 cm Mull, 35 cm Obergr. auf graubraun., sand. Lehm.	
				1931	93	25.9		41.7	147	20.11	299	11.5	0.319					0.58	0.56	11	256 ± 7	5.36 ± 0.22	2870 ± 75	48.3 ± 2.1	18.7 ± 0.3	5.8	3.0	1	8			
				1932	94	26.2		42.3	147	20.65	310	11.8	0.315					0.57	0.54	11	279 ± 5	5.45 ± 0.08	3416 ± 63	51.1 ± 0.6	15.9 ± 0.2	5.1	2.7	1	7			
» 44	2.7	5—7	19 26/27	1929	etwa 106	28.0		43.6	158	23.65	376	13.4	0.284																			» 44
				1930	107	28.3	etwa 2.1	44.3	158	24.36	389	13.8	0.282					0.68	0.71	14	209 ± 4	4.68 ± 0.25	2600 ± 56	44.7 ± 0.5	17.9 ± 0.3	6.0	2.3	1	7	Wie Nörreris 30 in bezug auf Alter u. Bonität.	Anemone, Oxalis, Asperula, Rub. id., Melica, Deschampsia caesp. — Laubdecke v. 1 Jhr. — 5 cm Mull, 30 cm locherer Obergr. auf graubraun., lehm. Sand.	
				1931	108	28.5		45.0	158	25.12	405	14.2	0.280	41.9	37	5.09	80	0.68	0.76	15	227 ± 7	4.78 ± 0.19	2480 ± 114	47.6 ± 1.2	19.3 ± 0.2	5.7	3.1	1	8			
				1932	109	28.9		46.6	121	20.65	338	11.7	0.315					0.71	0.62	13	218 ± 9	3.94 ± 0.15	2502 ± 84	55.4 ± 1.2	15.7 ± 0.2	5.1	2.7	2	6			
Norringure 36	5.3	5—7	19 27/28	1929	etwa 94	25.1		39.0	172	20.54	296	11.8	0.304																			Norringure 36
				1930	95	25.3	etwa 2.5	39.5	172	21.14	308	12.2	0.302					0.57	0.60	11	244 ± 10	5.11 ± 0.18	2950 ± 106	48.1 ± 1.1	17.3 ± 0.3	5.7	2.2	1	7	Wie Nörreris 30 in bezug auf Alter u. Bonität.	Anemone, Asperula, Oxalis, Milium, Deschampsia, Mercurialis, Rubus id. — Laubdecke von 1 Jhr. 3—5 cm Mull, 40—50 cm locherer, dunkler Obergr. auf gelbbraun., lehm. Sand.	
				1931	96	25.5		40.1	172	21.74	319	12.5	0.299					0.57	0.60	11	247 ± 10	4.65 ± 0.22	2380 ± 114	53.3 ± 0.8	19.6 ± 0.2	5.7	3.1	1	8			
				1932	97	25.8		40.7	172	22.38	330	12.8	0.296					0.57	0.64	12	260 ± 9	5.15 ± 0.18	3323 ± 132	50.5 ± 0.5	15.5 ± 0.2	5.1	2.7	1	8			

Revier und Abteilung	Grösse d. untersuchten Fläche ha	Gewöhnl. Durchf. zwischenraum, Jahre	Vor 1930 (od. 1929) letztes Mal durchforstet	Untersuchungsjahr (Herbst)	je ha: Vor Durchforstung oder ohne Durchforstung: Alter Jahre	Höhe m	Bonität	Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Intensität (Faktor zur Höhe) 0.000	Relativer Baumabstand	Durchforstung: Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Jährl. Zuwachs nach Bohrungen: Durchmesser cm	Grundfläche m²	Masse m³	je m² der Bestandesfläche: Absol. Blattrockengewicht g	Blattfläche m²	Anzahl Blätter Stück	Trockengewicht je m² Blattflache g	Durchschnittl. Blattgrösse cm²	Durchschnittl. Durchmesser der 5 grössten Blätter cm	5 kleinsten Bl. cm	Güteklasse nach ruhig. Blatt. fall	Anzahl Platten mit zufriedenstell. Laubfall	Bemerkungen	Beschreibung Herbst 1930	Revier und Abteilung
(Fortsetzung) Toustrup Vesterskov 10	0.633	3		1929	30	13.5	0.9	13.5	1176	16.71	144	10.7	0.217	13.5	171	2.39	21	0.61	1.33	14	163 ± 7	3.47 ± 0.16	1940 ± 104	46.9 ± 0.4	17.9 ± 0.2	5.8	2.3	1	8	Blattfall mit 3 % für Neigung des Geländes vergrössert.	Anemone, Asperula, Oxalis. Laubdecke v. 1 Jhr. 3 cm Mull, 25 cm lockerer, graubrauner Obergr. auf braunem, schw. sand. Lehm. Gelände geg. O. geneigt.	(Fortsetzung) Toustrup Vesterskov 10
				1930	31	13.8		14.1	1005	15.65	137	09.9	0.228					0.64	1.46	16	206 ± 10	3.92 ± 0.21	2150 ± 115	52.6 ± 0.7	18.3 ± 0.2	5.7	3.0	1	7			
				1931	32	14.2		14.7	1005	17.11	153	10.8	0.223					0.63	1.48	17	245 ± 7	4.37 ± 0.09	2706 ± 80	56.0 ± 0.8	16.2 ± 0.3	5.1	2.8	1	8			
				1932	33	14.5	1.3	15.4	1005	18.59	169	11.7	0.218																			
Hemstok Skov	0.1271	8—10	Mehrere Jahre vorher	1929	63	18.8		20.5	1039	34.18	385	20.4	0.165					0.35	1.15	19	234 ± 15	4.78 ± 0.43	2530 ± 170	49.3 ± 1.6	18.9 ± 0.8	6.2	2.5	1	6	Blattfall m. 3 % f. Neig. d. Geländes vergrössert.	Anemone, Oxalis. Zerstreut Asperula u. Melica. Laubdecke v. etwa 2 Jhr. 2—3 cm Mull, 30—60 cm lockerer, brauner Obergr. auf gelbbraun., schw. anlehm. Sand. Gelände geg. O. geneigt.	**Hemstok Skov**
				1930	64	19.1	2.8	20.8	1039	35.33	401	21.0	0.163					0.36	1.22	20	269 ± 8	6.36 ± 0.25	3200 ± 114	42.4 ± 0.8	19.9 ± 0.3	5.9	3.0	1	6			
				1931	65	19.4		21.2	1039	36.57	420	21.6	0.160	16.18	331	6.83	71	0.41	1.06	18	219 ± 9	4.37 ± 0.13	2535 ± 114	50.1 ± 0.7	17.3 ± 0.4	5.5	2.8	1	6			
				1932	66	20.2		23.5	708	30.80	368	18.2	0.186																			
Matrup Revier	0.3266	etwa 10	do.	1929	112	26.9		34.9	413	39.50	609	22.6	0.183					0.26	0.65	13	237 ± 4	5.54 ± 0.15	3100 ± 63	42.9 ± 0.8	17.9 ± 0.3	6.1	2.2	1	7		Oxalis, Anemone, Asperula, etwas Melica u. Anflug v. Esche. Laubdecke v. 2 Jhr. 5 cm guter, körniger Mull, 45 cm dunkler, lockerer Obergrund auf gelbbraun., lehm. Sand.	**Matrup Revier**
				1930	113	27.0	2.5	35.2	413	40.15	620	22.9	0.182					0.27	0.65	13	277 ± 8	5.99 ± 0.17	3140 ± 82	46.4 ± 1.5	19.1 ± 0.1	5.8	3.1	1	7			
				1931	114	27.2		35.4	413	40.80	631	23.2	0.181					0.27	0.60	13	290 ± 8	5.68 ± 0.22	3578 ± 81	51.2 ± 1.9	15.8 ± 0.3	5.3	2.6	1	6			
				1932	115	27.3		35.7	413	41.40	642	23.6	0.180																			
Vemmetofte VI 10	0.4243	5	19 22/23	1930	etwa 95	28.6	etwa 1.7	45.2	198	31.81	519	18.1	0 248	40.5	38	4.90	80				290 ± 15	6.14 ± 0.42	3500 ± 217	47.0 ± 1.4	17.5 ± 0.2	5.8	2.8	2	6	V. d. Grundfl. d. ob. Etage 7,8 % Fichte. Etwas unruh. Laubfall 1930.	Anemone, Asperula, Oxalis, Stellaria hol., Carex u. Gräser. Laubdecke fast verschwunden. 12—18 cm sehr lockerer Mull auf etwa 35 cm humosem Sand. Untergr. gelber sandig. Lehm.	**Vemmetofte** VI 10
				1931				46.2	160	26.95	444	15.3	0.274								214 ± 9	4.64 ± 0.22	2720 ± 159	46.3 ± 0.6	17.1 ± 0.5	5.7	2.6	2	5			
» VI 23	0.1711	4	19 27/28	1930	39	15.7 (6.5)	1.4	17.5 (5.7)	1005 (327)	24.06 (8.48)	234 (34)	14.9	0.201								239 ± 9	4.85 ± 0.18	2600 ± 70	49.2 ± 0.4	18.6 ± 0.2	5.9	2.4	1	4	Viele Platten von Verkehr aufgerissen.	Sparsam: Anemone, Asperula, Oxalis, Lamium u. Gräser. Etwas Anflug von Esche u. Ahorn. Boden fest und ohne Laubdecke. Etwa 12 cm Mull auf 30 cm humosem, lehm. Sand. Untergr. grauer, anlehm. Sand.	» VI 23
				1931	40			17.7 (6.0)	1005 (327)	25.06 (9.26)	247 (38)	15.4	0.197								293 ± 7	6.24 ± 0.46	3670 ± 187	47.3 ± 2.5	16.9 ± 0.4	5.9	2.4	1	3			
» VI 33	0.9095	7	19 29/30	1930	etwa 100	28.3	etwa 1.9	48.3	161	29.46	475	16.7	0.279								296 ± 13	5.95 ± 0.25	3700 ± 148	49.9 ± 0.8	16.1 ± 0.3	5.6	2.3	1	9		Anemone, Asperula, Oxalis, Stellaria, Hordeum, Carex etc. — Laubdecke teilweise verschwunden. 12—15 cm lockerer Mull auf oben sehr humosem, anlehm. Sand. Untergr. grauer bis rotfleckiger, lehm. Sand.	» VI 33
				1931				47.9	161	28.98	470	16.5	0.278								278 ± 11	6.50 ± 0.23	3840 ± 129	42.9 ± 1.2	16.9 ± 0.3	5.7	2.6	1	9			

Rivier und Abteilung	Grösse d. untersuchen Fläche ha	Gewöhnl. Durchf. zwischenraum, Jahre	Vor 1930 (od. 1929) letztes Mal durchforstet	Untersuchungsjahr (Herbst)	je ha: Vor Durchforstung oder ohne Durchforstung: Alter Jahre	Höhe m	Bonität	Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Intensität (Faktor zur Höhe) 0.000	Relativer Baumabstand	Durchforstung: Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Jährl. Zuwachs nach Bohrungen: Durchmesser cm	Grundfläche cm²	Masse m³	je m² der Bestandesfläche: Absol. Blatt-Trockengewicht g	Blattfläche m²	Anzahl Blätter Stück	Trockengewicht je m² Blattfläche g	Durchschnittl. Blattgrösse cm²	Durchschnittl. Durchmesser der 5 grössten Blätter cm	5 kleinsten Bl. cm	Gütekl. nach ruhig. Blattfall	Anzahl Platten mit zufriedenstell. Laubfall	Bemerkungen	Beschreibung Herbst 1930	Revier und Abteilung
(Fortsetzung)																																(Fortsetzung)
Vemmetofte VI 34	0.1220	5	19 27/28	1930	56	19.8	1.8	25.9	557	29.35	346	17.4	0.214								281 ± 9	5.74 ± 0.18	3160 ± 112	49.1 ± 0.4	18.3 ± 0.3	6.1	2.7	2	6	Einige Regenwürmer-Exkremente zwischen dem Laub.	Anemone, Asperula, Stellaria, Oxalis, stellenw. Hordeum u. Mercurialis. Überall Eschensämlinge. Laubdecke v. etwa 1 Jahr. 12—16 Mull auf 35 cm humosem, lehm. Sand. Untergr. v. grauem bis rotfleck., lehm. Sand oder sandig. Lehm.	Vemmetofte VI 34
				1931	57			26.1	557	29.86	357	17.6	0.211								299 ± 9	6.55 ± 0.14	3770 ± 123	45.7 ± 1.0	17.4 ± 0.2	5.8	2.6	1	6			
» VII 7	0.2206	6	19 24/25	1930	55	19.8	1.8	26.2 (6.0)	476 (14)	25.74 (0.04)	304 (0.1)	15.2	0.232								301 ± 7	6.09 ± 0.17	3400 ± 42	49.4 ± 0.4	17.9 ± 0.5	6.0	2.5	1	6		Anemone, Asperula, Oxalis, Stellaria, stellenw. Primula, Carex, Poa nem. etc. — Überall Anflug von Esche. Nur Reste von d. Laubdecke d. letzt. Jhrs. 8—14 cm Mull auf etwa 30 cm humos., anlehm. Sand. — Untergr. fester, rotfleck., anlehm. Sand.	» VII 7
				1931	56			26.6 (6.2)	476 (14)	26.42 (0.04)	316 (0.1)	15.6	0.228								307 ± 12	6.76 ± 0.15	3830 ± 63	45.4 ± 1.2	17.7 ± 0.3	5.8	2.6	1	7			
» VII 18	0.1676	3—4	19 25/26	1930	38	16.0	1.1	17.8	1128	28.15	276	17.3	0.186	15.5	305	5.72	56				262 ± 7	5.25 ± 0.11	2950 ± 108	50.1 ± 0.8	17.8 ± 0.3	6.1	2.5	1	6		Sparsame Flora v. Anemone, stellenw. Asperula Carex, Melica u. a. Etwas Eschen-Anflug. V. d. Laubdecke d. letzt. Jhrs. nur wenig übrig. 12—15 cm Mull auf etwa 40 cm humos., anlehm. Sand. Untergr. grauer, lehm., rotfleck. Sand.	» VII 18
				1931	39			19.2	823	23.90	240	14.6	0.211								243 ± 29	5.50 ± 0.67	3050 ± 381	44.6 ± 2.0	18.1 ± 0.1	5.8	2.7	2	6			
» VII 21	0.0583	2—3	19 29/30	1930	19	6.6	1.4	4.9	8070	15.06	83	12.6	0.169								189 ± 12	3.79 ± 0.23	2113 ± 141	49.8 ± 0.7	18.0 ± 0.1	5.9	2.5	2	5	Laubfall 1930 und 1931 etwas unruhig.	Anemone, Mnium undulatum sparsam. Laubdecke v. 1—2 Jhr. Etwa 10 cm Mull auf etwa 25 cm humos., lehm. Sand. Untergr. grauer, lehm. Sand.	» VII 21
				1931	20			5.2	7980	16.70	95	13.4	0.158								202 ± 9	4.47 ± 0.38	2640 ± 214	45.8 ± 2.5	17.0 ± 0.2	5.8	2.4	2	5			
» VII 23	0.1853	6	19 23/24	1930	58	18.0	2.6	26.8	572	32.26	350	19.4	0.232	21.6	132	4.84	53				294 ± 10	6.12 ± 0.32	3420 ± 138	48.4 ± 1.1	18.0 ±0.6	5.9	2.5	1	5	Laubfall 1931 etwas unruhig.	Gegen W. etwas Oxalis u. Hordeum, gegen O. sehr wenig Flora. Laubdecke v. 2 Jhr. 10—12 cm Mull auf etwa 30 cm humos., anlehm. Sand. Untergr. braungrauer, rotfleck., lehm. Sand.	» VII 23
				1931																	308 ± 40	6.33 ± 0.72	3610 ± 366	48.4 ± 1.2	17.5 ± 0.2	5.9	2.6	2	3			
» VIII 39	0.0421	2—3	19 27/28	1930	20	6.3	1.9	4.4	11070	16.76	89	14.2	0.151	4.2	3230	4.57	24				224 ± 15	4.59 ± 0.30	2520 ± 117	48.8 ± 1.2	19.1 ± 0.6	6.3	2.4	1	5		Sparsame Flora v. Anemone u. Mnium undulat. Laubdecke v. etwa 1 Jhr. 10 cm Mull auf etwa 40 cm wenig humosem, lehm. Sand. Untergr. braungrau., rotfleck., sand. Lehm.	» VIII 39
				1931																	240 ± 20	5.78 ± 0.76	3260 ± 382	42.5 ± 2.8	17.7 ± 0.5	5.8	2.5	1	4			
» VIII 42	0.1706	6	19 25/26	1930	51	19.4	1.5	27.4	469	27.62	321	16.4	0.238	24.8	123	5.92	69				286 ± 17	5.98 ± 0.47	3270 ± 192	48.0 ± 1.1	18.3 ± 0.4	6.2	2.4	1	6	Bestand stark geschlossen. 1931 mehrere Platten durch Verkehr beeinträchtigt.	Anemone, Asperula, Oxalis, Stellaria u. a. — Anflug v. Esche. V. d. Laubdecke d. letzt. Jhrs. nur Reste. 10—15 cm Mull auf etwa 35 cm sehr humos., anlehm. Sand. Untergr. grauer bis rotfleck., lehm. Sand.	» VIII 42
				1931	52			29.2	346	23.20	276	13.7	0.270								262 ± 8	5.54 ± 0.40	3380 ± 258	47.7 ± 2.6	16.4 ± 0.4	5.9	2.5	2	3			
» VIII 64	0.4697	8	19 18/19	1930	etwa 90	26.2	etwa 2.1	52.8	145	31.60	476	18.1	0.317								331 ± 14	6.55 ± 0.31	4050 ± 142	50.7 ± 0.4	16.2 ± 0.3	5.8	2.4	1	6		Anemone, Asperula, Oxalis, Stellaria u. a. Etwas Anflug v. Esche u. Buche. — Laubdecke v. 1—2 Jhr. 12—15 cm Mull mit vielen Wurzeln auf etwa 35 cm humos,, lehm. Sand. Untergr. braungrauer, lehm. Sand.	» VIII 64
				1931				52.1	145	30.98	469	17.7	0.316								268 ± 7	5.87 ± 0.17	3400 ± 142	45.8 ± 1.3	17.3 ± 0.3	5.8	2.5	1	5			

Revier und Abteilung	Grösse d. untersuchten Fläche ha	Gewöhnl. Durchf. zwischenraum, Jahre	Vor 1930 (od. 1929) letztes Mal durchforstet	Untersuchungsjahr (Herbst)	je ha: Vor Durchforstung oder ohne Durchforstung: Alter Jahre	Höhe m	Bonität	Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Intensität (Faktor zur Höhe) 0.000	Relativer Baumabstand	Durchforstung: Durchmesser cm	Stammzahl Stück	Grundfläche m²	Masse m³	Jährl. Zuwachs nach Bohrungen: Durchmesser cm	Grundfläche m²	Masse m³	je m² der Bestandesfläche: Absol. Blattrockengewicht g	Blattfläche m²	Anzahl Blätter Stück	Trockengewicht je m² Blattfläche g	Durchschnittl. Blattgrösse cm²	Durchschnittl. Durchmesser der 5 grössten Blätter cm	5 kleinsten Bl. cm	Gütekl. nach ruhig. Blattfall	Anzahl Platten mit zufriedenstell. Laubfall	Bemerkungen	Beschreibung Herbst 1930	Revier und Abteilung
(Fortsetzung) Vemmetofte VIII 70	0.1723	6	19 28/29	1930 1931	55—60	19.4 (8.0)	etwa 2.2	24.6 (5.6) 25.4 (6.2)	517 (35) 517 (35)	24.63 (0.08) 26.05 0.10	286 (0.4) 305 (0.5)	14.6 15.5	0.227 0.223								231 ± 9 271 ± 10	4.46 ± 0.16 6.91 ± 0.54	2560 ± 82 3700 ± 226	51.7 ± 0.5 40.0 ± 2.4	17.4 ± 0.2 18.7 ± 0.8	6.0 5.7	2.5 2.7	1 1	6 6		Üppige Flora v. Anemone, Asperula, Oxalis, Stellaria, Hordeum u. a. — Überall Eschensämlinge und Anflug v. Esche u. Buche. V. d. Laubdecke d. letzt. Jhrs. nur Reste. Etwa 15 cm Mull auf etwa 30 cm humos., lehm. Sand. Untergr. graubraun, rotfleck., lehm. Sand.	(Fortsetzung) Vemmetofte VIII 70
Buderupholm Troldeskoven			Viele Jahre vorher	1938	über 100	10—15															208 ± 17	4.12 ± 0.3			15.5 ± 0.4			2	5	Blattmaterial direkt v. Boden mit d. Hand in Jan. 1939 aufgesammelt. Die Schutzverhältnisse kaum befriedigend, obgleich keine Kielwasserspur hinter den Stämmen. Die Proben sind etwa 50 m vom Westsaum d. Bestandes genommen. Westlich vom Bestand 55 järh. Fichte, 16 m hoch.	Seitdem die Fichte Schutz gegeben hat, ist die Höhe des Buchenbestandes 7—8 m gewachsen (in 35 Jhr), was ungef. einer Bonität 5 entspricht. 5—10 cm alter Buchenrohhumus in Zersetzung. Gegen W. einzelne Vaccinium myrtillus, sonst keine Flora. Etwa 15 cm alter, jetzt etwas humoser Bleichsand, darunter etwa 15 cm Roterde auf gelbem, lehmfreiem Sand mit einigen Steinen.	**Buderupholm** Troldeskoven
Esrom Abt. 121			Nie durchforstet	1938	15	2.3															271	5.16			20					Mittels eines Rahmenmasses, der langsam gehoben wurde, wurden alle grüne Blätter auf 1 m² abgepflückt.	Reihenkultur nach Fichte; Keine Überhälter. Vollst. geschlossen. Boden fast ohne Flora. Wachstum normal.	**Esrom** Abt. 121

TABELLE C

NADELUNTERSUCHUNGEN BEI FICHTE AUF DEM GUT FRIJSENBORG HERBST 1932.

Sämtliche Faktoren für jeden einzelnen Baum.

Alle Massenzahlen bezeichnen die Stammasse.

Wald und Abteilung	Baum Nr.	Holzkörper						m³ jährl. Zuw. je m² frisch. Nadel-oberfl.
		Höhe m	Durch-messer bei 1.3 m cm	Masse m³	Jährl. Zuw. 1931 und 1932		Kronen-verhält-nis 0,	
					m³	%		
Norringure 3	I	14.25	11.9	0.0830	0.0084	5.1	36	0.000254
Bonität 0.2	II							
Alter 28	III	16.20	16.6	1933	0318	8.2	37	346
	IV	14.25	10.9	0719	0115	8.0	38	384
	V	15.60	14.4	1199	0205	8.6	40	488
	VI	15.15	13.8	1192	0171	7.2	39	462
	VII	16.00	17.3	1924	0309	8.0	44	454
	VIII	15.90	17.2	1917	0345	9.0	42	407
	IX	15.10	14.5	1319	0242	9.6	37	465
	X	14.40	12.8	1034	0179	8.7	39	326
Durchschnitt		15.21	14.4	0.1341	0.0219		39	0.000398
Hammelure 3	I	16.80	19.2	0.2400	0.0379	7.9	42	0.000480
Bonität 1.8	II	16.70	18.8	2621	0482	9.2	45	392
Alter 38	III	17.80	21.5	3224	0634	9.8	39	374
	IV	17.15	18.8	2431	0480	9.9	50	404
	V	17.00	20.4	3166	0586	9.3	47	422
	VI	14.60	15.9	1564	0187	6.0	40	288
	VII	15.05	16.0	1632	0316	9.7	41	376
	VIII	16.75	20.6	3043	0618	10.2	47	302
	IX	16.75	23.2	3217	0584	9.1	44	340
	X	15.85	19.0	2384	0468	9.8	49	352
Durchschnitt		16.45	19.3	0.2568	0.0473		44	0.000373
Skivholme 32	I	13.70	16.1	0.1498	0.0325	10.8	52	0.000353
Bonität 1.8	II	12.55	14.9	1244	0282	11.3	51	421
Alter 30	III	14.70	18.0	1940	0460	11.9	53	541
	IV	13.10	16.1	1348	0304	11.3	51	301
	V	12.90	13.8	1076	0209	9.7	41	354
	VI	11.90	13.4	0948	0117	6.2	42	156
	VII	11.15	10.4	0548	0101	9.2	44	280
	VIII	12.90	14.5	1173	0294	12.5	51	408
	IX	13.00	15.8	1293	0296	11.5	51	370
	X	11.85	12.8	0865	0214	12.4	49	258
Durchschnitt		12.78	14.6	0.1193	0.0260		49	0.000344

Nadeln

n de nes- n er	Absolutes Trockengewicht kg	Absolutes Trockengewicht g je Liter Holz	Frische Oberfläche m^2	Anzahl Millionen Stück	Abs. Trokkengew. je m^2 frisch. Oberfl. g	Grösse: Durchschn. frische Oberfläche mm^2	Grösse: Durchschn. frische Länge mm	Grösse: Durchschn. Länge der 5 grössten mm	Grösse: Durchschn. Länge der 5 kleinsten mm
5.0	2.79	33.6	33	1.180	84	28.2	12.6	16.0	8.8
5.5	6.51	33.7	92	2.470	71	36.9	16.1	20.9	11.6
0.0	2.66	37.0	30	0.750	90	39.1	16.9	20.3	12.3
5.0	4.33	36.1	42	1.130	103	37.2	16.2	20.8	11.7
.5	3.21	26.9	37	1.150	86	32.7	14.4	19.2	9.5
5.0	6.58	34.2	68	1.670	97	40.3	17.4	22.3	12.4
.0	6.02	31.4	85	2.480	71	34.0	14.9	19.8	10.2
.0	3.93	29.8	52	1.620	76	32.2	14.2	19.0	9.6
.0	3.51	33.9	55	1.780	64	31.2	13.8	18.1	9.9
.4	4.39	32.8	55	1.581	82	34.6	15.2	19.6	10.7
.5	8.58	35.8	79	2.430	108	32.7	14.5	17.4	11.7
.5	10.60	40.4	123	3.930	86	31.2	13.8	17.5	10.8
.5	14.70	45.6	165	4.850	89	33.8	14.9	18.5	10.6
.5	13.00	53.5	119	3.110	109	38.0	16.5	21.4	12.2
.0	14.40	45.5	139	4.700	104	29.6	13.2	16.7	9.9
.0	3.65	23.3	65	2.420	56	26.9	12.1	15.6	9.1
.5	6.13	37.6	84	2.510	73	33.4	14.6	17.8	11.0
0	17.60	57.8	205	6.400	86	32.2	14.2	18.7	11.3
5	18.70	58.1	152	4.130	123	37.0	16.1	20.0	11.0
0	12.90	54.1	133	3.920	97	33.5	14.7	17.6	11.7
7	12.03	46.8	126	3.840	93.1	32.8	14.5	18.1	10.9
5	9.42	62.8	92	3.450	102	26.7	12.0	14.4	9.4
5	6.65	53.4	67	2.050	100	32.3	14.3	17.5	10.2
0	10.70	55.2	85	3.150	125	27.2	12.3	15.9	9.0
0	8.58	63.7	101	3.160	85	32.2	14.2	18.2	10.1
0	6.53	60.7	59	1.740	110	33.9	14.9	19.3	11.0
0	5.81	61.4	75	2.040	78	37.0	16.1	19.4	12.8
5	2.85	52.0	36	0.960	80	36.9	16.0	18.8	12.3
5	6.73	57.4	72	3.700	94	36.2	15.8	20.2	11.7
5	7.52	58.2	80	2.090	94	38.2	16.6	20.4	11.9
5	7.10	82.1	83	2.320	86	36.0	15.7	20.4	11.8
	7.19	60.3	75	2.466	95	33.7	14.8	18.4	11.0

Wald und Abteilung	Baum Nr.	Holzkörper: Höhe m	Holzkörper: Durchmesser bei 1.3 m cm	Holzkörper: Masse m³	Holzkörper: Jährl. Zuw. 1931 und 1932 m³	Holzkörper: Jährl. Zuw. 1931 und 1932 %	Holzkörper: Kronenverhältnis 0.	m³ jährl. Zuw. je m² frisch. Nadeloberfl.
Hagsholm 39	I	11.75	16.3	0.1299	0.0283	10.9	53	0.000443
Bonität 2.2	II	10.55	12.5	0698	0135	9.7	47	338
Alter 27	III	11.55	13.0	0838	0187	11.1	47	424
	IV	12.25	15.1	1228	0262	10.7	52	312
	V	11.40	12.5	0777	0159	10.2	51	306
	VI	10.45	11.9	0628	0116	9.2	49	298
	VII	11.45	14.5	1016	0230	11.3	49	371
	VIII	11.05	11.8	0667	0146	10.9	47	318
	IX	12.00	14.4	0984	0213	10.8	54	367
	X	9.40	9.9	0392	0057	7.3	48	248
Durchschnitt		11.19	13.2	0.0853	0.0179		50	0.000343
Hagsholm 42	I	14.90	20.7	0.2694	0.0550	10.2	51	0.000342
Bonität 2.8	II	12.05	13.3	1050	0215	10.2	52	187
Alter 40	III	12.25	11.6	0747	0142	9.5	47	245
	IV	14.80	16.1	1665	0308	9.3	49	346
	V	15.15	15.2	1520	0250	8.2	45	403
	VI	14.20	15.1	1479	0271	9.2	49	348
	VII	15.35	20.0	2785	0528	9.5	44	391
	VIII	14.20	15.1	1413	0314	11.1	49	403
	IX	15.70	18.9	2335	0376	8.1	47	272
	X	15.90	22.1	3210	0509	7.9	54	351
Durchschnitt		14.45	16.8	0.1890	0.0346		49	0.000329
Hagsholm 43	I	17.60	18.8	0.2599	0.0410	7.9	38	0.000313
Bonität 1.7	II	16.10	17.4	2104	0369	8.8	41	351
Alter 37	III	17.35	20.6	3129	0534	8.5	43	411
	IV	17.50	20.8	3136	0552	8.8	50	421
	V	16.00	17.4	2234	0352	7.9	44	367
	VI	15.30	16.2	1711	0320	9.4	47	236
	VII	16.10	23.1	3283	0565	8.6	55	467
	VIII	16.80	21.9	3374	0593	8.8	53	421
	IX	15.55	17.2	2136	0314	7.4	47	305
	X	17.70	19.3	2771	0444	8.0	45	379
Durchschnitt		16.60	19.3	0.2648	0.0445		46	0.000367

Nadeln

n de ıes- n er	Absolutes Trockengewicht kg	Absolutes Trockengewicht g je Liter Holz	Frische Oberfläche m²	Anzahl Millionen Stück	Abs. Trokkengew. je m² frisch. Oberfl. g	Grösse: Durchschn. frische Oberfläche mm²	Grösse: Durchschn. frische Länge mm	Grösse: Durchschn. Länge der 5 grössten mm	Grösse: Durchschn. Länge der 5 kleinsten mm
.0	7.00	53.9	64	2.490	109	25.7	11.6	13.4	9.2
.5	3.39	48.5	40	1.490	84	27.3	12.3	15.1	8.9
.5	4.28	51.1	44	1.100	97	40.2	17.3	20.1	13.8
.0	8.52	69.5	84	2.620	101	32.2	14.2	17.5	10.7
.5	4.44	57.1	52	1.570	85	33.5	14.7	17.9	10.9
.0	3.47	55.2	39	1.080	90	35.4	15.4	18.6	11.0
.0	5.97	58.8	62	1.810	96	34.5	15.1	19.8	10.7
.5	3.96	59.4	46	1.310	87	34.8	15.3	18.8	11.6
.0	6.17	62.7	58	1.890	107	30.3	13.5	17.4	9.5
.0	1.92	49.0	23	0.940	83	25.1	11.4	15.1	8.3
.2	4.91	57.5	51	1.630	94	31.9	14.1	17.4	10.5
.0	15.60	57.9	161	4.730	97	33.8	14.9	19.4	11.7
.0	7.73	73.6	115	3.310	67	34.9	15.3	19.4	11.2
0	4.58	61.3	58	1.670	79	34.5	15.1	19.5	10.6
0	8.16	49.0	89	3.020	92	29.6	13.2	17.0	10.0
0	6.48	42.6	62	1.620	104	38.7	16.7	21.4	12.6
0	6.67	45.1	78	2.310	85	33.8	14.9	18.8	11.6
5	11.90	42.7	135	3.350	88	40.2	17.3	20.6	12.6
0	7.82	55.3	78	1.950	100	40.0	17.2	22.3	12.8
0	14.20	60.8	138	4.150	103	33.5	14.7	18.7	11.5
5	12.80	39.9	145	4.080	88	35.4	15.4	19.7	11.3
7	9.59	50.8	106	3.019	90	35.4	15.5	19.7	11.6
)	9.20	35.4	131	3.880	70	33.7	14.8	18.3	10.9
5	8.44	40.1	105	2.620	80	40.4	17.4	22.7	12.8
)	13.50	43.2	130	3.900	104	33.5	14.7	18.2	10.8
5	10.90	34.8	131	4 180	83	31.6	14.0	18.4	10.6
5	8.74	39.1	96	2.850	91	33.4	14.7	17.2	10.6
5	11.70	68.4	136	4.850	86	27.9	12.5	15.4	9.0
)	10.90	33.2	121	3.040	90	40.0	17.2	21.2	13.8
)	11.30	33.5	141	4.450	80	31.6	14.0	16.9	10.6
5	8.53	40.0	103	3.420	83	30.3	13.5	17.0	9.8
5	11.10	40.1	117	3.810	95	30.6	13.6	18.3	8.9
	10.43	38.4	121	3.700	86	33.3	14.6	18.4	10.8

Nadeln

Absolutes Trockengewicht		Frische Oberfläche	Anzahl Millionen	Abs. Trokkengew. je m² frisch. Oberfl.	Grösse			
					Durchschn. frische Oberfläche	Durchschn. frische Länge	Durchschn. Länge der	
kg	g je Liter Holz	m²	Stück	g	mm²	mm	5 grössten mm	5 kleinsten mm
14.08	51.7	122	3.400	115	36.2	15.8	20.3	12.2
8.73	38.8	120	3.050	73	39.3	17.0	22.0	12.5
9.76	42.1	130	3.500	75	37.5	16.3	19.9	11.0
13.37	41.7	178	5.500	75	32.6	14.3	18.0	10.8
18.30	50.2	187	5.620	98	32.9	14.5	17.5	10.6
9.84	50.9	97	3.000	101	32.6	14.4	17.7	10.8
6.07	50.2	68	2.390	89	28.5	12.8	15.9	9.8
14.90	47.5	154	4.820	97	31.6	14.0	16.7	11.1
14.90	50.2	135	4.340	110	31.2	14.2	17.7	10.8
10.03	41.4	97	2.910	103	33.4	14.7	18.3	11.2
12.00	46.5	129	3.853	94	33.6	14.8	18.4	11.1
3.03	147.1	37	1.240	81	30.3	13.5	16.8	9.6
0.84	127.2	9	0.414	94	21.6	10.0	14.5	8.2
2.71	114.9	27	0.990	105	26.2	11.8	15.0	8.8
2.93	107.0	28	0.930	105	30.2	13.4	18.0	9.9
0.32	72.7	4	0.113	77	36.6	15.9	20.0	11.5
2.21	166.2	23	0.805	96	28.6	12.8	15.6	9.4
1.96	129.8	23	0.780	86	29.5	13.2	17.1	9.6
4.02	137.2	40	1.270	100	31.5	13.9	17.6	10.0
0.83	103.8	12	0.360	71	32.3	14.2	17.2	10.0
1.48	108.0	16	0.445	92	36.2	15.8	20.6	11.6
2.03	125.3	22	0.735	91	30.3	13.5	17.2	9.9
10.35	78.5	106	3.090	98	33.9	14.9	18.6	11.5
3.70	43.8	39	1.380	95	28.2	12.6	16.4	9.3
10.20	59.2	98	2.910	104	34.3	15.0	19.1	10.6
6.25	55.6	53	1.350	117	39.6	17.1	21.6	13.2
7.55	65.1	77	2.000	98	38.2	16.6	19.8	12.8
3.84	51.6	31	0.925	124	33.4	14.7	18.8	10.7
5.62	65.0	59	1.650	95	36.1	15.8	18.4	12.3
5.64	43.9	66	2.360	85	28.1	12.6	15.9	9.4
5.42	42.2	59	1.660	92	35.6	15.5	18.6	10.9
7.55	47.2	67	1.920	113	34.6	15.1	19.3	10.6
6.61	55.4	66	1.925	102	34.2	15.0	18.7	11.1

Wald und Abteilung	Baum Nr.	Holzkörper						m³ jährl. Zuw. je m² frisch. Nadeloberfl.	F ge I
		Höhe m	Durchmesser bei 1.3 m cm	Masse m³	Jährl. Zuw. 1931 und 1932		Kronenverhältnis 0,		
					m³	%			
Naarup Skov 8	I	17.55	18.8	0.2723	0.0474	8.7	54	0.000388	12
Bonität 1.7	II	16.45	17.5	2247	0415	9.2	38	346	11
Alter 38	III	16.75	17.9	2319	0455	9.8	57	350.	10
	IV	17.00	20.2	3204	0480	7.5	44	270	14
	V	17.15	22.4	3645	0620	8.5	47	331	20
	VI	16.25	16.4	1934	0325	8.4	50	335	9
	VII	15.55	12.7	1209	0198	8.2	44	291	5
	VIII	17.20	20.6	3147	0576	9.2	50	374	14
	IX	17.45	19.7	2972	0601	10.1	44	445	13
	X	16.70	18.1	2427	0430	8.9	53	444	9
Durchschnitt		16.81	18.4	0.2583	0.0457		48	0.000357	12
Foldby-Enemærke 3	I	7.10	8.1	0.0206	0.0090	21.8	70	0.000243	2
Bonität 1.6	II	4.90	5.0	0066	0022	16.7	61	244	
Alter 15	III	7.05	8.5	0236	0095	20.1	66	352	2
	IV	6.95	9.3	0274	0096	17.5	66	343	2
	V	4.62	4.4	0044	0015	17.1	53	375	
	VI	5.76	6.8	0133	0047	17.7	65	204	1
	VII	6.55	6.8	0151	0073	24.2	68	318	1
	VIII	6.80	9.9	0293	0132	22.5	68	330	2
	IX	5.35	5.4	0080	0030	18.8	60	250	
	X	6.15	6.8	0137	0053	19.3	64	331	1
Durchschnitt		6.12	7.1	0.0162	0.0065		64	0.000299	1
Tinning 42 a	I	14.07	15.1	0.1318	0.0299	11.3	45	0.000282	
Bonität 1.0	II	11.78	12.6	0845	0178	10.5	45	456	
Alter 27	III	14.60	16.7	1725	0411	11.9	49	420	
	IV	13.75	13.5	1123	0298	13.3	48	562	
	V	13.48	13.9	1160	0311	13.4	47	404	
	VI	12.35	12.1	0743	0180	12.1	44	580	
	VII	12.90	12.2	0866	0226	13.1	44	383	
	VIII	13.40	14.8	1284	0260	10.1	44	394	
	IX	14.45	14.6	1283	0332	12.9	45	563	
	X	14.30	16.8	1601	0405	12.8	47	604	
Durchschnitt		13.51	14.2	0.1192	0.0290		46	0.000465	

[1]) Nur 1 Liter zur Probe.

Wald und Abteilung	Baum Nr.	Holzkörper: Höhe m	Holzkörper: Durchmesser bei 1.3 m cm	Holzkörper: Masse m³	Holzkörper: Jährl. Zuw. 1931 und 1932 m³	Holzkörper: Jährl. Zuw. 1931 und 1932 %	Holzkörper: Kronenverhältnis 0,	m³ jährl. Zuw. je m² frisch. Nadeloberfl.	Nadeln: 1 l Fede gemessen Lier	Nadeln: Absolutes Trockengewicht kg	Nadeln: Absolutes Trockengewicht g je Liter Holz	Nadeln: Frische Oberfläche m²	Nadeln: Anzahl Millionen Stück	Nadeln: Abs. Trokkengew. je m² frisch. Oberfl. g	Nadeln: Grösse: Durchschn. frische Oberfläche mm²	Nadeln: Grösse: Durchschn. frische Länge mm	Nadeln: Grösse: Durchschn. Länge der 5 grössten mm	Nadeln: Grösse: Durchschn. Länge der 5 kleinsten mm
Hammel Mölleskov 17	I	12.70	12.8	0.0926	0.0257	13.9	55	0.000414	5.0	5.62	60.7	62	1.780	90	34.9	15.3	19.8	11.4
	II	12.95	17.0	1698	0428	12.6	47	428	8.5	8.68	51.1	100	2.800	87	35.6	15.5	19.4	11.1
Bonität 1.7	III	12.20	15.5	1246	0341	13.7	56	449	7.5	8.10	65.1	76	2.230	106	34.6	15.1	18.5	12.2
	IV	9.85	9.5	0374	0104	13.9	55	221	3.5	3.61	96.5	47	1.700	77	27.5	12.4	15.6	8.9
Alter 27	V	13.20	14.6	1232	0376	15.2	57	368	8.5	7.73	62.7	102	2.860	76	35.8	15.6	20.6	11.7
	VI	12.65	15.0	1306	0361	14.2	57	401	8.0	8.38	64.2	90	2.840	93	31.8	14.1	18.6	10.2
	VII	13.26	16.1	1459	0423	14.5	52	377	11.0	11.70	80.2	112	2.950	104	38.2	16.6	19.4	12.4
	VIII	11.55	15.1	1072	0240	11.2	43	258	6.5	5.58	52.0	93	2.700	60	34.6	15.1	20.4	11.3
	IX	12.50	17.9	1677	0424	12.6	53	297	13.5	12.20	72.8	143	3.590	85	40.2	17.4	20.8	13.4
	X	11.85	12.7	0796	0228	14.3	61	331	5.0	6.60	83.0	69	2.010	95	34.6	15.2	21.1	10.5
Durchschnitt		12.27	14.6	0.1179	0.0318		54	0.000354	7.9	7.82	66.5	89	2.546	87	34.8	15.2	19.4	11.3

ning for Sitkagrans Anvendelighed i Klitter og Heder, Hedeskovenes Foryngelse V (The significance of the attacks of Polyporus annosus to the suitability of the Sitka spruce for Dunes and Heaths), S. 133. — Nr. 120. C. H. BORNEBUSCH: Stormskaden paa Udhugningsforsøget i Hastrup Plantage (Sturmschaden in dem Hastruper Durchforstungsversuch), S. 161. — Nr. 121. C. H. BORNEBUSCH: Iagttagelser over Rødgranens Naalefald (Chute d'aiguilles naturelle d'epicea), S. 173. — Nr. 122. W. O. HISEY: Cellulose af europæisk Bøg (Pulping Characteristics of European Beech), S. 177. — Nr. 123. FOLKE HOLM: Bøgeracer (Races de hêtre), S. 193. **H. 3:** Nr. 124. P. L. KRAMP: Forsøg over forskellige Træsorters Modstandsdygtighed overfor Angreb af Pæleorm og Pælekrebs (Experiment on the Power of Resistance of various kinds of Wood against Attack of Ship-Worm and Gribble), S. 265. **H. 4:** Nr. 129. AXEL S. SABROE: Rødgranens Form og Formtal (Form und Formzahl bei Fichte), S. 281.

Bd. XV, H. 1: Nr. 125. FOLKE HOLM: Bøgebrænde (Buchenbrennholz), S. 1. — Nr. 126. CECIL TRESCHOW: Undersøgelser over Brintjonkoncentrationens Indflydelse paa Væksten af Svampen Polyporus annosus (Untersuchungen über den Einfluss des Wasserstoffionenkonzentration auf das Wachstum von Polyporus annosus.), S. 17. — Nr. 127. C. H. BORNEBUSCH: Nørholm Hede, Anden Beretning (La Lande de Nørholm, Deuxiéme Rapport), S. 33. — Nr. 128. KJELD LADEFOGED: Floraundersøgelser i Mølleskoven, Anden Beretning (Florauntersuchungen im »Mølleskoven«, Zweiter Bericht), S. 81. **H. 2:** Nr. 130. KJELD LADEFOGED: Frostringsdannelser i Vaarveddet hos unge Douglasgraner, Sitkagraner og Lærketræer (Formations of Frost Rings in the spring-wood of young Douglas Fir, Sitka Spruce and Larch), S. 97. — Nr. 131. CARL MAR: MØLLER og D. MÜLLER: Aanding i ældre Stammer (Die Atmung in alten Stammteilen), S. 113. — Nr. 132. C. H. BORNEBUSCH: Egekulturforsøg paa Vallø Stifts Skovdistrikt (Eichenkultur-Versuche) S. 139. **H. 3:** Nr. 134. E. C. L. LØFTING: Jordbundsbehandlingens Indflydelse paa Rødgranens Vækst og Sundhed i Hedeplantager, Hedeskovenes Foryngelse VI (The Influence of the treatment of the soil on the growth and health of Norway spruce in heathland plantations), S. 165. — Nr. 135. C. H. BORNEBUSCH: Afsvampning af Bøgeolden (Désinfection des faînes), S. 190. — Nr. 136. MATHIAS THOMSEN: Angreb af Tomicus chalcographus paa unge Sitkagraner, Rødgraner og Douglasgraner (Attack of Tomicus chalcographus on young Sitka spruce, Norway spruce and Douglas fir), S. 199. **H. 4:** Nr. 137. C. H. BORNEBUSCH og KJELD LADEFOGED: Hvidgranens og Sitkagranens Dødelighed i Hede- og Klitplantager i 1938 og 1939 (Frostschäden an Weissfichte und Sitkafichte auf der Heide und in Dünenbepflanzungen),

S. 209. — Nr. 138. FOLKE HOLM: Douglasgran, Proveniens og Vækst (Die Douglasie, Proveniens und Wachstum), S. 233. — **H. 5:** Nr. 139. C. H. BORNEBUSCH: Fremmede Naaletræer paa Søllestedgaard (Fremde Nadelhölzer auf Søllestedgaard) (Foreign coniferous trees on Søllestedgaard estate), S. 313. — Nr. 140. C. H. BORNEBUSCH: Fremmede Løvtræer paa Esrom Skovdistrikt (Arbres feuillus étrangers dans un territoire boisé du nord de Seeland), S. 345. — **H. 6:** Nr. 141. C. H. BORNEBUSCH: Rødeg i Dansk Skovbrug (Red oak in Danish Forestry), S. 357.

Bd. XVI, H. 1: Nr. 133. KJELD LADEFOGED: Untersuchungen über die Periodizität im Ausbruch und Längenwachstum der Wurzeln bei einigen unserer gewöhnlichsten Waldbäume (Undersøgelser over Periodiciteten i Rødderne Frembrud og Længdevækst hos nogle af vore almindeligste Skovtræer), S. 1. — **H. 2:** Nr. 142. C. H. BORNEBUSCH: Revision af Haarup-Sande-Forsøget (Revision de l'expérience à Haarup-Sande), S. 257. — Nr. 143. C. H. BORNEBUSCH: Forskellige Bladarters Forhold til Omsætningen i Skovjord (Der Einfluss verschiedener Blätterarten auf die Umsetzung im Waldboden), S. 265. — **H. 3:** Nr. 144. C. H. BORNEBUSCH: Udhugning og Produktion i Bøgeskov (L'influence de la coupe d'eclaircie sur la production d'une forêt de hêtres) S. 273. — **H. 4:** Nr. 146. E. C. L. LØFTING: Et Underplantningsforsøg i Gludsted Plantage, Hedeskovenes Foryngelse VII (Une Expérience de plantation d'un sous-étage dans la plantation de Gludsted située dans la lande de Jutland), S. 305. — Nr. 147. E. C. L. LØFTING: Lærkearternes Udvikling i Hedeplantagerne og Japansk Lærks Anvendelighed som Hjælpetræ ved Opbygning af Hedeskov, Hedeskovenes Foryngelse VIII. (Le développement des différentes espèces de mélèze dans les plantations des landes, et le mélèze de Japon utilisé comme arbre auxiliaire dans la culture de forêts des landes), S. 321.

Bd. XVII, H. 1: CARL MAR: MÖLLER: Untersuchungen über Laubmenge, Stoffverlust und Stoffproduktion des Waldes. (Undersøgelse over Løvmængde, Stoftab og Stofproduktion i Skov). Dansk Resumé. (Beretning Nr. 145).

DET FORSTLIGE FORSØGSVÆSEN I DANMARK

udgives ved den forstlige Forsøgskommission under Redaktion af Dr. phil. C. H. BORNEBUSCH, i Hæfter sædvanlig paa 5—10 Ark, der udsendes fra Statens forstlige Forsøgsvæsen, Møllevangen pr. Springforbi. Cirka 25 Ark (400 Sider) udgør et Bind. Prisen pr. Bind er 5 Kr., der tages ved Postgiro samtidig med Udsendelsen af 1ste Hæfte.

Fortegnelse over Indholdet af Bd. I—X, 1905—1930, Beretninger Nr. 1—95 og Nr. 97, findes i Slutningen af 10de Bind og tilsendes gratis ved Henvendelse af Forsøgsvæsenet.

Fortegnelse over Indholdet af Bd. XI—XV, Bd. XVI, H. 1—4 og Bd. XVII, H. 1 er anført paa Omslaget.

KANDRUP & WUNSCH - KØBENHAVN