

O.Z-M

DET FORSTLIGE FORSØG SVÆSEN I DANMARK

THE DANISH FOREST EXPERIMENT STATION
STATION DE RECHERCHES FORESTIÈRES DE DANEMARK
DAS FORSTLICHE VERSUCHSWESEN IN DÄNEMARK

BERETNINGER UDGIVNE VED
DEN FORSTLIGE FORSØGSKOMMISSION

REPORTS WITH SUMMARIES IN ENGLISH
RAPPORTS AVEC DES RÉSUMÉS EN FRANÇAIS
BERICHTE MIT DEUTSCHER ZUSAMMENFASSUNG



Ole Zethner
FAO Forest Officer (Entomology)
UNDP/FAO Project PAK 30
Forest Research Institute
Chittagong.

BIND XXVII

HÆFTE 1

INDHOLD

ERIK HOLMSGAARD, H. HOLSTENER-JØRGENSEN und A. YDE-ANDERSEN: Bodenbildung, Zuwachs und Gesundheitszustand von Fichtenbeständen erster und zweiter Generation. 1. Nord-Seeland. (Jordbundsdannelse, tilvækst og sundhedstilstand i rødgranbevoksninger af første og anden generation. 1. Nordsjælland.) S. 1. (Beretning nr. 211).

KØBENHAVN

TRYKT I KANDRUP & WUNSCH'S BOGTRYKKERI

1961

Bd. XXI, H. 1: Nr. 169. C. H. BORNEBUSCH †: Nørholm Hede. Tredje beretning. (Lande de Nørholm. Troisième rapport). S. 1 — Nr. 170. NIELS HAARLØV og BRODER BEIER PETERSEN: Temperaturmålinger i bark og ved af Sitkagran. (Measurements of temperature in bark and wood of *Picea sitchensis*). S. 43. — **H. 2:** Nr. 171. DAVID FOG and ARNE JENSEN: General volume table for beech in Denmark. (Almindelig masse-tabel for bøg i Danmark). S. 93. — Nr. 172. H. A. HENRIKSEN: Die Holzmasse der Buche. (Bøgens vedmasse). S. 139. — Nr. 173. H. A. HENRIKSEN og ERIK JØRGENSEN: Rodfordærverangreb i relation til udhugningsgrad. En undersøgelse på eksperimentelt grundlag. (Fomes annosus attack in relation to grade of thinning. An investigation on the basis of experiments). S. 215. — **H. 3:** Nr. 174. CARL MAR: MÖLLER, D. MÜLLER & JØRGEN NIELSEN: Loss of branches in European Beech. S. 253. — Nr. 175. CARL MAR: MÖLLER, D. MÜLLER & JØRGEN NIELSEN: Respiration in stem and branches of Beech. S. 273. — Nr. 176. D. MÜLLER: Die Atmung der Buchenblätter. S. 303. — Nr. 177. D. MÜLLER: Die Blätter und Kurztriebe der Buche. S. 319. — Nr. 178. CARL MAR: MÖLLER, D. MÜLLER & JØRGEN NIELSEN: Graphic presentation of dry matter production of European Beech. S. 327. — **H. 4:** Nr. 179. E. C. L. LØFTING: Danmarks adelgranproblem. (Denmark's Silver Fir Problem). S. 337. — Nr. 180. V. GØHRN, H. A. HENRIKSEN og B. BEIER PETERSEN: Iagttagelser over Hylesinus (*Dendroctonus*) micans. (Observations of Hylesinus (*Dendroctonus*) micans). S. 383. — Nr. 181. BENT SØEGAARD: Fem søskendebestøvninger i europæisk lærk. (Controlled Pollination of Five Sister Trees of European Larch). S. 435. — Nr. 182. K. BRANDT: Proveniensforsøg med skovfyr m. v. i Jørgensens plantage, Djursland. (Provenance Experiments with Scots Pine etc. in Jørgensen's Plantation, Djursland). S. 449.

Bd. XXII, H. 1: Nr. 183. ERIK HOLMSGAARD: Årringsanalyser af danske skovtræer. (Tree-Ring Analyses of Danish Forest Trees). S. 1. — **H. 2:** Nr. 184. H. HOLSTENER-JØRGENSEN: Floraundersøgelser i Mølleskoven. 3. beretning. (The Flora in Mølleskoven Forest. Third Report). S. 247. — Nr. 185. BRODER BEIER PETERSEN: Bladhvepsen *Lygaeonematus abietinus* Christ som skadedyr på rødgran i Sønderjylland. (*Lygaeonematus abietinus* Christ as a Pest on Norway Spruce in South Jutland). S. 275.

Bd. XXIII, H. 1: Nr. 186. V. GØHRN: Proveniensforsøg med lærk. (Provenance Experiments with Larch). S. 1. — **H. 2:** Nr. 187. E. OKSBJERG: Rødgranens og nogle andre nåletræers jordbundsdannelse på fattig jord. (Soil Formation by Norway Spruce in Plantations on Heath, with Comments on Soil Formation by other Tree Species on poor Soil). S. 125. — **H. 3:** Nr. 188. H. A. HENRIKSEN: Forsøgsvæsenets prøveflader i *Abies*-arter. (Sample Plots of *Abies* Species). S. 281 — Nr. 189. J. LUNDBERG: Proveniensforsøg med douglasgran. (Provenance Experiments with Douglas Fir). S. 345. — Nr. 190. H. BRYNDUM: Et hugst-forsøg i eg. (A Thinning Experiment in Oak). S. 371. —

**BODENBILDUNG, ZUWACHS UND
GESUNDHEITZUSTAND**

VON

**FICHTENBESTÄNDEN ERSTER
UND ZWEITER GENERATION**

I. NORD-SEELAND

**JORDBUNSDANNELSE, TILVÆKST OG
SUNDHEDSTILSTAND I RØDGRANBEVOKSNINGER
AF FØRSTE OG ANDEN GENERATION**

I. NORDSJÆLLAND

VON

**ERIK HOLMSGAARD, H. HOLSTENER-JØRGENSEN
UND A. YDE-ANDERSEN**

Übersetzung: George Goetz

INHALT

	Seite
Einleitung	5
I. Auswahl der Untersuchungsbestände und Sicherheit der historischen Angaben	9
II. Anlage und Vermessung der Probeflächen	18
III. Die Bodenuntersuchungen	19
1. Die Problemstellung	19
2. Die Analysemethoden	21
a. Die Humusschicht	21
b. Profiluntersuchungen	22
3. Ergebnisse der Bodenuntersuchungen	24
a. Einleitung	24
b. Feinkorngehalt und 15-Atmosphärenwerte	28
c. Die Dicke der Rohhumusschicht	32
d. Profiltypen	33
e. Porenverhältnisse	35
f. Chemische Bodenverhältnisse	38
g. Gesamtwürdigung der Bodenuntersuchungen	39
4. Kritik einiger wichtiger deutscher Untersuchungen	41
IV. Zuwachsverhältnisse	55
1. Die vorliegende Literatur	55
2. Messungen und Methoden bei der Berechnung von Masse, Zuwachs usw. im eigenen Material	71
a. Altersbestimmung	71
b. Höhenmessung	71
c. Höhenzuwachs usw. bei Probebäumen	71
d. Durchmesser- und Grundflächenbestimmung	73
e. Grundflächenzuwachs	73
f. Berechnung des Jahrring-Index	74
g. Masseberechnung	74
h. Massezuwachs	75
3. Ergebnisse der Bestandesmessungen und Zuwachsermittlungen	77
a. Alter	77
b. Höhe auf Vergleichsprobeflächen	80
c. Jährliche Abweichungen des Höhenzuwachses	86
d. Grundfläche und Mitteldurchmesser auf Vergleichsprobeflächen	89

	Seite
e. Grundflächenzuwachs	90
f. Abweichungen der Jahresringbreite infolge von Klimaschwankungen	92
g. Masse je ha	94
h. Massezuwachs	94
i. Erörterung der Zuwachsuntersuchung	96
j. Schlußfolgerung	106
V. Wurzel- und Kernfäule	108
1. Literatur	108
2. Einleitende Bemerkungen über die eigene Untersuchung ..	111
3. Das Material	112
4. Das Verfahren	114
a. Untersuchungen im Walde	114
b. Laboratorium-Untersuchungen	116
5. Die Ergebnisse der Probeentnahmen	116
a. Bäume, von denen die entnommenen Proben <i>F. annosus</i> -Konidien aufwiesen	118
b. Bäume, von denen die entnommenen Proben Bakterien enthielten (<i>A. mellea</i>)	120
c. Bäume, von denen die entnommenen Proben entweder <i>F. annosus</i> -Konidien oder Bakterien (<i>A. mellea</i>) enthielten	124
d. Bäume, von denen die entnommenen Proben <i>Cephalosporium</i> sp. aufwiesen	124
e. Bäume, von denen die entnommenen Proben ausschließlich „andere Pilze“ ergaben	125
f. Bäume, deren entnommene Proben steril verblieben ..	126
g. Bäume mit Mißfärbung oder Fäule	127
6. Vorkommen von Wurzel- und Kernfäule verursachenden Pilzen je in der ersten und zweiten Generation	128
a. <i>F. annosus</i>	129
b. Bakterien (<i>A. mellea</i>)	130
c. <i>F. annosus</i> und Bakterien (<i>A. mellea</i>)	131
d. Mißfärbung und Fäule	132
7. Erörterung	133
a. <i>F. annosus</i> , 1. Generation	133
b. <i>F. annosus</i> , 2. Generation	135
c. <i>A. mellea</i> , 1. und 2. Generation	136
8. Schlußfolgerung	138
VI. Zusammenfassung	139
Dansk Resumé	145
Literatur	150
Tabellen I—III	154

EINLEITUNG

Zweck der vorliegenden Untersuchung war die Ermittlung, wieweit die Fichte sich gleich günstig entwickelt, wenn sie entweder nach Laubwald angepflanzt wird oder auf einem Standort, auf dem schon früher Fichten gewachsen sind, und besonders, ob im letztgenannten Falle Bodenverschlechterung, Zuwachsverminderung oder eine Zunahme von Pilzschäden festzustellen sei.

Die Fichte nimmt einen immer größer werdenden Teil der dänischen Waldfläche ein. Der Hauptgrund hierfür ist, daß Fichten in großer Menge auf solchen Böden angepflanzt worden sind, die vorher nicht mit Wald bewachsen waren. Aber auch in den alten Waldgebieten nimmt der Anteil der Fichte zu, und zwar während der letzten Jahrzehnte auf Kosten der Laubwaldfläche.

Diese ständige Zunahme der Fichtenfläche hat mehrere Gründe, hauptsächlich aber wohl den, daß die Fichte schnell wächst, ein gutes und leicht verkäufliches Erzeugnis liefert und deshalb seit langem als die wirtschaftlich vorteilhafteste unserer dänischen Hauptbaumarten betrachtet wird (vgl. *Grøn* 1943).

Der Fichtenanbau ist jedoch nicht ohne Gefahren; im Gegenteil gibt es gerade bei dieser Baumart leicht Sturmfall, Pilzangriffe, schädliche Nachbareinflüsse infolge des kurzen Umtriebs usw. Die Frage nach der Wirtschaftlichkeit der Fichte im Vergleich zu derjenigen der Laubbäume liegt deshalb nicht so einfach, daß sie sich *allein* mit Hilfe von Ertragstabellen und unter Zugrundelegung der Durchschnittspreise für die betreffenden Holzarten beantworten ließe. Andererseits besteht kein Zweifel, daß Fichtenanbau in angemessenem Umfang ein einträgliches Geschäft ist, auf manchen Böden — besonders auf den leichteren — sogar ein weit besseres als die Laubholzwirtschaft.

Außer den obengenannten Nachteilen, die sich ja schwer auf Heller und Pfennig errechnen lassen, hört man aber in forstlichen Erörterungen nicht selten auch von besonderen Gründen, die da-

gegen sprächen, auf demselben Boden Fichten in mehr als nur einer Generation ernten zu wollen. Je älter die Fichte in Dänemark wird, desto mehr Anlaß besteht also zu untersuchen, ob die Bedenken, die gegen eine Anpflanzung von mehreren Fichtengenerationen nacheinander geltend gemacht werden, mit den tatsächlichen Verhältnissen übereinstimmen.

Einer der Gründe, die angegeben werden, ist der, daß lang andauernder Fichtenanbau zur Verschlechterung des Bodens führe. Diese Annahme beruht zunächst auf der allgemein herrschenden — aber gänzlich unbewiesenen — Auffassung, Mull sei immer gut, Rohhumus sei weniger gut, sodaß man nach einem Rohhumusbildner einen Rohhumuszehrer anbauen müsse. Sodann kann die Überlegung mitgespielt haben, Fruchtwechselwirtschaft habe sich in andern Zweigen der Bodennutzung als vorteilhaft erwiesen, also werde sie es auch in der Forstwirtschaft sein. Hierzu kommt ferner, daß in deutschen Untersuchungsberichten (*Wiedemann 1925, Krauss u. a. 1939*), auf die später gründlicher eingegangen werden soll, der Schluß gezogen wird, daß die Fichte eine Verdichtung des Bodens verursache und daß dieser Umstand nach mehreren Generationen sich zu einer „abschreckenden“ Wirkung verstärke.

Der zweite Einwand, der ins Feld geführt wird, ist: Rückgang des Zuwachses bei fortdauernder Fichtenbepflanzung. Zum Teil stützt sich dieses Bedenken natürlich auf dieselben Gründe, die für die behauptete Verschlechterung des Bodens vorgebracht werden. Zum Teil aber beruht es ebenfalls auf den umfassenden, oder jedenfalls reichlich viel Druckseiten umfassenden Untersuchungen von *Wiedemann* sowie von *Krauss u. a.* Obwohl diese Untersuchungen auf Böden spezieller Art durchgeführt worden sind, haben sie dennoch in ganz Mitteleuropa die Einstellung gegenüber der Frage des in mehreren Generationen aufeinanderfolgenden Fichtenanbaus beeinflußt, besonders soweit es sich um Standorte handelt, auf denen die Fichte nicht von Natur aus heimisch ist. Jene in Mitteleuropa durchgeführten Untersuchungen sind auch in den nordischen Ländern als Bestätigung der Ansicht genommen worden, daß Fichte der zweiten Generation eine geringere Produktion ergäbe als die der ersten Generation.

Die dritte und in Dänemark vielleicht am häufigsten angeführte Begründung für die Annahme einer schädlichen Wirkung bei mehreren Fichtenanpflanzungen nacheinander ist die Vermutung,

daß die Kernfäule-Angriffe in der zweiten Generation schlimmer seien als in der ersten. Diese Vermutung erscheint recht einleuchtend, wenn man weiß, daß *Fomes annosus* in den Baumstümpfen viele Jahre zu überleben vermag — aber es ist zugleich eine Vermutung, die noch nicht durch Erfahrungsmaterial hinreichend unterbaut ist und die höchst kostspielig werden kann, wenn man den Waldbau nach ihr einrichtet, d. h. wenn man entweder vor der zweiten Fichtenpflanzung beispielsweise eine Birken-Vorkultur einschleibt oder aus Furcht vor einer zweiten Fichtengeneration gar glaubt, man müsse stets zwischen Fichte und andern Baumarten, hauptsächlich also Laubbäumen, wechseln; da Laubbäume einen etwa doppelt so langen Umtrieb haben wie Fichte, würde dies bedeuten, daß man auf längere Dauer niemals mehr als etwa 30 % Fichtenfläche besitzen könnte.

Die Beleuchtung der hier geschilderten Fragen war der Zweck der vorliegenden Untersuchung, und wir haben uns dabei vor allem an die staatlichen Forstämter Nødebo und Frederiksborg gehalten. Der Fichtenanbau ist in diesen Forsten so alt, daß dort viele Bestände zweiter und sogar einige dritter Generation vorhanden sind. Für diejenigen Fichtenbestände, über die wir auf den beiden Forstämtern historische Angaben sammeln konnten, geht die Verteilung der 1., 2. und 3. Fichtengeneration aus der Tabelle 1 hervor. Die Tabelle zeigt, daß etwa 30 % der Fichten-

Tabelle 1. Altersklassenverteilung 1943—44 nach ha auf die 1., 2. und 3. Fichtengeneration in den Forstämtern Nødebo und Frederiksborg.

(In die Tabelle sind nur Bestände aufgenommen, über deren Generationenfolge sichere Angaben vorliegen, und von diesen Beständen auch nur solche, die größer sind als 0,5 ha und sich in Wäldern von mehr als 50 ha befinden.)

Tabel 1. Aldersklassfordeling pr. 1943—44 af 1., 2. og 3. generation rødgran på Nødebo og Frederiksborg distrikter. (Der er kun medtaget bevoksninger, om hvilke der findes sikre oplysninger om generationsfølgen, og som er større end 0,5 ha og beliggende i skove større end 50 ha).

Fichten- generation	0-19 Jahre	20-39 Jahre	40-59 Jahre	60 Jahre und mehr	Insgesamt
Generation gran	0-19 år	20-39 år	40-59 år	60 år og derover	Ialt
	ha	ha	ha	ha	ha
1.	171	86	194	527	978
2.	267	62	57	18	404
3.	6	—	—	—	6

fläche dieser zwei Forstämter aus Fichten zweiter und dritter Generation bestehen, die unmittelbar nach der ersten bzw. zweiten Generation gepflanzt wurden, und daß ferner von der jüngsten Altersklasse 60 % der 2. oder 3. Generation angehören. Diese Prozentsätze haben sich vermutlich im Laufe der 15 Jahre erhöht, die seit der Forsteinrichtung verstrichen sind, auf denen die Tabelle 1 beruht.

Die Untersuchungen sind zwischen uns wie folgt verteilt worden: *Holmsgaard* hat die Untersuchungen geleitet sowie den einleitenden Abschnitt und die Kapitel I, II und IV verfaßt; *Holstener-Jørgensen* hat alle Bodenuntersuchungen — sowohl im Freien wie diejenigen im Laboratorium — durchgeführt und das Kapitel III geschrieben; *Yde-Andersen* hat im Freien die mit den Bestandesvermessungen zusammenhängenden Arbeiten vorgenommen, einen wesentlichen Teil der Holzvermessungs-Berechnungen, alle Fäulnisuntersuchungen, und er ist der Verfasser des Kapitels V. Aber obwohl solcherart die Arbeit zwischen uns hat aufgeteilt werden müssen, hat doch eine enge Zusammenarbeit und ein reger Gedankenaustausch über alle wichtigen Fragen zwischen uns stattgefunden.

Es ist uns ein Bedürfnis, an dieser Stelle unsern Dank auszusprechen: Herrn Forstkandidat *Chr. N. Nielsen* † für seine Archivstudien im Zusammenhang mit dieser Untersuchung; den Herren kgl. Forstmeister *I. Jelnes* und Forsteinrichter *E. Laumann Jørgensen* für ihre Hilfsbereitschaft bei der Durchforschung der Archive; den Herren kgl. Forstmeister *P. Rosen* und kgl. Forstmeister, Kammerherr und Hofjägermeister *G. Brüel* für die gewährte nützliche Hilfe bei der Durchführung der Untersuchungen in den Forstbezirken.

Schließlich danken wir auch dem Rask-Ørsteds-Fonds für seinen Beitrag zu den Kosten der Übersetzung.

I

AUSWAHL DER UNTERSUCHUNGSBESTÄNDE
UND
SICHERHEIT DER HISTORISCHEN ANGABEN

Die Durchführung der in der Einleitung beschriebenen Aufgabe war so gedacht, daß nur solche Fichtenbestände erster und späterer Generationen untersucht werden sollten, die aneinander grenzten und außerdem ungefähr gleichaltrig wären. Auf diese Weise sollten Unterschiede sowohl des Bodens wie der mikroklimatischen Verhältnisse vermieden werden, und ebenso erübrigten sich auch diejenigen Berichtigungen der Zuwachsberechnung, die bei Vergleichen des Zuwachses von verschiedenaltrigen Beständen notwendig sind.

Mußte man demnach an das Untersuchungsmaterial diese Anforderungen stellen, so war von vornherein klar, daß die Anzahl der für die Untersuchung in Betracht kommenden Objekte nicht sehr groß sein konnte. Deshalb war es wichtig, in den beiden Forstämtern, wo die Untersuchung stattfinden sollte — Staatl. Forstamt Frederiksborg und Staatl. Forstamt Nødebo — sämtliche für die Untersuchung geeigneten Bestände herauszufinden.

Das Erste, was geschehen mußte, war daher die Durchsicht des gesamten vorhandenen Kartenmaterials. Diese Arbeit wurde 1955 von *Chr. N. Nielsen* durchgeführt.

Für alle Fichtenbestände von mehr als $\frac{1}{2}$ ha und in Wäldern von mehr als 50 ha wurden Angaben darüber zu beschaffen versucht, ob und wie weit es sich um Fichten 1., 2. oder 3. Generation handelte und mit welcher Baumart jede der betreffenden Flächen vor dem Übergang zur Fichtenbepflanzung bestockt gewesen war.

Als Quellenmaterial wurden sowohl die neuesten wie auch frühere Betriebspläne benutzt, ferner Karten des Waldregulierungsarchivs und des Landesarchivs sowie einige ergänzende

Angaben von *Lütken* (1899). Die ältesten Betriebspläne mit einigermaßen detaillierten Angaben über die Bestandesverhältnisse stammen aus der Zeit von etwa 1820, aber erst von 1854 an werden die Pläne so gut, daß sie ausführliche Angaben über Art, Alter, Beschaffenheit usw. der Bestände enthalten.

Es kommt vielfach vor, daß ein jetziger Fichtenbestand in seinen verschiedenen Teilen eine verschiedenartige Vergangenheit hat, und in den Fichten-Generationenkarten, die für die Forstämter hergestellt wurden, sind diese historischen Entwicklungsverschiedenheiten eingezeichnet. Außerdem ist versucht worden, ein Bild darüber zu gewinnen, welche Genauigkeit den Grenzziehungen in den verschiedenen Teilen des Archivmaterials zugeschrieben werden darf. — Schon hier muß voraus bemerkt werden, daß während der ganzen Untersuchung stets ein weiter Spielraum gelassen wurde für etwaige Fehlzeichnungen auf älteren Karten. Das ganze Kartenmaterial usw. befindet sich jetzt im Archiv des Forstlichen Versuchswesens und kann vielleicht in einigen Jahrzehnten, wenn die vielen jungen Fichtenbestände zweiter Generation älter geworden sind, als Grundlage einer neuen Untersuchung dienen, die sich dann auf umfangreicheres Material stützen können als die unsrige.

Nach Herstellung des Kartenmaterials — das, wie erwähnt, die in den beiden Forstämtern vorhandenen Fichtenbestände von mehr als $\frac{1}{2}$ ha enthält, die so gut wie alle als zur 1., 2. oder 3. Generation gehörig ermittelt wurden — war es nicht mehr schwierig, diejenigen Fälle herauszufinden, bei denen es nach den Karten möglich war, einen Fichtenbestand 1. Generation mit einem unmittelbar angrenzenden Fichtenbestand 2. oder 3. Generation desselben oder ungefähr desselben Alters zu vergleichen. Bei der Besichtigung aller dieser, den Karten nach solche Vergleichsmöglichkeiten darbietenden Bestände — es waren im ganzen 40, die nach Durcharbeitung der Karten besichtigt wurden — mußte ein erheblicher Teil jedoch für die Untersuchung in Wegfall kommen.

Die allgemeinen Ursachen dafür, daß Bestände von der Untersuchung ausgeschlossen werden mußten, waren folgende:

- 1) Es gab Fälle, wo die Geländebeziehungen der beiden aneinanderstoßenden Generationen verschiedenartig waren;
- 2) bei näherer Besichtigung konnte die Fläche sich als zu klein erweisen, wenn die Unsicherheiten bei der Fest-

legung früherer Bestandesgrenzen in Betracht gezogen werden mußten;

- 3) es kam vor, daß es sich nicht um reine Bestände handelte;
- 4) in einigen Fällen wurden Stumpfreste von anderen Baumarten aus der vorangegangenen Generation gefunden, die bewiesen, daß jene Generation nicht rein oder nicht in Übereinstimmung mit den Angaben in den Betriebsplänen gewesen war;
- 5) ferner gab es einige Fälle, wo die zwei mit einander zu vergleichenden Generationen verschiedenartigen Nachbarinflüssen ausgesetzt waren, oder wo die eine Generation auf Moorboden stand, die andere nicht.

Nach dieser kritischen Prüfung aller etwaigen Untersuchungsobjekte verblieben im ganzen 15 Standorte, wo die Untersuchung sich so durchführen ließ, daß sich aus der Vergleichung der 1. und 2., sowie in zwei Fällen auch der 3. Fichtengeneration vermutlich ein einigermaßen klares Bild ergeben werde. Auf einem dieser Standorte konnten sowohl 1. und 2. als auch 3. Generation verglichen werden, doch soll schon hier gesagt werden, daß in diesem Falle der Bestand mit 3. Generation (Probefläche 1003) für die Untersuchung nicht völlig geeignet war. Er ist in das Material mit aufgenommen worden, teils weil es überhaupt nur wenige größere Bestände mit 3. Generation gibt, teils weil es uns reizvoll erschien, einen Standort zu haben, auf dem alle drei Generationen nebeneinander liegen. — Auch gegen den zweiten Bestand mit 3. Generation, der in unsrer Untersuchung vorkommt (Probefläche 1021), können Einwände erhoben werden, weil sich darin ein beträchtliche Menge Sitkafichte befindet.

Tabelle 2 enthält: die Abteilungen, in denen die betreffenden Untersuchungen durchgeführt sind; das Alter der Bestände gemäß den Betriebsplänen (von welchen Altersangaben wir jedoch später in der Untersuchung keinen Gebrauch machen werden); Alter in Brusthöhe ($t_{1,3}$); kurze Beschreibung der Geländeverhältnisse usw. Schließlich enthält Tabelle 2 auch eine Angabe darüber, mit welcher Baumart die Flächen bestockt waren, bevor dort Fichte gepflanzt wurde.

Soweit es sich um solche Flächen handelt, auf denen jetzt Fichte 1. Generation wächst, besteht kein Zweifel darüber, daß die Angaben über die frühere dortige Baumart zutreffend sind. Denn erstens müssen die Betriebspläne aus neuerer Zeit als recht

Tabelle 2. Übersicht über Alter, Gelände, frühere Bestandesverhältnisse usw. der Generation

Table 2. Oversigt over aldre, tidligere bevoksningsforhold, terrainforhold m. v. for

1. GENERATION

Abteilung und Litra Afdeling og litra	Alter Alder		Probefläche Prøveflade		Benutzung der Fläche vor der 1. Fichten- generation Arealets benyt- telse for 1. grangeneration	Bemerkungen Bemærkninger
	lt. Plan iflg. plan	in Brust- höhe $t_{1,3}$ i bryst- højde $t_{1,3}$	Nr. nr.	Größe m^2 areal m^2		
STAATLICHES FORSTAMT NØDEBO						
79	42	32	1018	1023	Buche und Weich- holz	Ebenes Gelände mit 1—2° westli- cher Neigung. 2/1 Fichte gepflanzt 1919 in offenen Löchern, mit Pflan- zen von der Baumschule des Forst- amts.
100 c	26	18	1014	484	Buche	Die Probefläche liegt auf einem kleinen Plateau. Fichte, 1933/34— 35/36 gepflanzt als 2/2 in gegrabe- nen Löchern. Provenienz: Schwarz- wald.
109 a	37	31	1010	747	Buche	Gelände etwas holperig. 2/2 Fichte, 1918/19 gepflanzt in gegrabenen Löchern. Unbekannte Provenienz.
I. südöstl. Teil der Abteilung						
II. nordwestl. Teil der Abteilung	37	31	1011	1064	Buche	Gelände einigermassen eben mit 2° Neigung nach Norden. Bepflanzungs- art usw. wie bei 1010.
114 a	20	13	1016	249	Buche	Probefläche auf ebenem Südostab- hang (4—8°). Fichte, 1939/40 ge- pflanzt als 2/2. Provenienz: Schwarzwald.
335 b	42	33	1006	1579	Buche	Gelände fällt 1—3° nach Südwesten ab. Fichte, im November 1917 ge- pflanzt als 2/2 in gegrabenen Lö- chern. Provenienz unbekannt.
484 c	25	17	1008	211	Buche	Ebenes Gelände mit schwacher (2— 3°) Neigung nach Nordosten. Ge- pflanzt als 2/2 in gehackte Löcher, 1936. Provenienz Schwarzwald.
STAATLICHES FORSTAMT FREDERIKSBORG						
19 B a	20	11	1030	247	Buche	Das Gelände ist eben. 2/2 Pflanzen in gegrabenen Löchern 1941. Im Bestand kommen vereinzelte Ein- mischungen von Sitkafichte vor (4 % der Masse). — Fichte aus Schwarzwald-Provenienz.
150 a	70	59	1024	2132	Buche	Das Gelände fällt 2—4° nach SSW ab.

*) Die Lage eines alten Erdwalles läßt darauf schließen, daß die Fläche früher als

*) Placering af gammel jordvold tyder på, at arealet har været benyttet som ager-

paarweise zusammengehörenden Probeflächen in Fichtenbeständen der 1., 2. und 3. Ge-
de parvis sammenlignede prøveflader i granbevoksninger af 1., 2. og 3. generation.

2. GENERATION

Abteilung und Litra <i>Afdeling og litra</i>	Alter Alder		Probefläche Proveflade		Benutzung der Fläche vor der 1. Fichten- generation <i>Arealets benyt- telse for 1. grangeneration</i>	Bemerkungen <i>Bemærkninger</i>
	lt. Plan <i>iflg. plan</i>	in Brust- höhe $t_{1,3}$ <i>i bryst- højde $t_{1,3}$</i>	Nr. nr.	Größe m ² <i>areal m²</i>		
79	42	32	1019	1002	Buche und Weich- holz	Leicht kupiert, 1—4° westl. Nei- gung. Pflanzenmaterial und Pflan- zungsart wie bei 1018.
100 c	26	18	1015	420	Buche und Eiche*)	Das Gelände fällt gleichmäßig (2— 3°) nach Westen ab. Bepflanzungs- art und -material wie bei 1014.
109 a I. südöstl. Teil der Abteilung	37	31	1012	664	Buche	Holpriges Gelände mit Neigungen nach Nordost und Nordwest. Be- pflanzungsmaterial und -art wie bei 1010.
II. nordwestl. Teil der Abteilung	37	36	1013	926	Buche	Das Gelände neigt sich nach N gegen eine Wiese, nach Süden ge- gen ein kleines Moorloch. Auf der Probefläche 2 von Kohlenbrennen herrührende Gruben.
114 a	20	12	1017	206	Buche	Probefläche auf gleichmäßig abfal- lendem Nordhang (5°). Bepflan- zung und Pflanzenmaterial wie 1016.
335 b	42	31	1007	1188	Vermut- lich Gras- land im Buchen- wald	Schwache Südwestneigung (1—2°). Etwas höher belegen als 1006. Kul- turverfahren usw. nicht angegeben (vermutlich alles wie bei 1006).
484 c	25	17	1009	242	Buche	Gelände gleichmäßig abfallend (3°) nach Osten. Bepflanzungsmaterial und -verfahren wie bei 1008.
19 A b	26	18	1031	494	Weich- holz	Gelände eben, 2/2 Pflanzen in ge- grabenen Löchern 1934/36. Proven- ienz unbekannt.
141 a	63	53	1025	2031	Buche	Gelände gleichmäßig abfallend (3— 5°) nach WSW. Jüngerer Kahlhieb nordwestlich des Bestandes, und vor 20 Jahren Kahlhieb nordöstlich des Bestandes. Keiner der Kahlhie- be scheint jedoch Einfluß auf das Gebiet in der Mitte des Bestandes gehabt zu haben, wo die Probe- fläche liegt.

Ackerland benutzt worden ist.
jord.

Fortsetzung folgt auf der nächsten Seite

Fortsetzung von Tabelle 2. Übersicht über Alter, Gelände, frühere Bestandesverhältnisse und 3. Generation
 Fortsættelse af Tabel 2. Oversigt over aldre, tidligere bevoksningsforhold, terrainforhold
 ration

1. GENERATION

Abteilung und Litra <i>Afdeling og litra</i>	Alter <i>Alder</i>		Probefläche <i>Proveflade</i>		Benutzung der Fläche vor der 1. Fichten- generation <i>Arealets benyt- telse før 1. grangeneration</i>	Bemerkungen <i>Bemærkninger</i>
	lt. Plan <i>iflg. plan</i>	in Brust- höhe $\frac{1,3}{1,3}$ <i>i bryst- højde $\frac{1,3}{1,3}$</i>	Nr. nr.	Größe m ² <i>areal m²</i>		
154 a	26	17	1026	280	Buche	Das Gelände fällt gleichmäßig (2—4°) nach NO ab. 2/2 Pflanzen in gegrabenen Löchern 1934/36. Provenienz unbekannt.
194 B a	23	15	1022	317	Buche	Das Gelände fällt gleichmäßig (1—3°) nach Westen ab. 2/2 Pflanzen in gegrabenen Löchern 1938. Provenienz unbekannt.
241 a	20	9	1028	208	Buche	Das Gelände fällt gleichmäßig (4—6°) nach NW ab. 2/2 Pflanzen in gegrabenen Löchern 1941. Provenienz unbekannt.
291 d	61	53	1004	1689	Buche	Das Gelände fällt schwach (3°) nach SO ab (nach einer alten Sturmfall-Lücke).
347 a	26	16	1001	269	Buche	Das Gelände ist flach und ohne Gefälle. 2/2 Pflanzen 1933—37. Provenienz unbekannt.
347 a			1001 ist auch verglichen worden mit			
26 B	24	15	1020	244	Buche	Ebenes Gelände ohne Gefälle. 2/2 Pflanzen 1937. Provenienz unbekannt.

zuverlässig betrachtet werden, und zweitens ist es nicht schwierig, sich durch den Augenschein davon zu überzeugen, welche Baumart dort vor dieser ersten Fichtengeneration gestanden hat; selbst wenn diese Fichten schon ein hohes Alter haben, lassen sich noch immer Stumpfreste aus der Zeit davor in beträchtlicher Menge finden. Zwar sind solche Stümpfe in alten Beständen ganz mit Moos bedeckt, aber die kleinen Erhöhungen sind leicht zu entdecken, wenn man nach ihnen Umschau hält, und

usw. der paarweise zusammengehörenden Probeflächen in Fichtenbeständen der 1., 2. m. v. for de parvis sammenlignede prøveflader i granbevoksninger af 1., 2. og 3. Gene-

2. GENERATION

Abteilung und Litra Afdeling og litra	Alter Alder		Probefläche Prøveflade		Benutzung der Fläche vor der 1. Fichten- generation Arealets benyt- telse for 1. grangeneration	Bemerkungen Bemærkninger
	It. Plan iflg. plan	in Brust- höhe $t_{1,3}$ i bryst- højde $t_{1,3}$	Nr. nr.	Größe m ² areal m ²		
154 a	26	15	1027	269	Buche	Das Gelände neigt sich schwach (2—4°) nach NW. Pflanzungsweise usw. wie 1026.
194 B a	23	15	1023	314	Buche	Gelände gleichmäßig (1—3°) abfallend nach SW. Früher Douglas-Beimischung im Bestand, der jetzt jedoch nur 1 % Douglas enthält. Pflanzungsweise usw. im übrigen wie bei 1022.
241 a	20	11	1029	185	Buche	Gelände neigt sich gleichmäßig (4—6°) nach NO. Pflanzungsweise usw. wie bei 1028.
291 d	61	42	1005	686	Buche	Südneigung (7—10°) gegen ein Moor.
347 a	26	17	1002	301	Buche	Gelände fällt (4—6°) nach OSO ab. Pflanzungsweise usw. wie bei 1001, doch ist ein wenig natürliche Besamung benutzt.
328 d	24	16	1003	236	Buche	Der ersten Generation Fichten waren wahrscheinlich einige Eichen und Weymouth-Kiefern beigemischt. Gelände recht stark (7—11°) gegen ein Moor im NW abfallend. 2/2 Pflanzen in gegrabenen Löchern 1937. Provenienz unbekannt.
14 a	19	11	1021	216	Eiche	Ebenes Gelände ohne Gefälle. 2/2 Pflanzen in gegrabenen Löchern 1942. In jeder zweiten Reihe beinahe reine Sitkafichte (die Sitkafichte macht 39 % der Grundfläche aus). Höhe der Fichte 7,5 m, Höhe der Sitkafichte 7,8 m.

es läßt sich dann auch unschwer feststellen, ob diese Stümpfe von Fichten, Eichen oder Buchen herrühren. Alte Buchenstümpfe erkennt man an dem spröden, knackenden Geräusch, das sie machen, wenn man auf sie tritt oder in ihnen gräbt; alte Eichenstümpfe haben die Eigentümlichkeit, daß zuerst alle Seitenwurzeln wegfaulen, sodaß der Hauptteil des Stumpfes sich leicht aus der Erde herauswälzen läßt. Alte Fichtenstümpfe dagegen sind kenntlich an ihrer faserigen, watteartigen Beschaffenheit,

und Stümpfe der Lärche geben noch sehr lange einen Harzgeruch von sich, wenn man in sie hineinschneidet. Außerdem wird man durch nähere Untersuchung der Rohhumusschicht in der Regel imstande sein festzustellen, ob deren untere Teile von Laub- oder Nadelbäumen herkommen (Zweige, Früchte u. dgl.). Es hat sich gezeigt, daß man eine alte Buchen-Rohhumusschicht erkennen konnte, die unter einer 60-jährigen Fichten-Rohhumusschicht lag.

Die Teile der Bestände, wo man Probeflächen auswählte, wurden immer ganz genau auf alte Stümpfe hin untersucht. Abgesehen davon, daß man feststellte, welche Baumarten dort vor den untersuchten Beständen mit 1. Generation gestanden hatten, prüfte man durch Untersuchung der Stümpfe auch nach, ob die zu untersuchenden Bestände mit 2. Generation tatsächlich eine zweite Fichtengeneration waren, sodaß also die diesbezüglichen Angaben nicht lediglich auf dem Archivmaterial beruhen. Die Angaben dagegen, die in Tabelle 2 darüber gemacht werden, welche Baumarten auf den jetzigen Fichtenbeständen mit 2. Generation vor der 1. Generation — d. h. vor dem Übergang zum Fichtenanbau — gestanden haben, stützen sich allein auf Archivmaterial. Obwohl wir in allen Fällen also sicher sind, daß die Angaben über die Fichtengenerationen überall den Tatsachen entsprechen, müssen wir dennoch einen gewissen Vorbehalt machen in bezug auf die Angaben in der vorletzten Spalte der Tabelle 2 über die Baumarten, die auf den jetzigen Fichtenbeständen 2. Generation dem Übergang zum Fichtenanbau (d. h. der dortigen früheren 1. Generation) vorausgegangen sind, und es wird am besten sein, wenn wir die in der betreffenden Spalte gemachten Angaben näher erläutern.

Die Flurbereinigung und Einfriedigung der nordseeländischen Staatswäldungen fand in den Jahren nach 1780 statt (*Oppermann* 1929), und viele Jahre nachher sind Teile dieser Wälder noch ohne Schluß und von einem Bestandes-Charakter gewesen, der sehr von unsern heutigen geschlossenen Wäldern abwich. Zufolge der 1804 von *Linstow und Oppen* vorgenommenen Untersuchung des Gribskov-Waldes (*Brüel* 1916) wies der Bestandeszustand dort einen höchst verschiedenartigen Charakter auf. Mehrere unserer Probeflächen (Nr. 1006—1007, 1008—1009, 1010—1012, 1016—1017) liegen in einem Gebiet, das *Linstow und Oppen* zum zukünftigen Buchenanbau zählen und über dessen Zustand sie

berichten, daß das Gebiet im ganzen 3374 dänische „Tonnen“ Land (ca. 1855 ha) umfaßt, wovon die offenen Plätze 150 Tonnen Land (ca. 82,5 ha) einnehmen, während der Rest mit Wald verschiedener Baumarten und Alter bewachsen ist.

Eins unserer Probeflächenpaare liegt in einem Gebiet (1110 Tonnen Land = ca. 610,5 ha), das von *Linstow und Oppen* 1804 wie folgt beschrieben wurde:

„Diese Strecke macht die ganze westliche Seite des Gribskov aus; bewachsen ist sie mit einzeln stehenden, alten, zum Teil ungesunden abständigen Buchen, außerdem mit viel Farn und Heide; zwar finden sich hier und dort Gruppen von jungem Buchen-Nachwuchs, die aber nicht in Betracht kommen können, da der Boden ebenso wie die nach Westen zu abfallende Lage dieser empfindlichen Baumart wenig dienlich sind.“

Die zwei letzten unserer Probeflächenpaare im Forstamt Nødebo lassen sich zu der Beschreibung von *Linstow und Oppen* kaum in ein bestimmtes Verhältnis setzen, doch geht wohl aus dem soeben Angeführten zur Genüge hervor, daß der Bestandeszustand im Gribskov-Wald vor 150 Jahren von ganz anderem Charakter war als gegenwärtig, sodaß die betreffenden Angaben in der vorletzten Spalte der Tabelle 2 nur mit einem gewissen Vorbehalt benutzt werden können. Dasselbe gilt vermutlich auch für das Forstamt Frederiksborg, obwohl hierzu vielleicht angeführt werden muß, daß (zufolge *Lütken* 1899), die von *von Langen* vorgenommenen Taxationen zeigen, daß in den 1760er Jahren in Store Dyrehave, Grønholt und einem Stück von Stenholt Vang die Holzmasse sich auf 2231 Kubikfuß per 1 „Tonne Land“, d. h. 125 m³ pro ha belief, während sie damals im Gribskov und dem restlichen Stück von Stenholt Vang 1493 Kubikfuß per „Tonne Land“ = 84 m³ pro ha betrug. *Lütken* fügt hinzu, daß *von Langen* seine Taxationen sehr „vorsichtig“ vorgenommen habe, sodaß seine Zahlen, auch die soeben hier wiedergegebenen, vielleicht um etwa 30 % erhöht werden müßten.

II

ANLAGE UND VERMESSUNG DER PROBEFLÄCHEN

Es wurde in jeder der Generationen, die verglichen werden sollten, eine Probefläche abgegrenzt. Um die Bodenverschiedenheiten so gering wie nur irgend möglich zu halten, wurden die Probeflächen so dicht nebeneinander gewählt, wie die Umstände dies überhaupt nur zuließen. Doch wurde so vorgegangen, daß die Entfernung zwischen den Probeflächen selten weniger als 20 m betrug, teils weil die Grenzen zwischen den Generationen häufig nicht mit voller Genauigkeit erkennbar sind, teils um die Gefahr des Nachbareinflusses auszuschalten, denn es könnte ja, noch von der früheren Benutzung her, Laub u. dgl. herübergeweht sein. Der Abstand zwischen den einander nächsten Seiten der Probeflächen eines Flächenpaares wechselte zwischen 13 m und 90 m; im Durchschnitt betrug er 44 m. Es wurde angestrebt, daß jede Probefläche mindestens 100 Bäume enthalten solle. Trotzdem enthält die Probefläche 1005 nur 56 Bäume und Probefläche 1013 nur 69 Bäume. Die Größe der Probeflächen betrug zwischen 200 m² und 1600 m², je nach dem Alter der Bestände; im übrigen gehen die Größen aus Tabelle 2 hervor.

In jeder Ecke der Probeflächen wurde ein winkelförmiger Graben von der Tiefe eines Spatenstiches und mit Armen von etwa 1 m Länge gezogen, sodaß die Probeflächen auch nach einer längeren Reihe von Jahren bequem aufzufinden sein werden. Mit der bei allgemeinen Landvermessungen üblichen Genauigkeit wurden die Probeflächen im Verhältnis zu festen Punkten eingemessen (Jagenpfähle u. dg.). In den meisten Fällen waren die Probeflächen viereckig. Diese Vierecke wurden in Dreiecke aufgeteilt, deren Seiten mit Stahlmaßband ausgemessen wurden.

III

DIE BODENUNTERSUCHUNGEN

1. *Die Problemstellung*

Fichte ist eine wertvolle Baumart; daher ist es natürlich, daß man Fichte mit Fichte zu verjüngen wünscht. Je öfter dies aber im Laufe der Zeit geschieht, desto häufiger erhebt sich die Frage: Ist das nun auch zweckmäßig; wird der Boden auf die Dauer seine Produktionskraft behalten?

Wollte man einigen deutschen Untersuchungen Glauben schenken, so ließe sich diese Frage nicht bejahen. Durch Studium des Zuwachses, der Klimaverhältnisse und Bodenbedingungen in Sachsen ist z. B. *Wiedemann* (1925) zu dem Schluß gekommen, die Fichte könne die Voraussetzungen für ihr eigenes Wachstum zugrunderichten.

Auf Sandböden ist das Wachstum der Fichte oft schlecht. Hierüber schreibt *Wiedemann* (a. a. O., S. 81):

„Der kümmerliche Wuchs der Fichte auf diesen Böden ist eine gemeinsame Wirkung von allgemeinem Wassermangel, Wirkung einzelner Dürrejahre und Nährstoffmangel. Diese Schäden werden häufig durch ‚Bodenerkrankungen‘, Bildung von Bleicherde und Ortstein sehr verstärkt.“

Nach den Untersuchungen desselben Verfassers hat die Fichte auf schweren Böden ebenfalls ein äußerst schlechtes Wachstum; hierüber heißt es (a. a. O., S. 78—79):

„Viele der schweren, ursprünglich meist guten Böden neigen sehr dazu, während der Freilage nach dem Kahlschlag zu vernässen, zu vermooren und zu verdichten. Dadurch wird ihre physiologische Tiefgründigkeit rasch und entscheidend vermindert. Die starke Verringerung des Porenraums nach dem Kahlschlag ist eine dauernde Verände-

rung der wichtigsten waldbaulichen Eigenschaften dieser Böden. Sie führt vor allem während der Freilage leicht in nassen Zeiten zu gefährlichen Störungen der Durchlüftung des Bodens. Die Wurzel der Fichte bleibt daher mindestens in der Jugend, meist aber das ganze Leben auf die obersten Bodenschichten beschränkt. Die Bestände werden dann durch jede Austrocknung der obersten Schichten unmittelbar geschädigt, während die früheren Bestände meist tiefer wurzelten und daher unter Wuchsstockungen infolge von Dürrezeiten nicht so rasch zu leiden hatten.

Die fortschreitende Verflachung des Wurzelraums und die gleichzeitige Erschwerung der Zersetzung der fast allein noch durchwurzelten obersten Humusschichten erklärt den nachgewiesenen, oft erschreckend raschen Rückgang der Güte von Standort und Bestand in den aufeinanderfolgenden auf der Kahlschlagfläche angebauten reinen Fichten-generationen.“

Diesen Ausführungen *Wiedemanns* kann noch seine Hypothese hinzugefügt werden, derzufolge ältere Fichte mit Flachwurzeln infolge von Windeinwirkung die tieferliegenden Bodenschichten zusammen-„stampfen“. Schließlich ist hervorzuheben, daß es nach diesem Verfasser doch auch sächsische Böden gibt, die stabil genug sind, um mehrere Fichtengenerationen zu tragen, ohne daß nachweisbare „Bodenerkrankungen“ auftreten.

Die der vorliegenden Arbeit zugrundeliegende Bodenuntersuchung hatte sich daher zwei Aufgaben gestellt:

- 1) Es sollte untersucht werden, ob die Bestandespaare erster und zweiter Generation, die wir miteinander vergleichen, ursprünglich auf Böden mit gleichen physikalischen und chemischen Eigenschaften gepflanzt wurden, sodaß Zuwachs- und Gesundheitsvergleiche überhaupt zulässig sind.
- 2) Es sollte untersucht werden, ob Fichtenanbau in mehreren Generation nacheinander eine Änderung wichtiger Bodenfaktoren (Auswaschung, Strukturvernichtung) herbeiführe.

Die Deutung der Ergebnisse einer solchen Untersuchung wird unweigerlich auf Schwierigkeiten stoßen; beispielsweise wird sich bei Unterschieden der variablen Bodenfaktoren nicht ent-

scheiden lassen, ob diese vor dem ersten Beginn des Fichtenanbaus bereits vorhanden waren oder erst durch die Fichten verursacht worden sind.

2. Die Analysemethoden

Es ist bereits weiter oben auseinandergesetzt worden, nach welchen Gesichtspunkten die Auswahl der Standorte erfolgt ist (S. 9 ff.). Deshalb soll im folgenden lediglich geschildert werden, auf welche Weise wir bei den Bodenuntersuchungen vorgegangen sind.

a. Die Humusschicht

Die Dicke und Type der Humusschicht wurde bestimmt durch 30 willkürliche Einstiche in die Probefläche. Bei jedem zweiten Einstich wurde eine Probe mittels Stahlzylinder entnommen, im ganzen also 15 Proben. Die lichte Weite des Stahlzylinders ist 48,9 mm. In gewissen Fällen läßt sich eine Humusschicht der Oberfläche nicht sicher von dem darunter liegenden Mineralboden trennen; das gilt z. B. für die besseren Modertypen, wenn deren unterer Teil stark mit Mineralkorn und entsprechend der obere Teil des Mineralbodens stark mit Humus gemischt ist. Um in diesen Fällen den Schwierigkeiten der Grenzbestimmung aus dem Wege zu gehen, beschlossen wir, den Stahlzylinder 25 cm lang zu machen, d. h. so lang, daß er unter allen Umständen ein gutes Stück in den Mineralboden hinein dringen mußte. Demnach umfassen die 15 Proben die Schichten von 0 cm (d. i. die Oberseite der Humusschicht) bis zu 25 cm Tiefe.

Die 15 Proben wurden sorgfältig gemischt und eine abgewogene Teilmenge davon in dichtschießenden Plasttüten an das Laboratorium der Heidegesellschaft gesandt. Durch die dort vorgenommenen chemischen Analysen wurden die Werte der folgenden Faktoren bestimmt:

- 1) pH, sowohl in H_2O wie in KCl.
- 2) Kaliumzahl, T_K (*Damsgaard-Sørensen*, 1941).
- 3) Phosphorsäurezahl, F_t (*Bondorff*, 1952).
- 4) Phosphatzahl, F_H (*Møller und Mogensen*, 1951).
- 5) Magnesiumzahl, T_{Mg} (*Jensen und Henriksen*, 1954).
- 6) Kupferzahl, T_{Cu} (*Henriksen*, 1957).
- 7) Manganzahl, T_{Mn} (*Steenbjerg*, 1933).

Für den Rest des Mischmusters ist der Trockenstoff-Inhalt bei uns im Forstversuchsamt festgestellt worden, sodaß für jede Probefläche ein Raumbgewichtsfaktor berechnet werden konnte.

b. *Profiluntersuchungen*

Mitten in jeder Probefläche wurde ein Bodeneinschlag bis zur Tiefe von etwa 1,5 m gegraben. Hier wurde eine Profilbeschreibung vorgenommen, wobei die Entnahme folgender Bodenproben stattfand:

a. *Proben für chemische Analysen*

Mit einem Stahlzylinder von 100 cm³ Inhalt wurden 14 Proben in zwei Reihen nach unten durch das Profil herausgeholt, und zwar in jeder Reihe je eine Probe in den Tiefen von 20, 30, 40, 50, 60, 70 und 80 cm, gerechnet von der Oberseite der Humusschicht abwärts. Diese Proben wurden an Ort und Stelle gemischt und dann im Laboratorium auf dieselbe Weise behandelt wie die vorerwähnten Humusproben. Es stellte sich heraus, daß durch die Art und Weise der Entnahme die Probe aus 20 cm Tiefe zweimal vorkommt, nämlich sowohl in der Humusprobe wie in der Mineralerdeprobe.

β. *Proben für physikalische Analysen*

Mit Stahlzylindern von 100 cm³ Inhalt wurden Proben in natürlicher Lagerung zwecks Bestimmung der Porenverhältnisse entnommen. Zwei Proben wurden aus der Humusschicht geholt; in den darunter liegenden Bodenschichten erfolgte die Entnahme in den Tiefen von 10, 20, 30, 50 und 80 cm. Dabei wurde jedoch auf die Horizonte Rücksicht genommen und die Proben wurden in der Weise verschoben, daß alle Horizonte vertreten waren. Außerdem wurde in der Regel noch eine weitere Probe eingeschoben. Die vorliegende Arbeit beruht durchschnittlich auf 8 Proben zur Bestimmung der Wasserkapazität bis zu 70 cm Tiefe. In einer früheren Arbeit (*Holstener-Jørgensen*, 1958 a) handelt es sich durchschnittlich um nur 6 Proben (a. a. O. Abb. 7, S. 116). Die demnach etwas reichere Repräsentation im hier vorgelegten Material bietet vermutlich Sicherheit dafür, daß der Repräsentationsfehler auf alle Fälle nicht größer sein kann als der damals gefundene (a. a. O. Tabelle 2, S. 127 und Abb. 10, S. 128). Im

Laboratorium und bei den Berechnungen sind im übrigen dieselben Methoden angewandt worden, die in der soeben erwähnten Arbeit beschrieben sind (a. a. O. S. 115—124 und S. 214—215).

γ. Proben zu verschiedenen Ermittlungszwecken

Schließlich sind in loser Lagerung von jedem Horizont Proben genommen worden zwecks Bestimmung a) der Textur, b) der 15-Atm.-Werte, c) des pH-Wertes. Das hierbei benutzte Verfahren ist ersichtlich aus der früheren Arbeit (*Holstener-Jørgensen*, 1958 a).

Über die chemischen Analysen sei bemerkt:

In *bodenchemischer* Beziehung erhält man für jede Probe- fläche einen Ausdruck der in den obersten 25 cm enthaltenen pflanzenzugänglichen Nährstoffe, sowie einen weiteren Ausdruck dafür, wie groß der Gehalt an pflanzenzugänglichen Nährstoffen in der Tiefe von 15—85 cm ist. Die gefundenen Mengen sollten unmittelbar von Fläche zu Fläche miteinander vergleichbar sein, da durch die hier angewandten Methoden bewußt vermieden wurde, solche Ergebnisse zu erzielen, die sich erst nach mühsamen und obendrein unsicheren Umrechnungen miteinander vergleichen lassen. Gemeint sind mit dieser Bemerkung vor allem Untersuchungen nach, wie man das nennen kann, pedologischen Methoden. Für einen Pedologen ist es wichtig zu wissen, wie die einzelnen Horizonte chemisch charakterisiert werden können (Auswaschung in einigen Horizonten, Anreicherung in anderen). Deshalb ist es nur natürlich, daß man die für pedologische Untersuchungen bestimmten Proben als Darstellungen der Horizonte gestaltet. Werden solche Proben nun bei quantitativen Untersuchungen benutzt, so ist man zu Umrechnungen genötigt, bei denen man die Horizont-Mächtigkeiten mit den Analyseresultaten multipliziert und wobei man sich obendrein versucht fühlen wird, die Gewichte der Horizonte je nach der Bedeutung zu bemessen, die man glaubt, ihnen innerhalb des Nährstoffkreislaufes zuschreiben zu dürfen; beispielsweise kann man diese Gewichte basieren auf eine Beschreibung der Wurzelentwicklung in den verschiedenen Horizonten. Zieht man alle diese Umstände in Betracht, so wird man zugeben müssen, daß in das ganze Verfahren viele subjektive Ermessensfaktoren einbezogen sind (Bestimmung der Horizontgrenzen, Wurzelentwicklung usw.), sodaß zu bezweifeln steht, ob es ein zweckdienliches Verfahren ist.

Durch das von uns angewandte Verfahren ist nun ein gut Teil Subjektivität ausgemerzt worden; da jedoch das Verfahren in der Praxis noch nicht erprobt ist, müssen auch hier die Ergebnisse mit Vorsicht behandelt werden. So ist es z. B. ein Nachteil, daß die Untersuchungstiefe vermutlich zu groß gewählt wurde. Nach früheren Untersuchungen (*Holstener-Jørgensen*, 1958 a und 1959 a) ist anzunehmen, daß die Nährstoffaufnahme der Bäume vorwiegend in den obersten Schichten (ca. 0—40 cm) vor sich geht; gerade die tieferen Bodenschichten sind jedoch verhältnismäßig nahrungsreich, und nimmt man diese mit, so werden also die festgestellten Ergebnisse ihrem ökologischen Wert nach weniger zuverlässig sein.

Schließlich muß auch erwähnt werden, daß ein zahlenmäßiger Zusammenhang zwischen den benutzten Analysewerten und dem Wachstum der Waldbäume nicht bekannt ist. In der Landwirtschaft sind die Methoden erfahrungsgemäß gut ausreichend, in der Waldwirtschaft dagegen neigt man mehr zu Verfahrensweisen, die den Gesamt-Nährstoffinhalt des betreffenden Bodens angeben. Was dies anbetrifft, so kann man vorläufig annehmen, daß T_K und T_{Mg} , die mittels Kationentausch bestimmt wurden, verhältnismäßig richtige Ausdrücke für den Gesamtinhalt des Bodens an K und Mg sind. Die Salzsäure-Auszüge aus dem Boden (Gesamt mengen) werden wohl etwas größere absolute Inhalte ergeben, an dem Verhältnis zwischen den Probeflächen jedoch kaum etwas ändern.*) In bezug auf einen anderen wichtigen Makro-Nährstoff, Phosphor, gibt F_1 einen guten Ausdruck für die gesamte anorganische Phosphorfraktion des Bodens, wohingegen die organische Phosphorfraktion nicht bestimmt wird. Es gelten also auch in dieser Beziehung gewisse Einschränkungen.

3. Ergebnisse der Bodenuntersuchungen

a. Einleitung

Wie weiter oben bemerkt, wurde angestrebt, daß die Probeflächen paarweise miteinander vergleichbar seien. Sie liegen dicht nebeneinander und auf einigermassen ebenem Gelände. Daher

*) Neuere Untersuchungen (vgl. z. B. *Stahlberg*, 1958) zeigen, daß nicht immer Proportionalität besteht zwischen der an die Fläche gebundenen K-Menge und denjenigen K-Mengen, die man durch Kochen des Bodens mit Salzsäure oder einer andern starken Säure ermittelt. Zugleich hat man nachweisen können, daß ein erheblicher Teil des durch Säure extrahierbaren K von den Pflanzen aufgenommen werden kann. Welche Rolle dies für die Praxis spielt, läßt sich bisher jedoch noch nicht entscheiden.

durfte von vornherein mit Fug angenommen werden, daß innerhalb der Flächenpaare keine nennenswerten Bodenverschiedenheiten bestehen würden.

Bei der Bearbeitung ist dann für die je zwei Probeflächen, die an jedem Vergleich teilnahmen, die Differenz zwischen den Analysewerten gezogen worden, und diese Differenzen sind bei der statistischen Behandlung des Materials benutzt worden.

Zweck der statistischen Bearbeitung ist, zu untersuchen, ob die Unterschiede zwischen den Böden unter den Beständen der 1. und 2. Generation größer sind, als daß man ihnen rein zufälligen Charakter zuschreiben dürfte.

Bei dieser Arbeit kann man auf zweierlei Weise verfahren:

1) Durch Varianzanalyse auf Grund der erwähnten Differenzen und Berechnung des t-Wertes kann man prüfen, ob die mittlere Differenz zwischen den Generationen signifikant verschieden ist von 0 (*Mather*, 1951). Die Vorbedingung für die Anwendung dieses Tests ist, daß die Analysewerte innerhalb jeder der Generationen normal verteilt sind. Das Material ist aber so geringfügig, daß man dessen nicht sicher sein kann. Eine graphische Prüfung des Materials gibt nur in einem einzigen Fall Anhaltspunkte dafür, daß wir möglicherweise mit asymmetrischen Verteilungen arbeiten, und zwar handelt es sich bei dieser Ausnahme um die gefundenen Magnesiumzahlen (T_{Mg}) für die Tiefe 0—25 cm. In beiden Generationen ist für diese Tiefe auf 12 von 16 Probeflächen der T_{Mg} -Wert 0 festgestellt worden; das sind also typisch „asymmetrische“ Verteilungen. Für das übrige Material darf angenommen werden, daß Normalverteilung vorliegt und demnach der t-Test anwendbar ist.

2) Die andere Möglichkeit ist, daß man einen χ^2 -Test (*Mather*, 1951) für die Verteilung nach zwei Gruppen von Fällen vornimmt, nämlich a) Fälle, in denen die Analysewerte der ersten Generation größer sind als die der zweiten, und b) in denen die Analysewerte der ersten Generation geringer sind als die der zweiten. Die Null-Hypothese ist hierbei, daß diese zwei Gruppen gleich viele Fälle enthalten, und der χ^2 -Test wird klarstellen, ob die Abweichungen von dieser Verteilung 1:1 so groß sind, daß man sie nicht als Zufälligkeit betrachten kann. — Beim χ^2 -Test ist nicht nötig, daß man die Verteilung der Analysewerte kennt.

Tabelle 3. Übersicht über die Ergebnisse der Bodenanalysen
 Tabel 3. Oversigt over resultaterne af jordbundsanalyserne

Geprüfte Analysenwerte Testede analyseværdier	Anzahl der Fälle, in denen Antal tilfælde hvor		Mittelwert für alle Flächen Middel- værdi for alle flader	Mittel- differenz zwischen den Genera- tionen 1.—2. und 3. Middeldiffe- rens mellem gen.	Wahrscheinlichkeiten bei Sandsynligheder ved		Wahrschein- lichkeit bei kombinier- tem Test Sandsynlighed ved kombineret test
	1. Gen. > 2. und 3. Gen.	1. Gen. < 2. und 3. Gen.			t ₍₁₅₎	z ² (1)	
1. % Korn < 2 μ in 100 cm Tiefe % korn < 2 μ i 100 cm's dybde	11	5	10,8	5,9	0,908	0,866	0,933
2. % Wasser am permanenten Welkepunkt in 100 cm Tiefe % vand ved visnegrænsen i 100 cm's dybde	11	5	4,0	2,1	0,935	0,866	0,949
3. Differenz zwischen kleinstem und größtem Tongehalt in der Untersuchungstiefe, % Differens mellem mindste og største lerindhold i undersø- gelsesdybden, %	6,5	9,5	61,7	— 5,9	0,675	0,544	0,586
4. Dicke der Rohhumusschicht, cm Morlagets tykkelse, cm	6	10	6,9	— 1,8	0,972	0,682	0,949
5. Profiltypen: Braunerde contra Podsol Profiltyper: brunjord kontra podsol				1. Generation: Verteilung 3:13 2. " : " 3:13 1. gen.: Fordeling 3:13 2. " : " 3:13			
6. Profiltypen: Braunerde + schwacher Podsol contra Podsol Profiltyper: brunjord + svag podsol kontra podsol				1. Generation: Verteilung 10:6 2. " : " 7:9 1. gen.: Fordeling 10:6 2. " : " 7:9		0,877	
7. Volumenprozente Grobporen in 40 cm Tiefe Volumenprct. grovporer i 40 cm's dybde	10	6	25,2	0,1	0,034	0,682	0,330
8. Volumenprozente Grobporen in 70 cm Tiefe Volumenprct. grovporer i 70 cm's dybde	5	11	18,2	— 5,3	0,905	0,866	0,933
9. Pflanzenzugängliche Wasser- kapazität 0—40 cm, mm Plantetilgængelig vand- kapacitet 0—40 cm. mm	12	4	83	6,1	0,802	0,956	0,949

10. Pflanzenzugängliche Wasserkapazität 0—70 cm, mm <i>Plantetilgængelig vandkapacitet 0—70 cm, mm</i>	11	5	129	13,6	0,873	0,866	0,913
11. Raumgewichtsfaktoren (größter = 100) 0—25 cm 15—85 cm <i>Rumvægtsfaktorer (største = 100)</i>	11 6,5	5 9,5	— —	6,0 1,7	0,810 0,510	0,866 0,544	0,880 0,443
12. Phosphorsäurezahl, F_t , nach vorgenommener Raumgewichtskorrektur, 0—25 cm 15—85 cm <i>Fosforsyretal, F_t, rumvægtskorrigeret,</i>	10 13	6 3	0,67 2,1	0,2 0,31	0,558 0,758	0,682 0,987	0,577 0,979
13. Phosphatzahl, F_H , nach vorgenommener Raumgewichtskorrektur, 0—25 cm 15—85 cm <i>Fosfattal, F_H, rumvægtskorrigeret,</i>	6 9	10 7	0,73 1,29	— 0,25 — 0,04	0,787 0,208	0,682 0,365	0,748 0,148
14. Kaliumzahl, T_K , nach vorgenommener Raumgewichtskorrektur, 0—25 cm 15—85 cm <i>Kaliumtal, T_K, rumvægtskorrigeret,</i>	8 10	8 6	2,6 1,1	0,13 0,30	0,423 lim. 0,871	0,000 0,682	0,103 0,829
15. Magnesiumzahl, T_{Mg} , nach vorgenommener Raumgewichtskorrektur, 0—25 cm 15—85 cm <i>Magnesiumtal, T_{Mg}, rumvægtskorrigeret,</i>	—*) 12	—*) 4	0,56 3,5	0,13 4,2	— 0,963	— 0,956	— 0,987
16. Kupferzahl, T_{Cu} , nach vorgenommener Raumgewichtskorrektur, 0—25 cm 15—85 cm <i>Kobbertal, T_{Cu}, rumvægtskorrigeret,</i>	10 10	6 6	1,25 1,00	0,43 0,28	0,763 0,534	0,682 0,682	0,730 0,561
17. Manganzahl, T_{Mn} , nach vorgenommener Raumgewichtskorrektur, 0—25 cm 15—85 cm <i>Mangantal, T_{Mn}, rumvægtskorrigeret,</i>	8 9	8 7	11,2 2,0	0,22 0,54	0,045 lim. 0,687	0,000 0,365	0,004 0,479

*) 1. Generation und 2., 3. Generation je 12 Werte auf 0.

*) 1. gen. og 2., 3. gen. hver 12 værdier på 0.

Die zwei Tests führen nicht zum selben Ergebnis, u. a. deshalb nicht, weil sie verschiedene Angaben benutzen, die aus dem Material stammen. Beim t-Test benutzt man z. B. die Größe der Differenzen in den Quadratsummen. Der χ^2 -Test dagegen arbeitet mit den Vorzeichen der Differenzen. Nimmt man beide Tests vor, so benutzt man also die sich aus dem Material ergebenden Angaben in größerem Umfang, als wenn man sich mit dem einen der beiden Tests begnügt. Da die zwei Tests voneinander unabhängig sind, lassen sie sich zu einem gemeinsamen Test zusammenarbeiten (*Combination of tests* nach Fischer, vgl. Hald, 1957, S. 408). Zur Berechnung dieses „kombinierten Tests“ benutzt man die Wahrscheinlichkeitswerte, die den ermittelten t- und χ^2 -Werten entsprechen. Die Wahrscheinlichkeitswerte sind interpoliert auf Kurven der Wahrscheinlichkeit als Funktion von t, bzw. als Funktion von χ^2 ; sie sind ersichtlich aus Tabelle 3.

Die Tabelle 3 enthält eine Übersicht über die Ergebnisse der Bodenanalysen und wird weiter unten in ihren Einzelheiten besprochen werden; zunächst jedoch sind noch einige Vorbemerkungen nötig.

In Haupttabelle I und Haupttabelle II*) sind die Analysenwerte und die Profilbeschreibungen zusammengestellt, die die Grundlage der Tabelle 3 bilden.

Bei Untersuchungen der in Rede stehenden Art rechnet man bekanntlich normalerweise damit, daß die Wahrscheinlichkeit mindestens = 0,95 sein soll, bevor man einem festgestellten Unterschied Bedeutung beizumessen hat.

Schließlich ist darauf aufmerksam zu machen, daß in dem Material zwei Bestände dritter Generation vertreten sind. Sie sind jedesmal mit hineingenommen in die Bearbeitung des Materials der Bestände zweiter Generation. Die Probeflächen 1001 (1. Generation), 1002 (2. Generation) und 1003 (3. Generation) sind benutzt als 2 Vergleiche (1001—1002 und 1001—1003). Es wird also ständig mit 16 Beobachtungspaaren gearbeitet.

b. Feinkorngehalt und 15-Atmosphärenwerte

Die mechanische Zusammensetzung des Bodens bleibt innerhalb ziemlich langer Zeiträume konstant. Auf sehr lange Dauer findet durch Verwitterung eine Zerkleinerung statt, aber dieser

*) Die mit römischen Zahlen bezeichneten Tabellen befinden sich am Schluß des Berichtes.

Vorgang ist so langsam, daß man die mechanische Zusammensetzung als einen „festen Bodenfaktor“ rechnet.

Mit *Pallmann und Mitarbeitern* (1949) kann man den Boden als ein „Filter“ betrachten. In humiden Gebieten — d. h. da, wo der Jahresniederschlag größer ist als die jährliche Verdunstung von den Pflanzen und der Bodenoberfläche — wird in jedem Jahr Wasser durch das Filter bis zum Grundwasserspiegel des Untergrundes hinuntersickern. Dänemark wird bekanntlich zu den humiden Gebieten gerechnet, und es hat sich auch gezeigt, daß wahrscheinlich jedes Jahr Wasser durch den Wurzelraum bis in das Grundwasser sickert, und zwar auch unterhalb von Waldbaumbeständen mit großem Wasserverbrauch (*Holstener-Jørgensen*, 1959 a und b). Wenn Wasser durch das Bodenfilter sickert, werden stets irgendwelche Stoffe aufgelöst und durch den Boden hindurch abwärts befördert werden. Einige dieser Stoffe werden in aufgelöstem Zustand bis zum Grundwasser hinunter gelangen, so z. B. Nitrat-Ionen, die im Lauf des Winters fast völlig ausgewaschen werden. Andere Stoffe wie z. B. Kalium und Kalzium werden oberflächlich an die Bodenkolloide gebunden und gehen nur dann in die Bodenlösung über, wenn entweder in dieser die Konzentration derselben Ionen gering ist oder wenn sie gegen andere Ionen (z. B. Hydrogen-Ionen) aus der Bodenlösung ausgetauscht werden. Schließlich sei erwähnt, daß einige Ionen in den obersten Bodenschichten aufgelöst werden, sich aber weiter unten wieder ansetzen. Hierbei kann es entweder zu chemischen Verbindungen kommen, so wenn Phosphat-Ionen (PO_4) sich in kalkreichen Bodenschichten ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) niederschlagen, oder es kann sich um Niederschlag isoelektrischer Art handeln, der dann u. a. die teilweise Ursache von Eisenausscheidung im B-Horizont des Podsoles werden kann. Je nachdem ein wie grobkörniges Filter die Erdpartikeln bilden, wird die Wassermenge, die durch das Filter sickert, in jedem Jahr verschieden sein.

Die pflanzenzugängliche Wasserkapazität steigt mit zunehmendem Tongehalt (*Holstener-Jørgensen*, 1958 a). Da der Verbrauch der Pflanzen in großen Zügen gesehen gleich dem Inhalt des Wurzelraums an pflanzenzugänglichem Wasser plus dem Niederschlag während der Wachstumsperiode ist, wird bei im übrigen gleichen Werten die jährlich durch den Boden sickernde Wassermenge um so größer sein, je weniger Ton der Boden ent-

hält. Die Auswaschungsgeschwindigkeit (z. B. jährlich gemessen) wird mit der hindurchfließenden Wassermenge zunehmen, sodaß man die am stärksten ausgewaschenen (podsolierten) Böden an den sandigsten Standorten findet. Es ist anzunehmen, daß höherer Tongehalt an und für sich die Podsolierung verlangsamt, einestils weil als Ersatz für die ausgewaschenen Stoffe mehr andere Stoffe durch Verwitterung frei werden (die Verwitterungsgeschwindigkeit nimmt zu mit zunehmender Angriffsoberfläche), andernteils weil die auswaschbaren Stoffe in Lehmböden verhältnismäßig fester gebunden werden als in Sandböden.

Diese kurze Darstellung dürfte verständlich gemacht haben, weshalb in humiden Klimagebieten alle Böden im Laufe langer Zeit ausgewaschen werden. Unter den Bodenforschern gibt es eine Richtung, die dem Einfluß des Klimas auf die Bodenbildung außerordentlich große Bedeutung beimißt. Einigkeit scheint jedoch darüber zu bestehen, daß die Vegetation je nach ihrer Zusammensetzung die Entwicklung mehr oder minder stark fördert. Allgemein wird angenommen, daß die Auswaschung in demselben Anfangsboden unter einem üppigen Eichenwald langsamer vor sich geht als unter einem geschlossenen Fichtenbestand. Als Indikator dafür, ob zwei Pflanzengesellschaften die Auswaschung mehr oder minder fördern, hat man beispielsweise ihre Humusbildung benutzt. Rohhumusbildung soll demnach eine starke Auswaschung (Podsolierung) anzeigen, Mullbildung dagegen eine langsamere Auswaschung oder gar, wie manche glauben, ein Zurückschrauben der Entwicklung.

Die ganze Frage des Einflusses der Baumarten auf den Boden ist noch ungeklärt. So kann z. B. hingewiesen werden auf neuere Forschungen über Podsol hervorrufende, in Wasser lösliche Stoffe im Laub verschiedener Pflanzen (*Bloomfield*, 1954). Es hat sich u. a. gezeigt, daß die „Mull-Baumart“ Esche in ihrem Laub derartige Stoffe enthält.

Nach alledem scheint es klar, daß die gesamte Frage nach dem Einfluß der Fichte auf den Boden eng zusammenhängt mit der Größe des Bodenfilters. Ein Hauptpunkt unserer Untersuchung muß daher sein, darauf zu achten, daß die je zu einem Vergleichspaar gehörenden Probeflächen soweit möglich dieselbe Textur haben.

In dem eingesammelten Material variiert der Tongehalt in 100 cm Tiefe bei den Beständen erster Generation zwischen 48,2

und 1,6 % und bei den Beständen zweiter Generation zwischen 18,2 und 1,3 % (vgl. Haupttabelle I). Für sämtliche untersuchten Probeflächen ist der arithmetische Durchschnittswert des Tongehalts in 100 cm Tiefe = 10,8 %, und die Bestände erster Generation stehen auf einem Boden, der durchschnittlich 5,9 % mehr Ton enthält als die Böden mit zweiter und dritter Generation (Tabelle 3); der t-Test ergibt eine Wahrscheinlichkeit von 0,908 dafür, daß zwischen den Generationen tatsächlich ein Unterschied besteht, während diese Wahrscheinlichkeit dem χ^2 -Test zufolge 0,866 beträgt, und wenn man die beiden Tests kombiniert 0,933. Auf Grund der mechanischen Analysen allein darf also festgestellt werden, daß alles in allem die Wahrscheinlichkeit für das Vorhandensein eines Texturunterschieds 0,933 beträgt.

Die mechanische Analyse ist ein Verfahren zur Beurteilung der Textur des Bodens, doch haben wir unter den vorgenommenen Analysen noch eine andere, die ebenfalls über die Textur Aufschluß gibt. Schon früher ist gezeigt worden, daß eine enge positive Korrelation besteht zwischen dem Tongehalt des Bodens und dessen Wassergehalt bei pF 4,2 (Wassergehalt am permanenten Welkepunkt) (Holstener-Jørgensen, 1958 a). Dies besagt, daß eine Untersuchung des Wassergehalts bei pF 4,2 uns gleichzeitig Auskunft gibt über den Tongehalt. Aus Tabelle 3 geht hervor, daß auf Grund dieser Analysenwerte (bei 100 cm Tiefe) eine Wahrscheinlichkeit von 0,949 für das Vorhandensein eines Generationenunterschiedes besteht. Die beiden verschiedenen Gruppen von Analysenwerten zeigen also in die gleiche Richtung, daß zwischen den Böden der beiden Generationen ein Unterschied vorhanden ist. Sowohl die Untersuchung des Tongehalts wie die Untersuchung des Wassergehalts bei pF 4,2 zeigen jede für sich, daß die normalerweise erforderliche Unterschiedswahrscheinlichkeit von 0,95 nicht vorliegt.

In 100 cm Tiefe ist der Boden so gut wie unbeeinflusst von den biologischen und physikalisch-chemischen Vorgängen im Oberboden. Infolgedessen gibt der Tongehalt in dieser Tiefe eine recht sichere Auskunft über den festen Bodenfaktor — die mechanische Zusammensetzung — vorausgesetzt allerdings, daß das Anfangsmaterial *homogen* gewesen ist. Glaziale Böden sind jedoch nur selten homogen, sondern die Textur weist oft recht starke vertikale Verschiedenheit auf. Dies ist auch bei unserer Untersuchung der Fall, wie sich aus der Haupttabelle I ergibt.

Um nun zu untersuchen, ob in diesem Punkte ein Unterschied zwischen den Generationen besteht, wurde folgendes Verfahren gewählt:

Für jede Untersuchungsfläche wurde die Differenz zwischen dem niedrigsten ermittelten und dem höchsten ermittelten Tongehalt innerhalb der Untersuchungstiefe errechnet. Diese Differenz wurde ausgedrückt in Prozenten des größten Tongehalts, und dann wurden für die Beobachtungspaare die Differenzen zwischen diesen Prozenten ausgerechnet. Die sich so ergebenden Differenzen wurden nach den beiden benutzten Methoden getestet und die beiden Teste zu einem gemeinsamen Test vereinigt, welcher zeigt, daß für den gesuchten Generationenunterschied eine Wahrscheinlichkeit von 0,586 besteht.

Bei Zusammenstellung aller Untersuchungsergebnisse über die Textur des Bodens ergibt sich nun folgendes Bild:

Der Boden, auf dem die beiden Fichtengenerationen stehen, hat, soweit sich dies beurteilen läßt, eine gleichartige vertikale Texturvariation. Die vorgenommenen statistischen Prüfungen ergeben jedoch einige Wahrscheinlichkeit dafür, daß die Bestände erster Generation auf einem Boden mit etwas größerem Tongehalt stehen als die der zweiten Generation. Dieser Unterschied muß notwendigerweise Einfluß haben auf das Urteil über die Ergebnisse sowohl der übrigen Bodenuntersuchungen wie auch der Zuwachs- und Gesundheitsuntersuchungen.

c. Die Dicke der Rohhumusschicht

Das Vorstehende enthält eine ganz kurze Darstellung der Abhängigkeit der Bodentyp-Entwicklung von Klima, Vegetation u. a., und hierbei wurde auch erwähnt, daß die Podsolierung von der Rohhumusbildung beeinflußt wird. Allgemein wird angenommen, daß Podsolierung und schwerer Rohhumus zugleich eine geringere Fruchtbarkeit des betreffenden Standortes bedeutet, jedenfalls für Pflanzenerträge gewisser Art. Die meisten Standorte mit Fichte zeigen auch Rohhumusbildung, sodaß also wertvoll sein kann zu wissen, ob die Mächtigkeit der Rohhumusschicht während mehrerer Fichtengenerationen zunimmt.

Tabelle 3 zeigt, daß die Rohhumusdicke durchschnittlich 6,9 cm beträgt und daß sie in Beständen zweiter Generation durchschnittlich 1,8 cm dicker ist als in solchen erster Generation. Dem t-Test zufolge muß angenommen werden, daß dieser Unterschied

signifikant ist. Der χ^2 -Test ergibt die ziemlich geringe Unterschiedswahrscheinlichkeit von 0,682, während diese Wahrscheinlichkeit bei Kombination beider Teste 0,949 beträgt. Die Frage kann nicht als geklärt betrachtet werden, solange sie nicht durch weitere Studien beleuchtet ist, wobei darauf hingewiesen sei, daß falls eine Wechselbeziehung zwischen Rohhumusbildung und Auswaschung besteht, die Rohhumusbildung zunimmt, je sandiger der Boden ist. Bei dieser Annahme ist zu erwarten, daß die Rohhumusdicke in Beständen zweiter und dritter Generation etwas größer sein wird als in solchen der ersten Generation, weil nämlich die erste Generation auf einem Boden mit größerem Tongehalt gewachsen ist.

Es sei ferner daran erinnert, daß die untersuchten Bestände durchweg noch jung sind. In den Beständen erster Generation kann der Humuszustand (die Rohhumusdicke) durchaus noch mitverursacht sein vom Humuszustand während des früheren dortigen Laubwaldes. Sollte sich jemand versucht fühlen, eine Extrapolation von dem Gedanken aus vorzunehmen, daß bei fortgesetztem Fichtenbau in mehreren Generationen die Dicke des Rohhumus weiterhin zunehmen werde, so sei hier betont, daß das eingesammelte Material sich zu derartigen Extrapolationen bei weitem nicht eignet.

Schließlich dürfte hier der Hinweis auf die Tatsache angebracht sein, daß, wie *Romell* (1932) dies wahrscheinlich gemacht hat, auch Rohhumus ein biologischer Gleichgewichtszustand ist, innerhalb dessen der Zugang an organischem Stoff ausgeglichen wird durch die jederzeit stattfindende Zersetzung (Mineralisierung).

d. *Profiltypen*

Auf Grund der Profilbeschreibungen lassen sich die einzelnen Probeflächen in folgende drei Profiltypen einteilen: 1) Braunerde, 2) schwacher Podsol, 3) Podsol. Schlägt man nun — je bei den Flächen mit erster und bei denen mit zweiter Generation — die beiden Podsolgruppen zu je einer Gruppe zusammen, so zeigt sich, daß in jeder der Generationen gleich viele Braunerdeprofile (je 3) und gleich viele Podsolprofile (je 13) vorhanden sind. Das besagt, daß bei dieser Einteilung nach Profilgruppen kein Unterschied zwischen den Generationen besteht. Schlägt man dagegen Braunerde mit schwachem Podsol zusammen, so findet man in

der ersten Generation 10 Braunerde + Schwachpodsol gegen 6 Podsol, in der zweiten und dritten Generation 7 Braunerde + Schwachpodsol gegen 9 Podsol. Testet man diese beiden letzten Einteilungen, so ergibt sich für den Generationenunterschied 0,877 Wahrscheinlichkeit.

Demzufolge scheint kein Grund zu der Annahme zu bestehen, daß die beiden Bestandesgruppen, die wir untersucht haben — Bestände erster Generation gegen solche zweiter und dritter Generation — in der Profilbildung ihrer Böden erheblich voneinander abweichen.

Allgemein wird angenommen, daß ein Zusammenhang zwischen der Rohhumusmächtigkeit und dem Podsolierungsgrad besteht. Tabelle 4 zeigt in ihrer oberen Hälfte, daß ein solcher Zusammenhang für die Flächen erster Generation nicht nachgewiesen werden kann. Dagegen ist aus der unteren Hälfte der Tabelle 4 ersichtlich, daß die Bestände mit zweiter und dritter

Tabelle 4. Profiltypen
Tabel 4. Profiltyper

	Braunerde <i>Brunjord</i>	Schwacher Podsol <i>Svag podsol</i>	Podsol <i>Podsol</i>
	Dicke der Rohhumusschicht in cm <i>mortykkelse i cm</i>		
1. Generation	7,8	5,4	4,2
1. generation	2,8	5,2	6,7
	7,5	6,1	7,6
		7,9	7,3
		3,8	7,4
		5,7	4,8
Σ	18,1	34,1	38,0
Durchschnitt <i>middel</i>	6,0	5,7	6,3
	6,0	5,5	9,2
	4,7	5,7	13,8
2. und 3. Generation	6,8	6,7	5,0
2. og 3. generation		9,1	9,3
			9,1
			8,8
			9,2
			7,4
			8,3
Σ	17,5	27,0	80,1
Durchschnitt <i>middel</i>	5,8	6,8	8,9

Generation unverkennbar eine sich durch alle drei Podsolierungsgrade — Braunerde, Schwachpodsol und Podsol — hindurch erstreckende, zunehmende Tendenz der Rohhumusmächtigkeit aufweisen.

e. *Porenverhältnisse*

Wie in dem Abschnitt über die Problemstellung angeführt, ist nach der vorhandenen Literatur anzunehmen, daß die Fichte in zweierlei Hinsicht den Boden ungünstig beeinflusst: erstens fördert sie die Podsolierung, und zweitens werden unter den Fichtenbeständen liegende schwere Böden stark verdichtet werden.

Bei Verdichtung des Bodens vermindert sich sein Porenvolumen. Früher veröffentlichte Untersuchungen deuten darauf, daß bei Zunahme des Volumengewichts sowohl das Gesamt-Porenvolumen wie auch das Volumen der Poren mit kleinerem Durchmesser als 30μ abnimmt (*Holstener-Jørgensen*, 1958 a, Abb. 23 u. 24, S. 155). Das bedeutet, daß sowohl die Luftkapazität (Poren mit Durchmessern $> 30 \mu$) als auch die pflanzenzugängliche Wasserkapazität (Poren mit Durchmessern zwischen 30μ und $0,2 \mu$) sich verringert. Es ist anzunehmen, daß derartige Bodenveränderungen ungünstigere Wachstumsbedingungen ergeben.

Zeile 7 der Tabelle 3 macht ersichtlich, wie groß in 40 cm Tiefe die Grobporenanteile (Poren $> 30 \mu$) der Probeflächenpaare sind. Für sämtliche Flächen macht der Durchschnitt dieser Poren 25,2 Volumenprozent aus, und die erste Generation hat durchschnittlich 0,1 Volumenprozent mehr als die zweite und dritte Generation zusammen. Der Generationenunterschied ist also äußerst klein, und die angewandten Tests zeigen denn auch, daß für eine nicht-zufällige Natur dieses Unterschieds nur sehr geringe Wahrscheinlichkeit besteht.

Zeile 8 der Tabelle 3 zeigt, daß in 70 cm Tiefe der durchschnittliche Grobporenanteil für sämtliche Flächen 18,2 % beträgt. Bei der ersten Generation sind es durchschnittlich 5,3 % *weniger* als bei der zweiten Generation. Der kombinierte Test zeigt eine Wahrscheinlichkeit von 0,933 dafür, daß es sich hierbei um eine reale Verschiedenheit der Böden unter den zwei Generationen handelt.

Die Unterschiedswahrscheinlichkeit ist im Sinne unserer Untersuchung nicht signifikant, und bei ihrer Beurteilung sind noch zwei Umstände in Betracht zu ziehen: 1) Wenn der Grobpo-

renanteil im Boden nach abwärts zu geringer wird (von 25 % bis 18%), so ist dies eine Folge der „normalen“ Lagerung des Bodens (vgl. *Holstener-Jørgensen*, 1958 a). — 2) Wenn die erste Generation in 70 cm Tiefe den geringsten Grobporenanteil zu haben scheint, so hängt dies vermutlich damit zusammen, daß der Tongehalt des Bodens unter der ersten Generation etwas größer ist als der des Bodens unter den Beständen zweiter Generation. Zunehmender Tongehalt ergibt nämlich normal abnehmende Grobporenmenge (vgl. *Holstener-Jørgensen*, 1958 a und

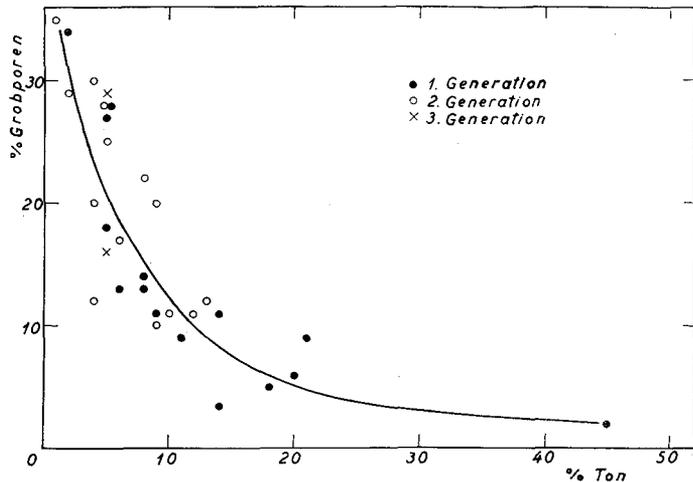


Abb. 1: Volumen-Prozentanteil Grobporen (Porendurchmesser $> 30 \mu$) in 70 cm Tiefe, verglichen mit dem Gewichts-Prozentanteil Ton in gleicher Tiefe der untersuchten Probefflächen.

Fig. 1: Volumenprocent gropporer (porediameter $> 30 \mu$) i 70 cm's dybde lagt op over vægtprocent ler i samme dybde på de undersøgte prøveflader.

Abb. 1). Es ist also nichts anderes gefunden worden, als man erwarten mußte.

Zwecks weiterer Beleuchtung der Grobporenverhältnisse ist in Abbildung 1 der Grobporenhalt in 70 cm Tiefe über den Tongehalt in derselben Tiefe gelegt worden. Bei den verschiedenen Bezeichnungen wurde unterschieden zwischen den drei verschiedenen Fichtengenerationen, die wir untersucht haben. Die Punkte sind durch eine Kurve ausgeglichen. Wie zu erwarten, zeigt die Abbildung eine starke Abhängigkeit des Grobporenhalts vom Tongehalt. Der vorerwähnte Generationsunterschied zwischen

dem Tongehalt der Flächen mit erster Generation und den übrigen Flächen ist ebenfalls deutlich.

Das Wesentlichste, was sich aus der Abbildung ersehen läßt, ist jedoch der Umstand, daß die Flächen mit erster Generation und die übrigen Flächen auf völlig gleiche Weise um die graphische Ausgleichskurve streuen. Es liegt mit andern Worten keinerlei Tendenz zu einem Generationenunterschiede vor.

Im Herbst 1958 ist Material aus Eichen- und Buchenbeständen auf *Bregentved* eingesammelt worden. In Abbildung 2 ist der

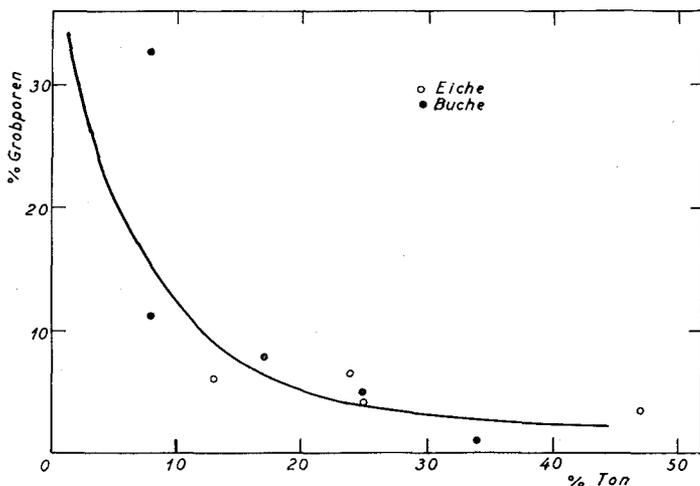


Abb. 2: Volumen-Prozentanteil Grobporen (Porendurchmesser $> 30 \mu$) in 70 cm Tiefe, verglichen mit dem Gewichts-Prozentanteil Ton in gleicher Tiefe bei 9 Laubbaumbeständen im Bezirk Bregentved. Die Ausgleichskurve für Fichte (Abb. 1) ist eingezeichnet.

Fig. 2: Volumenprocent gropporer (porediameter $> 30 \mu$) i 70 cm's dybde lagt op over vægtprocent i ler i samme dybde for 9 løvtræbevoksninger på Bregentved. Udjævningskurven for rødgran (fig. 1) er indtegnet.

Grobporenhalt nach Analysen von diesen Flächen über ihren Tongehalt gelegt worden. Bei den Bezeichnungen ist zwischen Buchen- und Eichenbeständen unterschieden worden, und außerdem wurde die Ausgleichskurve von Abbildung 1 eingezeichnet. Wie man sieht, scheinen keine Anhaltspunkte für die Annahme zu bestehen, daß Fichte im Vergleich zu Laubbäumen den Grobporenhalt des Bodens vermindert. (Vgl. hierzu auch die Besprechung von *Burgers* Arbeiten auf S. 44—48 sowie *Holstener-Jørgensen*, 1959 a).

Da in der Diskussion über den Einfluß des Fichtenanbaues auf den Boden hauptsächlich viel über die bodenphysikalischen Verhältnisse geschrieben worden ist (vgl. die Erörterung S. 42 ff.), sei folgendes hervorgehoben:

- 1) *Aus unserm Material läßt sich nicht nachweisen, daß mehrere Fichtengenerationen die physikalische Struktur des Bodens von Generation zu Generation ändern (s. Abb. 1 und auch Holstener-Jørgensen, 1959 a).*
- 2) *Ein Vergleich mit einem kleineren Material aus einem Laubwaldgebiet deutet nicht auf entscheidende Veränderungen infolge des Übergangs vom Laubwald zum Nadelwald (s. Abb. 2 und Holstener-Jørgensen, 1959 a).*

In der 9. und 10. Zeile der Tabelle 3 werden die pflanzenzugänglichen Wasserkapazitäten der Probeflächen miteinander verglichen, und zwar sowohl für die Tiefe 0—40 cm wie für die Tiefe 0—70 cm.

Von 0 bis 40 cm ist die Wasserkapazität durchschnittlich 83 mm. Durchschnittlich ist sie auf den Flächen der ersten Generation 6,1 mm größer als auf denen mit zweiter Generation. Die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen eines realen Unterschieds zwischen den Flächen ist 0,949.

Von 0 bis 70 cm ist die Wasserkapazität durchschnittlich 129 mm, und sie ist auf den Flächen der ersten Generation durchschnittlich 13,6 mm größer als auf denen mit zweiter Generation. Die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen eines realen Unterschieds zwischen den Flächen ist in diesem Falle 0,913.

Die ermittelten Unterschiede sind also nicht völlig signifikant. Es ist (vgl. *Holstener-Jørgensen, 1959 a*) zu erwarten, daß die Wasserkapazität in den Beständen erster Generation etwas größer ist, weil dort der Tongehalt etwas größer ist. Infolgedessen ist anzunehmen, daß *der Unterschied zwischen den Wasserkapazitäten der Generationen ganz oder teilweise auf primären Bodenverschiedenheiten beruhen muß, nicht aber dem Einfluß der Fichte auf den Boden zuzuschreiben ist.*

f. *Chemische Bodenverhältnisse*

Die chemischen Bodenverhältnisse lassen sich gemeinsam besprechen, ohne allzusehr auf Einzelheiten einzugehen (Tabelle 3 Zeilen 12—17). Aus den statistischen Spalten der Tabelle geht

hervor, daß nur in zwei Fällen chemische Bodenverschiedenheiten von Bedeutung zwischen den Generationen vorkommen.

Bei dem kombinierten Test zeigt sich, daß die Phosphorsäurezahl F_t in der Tiefe von 15—85 cm mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,979 in der ersten Generation größer ist als in der zweiten. Ferner ist ersichtlich, daß die Magnesiumzahl T_{Mg} in 15—85 cm Tiefe mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,987 in der ersten Generation größer ist als in der zweiten. In beiden Fällen gilt, daß der größere Tongehalt der Böden mit erster Generation einen größeren Gehalt an Phosphor und an Magnesium verursacht. Ferner ist zu betonen, daß Magnesium leichter ausgewaschen wird als andere Austausch-Ionen, und die größere Auswaschungsgeschwindigkeit in Sandböden wird daher noch weiterhin die Unterschiede zwischen dem Magnesiumgehalt der Sandböden und dem der Tonböden vergrößern. Alles in allem ist es einleuchtender, die Unterschiede zwischen den Magnesium- und Phosphorgehalten der Generationen durch Verschiedenheiten primärer Bodenfaktoren zu erklären als durch die Annahme, daß der fortgesetzte Anbau von Fichtengenerationen diese Unterschiede verursache.

g. Gesamtwürdigung der Bodenuntersuchungen

Wie die vorstehende Schilderung zeigt, sind bei der vorliegenden Untersuchung nur kleine Bodenunterschiede zwischen den mit erster Generation Fichte und den mit zweiter und dritter Fichtengeneration bestockten Flächen gefunden worden. Eine höchst naheliegende Erklärung der ermittelten Unterschiede bestand darin, daß die primären Bodenfaktoren (die Textur) verschieden gewesen seien.

Es mag nützlich sein, daß versucht wird, einen zusammenfassenden zahlenmäßigen Ausdruck für die Bodenunterschiede zu finden. Betrachtet man jede der durchgeführten Bodenanalysen als unabhängigen Index der Bodenqualität, so können die einzelnen Tests der Tabelle 3 zu einem gemeinsamen Test zusammengearbeitet werden. Ein solcher Gesamttest wird Aufschluß darüber geben können, wie groß die Wahrscheinlichkeit dafür ist, daß der Unterschied zwischen dem Boden unter der ersten Generation und dem Boden unter der zweiten Generation zu groß sei, um Zufälligkeiten bei der Auswahl der Probeflächen zugeschrieben werden zu können.

In Tabelle 3 sind die Analysenergebnisse so geordnet, daß die obersten 11 Zeilen vorwiegend physikalische Faktoren zusammenfassen (vom Tongehalt bis zum Raumgewichtsfaktor einschließlic), wobei jedoch von den Profiltypen abgesehen wird. In dem unteren Teil sind dann die chemischen Faktoren zusammengestellt.

Kombiniert man nun alle kombinierten Tests auf „physikalische Faktoren“, so erhält man einen χ^2 -Wert mit 20 Freiheitsgraden von 41,527, was eine Wahrscheinlichkeit von 0,996 dafür ergibt, daß in den physikalischen Bodenfaktoren ein signifikanter Unterschied zwischen den Generationen besteht.

Kombiniert man hierauf alle diejenigen kombinierten Tests, die die „chemischen Faktoren“ betreffen, so erhält man einen χ^2 -Wert mit 22 Freiheitsgraden von 31,277, was einer Wahrscheinlichkeit von 0,910 für das Vorliegen eines signifikanten Unterschieds der chemischen Faktoren entspricht.

Und —: kombiniert man schließlich sämtliche kombinierten Tests miteinander, so ergibt sich ein χ^2 -Wert mit 42 Freiheitsgraden von 72,803, was einer Wahrscheinlichkeit von 0,997 für das Vorliegen eines signifikanten Unterschieds in allen Bodenfaktoren zusammengenommen entspricht.

Auf Grund dieser drei zusammenfassenden Tests müssen die ermittelten Unterschiede der Bodenfaktoren wie folgt beurteilt werden:

In bodenphysikalischer Beziehung besteht eine sehr große Wahrscheinlichkeit dafür, daß die ermittelten Unterschiede zwischen dem Boden unter Beständen erster und unter Beständen zweiter Generation systematischer Natur, nicht aber zufälliger Art sind. *Wir halten uns daher zu der Feststellung berechtigt, daß die Bestände erster Generation auf Böden mit anderen physikalischen Verhältnissen stehen als die Bestände zweiter Generation. Objektiv läßt sich auf Grund des Materials nicht entscheiden, ob dies auf einem Unterschied der primären Bodenfaktoren oder aber darauf beruht, daß der fortgesetzte Fichtenbau gewisse Bodenfaktoren geändert habe. Für die Beurteilung dieser Frage muß es jedoch als schwerwiegender Umstand angesehen werden, daß Unterschiede in den primären Bodenfaktoren vorhanden sind und daß diese Verschiedenheiten teilweise, wenn nicht sogar ganz, die Unterschiede der variablen Faktoren zu erklären vermögen.*

Dieser Unterschied ist vermutlich geschichtlich bedingt, weil eine allgemeine Neigung bestanden hat, zuerst die kultursichere Baumart auf die sandigsten Böden zu pflanzen. Es ist anzunehmen, daß es diese Neigung ist, die sich jetzt in unserm Material wieder abspiegelt, und zwar trotz der Tatsache, daß wir ganz dicht beieinander liegende Flächen als paarweise zusammengehörend ausgewählt haben.

Die Beurteilung etwaiger Unterschiede zwischen den Generationen in bezug auf Zuwachs und Gesundheit muß notwendigerweise dem Umstand Rechnung tragen, daß wir das Bestehen derartiger Bodenverschiedenheiten als erwiesen betrachten. Doch ist hierbei hervorzuheben, daß sich aus dem Vorstehenden keine Grundlage für ein Urteil darüber ergibt, welche Zuwachsendifferenzen u. dgl. erwartet werden dürfen.

4. Kritik einiger wichtiger deutscher Untersuchungen

Aus den zu Anfang dieses Kapitels angeführten Schlußfolgerungen in Wiedemanns Arbeit über Fichtenanbau in Sachsen (1925) scheint hervorzugehen, daß in gewissen Bodenarten, wenn sie mit Fichte bestockt sind, der Boden rasch verdorben werde. Die hier vorliegende Untersuchung zeigt, daß wir nichts gefunden haben, was jene Annahme unter den nord-seeländischen Verhältnissen zu stützen vermag.

Die zwei Untersuchungen scheinen also zu einander widerstreitenden Ergebnissen geführt zu haben. Wiedemann bemerkt, daß es auch in Sachsen Böden gibt, die dem Fichtenanbau gegenüber „stabil“ seien. Gleichzeitig jedoch verwahrt er sich gegen jeden Optimismus, wenn er nämlich sagt (S. 97):

„Ob es Böden gibt, die in unserem Klima gegen die schädlichen Wirkungen von Reinbestand und Kahlschlag völlig unempfindlich sind, ist zweifelhaft. Die Schnelligkeit der ungünstigen Veränderungen ist für die einzelnen Böden sehr verschieden, in vielen Fällen beweist aber der rasche Rückgang der Güte von Bestand und Boden, daß die Veränderungen weit rascher vor sich gehen, als man anzunehmen pflegt.“

Man könnte sich nun dabei beruhigen, daß die untersuchten dänischen Standorte zu einem Typ gehören, bei dem die Gefahr der Bodenvernichtung durch die Fichte gering ist. Andererseits

aber darf nicht vergessen werden, daß sich von Zeit zu Zeit immer wieder warnende Stimmen gegen fortgesetzten Fichtenanbau erheben und hierbei sich *auf die sächsischen Untersuchungen berufen* (vgl. *Oksbjerg*, 1957, S. 240—243). Es besteht daher Grund genug, hier die bekanntesten Arbeiten über die bodenschädliche Wirkung der Fichte in Sachsen kritisch zu besprechen, und zwar hauptsächlich auf folgende Fragen hin:

- 1) Sind diese Arbeiten so gut unterbaut, daß man ihnen entscheidende Bedeutung beimessen soll?
- 2) Falls jene Untersuchungen sich als haltbar erweisen, haben sie dann überhaupt irgendwelche Beziehung zu dänischen Verhältnissen?

Eine kritische Erörterung dieser Art ist berechtigt, weil dadurch einer Legendenbildung entgegengewirkt werden könnte, die ja immer leicht entsteht, wenn man sich von gut formulierten Schlußfolgerungen, die als Schlagwörter gebraucht werden, in Bann ziehen läßt.

Wiedemann (1925) gibt an, er habe 3000 Bodeneinschläge gegraben und „mehrere tausend Wurzeln jüngerer Pflanzen“ untersucht (a. a. O. S. 55). Nach dieser gigantischen Leistung im Freien wäre nun eine ganze Serie von Tabellen mit Bodenbeschreibungen und Analysewerten zu erwarten, aber in der ganzen Abhandlung von 190 Seiten macht die Behandlung der Bodenuntersuchungen nur ungefähr fünf Seiten aus, rund gerechnet 3 % des eigentlichen Textes, und dazu sage und schreibe *eine* Tabelle (Tafel 37)), die genau *eine* Druckseite füllt — wahrhaftig ein komprimierter Stoff!

Die ganze Untersuchung ist bodenphysikalisch. Die Tabelle umfaßt ein Zahlenmaterial von 8 Flächen; 3 davon (Revier Tharandt) werden überhaupt nicht besprochen, sondern nur als Beispiele angeführt, und 2 Flächen werden nur in einer Fußnote besprochen (S. 69):

„Nur im zweiten Beispiel (Grillenburg) wurden ein besonders gutes Altholz und eine besonders schlechte Dichtung, die zwar dicht nebeneinander in einer Mulde liegen, aber wohl schon ursprünglich nicht völlig gleiche Bodenverhältnisse hatten, verglichen, um über die grundsätzlichen Verschiedenheiten guter und schlechter schwerer Böden ein Bild zu bekommen.“

Außer dieser Besprechung werden die Analysen von diesen Flächen ebenfalls lediglich als Beispiele benutzt.

Doch nun kommen wir zu den Realitäten. Bei diesen handelt es sich um 12 Bodeneinschläge, das sind ganze 4‰ von den insgesamt 3000 Einschlägen.

Von diesen 12 liegen 6 in einer älteren Kultur (Abt. 15 u, Kahlschlag 1903, untersucht 1919). Zwei dieser Bodeneinschläge haben sich, nach Farbe und Struktur des Profils beurteilt, nach dem Kahlschlag nur wenig geändert, und die Analysenwerte sind zu einer Gruppe für sich zusammengefaßt. Alle Proben sind 1919 im November entnommen worden, weil der Verfasser annimmt, daß man die größte bodenphysikalische Variation (bedingt durch den Kahlschlag) in der feuchtesten Jahreszeit findet. Und es wird denn auch angegeben, daß die *Kulturen* zu einem großen Teil unter Wasser standen. Diese Kultur leidet stark an „Wuchstockungen“, und es muß hier die nachdrückliche Bemerkung gestattet sein, daß diese so beschaffene Kultur in zwei derjenigen Tabellen auftritt, die die Grundlage der den Zuwachs betreffenden Beurteilung des Materials sind.

Mit den nun noch verbleibenden 6 Bodeneinschlägen verhält es sich so:

Eine unbekannte Anzahl davon liegt in einer jungen Kultur (Abt. 15 s, Kahlschlag 1913); diese Kultur ist „sehr wüchsig“, aber darüber, *wie* gut der Wuchs ist, wird nichts gesagt.

Die letzten Einschläge liegen in einem 100jährigen Bestand (Abt. 15 a) von mittlerer Wüchsigkeit.

In den 12 Bodeneinschlägen sind im ganzen 51 Proben in natürlicher Lagerung (Röhrenhöhe 10 cm, Durchmesser 3,6 cm) aus folgenden Schichten entnommen worden: 0—10 cm, 10—20, 40—50 cm. Von den Proben bestimmt wurden: das *Gesamtporenvolumen* und der *Wassergehalt* am Entnahmetag.

Die Differenz zwischen diesen zwei Werten gibt den Luftgehalt am Entnahmetag an, und hauptsächlich hierauf stützt Wiedemann seine Beweisführung.

Wiedemanns Zahlen geben folgendes Bild:

- 1) Das Gesamtporenvolumen ist am größten unter dem alten Wald, sodann unter dem jüngsten Kahlschlag, und am kleinsten unter dem ältesten Kahlschlag.
- 2) Der aktuelle Luftgehalt nimmt in derselben Weise ab:

vom alten Wald — über die jüngste Kulturfläche — bis zur ältesten Kulturfläche.

Die Vorbedingung dafür, daß aus diesem Material nun weitere Schlußfolgerungen gezogen werden dürfen, ist die, daß die drei Flächen sich miteinander vergleichen lassen. Hierfür den streng wissenschaftlichen Beweis liefert Wiedemann durch die schlichte Mitteilung (ohne Zahlenangabe!), daß die mechanische Zusammensetzung des Bodens dieser drei Flächen dieselbe sei. Nichtsdestoweniger hat die älteste Kulturfläche in zwei Teilflächen geteilt werden müssen, und zwischen den ermittelten aktuellen Luftgehalten dieser zwei Teilflächen besteht ein erheblicher Unterschied!

Die Frage ist nun, ob die ermittelten Analysenwerte zu sehr weittragenden Schlußfolgerungen berechtigen. Um hierauf zu antworten, ist es nötig, noch einige andere Veröffentlichungen in die Diskussion einzubeziehen, durch die eine Beurteilung der *Wiedemannschen* Arbeit ermöglicht wird.

Burger (1922, 1927 und 1929) hat sich eingehend mit den physikalischen Verhältnissen des Bodens unter verschiedenartigen Bedingungen beschäftigt: Wald gegen Acker, verschiedene Baumarten, verschiedene Durchforstungsgrade usw. *Burger* darf als einer der Väter desjenigen Teils der bodenphysikalischen Forschung bezeichnet werden, dem praktische Bedeutung zukommt. Nach dem Stand der Bodenforschung zu seiner Zeit erscheinen seine Untersuchungen gründlich durchdacht und gut zurechtgelegt. Bezeichnend für ihn ist, daß er stets mit einer großen Anzahl von Analysen und mit vielen Wiederholungen arbeitet. Ein weiterer und durchgängiger Zug in seinen Veröffentlichungen ist, daß er *seine Materialien stets in einem Umfange darlegt, der anderen Forschern gestattet, mit seinem Stoff weiterzuarbeiten, ohne zuguterletzt an einer Reihe bloß hingeschriebener dialektischer Schlußfolgerungen stecken zu bleiben.*

Burger bedient sich zweier bodenphysikalischer Methoden; er untersucht,

- 1) wie schnell bekannte Wassermengen durch den Boden sickern können, wenn dieser sich in natürlicher Lagerung befindet, und
- 2) welches die Porenverhältnisse des Bodens in natürlicher Lagerung sind.

Auf das Verfahren der ersten Art soll hier nicht näher eingegangen werden, da man aus vielen Gründen bezweifeln muß, daß es, so wie Burger es gebraucht hat, anwendbar ist. Nur dies sei hervorgehoben, daß das Verfahren, wenn man es gelten läßt, in entscheidendem Maße die Schlußfolgerungen stützt, die sich, wie weiter unten dargelegt, aus Burgers übrigen Untersuchungen ergeben.

Das zweite der beiden Verfahren ist in gewissen Hauptzügen dasselbe, das heutzutage angewandt wird (vgl. *Holstener-Jørgensen*, 1958 a). Die Bodenproben werden in natürlicher Lagerung entnommen (Zylinder von 10 cm Höhe und 1 l Inhalt), dann mit Wasser gesättigt (im Wasserbad von 24 Stunden), und nach *einstündigem* Abtröpfeln werden bestimmt: der Wassergehalt (Wasserkapazität nach Burger), das Raumgewicht in trockenem Zustand (105°C) und Gesamt-Porenvolumen (pyknometrisch für die ganze Probe). Die Differenz zwischen dem Gesamt-Porenvolumen und denjenigen Poren, die durch die „Wasserkapazität“ gefüllt sind, nennt Burger die „Luftkapazität“, und dieser „Luftkapazität“ schreibt er große ökologische Bedeutung zu. Sie ist vermutlich genau ermittelt, hat jedoch mit den natürlichen Verhältnissen wenig zu schaffen. Beim freien Abtröpfeln hält der Boden infolge von Meniskusbildung an den unteren Enden der Poren erhebliche Wassermengen zurück, die wegdränieren würden, wenn die Bodenprobe sich in ihrer natürlichen Lagerung befände (vgl. das Nähere bei *Holstener-Jørgensen*, 1955 und 1956). Die von Burger benutzte Luftkapazität trifft also nur für die größten Poren des Bodens zu.

Und was ist nun das Ergebnis von *Burger*?

Einige von ihm ermittelte Werte sind in einem Diagramm dargestellt (Abb. 3). Sie alle stammen aus der 1922 veröffentlichten Untersuchung. Diese Untersuchung betrifft mehrere verschiedene Standorte. Punkte derselben Fläche sind durch Linien verbunden, und die römischen Zahlen geben an, welche Flächen demselben Standort angehören. Burger ist der Auffassung, Flächen desselben Standortes ließen sich direkt miteinander vergleichen.

Gesetzt, die Burgerschen Prämissen seien richtig, so ergibt seine Untersuchung, daß die Luftkapazitäten ihrer Größe nach in folgende Reihenfolge zu ordnen wären:

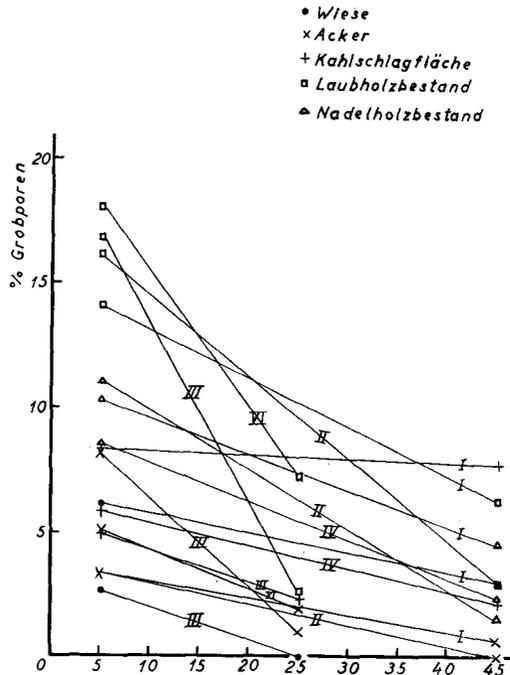


Abb. 3: Graphische Darstellung eines Teils vom Materiale Burgers (1922, Tafel 52, Seite 202—203). Die römischen Zahlen beziehen sich auf Burgers Einteilung des Materials; die mit denselben römischen Zahlen versehenen Beobachtungen dürften damit unmittelbar vergleichbar sein. Siehe im übrigen die Ausführungen im Text. Die Abszisse ist die Tiefe im Boden.

Fig. 3: Grafisk afbildning af en del af Burgers (1922, tabel 52, side 202—203) materiale. Romertallene refererer til Burgers inddeling af materialet, og iagttagelser med samme romertal skulle være direkte sammenlignelige. Se ivotrigt teksten. Abscissen er dybde i jorden.

Laubwald > Nadelwald > Kahlschlagflächen > Wiese > Acker
(siehe a. a. O. S. 217—218).

Es sei nun daran erinnert, daß unsere Abb. 1 und 2 (S. 36 und 37) nicht bestätigen, daß die Luftkapazitäten in 70 cm Tiefe (also tiefer als Burgers Proben) unter Laubwald größer seien als unter Nadelwald, aber selbst wenn wir Burgers Reihe gelten ließen, wäre die Schlußfolgerung daraus wie folgt zu formulieren:

Durch Bepflanzung von Laubwaldflächen mit Fichte scheint der Boden ein anderes physikalisches Milieu zu erhalten. Dies kommt dadurch zum Ausdruck, daß die Luftkapazität in den oberen Bodenschichten vermutlich kleiner

wird als unter Laubbäumen. Doch ist vorläufig damit zu rechnen, daß ein neuer Gleichgewichtszustand erreicht wird, bei dem die Luftkapazität höher ist, als wenn derselbe Boden als Acker gebraucht oder als Wiese benutzt wird.

Der letzte Punkt ist wichtig, auch erhält er eine Stütze durch noch eine andere von *Burgers* Arbeiten (1929), die sich speziell mit der Aufforstung von Acker- und Wiesenflächen beschäftigt. Ebenso spricht für die oben formulierte Hypothese *Burgers* Bericht von 1937, jedenfalls nach dem ersten Eindruck, doch kann man bei dieser Arbeit nicht recht erkennen, welche Bedeutung der Aufforstung zukommt und wieviel von der Strukturverbesserung der Entwässerung zuzuschreiben ist.

Hier ist nun nochmals zu betonen, daß die ganze obige Schlußfolgerung nur dann zutrifft, wenn es zulässig ist, die Flächen miteinander zu vergleichen.

Im übrigen ist nach unserer Meinung diese Hypothese das Äußerste, was sich überhaupt aus *Burgers* Material ableiten läßt. Jeder Versuch, teleologische Schlüsse zu ziehen, ist verkehrt. Diesen Weg versucht *Burger* jedoch zu gehen, wenn er z. B. sagt (1922, S. 214):

„Es konnte gezeigt werden, daß bei gleicher geologischer Unterlage die Güte eines Waldbodens steigt und fällt mit der Luftkapazität und Durchlässigkeit. Die Frage der Waldbodenbonität wäre damit auf eine einfache Formel zurückgeführt.“

Diese Behauptung — bei *Burger* in Kursivdruck — findet in dem Material keinerlei Beleg. Abgesehen davon, daß Baumartversuche — als experimentelle Grundlage — nicht vorgenommen worden sind, werden überhaupt *keine Ertragszahlen angegeben*, und die Maßeinheit für die Bonität eines Bodens muß wohl immer irgendeine Größe sein, die ersichtlich macht, was auf dem betreffenden Boden produziert werden kann.

Möglich ist es, daß eine hohe Luftkapazität des Bodens den Pflanzenwuchs fördert, aber darüber weiß man noch zu wenig, als daß *Burgers* oben angeführte Äußerung ohne weiteres für bare Münze genommen werden dürfte.

Aus *Burgers* Untersuchungen müssen wir deshalb schließen, daß *Wiedemanns* Deutung seiner eigenen Analysen sächsischer Böden unhaltbar sind. *Wiedemanns* Annahme ist die, daß die

Änderungen der Luftkapazität des Bodens bei Kahlschlag dauernde Änderungen infolge von fortgesetztem Fichtenbau seien.

Krauss und Mitarbeiter (1939) haben im selben Gebiet gearbeitet wie Wiedemann (1925) und glauben wie dieser, bewiesen zu haben, daß fortgesetzter Fichtenbau die Fruchtbarkeit des Bodens vernichte. Auch sonst erinnert ihre Arbeit in vielem an diejenige Wiedemanns. Wieder ist es ein Wälzer (234 Seiten!), und wieder ist es ein Text mit viel klugen Worten, durch die der Leser in Gefahr kommt, suggeriert zu werden und ohne Vorbehalt den Schlußfolgerungen beizustimmen — *Abkehr von der Fichtenwirtschaft!* Den Kern der Arbeit bildet die Aussonderung eines neuen Bodentyps: „gleiartige Böden“ in Sachsen. Beschrieben hat Krauss diesen Typ schon früher, doch erst hier ist die Beschreibung so eingehend, daß angenommen werden darf, dieser Typ könne in allen seinen natürlichen Abschattungen von jedem wiedergefunden werden, der sich in die Veröffentlichung von Krauss und Mitarbeitern vertieft hat. Dieser Veröffentlichung zufolge — mit ihren Ausführungen auf S. 517—553 als Grundlage — kann der Bodentyp wie folgt beschrieben werden (S. 551):

- A₀ Auflagehumus,
- A₁ Humuseinschlammung, lilagrau (unter Nadelholz),
- A₂ weißlich,
- A_g weißlich, aber mit gehäuften schwärzlichen Konkretionen,
- B_g meist bräunliche Grundfarbe mit Reduktions- und Rostflecken und einzelnen Konkretionen,
- C_g geflammt und gestreift auf meist bräunlicher Grundfarbe,
- C normale Farbe des (tieferen) Untergrundes, meist braun.

Für die *gleiartigen* Böden wird ein kleines *g* geschrieben, im Gegensatz zum großen *G*, das als Bezeichnung echter Gleichböden (mit Grundwasser) dient. Krauss betont, daß von Grundwasser keine Rede sein könne, sondern nur von *periodischem* Wasserüberschuß (Staunässe). Für die „gleiartigen“ Böden ist kennzeichnend, daß in ihren Horizonten nahe der Oberfläche in Jahreszeiten mit reichlichen Niederschlägen völlige Wassersättigung vorkommen kann, während sie in der Wachstumsperiode vollständig austrocknen, sodaß sie infolge ihrer mechanischen Zusammensetzung und Struktur steinhart werden. Es wird großes

Gewicht darauf gelegt, diesen Bodentyp und seine Varietäten gegen die echten Gleiböden abzugrenzen.

Man vermißt jedoch eine Handhabe, um den Unterschied zwischen „gleiartigen Böden“ und „Gleiböden“ genau beurteilen zu können. Für den Forstwirtschaftler muß auch Staunässe Grundwasser sein*), wenn die das Wasser stauenden Bodenschichten so dick sind, daß sie, auch nachdem die Bäume im Lauf der Wachstumsperiode den Spiegel zum Absinken gebracht haben, immer noch 20—40 cm unter den tiefsten Wurzelspitzen wassergesättigt sind (*Holstener-Jørgensen*, 1959 a). Krauss und Mitarbeiter geben nicht an, wie dick die Schichten sind, in denen die Wasserstauung stattfindet. Auch die ca. 50 Photographien von Bodenprofilen, die die Wurzelentwicklung unter den verschiedenen Baumarten veranschaulichen sollen, enthalten keinerlei Aufschluß, der diese Frage klären könnte. Die meisten dieser Photographien (oder alle?) sind im Hochsommer aufgenommen worden, und die Bodeneinschläge sind gerade nur so tief, daß die tiefsten Wurzeln noch auf die Bilder gekommen sind (s. u.). Dadurch, daß immer nur die Wurzelentwicklung ins Auge gefaßt worden ist und daß zu einer Jahreszeit gegraben wurde, in der das Grundwasser unter Waldbeständen seinen niedrigsten Stand hat, kann sehr wohl ein Grundwasserspiegel übersehen worden sein, auf den man gestoßen wäre, wenn man einige Spatenstiche tiefer gegraben hätte. Noch besser wäre gewesen, einige Grundwasserbrunnen bohren zu lassen und in diesen die Schwankungen des Wasserspiegels zu beobachten.

Nur auf einer der Photographien ist auf dem Grunde des Bodeneinschlags Wasser zu sehen, und der betreffende Standort wird als „grundfrisch“ beschrieben, d. h. als ein Übergangstyp zu den echten Gleiböden.

Die Vermutung, daß die „Staunässe“ in den sächsischen Böden ihrem Charakter nach Grundwasser ist, findet ihre Stütze durch einige Ähnlichkeiten mit den dänischen Verhältnissen. Abbildung 4 veranschaulicht 3 der im ganzen 24 mechanischen Analysen aus der Veröffentlichung von Krauss (24 Histogramme auf einer Doppelseite; hiervon beziehen sich 9 auf „gleiartige

*) Erst nach Niederschrift dieser Abhandlung erhielten wir Kenntnis von einer Arbeit von *Zakasek* (*Z. Pfl. Ernähr. Düng.*, 1956, Bd. 74, S. 240—242), in der, übereinstimmend mit Obengesagtem, Staunässe als Grundwasser definiert wird.

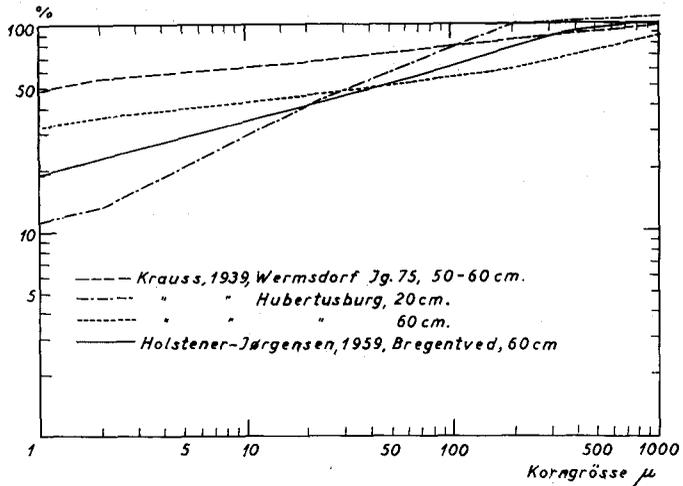


Abb. 4: Feinheits-Charakteristiken von 2 sächsischen Standorten (nach Krauss, 1939) und einem dänischen Standort (nach Holstener-Jørgensen, 1959 a). Vgl. im übrigen die Ausführungen im Text.

Fig. 4: Finhedskarakteristikker for 2 sachsiske lokaliteter (efter Krauss, 1939) og en dansk (efter Holstener-Jørgensen, 1959 a). Se iverdigt teksten.

Böden“ und stammen aus 4 Bodeneinschlägen). Bei allen drei Proben der Abb. 4 handelt es sich um „extrem gleiartige Böden“, zwei davon sind aus demselben Einschlag und vertreten teils den weniger lehmigen Oberboden (20 cm), teils den lehmigen Unterboden (60 cm). Zum Vergleich haben wir eine Probe eingezeichnet aus 60 cm Tiefe von einem Buchenstandort mit hochliegendem Grundwasser in Bregentved (vgl. *Holstener-Jørgensen*, 1959 a). Nach unseren Erfahrungen haben Böden mit so hohem Tongehalt wie in Bregentved meistens hochliegendes Grundwasser, weil der geringe Grobporengehalt des feinkörnigen Bodens sowohl die vertikale wie die horizontale Wasserbewegung hemmt, sodaß die Wasserbewegungsgeschwindigkeit praktisch gleich Null ist. Es kann gut sein, sich zu merken, daß der Tongehalt in 60 cm Tiefe auf den deutschen Standorten fast doppelt so groß ist wie auf Bregentved. (Die Skala ist logarithmisch!)

Zwischen tonreichen dänischen Gleiböden (mit Grundwasser) und tonreichen deutschen „gleiartigen“ Böden (ohne Grundwasser, aber mit „zeitweiliger Staunässe“) gibt es mehrere Ähnlichkeiten. *Holstener-Jørgensen* (1959 a) erwähnt (S. 234), daß der Horizont von 15 bis 80 cm trocken und ortstein-

artig war; Konkretionen wurden nicht beobachtet. Krauss (1939, S. 520) schreibt: „... die Bodenaufgrabungen wenigstens (*sic!*) 1 m tief auszuführen; das war bei der sommerlichen, oft steinharten Austrocknung manchmal recht schwierig, aber dadurch gerade sehr lehrreich.“ Dieser Satz zeugt einesteils von entscheidender Ähnlichkeit mit den dänischen Verhältnissen, andernteils macht er (angesichts der menschlichen Trägheit) es mehr als wahrscheinlich, daß die allermeisten der Bodeneinschläge der deutschen Untersuchung nur etwa 1 m tief gegraben wurden, sodaß man den Grundwasserspiegel garnicht erreichen konnte. — Man hat sich dort eben nicht klar gemacht, daß der Grundwasserspiegel in schweren Böden mit hochliegendem Grundwasser unter einem geschlossenen Wald sich während der Wachstumsperiode um 2—3 m senkt (*Holstener-Jørgensen*, 1959 a), und es ist bezeichnend, daß erst in jüngster Zeit deutsche Abhandlungen erscheinen, die etwas von diesem Zusammenhang erkennen lassen (*Passarge*, 1954).

Falls wirklich diese sächsischen Böden hochliegendes Grundwasser haben, so ist (sowohl bei *Krauss und Mitarbeitern*, 1939, wie bei *Wiedemann*, 1925) das ganze Problem sehr vereinfacht. Auf Böden dieser Art verursacht der Kahlschlag ein Steigen des niedrigsten Grundwasserstandes auf ungefähr 2 m (*Holstener-Jørgensen*, 1959 b); außerdem tritt der höchste Grundwasserstand erheblich früher ein (Anfang September), weil nur eine verhältnismäßig dünne Bodenschicht unter der Oberfläche während der Wachstumsperiode von Wasser entleert wird, sodaß nur kleine verbrauchte Wassermengen ersetzt zu werden brauchen, bis der Spiegel des Grundwassers sich hebt. Der höhere Grundwasserstand bewirkt, daß auf den Kulturflächen zeitweilig alle Niederungen mit Wasser gefüllt sind, falls sie nicht gründlich von Gräben durchzogen sind (siehe Abb. 1 bei *Holstener-Jørgensen*, 1959 b). Bei starkem Sommerniederschlag, wenn die Niederungen sich mit Wasser füllen, werden die Pflanzen ertrinken (*lückige Kultur*). Die Versumpflungsflora, die laut *Wiedemann* in Sachsen oft mit Heidekraut vermischt auftritt, ist für die Pflanzen ein schwerer Konkurrent; die Frostgefahr ist stark erhöht (auch dies nach *Wiedemann*), und kurz gesagt, die Kulturbedingungen sind die denkbar schlechtesten.

Bezeichnend ist nun, daß wenn die Kulturen erst geschlossen sind, sodaß sie also die Wasserverhältnisse beherrschen, alles

oft ganz ausgezeichnet geht (sowohl nach Wiedemann wie nach Krauss). Der geschlossene Fichtenbestand hat zwar nach wie vor große niederschlagbedingte Klimaschwankungen, aber das trifft auch für alle andern untersuchten Baumarten zu (vgl. *Wiedemann*, 1925, S. 110), und es gibt keinen Anhaltspunkt dafür, daß die Fichte relativ größere Zuwachsschwankungen aufweise als die andern Baumarten. Um uns darüber noch größere Gewißheit zu schaffen, wird es gut sein, uns nochmals der Abhandlung von *Krauss und Mitarbeitern* zuzuwenden und durch einige weitere kritische Bemerkungen zu zeigen, daß in ihrem vielfach für autoritativ gehaltenen Beweisgebäude eine der Hauptsäulen von Pappe ist. Auf Seite 654 steht geschrieben:

„Auf diesen gleiartigen Böden wurde auch früher schon beim ersten Nadelholzanbau über Schwierigkeiten solcher Kulturen geklagt; zweifellos erreichten diese Kümmerzustände aber nicht annähernd das Ausmaß der heutigen Kümmerzustände zweiter Fichtengeneration. Unsere Feststellungen über Bodendurchwurzelung, Humuszustand und die gesamten Wechselwirkungen zwischen Fichte und gleiartigem Bodenzustand erklären zwanglos die fortschreitende Verschlechterung.“

Hierzu wird auf einen Aufsatz von *v. Witzleben* im Tharandter forstlichen Jahrbuch 1869 hingewiesen.

Nach Obigem steht also fest, daß es bereits in der ersten Kultur (etwa 1850) Schwierigkeiten gegeben hat, deren Bedeutung im Verhältnis zu den nunmehrigen Schwierigkeiten Krauss jedoch dadurch abzutun sucht, daß er auf seine eigenen Wurzeluntersuchungen hinweist.

Demgegenüber müssen wir bestreiten, daß diese *Krauss'schen* Untersuchungen überhaupt zu anderem zu gebrauchen seien als zur Aufstellung einer Arbeitshypothese, die obendrein klugerweise als eine lediglich interne Hypothese behandelt werden sollte.

Die ca. 50 Photographien zeigen, daß alle Baumarten Wurzelsysteme haben, die die gegebenen Bodenbedingungen widerspiegeln. Die Eiche hat ein Herzwurzelsystem, das sich stark einem Flachwurzelsystem annähert, sobald der Boden sehr flachgründig ist (vgl. Abb. 39 mit Abb. 33 der Abhandlung). Dasselbe gilt für die Buche (vgl. a. a. O. die Abb. 40 mit Abb. 43), doch ist das Wurzelsystem der Buche durchgehends flacher als das der Eiche.

Am schlagendsten ist dieser Sachverhalt jedoch für die Fichte dargestellt, obendrein in einer einzigen Abbildung (a. a. O. Abb. 7). Aus dieser geht hervor, daß wo das ebene Gelände kurzweilig unterbrochen ist (Höhenunterschiede 20—30 cm auf kurze Entfernungen), die Fichte an den niedrigsten Stellen mit „extrem gleiartigem“ Boden ein äußerst flaches Wurzelsystem hat, und zwar mit Wurzeln bis zu nur 20 cm Tiefe. An den höheren Stellen ist der Oberboden bräunlich gefärbt („mäßig gleiartig“?), und dort hat die Fichte denn auch Wurzeln bis zu 40—50 cm Tiefe („mehr herzwurzelartig“ nach *Krauss*).

Schließlich ist zu sagen, daß alle Fichtengenerationen, die besprochen werden, der ersten Generation nach Laubwald angehören. Über den Charakter der vorausgegangenen Laubbaumbestände erfährt man nicht besonders viel, und wollte man böseartig sein, so könnte man z. B. Gewicht legen auf den Bildtext zu Abb. 68: „85jährige Fichte, 4. Bon., 1. Nadelholzgeneration nach räumdigem und versumpftem Bi-wald“ (Bi = Birke). Im übrigen kommt in den Angaben oft das Wort „Mittelwald“ vor. Will man das Material unparteiisch beurteilen, so fällt auf, daß unter sämtlichen Baumarten die extremen Bodentypen vorkommen. Es ist möglich, daß sie gerade unter Fichten den größten Flächenraum einnehmen, doch das ist ja ganz selbstverständlich, wenn Fichte die Hauptbaumart ist! Man darf dies also nicht so deuten, als habe die Fichte den Boden ruiniert.

Genau wie bei *Wiedemann* findet man also auch bei *Krauss und Mitarbeitern* nicht den Schatten eines wissenschaftlichen Beweises dafür, daß etwas derartiges vorläge. Wie wir weiter oben gesehen haben, kann man auch bei *Burger* schlimmstenfalls nur einen Anhaltspunkt dafür finden, daß der Grobporengehalt des Bodens sich unter den verschiedenen Bodenbewirtschaftungsarten wie folgt verhält:

Laubwald > Nadelwald > Kahlschlagflächen > Wiese > Acker.

Es wurde dabei hervorgehoben, daß sich keinerlei Stütze für die Aufstellung des Postulats findet, daß ein großer Grobporengehalt die Vorbedingung für hohe Produktion sei. Die *Produktion ist aber die Elle, mit der der Forstmann messen muß*. Außerdem muß hier nochmals betont werden, daß der einzige Anhaltspunkt, den wir im Schrifttum gefunden haben, dahin geht, daß die Fichte den Grobporengehalt des Bodens sowohl bei Aufforstung von

Kahlschlagflächen wie von Ackerböden oder Wiesen zu steigern scheint.

Der Haupteindruck aus den Arbeiten von *Wiedemann* (1925) und *Krauss* (1939) ist folgender:

- 1) „Wuchsstockungen“ sind in Sachsen während des Jungkulturstadiums etwas Ernsthaftes („Kümmerkulturen“), und diese Kalamität scheint damit zusammenzuhängen, daß die Böden versumpfen. Die Versumpflora ist ein starker Konkurrent für die Kulturbaumarten. Die Konkurrenz wird noch heftiger in Dürre Jahren. Es besteht erhebliche Gefahr von späten Frühjahrsnachfrösten. Niedrige Teile der Kulturflächen werden periodisch (auch während der Wachstumsperiode) unter Wasser stehen, sodaß die Kulturbaumart an diesen Stellen „ertrinkt“. Im großen Ganzen scheint es ein kulturtechnisches Problem zu sein, die Kultur dazu zu bringen, daß sie sich schließt. In den angeführten Veröffentlichungen fehlen Angaben, die ein Urteil darüber gestatten, ob kulturtechnische Gegenmaßnahmen (Reinigungen, intensive Entwässerungen, Schirmverjüngung usw.) wirklich durchgreifend genug waren, um den Schwierigkeiten Einhalt zu gebieten. (Sowohl *Krauss* wie *Wiedemann* glauben, derartigen Maßnahmen keine wirksame Bedeutung beimessen zu sollen.)
- 2) Weder *Wiedemann* noch *Krauss* haben vollgültige Beweise dafür erbracht, daß die Fichte den Boden zugrunde richtet. *Burgers* in die Erörterung einbezogene Arbeiten geben ebenfalls keine Berechtigung dazu, gegen die Fichte warnend den Zeigefinger zu erheben.

IV

ZUWACHSVERHÄLTNISSE

1. *Die vorliegende Literatur*

Im früheren Königreich Sachsen wurde durch *Cotta* die Umwandlung von verhaueenen und räumigen ursprünglichen Tanne-Fichte-Buche-Mischwäldern und Laubmischwäldern in reine, gleichaltrige Fichtenbestände eines Kunstwaldes strenger Flächennachhaltigkeit eingeleitet. Diese Umwandlung war zwischen 1870 und 1880 als abgeschlossen anzusehen (*Weck*, 1954). In Sachsen nehmen die Nadelbäume jetzt etwa 90 % der Waldfläche ein; 64 % der Waldfläche sind Fichte (*Wobst*, 1930). Es versteht sich von selbst, daß eine so gewaltsame Änderung der Baumartzusammensetzung, wie sie in Sachsen stattgefunden hat, Anlaß gibt zu sowohl biologischen wie wirtschaftlichen Überlegungen.

Wenn die sächsischen Verhältnisse über die dortigen Grenzen hinaus Aufmerksamkeit erweckt haben, so beruht dies, wie schon in einem früheren Kapitel erwähnt, vor allem auf *Wiedemanns* Arbeit „Zuwachsrückgang und Wuchsstockungen der Fichte in den mittleren und unteren Höhenlagen der sächsischen Staatsforsten“ (1. Aufl. 1923, 2. Aufl. 1925). *Wiedemann* weist durchaus zutreffend darauf hin, daß die Ergebnisse seiner Untersuchung eigentlich nur innerhalb des von ihm untersuchten Gebiets Gültigkeit haben, aber er fügt hinzu:

„Doch haben sicher viele der hier festgestellten Tatsachen und Zusammenhänge auch anderwärts mit entsprechenden Abänderungen Geltung. Die Verbreitung der Klagen über Wuchsstockungen und Wuchsrückgänge weit über das Gebiet der sächsischen Staatsforsten hinaus nach Bayern, Preußen, Württemberg usw. zeigt, daß auch in diesen Gebieten vielfach ähnliche Verhältnisse vorliegen.“

In der Tat haben wir den Eindruck, daß *Wiedemanns* Untersuchungen in großen Teilen Europas so aufgefaßt worden sind, als bringe fortgesetzter Fichtenbau auf Standorten, wo die Fichte

nicht von Natur aus vorkommt, ernste Gefahr der Bodenzerstörung und des Zuwachsrückgangs mit sich. Eine kritische Erörterung von Wiedemanns Zuwachsangaben und ihrer Deutung dürfte deshalb angebracht sein; wir werden uns dabei an die zweite Auflage halten.

Wiedemann leitet die Abhandlung ein wie folgt:

„Landforstmeister Bernhard, der damalige technische Leiter der sächsischen Staatsforstverwaltung, schrieb 1921: ‚Es muß zugegeben werden, daß wie überall, so auch in Sachsen durch die Großkahlschlagwirtschaft, durch den wiederholten Anbau reiner Fichtenbestände stellenweise dem Walde Schäden zugefügt worden sind.‘ Die fortschreitende Entartung des Bodens muß auch für Sachsen an vielen Stellen zugegeben werden.‘ ‚Das schlechte Wachstum und das Kümmern reiner Bestände auf kahler Fläche sind vielfach weniger auf den Mangel an Nährstoffen im Boden, von denen die Holzpflanzen ja verhältnismäßig wenig, im Gegensatz zu den in der Landwirtschaft angebauten Pflanzen, benötigen, als vielmehr auf den Mangel an Feuchtigkeit zurückzuführen.‘

In diese Worte kann der Ausgangspunkt und auch das Ergebnis der folgenden Arbeit zusammengefaßt werden.“

Hat man die Abhandlung zu Ende gelesen und blättert dann zu dieser Einleitung zurück, so kann der kritische Leser sich nur schwer des Gedankens erwehren, es könne die schöne Übereinstimmung zwischen den angeführten Sätzen des Landforstmeisters Bernhard und Wiedemanns Untersuchungsergebnissen in hohem Maße darauf beruhen, daß Wiedemann im voraus die Auffassung des Landforstmeisters geteilt habe und dadurch geneigt gewesen sei, seine mangelhaften Angaben recht unkritisch als Bestätigung jener Auffassung zu deuten.

Im allgemeinen gilt wohl der Grundsatz, daß je mehr Daten man hat, desto sicherer werden die Ergebnisse sein, weil dadurch eine etwaige vorgefaßte Meinung des Bearbeiters weniger Möglichkeiten hat, sich geltend zu machen. Wiedemann gibt an, zu seiner Arbeit seien etwa 40 000 jährliche Längstriebe vermessen worden. Hierzu kamen Zuwachsuntersuchungen in älteren Beständen, unter Benutzung von über 200 Stammanalysen, 400 Stammscheiben, zahlreichen Bohrspänen und Höhenmessungen.

Soweit die Abhandlung erkennen läßt, ist der Hauptteil dieses Materials jedoch nur dazu benutzt worden, um zu zeigen wie der Zuwachs (und hauptsächlich der Höhenzuwachs in jungen Kulturen) mit den Klimaverhältnissen der einzelnen Jahre schwankt, und um ferner zu zeigen, wie Dürrejahre zur Ursache von mehrjährigen Wuchsstockungen sowohl in noch nicht geschlossenen Kulturen wie auch in alten Beständen werden. Wiedemann zeigt, wie ein einziges trocknes Jahr den Höhenzuwachs junger Kulturen auf mehrere Jahre hinaus zum Stillstand bringen kann. Er beschreibt diese Erscheinung bei verschiedenen Bodentypen, und er beschreibt außerdem, wie andere Schäden, z. B. Graseinwanderung auf flachem, steifem Boden, Wildverbiß, Frost u. a. m. bewirken, daß so viele Kulturen, die auf Kahlschlagflächen hervorgebracht wurden, so schrecklich langsam in Gang kommen oder ganz zugrunde gehen. Ein erheblicher Teil dieser Schäden scheint sich jedoch auf unzulängliche Waldbautechnik zurückführen zu lassen, und aus dem Inhalt der Seiten 131 ff. gewinnt man denn auch den Eindruck, daß es durch eine geänderte Technik gelänge, dieser Schwierigkeiten Herr zu werden. Den Jugendschwierigkeiten kann daher auch kein Zusammenhang mit der Frage zuerkannt werden, wieweit durch mehrere Generationen fortgesetzter Fichtenanbau die Produktionskraft des Bodens schwäche. — Daß ein fortgesetzter Rückgang der Bodenproduktivkraft vorliege, scheint für Wiedemann außer Zweifel zu sein, da er z. B. in Fettschrift drucken läßt: „Da die Bodenerkrankungen auf empfindlichen Standorten ständig fortschreiten...“ (S. 148).

Im übrigen ist, soweit für uns aus der Abhandlung ersichtlich, an keiner Stelle nachgewiesen, daß die Kulturschwierigkeiten bei der zweiten und den folgenden Generationen größer seien als in der ersten, sofern die Kulturen mit derselben Technik und unter denselben *klimatischen* Verhältnissen angelegt worden sind. Und gerade dies dürfte eine recht wichtige Voraussetzung für einen wirklich einwandfreien Vergleich sein, besonders wenn die Häufigkeit der Dürrejahre und damit auch die Wuchsstockungen in den verschiedenen Abschnitten des Jahrhunderts so verschieden auftreten, wie Wiedemann selbst dies nachweist.

Die Beweisführung dafür, daß spätere Fichtengenerationen schlechter wachsen als die erste, könnte nur in Wiedemanns Tafeln 1—6 enthalten sein, die deshalb hier besprochen werden müssen.

Tafel 1: 39 Stammanalysen, durchgeführt 1869 im Grillenburger Revier, Tharandter Wald, zeigen bei 70, 80 und 90 Jahren eine Mittelhöhe, die 31—38 % größer ist als die Mittelhöhe nach Schlaggergebnissen von Beständen, die 1915—17 gefällt wurden. Es handelt sich also um eine Abnahme der Standortsgüte von weit über einem Gütegrad in einem Umtrieb.

Kritik:

- a. Der Zuwachs hat in verschiedenen Klimaperioden stattgefunden.
- b. Die Generation der untersuchten Bestände ist nicht angegeben.
- c. Die Höhen sind nach verschiedenen Verfahren ermittelt worden, und in beiden Fällen sind die Wipfel vor der Vermessung von den Bäumen abgeschlagen worden, sodaß ein Mehr von 3,5 m hinzugerechnet wurde.
- d. „Die Standorte der 1869 und 1915 bis 1917 untersuchten Bestände sind ungefähr die gleichen“, aber offensichtlich ist nichts darüber bekannt, ob die Untersuchungen sich auf dieselben Stellen im Walde beziehen.
- e. Wieweit die Höhenunterschiede etwa auf den Anfangsbedingungen beruhen, ist nicht angegeben; ebenso wenig ist an anderen Stellen der Abhandlung versucht worden, Jugendschwierigkeiten vom Zuwachsverlauf in den geschlossenen Beständen auseinanderzuhalten.

Tafel 2: Vergleich zwischen den Höhen in 5 Paaren benachbarter, standortsgleicher, verschiedenaltiger Bestände des Neu-decker Reviers im Werdauer Wald, die alle einen Zuwachsrückgang zeigen, und zwar derart, daß je der jüngste Bestand eines dieser Paare zur Erreichung derselben Höhe 7—22 Jahre länger gebraucht habe als der entsprechende ältere Bestand. Hier ist also die Rede von Bonitätsverschlechterung um mehr als eine Klasse.

Kritik:

- a. In allen Bestandspaaren ist der Altersunterschied sehr groß (29—66 Jahre). Es werden also Zuwachse verglichen, die unter verschiedenen klimatischen Verhältnissen stattgefunden haben.
- b. Über Verschiedenheiten der Kulturbedingungen ist nichts angegeben.
- c. Die Fichtengenerationen sind nicht angegeben, sodaß mög-

licherweise nur Wirkungen klimatischer und waldbau-mäßiger Art vorliegen.

- d. In der Fußnote heißt es: „Das untersuchte Stämmchen stammt aus einer Nachbesserung und ist erst 28 Jahre alt, es ist trotzdem aber etwas höher als das Mittel des Bestandes“ — dessen Alter 38 ist! Die angeführte Bemerkung müssen wir so deuten, daß die Höhe (und der Höhenzuwachs) von nur einem einzigen Baum jedes der Bestände gemessen worden ist, was uns ein bißchen wenig erscheint, um diese Untersuchung (von Wiedemann bezeichnet als ein Teil von Forstmeister *Tägers* „eingehenden Untersuchungen über Zuwachsrückgänge“) ganz ernst nehmen zu können. Außerdem verhält es sich so, daß wenn man Alter und Höhe des betreffenden Stämmchens dem Vergleich mit dem Nachbarbestand zugrundelegt, der jüngere Bestand der der besseren Bonität ist!

Beim Werdauer Wald ergeben sich ferner Möglichkeiten zum Vergleich zwischen Probestämmen von 1870 und Einrichtungsarbeiten von 1920. Es wird von einem Bonitätsrückgang um $1\frac{1}{2}$ —2 Gütegrade gesprochen; da dies jedoch nur im Text geschieht, soll hier lediglich auf unsere Kritik zur Tafel 1 hingewiesen werden.

Tafeln 3—5: Wiedemann gibt an, er habe in über 50 Beständen die Oberhöhe um 1921 verglichen mit Stammanalysen aus den Jahren 1865—1875 von denselben Standorten. Da das Ergebnis aber von nur 17 dieser Vergleiche mitgeteilt wird, läßt sich das Gesamtmaterial nicht kritisch beurteilen. In einigen der 17 mitgeteilten Fälle (Altenberger und Schmiedeberger Revier) ist auf dem Standort der jüngere Bestand von etwas besserer Bonität als der ältere, was Wiedemann der Tatsache zuschreibt, daß die Bestände auf „gesunden Böden“ wachsen; in den meisten Fällen ist jedoch die Rede von einer Bonitätsverschlechterung um 1 Klasse oder mehr.

Kritik derjenigen Angaben, die tatsächlich mitgeteilt wurden:

- a. In sämtlichen Fällen mit Altersangaben ist der Bestand, so wie er zur Zeit der Untersuchung vorgefunden wurde, jünger als der vorher an derselben Stelle gewesene Bestand zur Zeit von dessen Untersuchung. — Fehlermöglichkeiten bei der Bonitätsbestimmung liegen deshalb vor, sofern der

Höhenverlauf auf dem Standort nicht völlig dem Höhenverlauf der Bonitätstafel entspricht.

Wiedemann bemerkt an anderer Stelle (S. 150):

„In Gegenden, wo der periodische Zuwachs durch die Klimaschwankungen großen *unregelmäßigen* Schwankungen unterworfen ist, sind der Anwendung der Ertrags tafeln sehr enge Grenzen gesetzt.“ Es ist jedoch nichts davon zu sehen, daß Wiedemann — obwohl er in seinem eigenen Material solche „großen unregelmäßigen Zuwachsschwankungen“ nachgewiesen hat — nun auch selber als *er* in Tafeln 3—5 die Bonitätsübersichten anwandte, einen Vorbehalt der angegebenen Art gemacht habe.

- b. Der Zuwachs hat in völlig von einander getrennten Klimaperioden stattgefunden, sodaß die durchschnittlichen Zuwachsbedingungen höchst verschieden gewesen sein können.
- c. Angaben über Jugendschwierigkeiten fehlen.
- d. Generationen sind nicht angegeben.

Nach dieser Darstellung einer Reihe von Einzelfällen schreibt Wiedemann (S. 15):

„Um zu beweisen, daß hier nicht etwa eine Reihe besonders krasser Einzelfälle zusammengetragen ist, die man wohl in jedem Waldgebiet finden kann, wird im folgenden gezeigt, wie sich nach dem früheren und jetzigen Befund der Revisionen der durchschnittliche Gesamtzustand der Reviere, denen die bisherigen Beispiele entstammen, in den letzten 40 Jahren verändert hat.

Allen Zahlen liegen die gleichen Rechenmethoden und Bonitierungstafeln (Preßler) zugrunde. Da die bis 40jährigen Orte bisher ohne zahlenmäßige Unterlagen ‚nach dem äußeren Zustand‘ bonitiert wurden, so hängt deren jeweils eingeschätzter Gütegrad sehr von den individuell wechselnden Anschauungen des Einrichters ab. Deshalb ist die Darstellung auf die über 40jährigen Orte beschränkt, deren Güte nach der geschätzten Masse unter Zugrundelegung der Preßlerschen Tafel berechnet wurde.“

Man muß hierbei also besonders im Gedächtnis behalten, daß die Massen geschätzt worden sind und demnach von Vermessung überhaupt keine Rede sein kann.

Wenn dann Wiedemann in *Tafel 6* findet, daß von etwa 1881

bis 1921 Vorrat und Altersdurchschnittszuwachs von fünf Revieren durchschnittlich um 25 % bzw. 17 % gefallen seien und daß in der Zeit von 1899 bis 1919 Vorrat und Altersdurchschnittszuwachs im Gesamtgebiet der sächsischen Staatsforsten um 12 % bzw. 14 % zurückgegangen seien, so läßt sich einwenden:

1. Es erscheint von vornherein als hoffnungslose Aufgabe, die Produktionskraft an Hand von Vorratszahlen messen zu wollen, zumal wenn die Durchforstungsausbeuten nicht angegeben sind.
2. Die angegebenen Vorratszahlen sind vermutlich unzuverlässig, da Wiedemann selber erwähnt (S. 16), „daß in der Vergangenheit zeitweise eine gewisse Neigung zu hoher Schätzung der Massen bestand, während zurzeit die Massen im allgemeinen vorsichtig eingeschätzt werden“.

Bernhard (1914) gibt an: „Höhenmessungen zur Feststellung der Bestandesgüte werden in Sachsen nirgends vorgenommen“ (S. 167), und „die Hiebsorte haben auf manchen Revieren bis zu 25 % weniger Masse ergeben, als sie nach der Schätzung liefern sollten“ (S. 164).

In seiner Fußnote zu Tafel 6 schreibt Wiedemann, eine Zwischenrevision 1924 habe ergeben, daß die für Grillenberg 1919 angegebenen Zahlen „viel zu niedrig geschätzt“ worden seien und daß die in Tafel 6 für dieses Revier angegebenen Zahlen also ein zu ungünstiges Bild desselben geben.

3. Wiedemann macht darauf aufmerksam, daß in den letzten Jahrzehnten vor Durchführung der Untersuchung ungünstige Klimaverhältnisse geherrscht haben und man daher nicht annehmen könne, daß der ganze „statistisch nachgewiesene“ Zuwachsrückgang ausschließlich auf Bodenverschlechterungen beruhe. Indessen enthält Wiedemanns Abhandlung nicht die Andeutung irgend eines Versuchs, gesondert vom übrigen herauszufinden, welche Schwankungen der *Massezuwachs* in den letzten Jahrzehnten infolge von Klimaschwankungen gehabt habe. Für ältere Bestände (von über 30 Jahren) werden lediglich längere Reihen von Wipfeltriebmessungen in 4 Beständen zuzüglich einiger weniger Bäume mitgeteilt, ferner Durchmesserzuwachsmessungen an 3 Fichten (Tafel 19). Obendrein werden diese Durchmesserzuwachszahlen nur für Perioden von einigen Jahren angegeben, und diese sogar noch bei jedem der drei Bäume für verschiedene Perioden!

Nur vom Höhenzuwachs scheinen also die klimatisch bedingten Schwankungen einigermaßen (?) untersucht worden

zu sein. Bekanntlich macht aber der Höhenzuwachs nur einen kleinen Teil des Massezuwachses älterer Bestände aus (vgl. *Møller und Nielsen*, 1953), und Wiedemann bemerkt selbst, „daß bei der Fichte das Höhenwachstum durch Dürre meist viel weniger dauernd geschädigt wird als das Stärkenwachstum“ (S. 151). — Die Schwankungen des Höhenzuwachses müssen deshalb unter allen Umständen als ein schlechter Maßstab für die Schwankungen des Massezuwachses betrachtet werden. — Die statistische Untersuchung ist daher mit genau denselben Fehlermöglichkeiten behaftet wie die oben besprochenen Untersuchungen: es werden Zuwachseinheiten (oder vielmehr Einheiten, in denen der Zuwachs mitenthalten ist) von verschiedenen Perioden verglichen, ohne daß die erforderlichen Korrekturen für die zwischen den Perioden stattgehabten klimabedingten Zuwachsunterschiede vorgenommen worden wären.

4. Wahrscheinlich bestehen auch Provenienzverschiedenheiten zwischen den neuen und älteren Gruppen des Materials (was ebenfalls für die bereits besprochenen Tafeln 1—5 gelten dürfte), da nämlich *Krauß und Mitarbeiter* (1939, S. 646, vgl. S. 651) folgendes schreiben:

„Das Saatgut für die erste Fichtengeneration war in der Hauptsache herzynischer Herkunft (Erzgebirge, Harz, Thüringer Wald), also aus einigermaßen benachbarten Gebieten, allerdings höherer Lage. Der Samen für die zweite Fichtengeneration war (etwa seit 1865) Handelssaatgut aus allen Gegenden Deutschlands und des Auslandes, wie *H. Zimmermann* (1931) auf Anregung von Landforstmeister *R. Bernhard* nachgewiesen hat.“

Da uns die sächsischen Verhältnisse nicht hinreichend bekannt sind, um die historischen Ereignisse beurteilen zu können, die sich im übrigen in den Zahlen der Tafel 6 widerspiegeln dürften, wollen wir hier lediglich unsere Auffassung zum Ausdruck bringen, daß die vorstehend dargelegten vier Unsicherheitspunkte in Wiedemanns statistischem Material diesem jegliche Beweiskraft für die Behauptung entziehen, daß es sich hier um Bonitätsrückgang als Folge bodenzerstörender Eigenschaften der Fichte handle.

Die kritische Durchsicht der Wiedemannschen Abhandlung hat uns nach alledem nicht davon überzeugt, daß in Sachsen ein

Rückgang der Kubikmasseproduktion der Fichte als Folge des Daueranbaus dieser Baumart in Reinkulturen stattgefunden habe. Wiedemann hat nachgewiesen, daß der Fichtenzuwachs, besonders der Höhenzuwachs, stark klimabedingt ist und daß dies vor allem zutrifft für Kulturen, die mittels unzweckmäßiger Verjüngungstechnik nach Kahlschlag angelegt sind. — Dagegen ist es ungewiß, ob der Fichtenanbau durch mehrere Generationen wirklich den Boden in einer Weise beeinflußt habe, daß der Zuwachs in geschlossenen Beständen sich verschlechterte. Denn selbst wenn Wiedemann diese Frage nach den oben dargelegten verschiedenen Verfahren untersucht haben mag, sodaß seine Ergebnisse in die Richtung der von ihm aufgestellten Annahme deuten, so sind dennoch diese Verfahrensweisen mit derartig schweren Fehlermöglichkeiten behaftet — von denen mehrere die verschiedenen Gruppen des Materials gleichlaufend (d. h. also die etwaigen Fehler verstärkend) beeinflussen — daß es aussichtslos scheint, die Wirkung eines einzelnen Faktors heraussondern zu wollen.

Die Schlußfolgerung, die wir aus unserer Prüfung der Wiedemannschen Abhandlung ziehen, ist daher folgende:

Die Auffassung, daß Fichtenanbau in mehreren Generationen die Produktionskraft des Bodens zerstöre, stammt aus Sachsen und ist bekannt geworden hauptsächlich durch Wiedemanns umfangreiche Abhandlung; aber Wiedemanns „Nachweis“, es läge ein Zuwachsrückgang vor, ist so schwach unterbaut, daß nicht ausgeschlossen erscheint, es könne sich um ein bloßes Dogma handeln, dessen Ursachen in den folgenden Umständen zu suchen sind: Waldbauschwierigkeiten zur Zeit der Kulturanlage (Graswuchs, Schädlinge, Wildverbiß, Schälschaden usw.), Benutzung untypischer Höhen-Bonitätskurven, spekulative Auslegung vermeintlich festgestellter Bodenveränderungen sowie eine besonders ungünstige Klimaperiode vor dem Beginn der Wiedemannschen Untersuchung.

Bemerkt werden muß, daß Wiedemann (1951, S. 268) in seiner letzten größeren Arbeit seine Ansicht selbst etwas gemildert zu haben scheint, da er schreibt:

„Im ganzen besteht also zwar *keine Veranlassung, für alle Standorte eine rasch fortschreitende Bodenverschlechterung durch den reinen Fichtenbestand zu fürchten. Dagegen müssen die unempfindlichen oder fast unempfind-*

lichen Standorte (Erdmann) sorgfältig von den mehr oder weniger gefährdeten Standorten getrennt werden.“

Außerdem bemerkt Wiedemann in dieser letzten Arbeit auch:

„Neben dieser Frage der allmählich fortschreitenden Bodenverschlechterung durch die Fichte muß als Sonderfrage das Nachlassen der *zweiten Fichtengeneration nach Laubholz* hinter der hervorragend wachsenden ersten Fichtengeneration besprochen werden,“

— ohne daß diese „Sonderfrage“ jedoch in der Abhandlung von 1925 deutlich besprochen worden wäre, wo im Gegenteil behauptet wird, daß der Zuwachs der Fichte sich in jeder Fichtengeneration weiter verschlechtere.

Krauß und Mitarbeiter (1939) stellen sich im großen und ganzen auf die durch Wiedemann verursachte Grundlage; bei ihnen heißt es u. a. (S. 645):

„Die oberirdische Holzmassenerzeugung der ersten Fichtengeneration ist fast durchweg gut bis sehr gut. In der zweiten Fichtengeneration ist auf gewissen Standorten ein mehr oder weniger deutlicher *Zuwachsrückgang* bereits einwandfrei festgestellt (s. E. Wiedemann, 1923).

Neuerdings hat *H. Weck* (1932) gefunden, daß im Colditzer Revier auf gleiartigen Standorten ein Rückgang der Massenleistung von durchschnittlich mindestens 40 % (d. h. um 1,5 Bonität) in der zweiten Fichtengeneration eintrat, während auf *nicht* gleiartigen Standorten in der zweiten Fichtengeneration für Colditz noch kein zahlenmäßig erfaßbarer Rückgang der oberirdischen Massenleistung festzustellen war.*)

*) Leider sind Weck's Untersuchungen im Colditzer Wald (*Weck*, 1932—33) nicht veröffentlicht, und die vorhanden gewesenen Exemplare der Abhandlung scheinen während des Zweiten Weltkriegs sämtlich verloren gegangen zu sein. Mündlichen Auskünften Professor Wecks zufolge bestand sein Material aus sechs Flächenpaaren. Durchgeführt wurde seine Untersuchung wie folgt: Das Höhenwachstum wurde mit Hilfe von Stammanalysen bestimmt. Das Material wurde auf die Weise eingesammelt, daß einige alte Fichtenbestände gewählt wurden, von denen ein Teil zu einem frühen Zeitpunkt abgeholzt und danach wieder mit Fichte bepflanzt worden war. Dann wurde die durch Stammanalysen ermittelte Höhenentwicklung in dem alten Teil des Bestandes mit dem jungen Bestand verglichen. Mehrere der Einwände, die wir oben gegen Wiedemanns Abhandlung ins Feld geführt haben, dürften sich auch erheben lassen gegen Wecks Arbeit, auf die in der späteren Literatur gerade im Zusammenhang mit den hier behandelten Fragen wiederholt hingewiesen worden ist.

Im Wernsdorfer Revier zeigen die bestandsgeschichtlichen Untersuchungen von *F. Loetsch* (1933) starke Rückgänge des Durchschnittszuwachses der zweiten Fichtengeneration in den meisten Fällen.“ *)

Vorwiegend haben *Krauß und Mitarbeiter* mit Beständen im Alter von 70 bis 85 Jahren gearbeitet. Ihre Abbildungen (Abb. 90—98) zeigen, wie auf verschiedenen sächsischen Standorten die Jahrringsbreite der Fichte sich unregelmäßig verändert, und, so heißt es (S. 660):

„Alle diese *Störungen* von Wachstum und Gesundheit der Fichtenbestände stärken die Überzeugung, daß der *Entschluß zur Abkehr von der Fichtenwirtschaft im nordwestsächsischen Niederland ein endgültiger* sein wird; selbst wenn vielleicht zeitweise in günstigeren Witterungsperioden die Fichtenbestände wieder einen etwas besseren Eindruck machen, wird sich nach der hier gegebenen umfassenden Untersuchung die Gesamtbeurteilung der Fichtenwirtschaft im Untersuchungsbezirk wohl *nicht mehr ändern*.“

Im übrigen begrenzen diese Verfasser die Schwierigkeiten auf verschiedene Bodentypen und empfehlen, auf schwierigen Böden den Fichtenwald durch Laubbäume ablösen zu lassen.

Mitteilungen über die Verhältnisse in Sachsen — auf Grund der mangelhaften statistischen Angaben — tauchen in der forstlichen Literatur immer wieder und wieder auf. So bemerkt *Weck* (1954) über die Staatswäldungen in Sachsen, daß deren Zuwachs von 1884 bis 1929 um mehr als 50 % zurückgegangen sei, obwohl dort während der ganzen Zeit annäherungsweise ein durch eine

*) In *Loetschs* lesenswerter Abhandlung über „bestandsgeschichtliche Forschung“ haben wir Angaben nur über einen einzigen Fall gefunden, wo der Fichtenzuwachs in der zweiten Generation geringer zu werden scheint als in der ersten. *Loetschs* einzige Zusammenstellung von Zuwachsdaten mehrerer Bestände ist eine Abbildung, die den „Gesamtdurchschnittszuwachs der Nadelholzgenerationen auf dem Wernsdorfer Revier“ zeigt, und zwar für Kiefer 1. Generation, Fichte 1. Generation sowie Fichte als 2. Nadelbaumgeneration, wobei die 1. Generation Kiefer gewesen war. Die Abbildung zeigt lediglich, daß Kiefer oft größeren Zuwachs hat als Fichte, aber sie sagt nichts darüber, daß Fichte, wenn nach Kiefer und also als 2. Nadelholzgeneration gepflanzt, weniger produziere als Fichte von 1. Generation, wenn diese zwei Bestandstypen *im selben Alter* verglichen werden, und selbstverständlich kann diese Abbildung überhaupt nichts darüber zeigen, wie die Produktion von Fichte nach Fichte sich im Vergleich zur ersten Fichtengeneration verhält — da nämlich Bestände von Fichte nach Fichte im Material der Untersuchung von *Loetsch* nicht vertreten sind.

Umtriebszeit von 90 Jahren gekennzeichnetes Normalwaldgefüge geherrscht habe.*)

H.-U. Moosmayer (1957) hat in seiner Arbeit über den Zuwachs der Fichte im Gebiet um Heidenheim (Schwäbische Alb) eine große Anzahl Höhenbestimmungen von Beständen vorgenommen und Kurven der Alters-Mittelhöhen, eingeteilt nach Boden- und Vegetationstypen, angefertigt. Der weitaus größte Teil des Materials stammt von Fichtenbeständen erster Generation (oder unbekannter Generation). Mit einbezogen sind jedoch Beobachtungen von 14 sicheren und 13 vermuteten Beständen zweiter Generation oder späterer Generationen. Von diesen 27 Beobachtungen liegen 16 (9 der sicheren und 7 der vermuteten) über den gemeinsamen Ausgleichskurven des Materials der einzelnen Gruppen, während nur 11 (5 bzw. 6) unter den Ausgleichskurven liegen. Moosmayers Untersuchungen sind nicht auf benachbarten Beständen vorgenommen worden und können daher nicht als sehr genau gelten. Die untersuchten Bestände zweiter und späterer Generationen in Moosmayers Material wachsen auf Boden mit großen Kalkmengen, und das bessere Wachstum der zweiten Generation sucht Moosmayer damit zu erklären, daß die Fichte den Oberboden saurer gemacht habe, wodurch das Vorkommen von Fäulnis sich vermindere — — — unwillkürlich fragt man sich, ob die Pille verzuckert werden mußte, weil die Beobachtungen dem Dogma von der Bodenverschlechterung bei fortgesetztem Fichtenanbau widerstreiten?!

*) Unsere Kritik der sächsischen Untersuchungen gründet sich auf die literarische Behandlung des Problems des Fichtenzuwachses in der ersten und den späteren Generationen. Nach Beendigung dieser Abhandlung haben zwei von uns — Holmsgaard und Holstener-Jørgensen — einige der von Wiedemann und von Krauß beschriebenen Standorte besucht. Wir können uns an und für sich mit dem Standpunkt einverstanden erklären, daß Fichtenanbau in sehr großen gleichaltrigen Beständen und mit der Kultivierungstechnik, die bisher auf diesen Standorten gebraucht wurde, nicht immer glücklich ist, weder biologisch noch wirtschaftlich. Dagegen haben wir bei Inaugenscheinahme der Verhältnisse an Ort und Stelle — wobei wir mehrere der von Wiedemann und von Krauß genau angegebenen Standorte besichtigt haben — nichts gefunden, das unsere Auffassung von der Unzulänglichkeit der Wiedemannschen Angaben verändern könnte, mit denen er nachgewiesen zu haben glaubt, daß die zweite und folgenden Fichtengenerationen immer schlechter wachsen, weil fortgesetzter Fichtenanbau den Boden zugrunderichte. Ganz im Gegenteil: wir sind durch den Augenschein weiterhin in unserer Überzeugung bestärkt worden, daß die Ursachen für die Schwierigkeiten in den benutzten Verfahren der Forstpflge zu suchen sind, also in von außen herangebrachten menschlichen Einflüssen, nicht aber in bodenverschlechternden Eigenschaften, die *angeblich* der Fichte selber innewohnen.

Wagenknecht und Belitz (1958) schreiben in einem „Vorbericht“ über ihre Untersuchungen:

„Unter dem Eindruck einzelner Mißerfolge und Rückschläge konnte sich in den letzten Jahrzehnten eine Auffassung breitmachen, die den Fichtenanbau außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes generell ablehnt. Es wurde behauptet, daß sie infolge ungenügender Niederschläge nichts leiste, daß sie den Boden verschlechtere und daß sie rotfaul würde. Es ist zuzugeben, daß diese Behauptungen in Einzelfällen zutreffen, dann nämlich, wenn die Fichte auf ungeeignete Standorte gebracht, nicht gepflegt und im Dichtscluß gehalten wurde. Demgegenüber muß aber festgestellt werden, daß die Fichte in Anbetracht ihrer hohen Massenleistung, ihrer vielseitigen Verwendungsmöglichkeit sowie leichten forstlichen Kultur auch außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes größte wirtschaftliche Bedeutung hat.“

Wagenknecht und Belitz haben den Höhenwuchs der Fichte auf 255 einmaligen Probestflächen untersucht, teilen jedoch nichts darüber mit, wie die Fichte zweiter Generation im Verhältnis zur ersten Generation wächst. Sie vertreten jedoch die Auffassung, man dürfe Fichte nicht anbauen auf Standorten mit gleitartigen Veränderungen im Untergrund, ferner nicht in Reinbeständen, wo Rohhumus entsteht. Wo die Bonität der Fichte niedriger ist als II, 5, da gehöre die Fichte nicht hin, und mehrere Fichtengenerationen sollen grundsätzlich nicht aufeinander folgen. (Diese letzte Anschauung scheint ihren Grund zu haben in der „schädlichen“ Rohhumusbildung der Fichte.)

Dostal (1959) beschreibt die Umwandlung der vernichteten Laubwälder im Forstamt Wiblingen (Württemberg, zwischen Iller und Donau) in Fichtenwälder:

„Als im Jahre 1923 der Fichtenanteil ... auf fast 93 % der Holzbodenfläche angewachsen war und gleichzeitig Sturmschäden und Ausfälle durch Schadinsekten ein untragbares Maß angenommen hatten, ferner der Rückgang im Wachstum sowie die zunehmende Bodenverschlechterung nicht mehr übersehen werden konnten, begann man in der Praxis die Unhaltbarkeit der bisherigen Fichtenkahlschlagwirtschaft einzusehen.“

Die Änderung der forstlichen Praxis hat nicht darin bestanden, daß der Wiederaufbau von Fichte unterlassen worden wäre, vielmehr wurde versucht, reine gleichaltrige Fichtenbestände zu vermeiden, das Umtriebsalter wurde auf 80 Jahre heruntersetzt, ausgedehnte Kalkungen wurden vorgenommen, das Grabennetz erweitert usw. — Zahlen über einen Produktionsrückgang bei fortgesetztem Fichtenanbau werden nicht genannt, obwohl Dostal erwähnt, daß Standorte sowohl mit 3. und 4. Fichtengeneration vorhanden sind.

Langer (1959) schreibt:

„Die Folgen einer einseitigen Fichtenbestockung auf bestimmte Böden selbst der Moräne zeigen Standorte mit instabilen lehmigen, tonigen Böden oder von Natur aus nährstoffarmen Geschiebelehm Böden. Die Minderung der Standortskraft ging teilweise so weit, daß diese Böden neben unbedeutenden Wirtschaftsholzarten in der Hauptsache nur noch für die Fichte geeignet erscheinen, deren Wachstumsleistungen allerdings auch dort von Generation zu Generation nachlassen.“

Eine vollständige Übersicht über diejenigen deutschen Verfasser zu geben, die den von Generation zu Generation zunehmenden Wachstumsrückgang der Fichte besprechen, lag bei der Zusammenstellung der obigen Ausführungen nicht in unserer Absicht, da es nämlich unser Eindruck ist, daß dieser Auffassung überall in allem Wesentlichen die Veröffentlichungen von *Wiedemann* und von *Krauß und Mitarbeitern* zugrundeliegen, obwohl auch einiges Material vorhanden ist, das in eine andere Richtung zu deuten scheint (*Moosmayer*, 1957).*)

Aus den skandinavischen Ländern liegt nur wenig Schriftliches über die hier behandelten Fragen vor.

Kåsa (1952) erörtert die Rolle der Laubbäume im Fichtenwald und befürchtet einen Zuwachsrückgang in den norwegischen Wäldern, so wie in Deutschland festgestellt. Und 1957 schreibt derselbe Verfasser, daß der Zuwachs in zwei norwegi-

*) In einer kurzen Darstellung in „Berichte aus der land- und forstwirtschaftlichen Forschung“, 1959, Heft 8, wird mitgeteilt, daß man im Institut für Waldbau-Grundlagen in Hannoversch-Münden bei standortgleichen Probestreifenreihen auf labilen Standorten keinerlei Rückgang der Höhenwuchsleistung nach mehreren Generationen Fichte festgestellt habe.

schen Wäldern während 90jähriger Behandlung nicht gestiegen sei. Da zu erwarten gewesen wäre, daß eine sachverständige Behandlung zu vermehrtem Massenzuwachs hätte führen müssen, dies jedoch nicht der Fall gewesen sei, so äußert Kása den Verdacht — wobei er sich auf die Literatur aus Sachsen und auch auf die Untersuchungen von Sirén stützt — daß die forstliche Behandlung die Ursache des Bonitätsrückgangs sein müsse.

Sirén (1955) hat die natürliche Entwicklung der Fichte auf frischen Bodentypen in Finnland nördlich des 65. Breitengrades untersucht. Diese Untersuchungen erstrecken sich auf Bestände von zwei verschiedenen Arten der Entstehung, nämlich:

1. Verjüngung der Fichte entweder zusammen mit Birke oder unter Birke, die auf offenem Lande nach einem Brand entstanden war („primäre Sukzession“). In diesen primären Beständen kommen während des ersten Jahrhunderts vereinzelt Fichtenbäume vor. Die Humusschicht ist dünn, die Vegetation verhältnismäßig reich an Kräutern.
2. Bestände, die entstanden sind durch vereinzelt, aber ausgedehnten Nachwuchs in alten, offenen Fichtenbeständen („sekundäre Sukzession“). In diesen sekundären Beständen stehen die jungen Fichten in einem offenen, aber beinahe reinen Fichtenbestand mit einer dicken Schicht von Moos und Rohhumus und mit einer Vegetation, die von Zwergsträuchern beherrscht wird.

Mittels paarweiser, nahe bei einander liegender Probeflächen — 71 Probeflächen werden in Siréns Zusammenstellungen benutzt — hat der Verfasser gezeigt, daß die Fichten der primären Sukzession größere Durchmesser erzielen als die der sekundären, und daß ferner sowohl die Höhe als Altersfunktion wie auch die Maximalhöhe am größten in den primären Beständen ist (S. 79). Die Durchschnittshöhe im Alter von etwa 250 Jahren ist in den primären Beständen 15—16 m, in den sekundären nur ungefähr 12 m. Sirén schließt daraus:

„In so far as height can be considered a characteristic of soil fertility, as is customary in Central Europe and in the Scandinavian countries, the greater height of primary stands indicates better growth conditions although the original qualities of the sites are identical“ (s. 82).

Sirén ist ferner der Ansicht, daß

„the volume of the growing stock of the first birch-spruce generation after fire, i. e. of the primary HMT stands, is considerably greater in all stages of development than that of the corresponding stand of the next generation, i. e. of the secondary HMT stands. It is beyond dispute, therefore, that natural regeneration of spruce to replace an old forest leads to a stand of deficient yield.“

Aus Siréns Untersuchungen geht mit großer Deutlichkeit hervor, daß die Anfangsbedingungen der Fichtenbestände eine wichtige Rolle für das Wachstum der Fichte spielen. Beispielsweise wird erwähnt, daß in dem Vergleichspaar, in dem Sirén den Hauptteil seiner ökologischen Untersuchungen durchgeführt hat, die 60jährigen Bäume in den Öffnungen des sekundären Bestandes nur 1—4 m hoch waren, die mehr als zehn Jahre jüngeren des primären Bestandes dagegen 5—12 m. In der primären Sukzession war der Bestand bis zum Alter von etwa 120 Jahren noch ganz von Birken beherrscht. Die Lebensbedingungen waren ganz einfach in allen wesentlichen Punkten die besseren in dem Bestand, der nach dem Waldbrand entstanden war.

In gewissem Umfang vergleicht *Sirén* seine Untersuchungen selber mit denjenigen von *Wiedemann* (1925), und *Kåsa* (1957) nimmt, wie bereits gesagt, *Siréns* Arbeit als Zeugnis für seine Ansicht, daß fortgesetzter Fichtenanbau die Produktionskraft des Bodens vernichte. Es scheint jedoch kaum zulässig zu sein, aus *Siréns* Untersuchungen wirklich diesen Schluß zu ziehen, weil aus ihnen lediglich das hervorgeht, daß Fichtenverjüngungen, die unter höchst verschiedenen Bedingungen heranwachsen (einstenteils unter Birkenschutz, andernteils in Lücken eines offenen, alten und hinfälligen Bestandes mit Reisergesträuch), auch einen unterschiedlichen Wachstumsverlauf haben. Obwohl dies selbstverständlich von großer praktischer Bedeutung ist, können diese Untersuchungen nichts darüber sagen, wie sich die Produktion von mehreren Fichtengenerationen auf demselben Boden gestaltet haben würde, falls die aufeinanderfolgenden Generationen gleichartigere Anfangsbedingungen gehabt hätten, z. B. wenn sie alle entstanden wären durch Pflanzung nach Kahlhieb.

Die deutschen Untersuchungen sind in ihrer Beziehung zu den in Dänemark bestehenden Verhältnissen einige Male kurz besprochen worden von *Holmsgaard* (1955 a) und *Oksbjerg* (1957).

2. Messungen und Methoden bei der Berechnung von Masse, Zuwachs usw. im eigenen Material

a. Altersbestimmung

Von 6 Probebäumen jeder Probefläche (vgl. weiter unten bei c) wurden die Jahrringe gezählt, und zwar sowohl auf den Stockabschnittflächen wie auf in Brusthöhe (1,3 m) entnommenen Scheiben. *Die in dieser Abhandlung enthaltenen Altersangaben sind an den meisten Stellen das Alter in Brusthöhe, bezeichnet als $t_{1,3}$, teils weil das Brusthöhenalter sicher bestimmt ist, teils weil man durch Anwendung des Brusthöhenalters einigermaßen die zufälligen, auf Kultivierungsschwierigkeiten beruhenden Schwankungen des Wachstumsverlaufs ausschaltet.*

b. Höhenmessung

Gemessen wurden auf jeder Probefläche 36 (in zwei Fällen jedoch nur 30) Höhen von gleichmäßig über jede Probefläche verteilten Bäumen; 6 von diesen Messungen stammen von den unter c besprochenen Probebäumen. In den jüngeren Beständen wurden Blume-Leiß-Höhenmesser und Stahlband (bei beliebigem Meßabstand) benutzt, in älteren Beständen Løvengreens Höhenmesser.

Die Höhen-Durchmessercurven wurden berechnet nach dem von *Henriksen* (1950) angegebenen Verfahren, und die in Tabelle 5 genannten Höhen sind als Grundflächenmittelhöhen berechnet (Loreys Höhe).

c. Höhenzuwachs usw. bei Probebäumen

Auf jeder Probefläche wurden sechs Probebäume gefällt. Der Hauptzweck, dem diese dienen sollten, war die Ermittlung der Höhenentwicklung auf den Probeflächen.

Der Vergleich der vor dem Fällen mit Höhenmesser und nach dem Fällen mit Stahlband gemessenen Höhen dieser Probebäume ergab, daß weder bei Verwendung von Blume-Leiß' Höhenmesser noch desjenigen von Løvengreen mit einem einseitigen Fehler gearbeitet wurde und daß der zufällige Fehler beim Gebrauch des Blume-Leiß-Höhenmessers $\pm 2,1\%$ beim Messen des einzelnen Baums betragen konnte; mit Løvengreens Höhenmesser betrug dieser Fehler $\pm 1,3\%$. Bei 36 (30) Höhenmessungen je

Probefläche sind diese Fehler bedeutungslos, da der durch sie entstehende mittlere Fehler der Mittelhöhe unter $\frac{1}{2}$ % bleibt.

Die Probebäume wurden alle so gewählt, daß ihr Durchmesser schätzungsweise höchstens um 1 cm vom Mitteldurchmesser des Bestandes abzuweichen schien.

Vor dem Fällen wurde ein Merkzeichen in der Höhe von 1,3 m angebracht. Nach dem Fällen wurde die Höhe in den einzelnen Jahren ermittelt, und zwar so weit zurück, wie man dies mit Sicherheit tun zu können glaubte; in Zweifelsfällen wurde der Stamm über und unter je einem vermuteten Astquirl durchsägt und die Jahrringe auf den beiden Schnittflächen gezählt. Bei einer späteren Zählung der Jahrringe in Brusthöhe hat sich in einigen Fällen — besonders bei Bäumen mit mehr als 30 Jahren Brusthöhenalter — eine Abweichung zwischen dem durch Jahrringzählung und dem durch Astquirlzählung ermittelten Brusthöhenalter ergeben. Da nun das Ergebnis der Jahrringzählung als richtig angesehen werden muß, zeigt sich demnach, daß im Höhenverlauf kleine Fehler vorkommen können. Von diesen Fehlern ist — auf Grund von Erfahrungen beim Vermessen jüngerer Bäume, wo Fehler sehr selten vorkommen — anzunehmen, daß sie von länger als zehn Jahre zurückliegenden Höhen her stammen, und sie sind also für unsere Vergleiche des Massezuwachses erster und zweiter Generation bedeutungslos, da diese sich nur auf einen Zeitraum von 5 Jahren beziehen. Ohne praktische Bedeutung ist der Fehler auch für den Vergleich der Höhenkurven von Abb. 7 und 8, da diese Höhenkurven auf das durch Jahrringzählung ermittelte Brusthöhenalter bezogen sind. Die Höhenentwicklung auf Abb. 7 und 8 ist errechnet auf Grund einfacher Durchschnittszahlen der Probebäume-Höhe zu verschiedenen Zeitpunkten.

Die Genauigkeit, mit der die Probebäume wirkliche Vertreter der Bestände sind, von denen sie stammen, geht aus folgenden Umständen hervor:

1. Der Mitteldurchmesser der Probebäume wich nur in einem einzigen Falle um mehr als 10 mm vom Durchmesser der Mittelstammgrundfläche ab (Probefläche 1025; Abweichung 18 mm). Durchschnittlich waren die Probebäume der Bestände erster Generation 1,4 mm dicker als der Mittelbaum, während die Probebäume der Bestände zweiter Generation 1,9 mm dicker waren als der Mittelbaum.

2. Die Prohebäume der Bestände erster Generation hatten eine Höhe, die durchschnittlich 1,2 % kleiner war als Loreys Höhe, während die Prohebäume der zweiten Generation 2,0 % kleiner waren. (Loreys Höhe ist 5—2 % größer als die dem Durchmesser der Mittelstammgrundfläche entsprechende Höhe; der Unterschied nimmt ab mit dem zunehmenden Alter.) Betrachtet man das Material im Ganzen, so darf von den Prohebäumen daher gesagt werden, daß sie ein recht gutes Bild der Höhenentwicklung geben, aber es kommen auch Fälle von weniger genauer Übereinstimmung vor (vgl. Abb. 7 und 8), da z. B. einzelne Abweichungen von 5—6 % vorliegen sowie eine einzige von 10 % (Probefläche 1027).

d. Durchmesser- und Grundflächenbestimmung

Diese wurde vorgenommen durch kreuzweises Kluppen (mit Stahlkluppe) in Zentimeterklassen und nach den üblichen Berechnungsweisen.

e. Grundflächenzuwachs

Zwecks Ermittlung des Grundflächenzuwachses in den vorangegangenen fünf Jahren wurde aus denselben 30 Bäumen, die zur Höhenmessung benutzt wurden, je ein Bohrspan in Brusthöhe entnommen. Außerdem wurden die Brusthöhen Scheiben der Prohebäume benutzt. An den Bohrspänen wurde der Radialzuwachs der letzten fünf Jahre gemessen (Kantmeßstab, Lupe, Ablesen in 0,1 mm). Vor der Messung wurden die Späne auf die von *Holmsgaard* (1955) beschriebene Art behandelt. Auf den Stammscheiben, die vor dem Messen gehobelt und in Wasser gelegt worden waren, wurden die Jahrringebreiten mit einem mit Meßokular versehenen Mikroskop gemessen (Einheit 0,0526 mm).

Von den 36 Bäumen, deren Radialzuwachs während der letzten 5 Jahre nun festgestellt worden war, wurde sodann der Durchmesser vor 5 Jahren ermittelt (ohne Korrektur wegen veränderter Borkendicke) und darnach die Grundfläche der 36 Bäume vor 5 Jahren. Durch Abziehen dieser Grundfläche von der Grundfläche zum Untersuchungszeitpunkt (g_{36}) ergab sich der Grundflächenzuwachs der 36 Bäume während der 5 Jahre (Δg_{36}), und da diese Bäume als für die untersuchten Bestände repräsentativ gelten können, war somit der Grundflächenzuwachs pro ha

$\frac{1 g_{36} \times G}{g_{36}}$, wobei G die Grundfläche pr. ha zum Untersuchungszeitpunkt darstellt.

Leider ist es bei einem großen Teil der untersuchten Bestände nicht möglich gewesen, Angaben über die Durchforstungsjahre zu erhalten. Bei dem oben geschilderten Verfahren zur Berechnung des Grundflächenzuwachses ist es für die Richtigkeit des Ergebnisses eine Voraussetzung, daß in der vorausgegangenen Fünfjahresperiode keine Durchforstung stattgefunden habe. Ist während dieser fünf Jahre dennoch durchforstet worden, so wird der errechnete Grundflächenzuwachs zu niedrig sein, weil der Zuwachs der beim Durchforsten entfernten Bäume außer Betracht geblieben ist. Die so entstandenen Fehler kann man beim Vergleich der Bestände 1. und 2. Generation als zufällig betrachten. Aber der Fehler beeinflußt die absoluten Werte für die Größe des Grundflächenzuwachses und ist beim Vergleich der 1. und 2. (3.) Generation unangenehm, weil er die Streuungen vergrößert, falls die Durchforstungen nicht zur gleichen Zeit und in gleichem Umfang stattgefunden haben sollten. Andererseits besteht kein Grund zu der Annahme, daß dies eine einseitige Fehlerquelle in bezug auf die Generation des Bestandes sei. (Bei der Ermittlung des Massezuwachses ist für diesen Fehler eine Korrektur vorgenommen worden, vgl. unten bei h.)

f. *Berechnung des Jahrring-Index*

Wie vorstehend angeführt, wurden an 6 Stammscheiben von jeder Probefläche genaue Jahrringmessungen vorgenommen, und zwar wurden die Jahrringe längs 2 Radien nach dem von *Holmsgaard* (1955) angegebenen Verfahren gemessen. Die Alterskorrektur wurde vorgenommen nach der ebenfalls von *Holmsgaard* (a. a. O.) angegebenen Alterskurve für das Forstamt Nødebo.

g. *Masseberechnung*

Die Masse wurde berechnet nach der Formel

$$\text{Grundfläche pro ha} \times \text{Höhe} \times \text{Formzahl.}$$

Als Formzahltablelle wurden Formzahlen der Tabelle III von *Näslund* (1947) mit einem Zuschlag von 8 % benutzt. Dieser Zuschlag wurde berechnet auf Grund eines Vergleichs mit *Sa-*

broe (1939) und beruht zu einem großen Teil darauf, daß Näs-lund nicht das im Stumpf sitzende Holz mitrechnet (1 % der Baumhöhe).

h. Massezuwachs

An Hand des Grundflächenzuwachses in der Fünfjahresperiode 1952—56 (vgl. oben bei e) wurde die Grundfläche von 1952 errechnet (exklusive der Grundfläche von etwaigen nach 1952 entfernten Bäumen), wodurch sich im Zusammenhang mit der Stammanzahl der Durchmesser von 1952 ergibt. Zieht man den (an den Probeflächen ermittelten) Höhenzuwachs der 5 Jahre von der Bestandeshöhe im Herbst 1956 ab, so erhält man die Höhe im Frühling 1952. Auf Grund der auf diese Weise ermittelten Größen von Höhe und Durchmesser läßt sich die Formzahl von 1952 bestimmen. Danach kann man die Masse von 1952 errechnen und sodann den Massezuwachs der Fünfjahresperiode bestimmen.

Der so ermittelte Massezuwachs ist in denjenigen Fällen, wo während der Fünfjahresperiode Durchforstungen stattgefunden haben, zu klein, weil die Zuwachsberechnung den Zuwachs der während der fünf Jahre entfernten Bäume außer Betracht läßt. Wie in dem Absatz über den Grundflächenzuwachs (oben, bei e) dargelegt, spielt diese Tatsache für den Vergleich zwischen dem Zuwachs der Generationen keine nennenswerte Rolle, doch wurde dieser Tatsache trotzdem Rechnung getragen durch eine Korrektur, die wichtig ist, wenn man die absoluten Zuwachszahlen mit einer Zuwachstabelle o. dgl. vergleichen will.

Bei Beschreibung der Probeflächen wurde notiert, welche von ihnen noch nicht durchforstet waren. Es sind dies im ganzen vier Probeflächen (1021, 1028, 1029 und 1030). Der Massezuwachs dieser vier Probeflächen wird natürlich nicht korrigiert.

Bei den übrigen Probeflächen kann es angebracht sein, eine Korrektur an Hand der Bonität 2 in den Ertragstafeln von *Carl Mar. Møller* (1933) vorzunehmen. Die Masse-Entwicklung in den zwei Forstämtern weicht nicht besonders viel ab von dem Niveau der Ertragstafeln (doch ist die Masse etwas größer als in den Tafeln), und es ist daher anzunehmen, daß ungefähr derselbe Durchforstungsgrad angewendet worden ist wie der in den Ertragstafeln. Wenn man nun in Beständen, die der Bonität 2 sowohl in bezug auf Durchforstungsintervalle wie Durchforstungs-

prozente entsprechen, den Massezuwachs bestimmt — und zwar ohne Rücksicht darauf, wann die Durchforstungen stattgefunden haben, und nach dem in dieser Abhandlung dargelegten Grundsatz — so findet man durchschnittlich einen so großen Teil des tatsächlichen Massezuwachses, wie dies aus Abb. 5 hervorgeht. Vorausgesetzt wurde bei Berechnung dieser Darstellung (Abb. 5), daß der Massezuwachs-Prozentsatz des ausscheidenden Bestandes derselbe gewesen ist wie der Massenzuwachs-Prozentsatz des verbleibenden Bestandes. Wie aus der Abbildung hervorgeht, findet man bei ganz jungen Beständen einen Massezuwachs von nur etwa 85 % in einer Fünfjahresperiode, wenn die Untersuchung unter Anwendung eines Zuwachsbohrers stattgefunden hat und weder die Durchforstungszeitpunkte noch die dabei entfernte Masse bekannt sind.

Vielleicht ergibt die gemäß Abb. 5 vorgenommene Korrektur unsres Materials einen etwas zu großen Zuwachs, denn erstens ist die stehende Masse auf den Probeflächen etwas größer, als sich aus den Ertragstafeln ergibt; die Durchforstung muß also

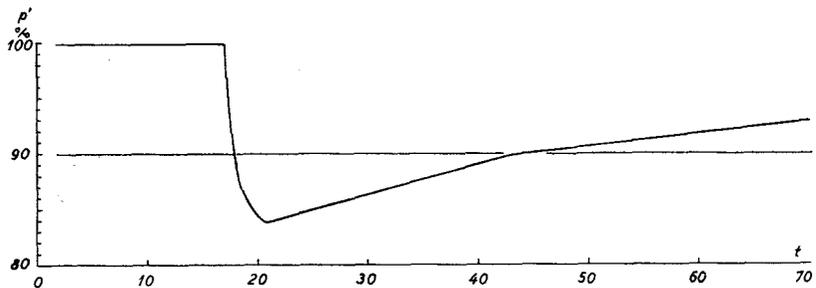


Abb. 5: Undersøgt man — bei ubekendte Durchforstungszeitpunkten og Vornutzungen — den Zuwachs eines Fichtenbestandes in der vorausgaaende Fünfjahresperiode durch Feststælling af Højenzuwachs og Radialzuwachs, så finder man *durchschnittlich* kun en så stor procentdel (p') af den faktiske tilvækst, som det fremgår af kurven. Denne er beregnet ud fra den forudsætning, at tilvækst og hugstprogram er i overensstemmelse med bonitet 2 hos Carl Mar:Møller (1933) entsprechen.

t = Alter des Bestandes zum Untersuchungszeitpunkt.

Fig. 5. Når man ikke har kendskab til udhugningstidspunkter og hugstmasser og undersøger en granbevoksnings tilvækst for den foregående 5-års periode ved hjælp af måling af højdetilvækst og radie-tilvækst, så finder man gennemsnitlig kun så stor en procentdel (p') af den faktiske tilvækst, som det fremgår af kurven. Denne er beregnet ud fra den forudsætning, at tilvækst og hugstprogram er i overensstemmelse med bonitet 2 hos Carl Mar:Møller (1933).

t = bevoksningsens alder på undersøgelsestidspunktet.

wohl etwas schwächer gewesen sein, und zweitens trifft die Voraussetzung, daß der ausgeschiedene und der verbleibende Bestand denselben Massezuwachs-Prozentsatz haben, wohl kaum völlig genau zu. — Da diese Korrektur jedoch ohne nennenswerten Einfluß auf den Vergleich zwischen den Zuwachswerten der paarweisen Probeflächen ist, haben wir es bei der einfachen Korrektur belassen, die sich mit Hilfe von Abb. 5 ausführen läßt.

3. Ergebnisse der Bestandesmessungen und Zuwachsermittlungen

Bei der nunmehrigen Besprechung der Bestandesmessungen werden wir zunächst die einseitigen Bodenverschiedenheiten unberücksichtigt lassen, die im Kapitel III erörtert wurden. Die Hauptergebnisse der Bestandesmessungen gehen aus Tabelle 5 hervor.

a. Das Alter

Wie auf Seite 71 erwähnt, werden wir nachstehend das Alter in Brusthöhe ($t_{1,3}$) als Eingangsfaktor für die Masse- und Zu-

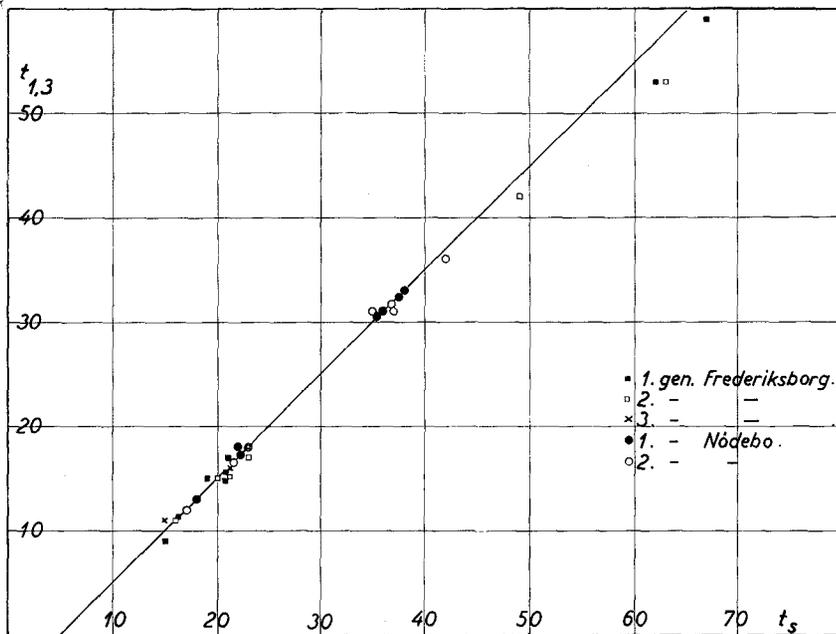


Abb. 6: Alter in Brusthöhe ($t_{1,3}$) als Funktion des Alters in Stumpfhöhe (t_s).
Fig. 6. Alder i brysthøjde ($t_{1,3}$) som funktion af alder i stødthøjde (t_s).

Tabelle 5. Bestandesmessungs- und Zuwachszahlen
 Tabel 5. Træmålings- og tilvæksttal

Probe- fläche Nr. Prøveflade nr.	Gene- ration Gene- ration	Herbst 1956 Efterår 1956					Zuwachs während des Jahres 1952-56 Tilvækst i 5-året 1952-56					
		Brust- höhen- alter (t _{1,3}) Bryst- højde- alder (t _{1,3})	d \bar{g} cm cm	h _L m m	G m ² pro ha m ² pr. ha	V m ³ pro ha m ³ pr. ha	i _h cm	IG m ² pro ha m ² pr. ha Ohne Korrektur wegen des Zu- wachses der während der Fünfjahres- periode gefäll- ten Bäume Uden korrektion for tilvækst på træer fældet i perioden	Iv' m ³ pro ha m ³ pr. ha	Iv* m ³ pro ha m ³ pr. ha Mit Korrektur wegen des Zu- wachses der während der fünf Jahre ge- fällten Bäume Med korrektion for tilvækst på træer fældet i perioden	Iv** m ³ pro ha m ³ pr. ha (Iv*) der älteren Probefläche eines Flächen- paares, umge- rechnet auf das Alter der jünge- ren Probefläche (Iv*) for ældste prøveflade korri- geret til yngste prøveflades alder	Q %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

STAATLICHES FORSTAMT NØDEBO

1018	1.	32	19,7	19,10	29,78	313,4	284	7,45	111,5	125,3	125,3	
1019	2.	32	19,7	19,71	32,94	361,6	245	6,54	108,7	122,1	122,1	97,4
1014	1.	18	10,7	10,61	27,74	173,9	281	10,82	92,1	108,1	108,1	
1015	2.	18	12,3	11,88	27,93	193,8	299	10,76	102,8	120,7	120,7	111,7
1010	1.	31	17,4	17,05	35,72	342,9	216	6,68	101,6	114,4	114,4	
1012	2.	31	14,3	15,18	25,43	223,9	193	6,01	74,9	84,3	84,3	73,7
1011	1.	31	18,9	19,17	32,41	346,7	238	6,59	102,6	115,5	115,5	
1013	2.	36	22,7	21,41	30,14	346,5	214	4,99	84,8	94,2	95,5	82,7
1016	1.	13	7,5	7,48	23,29	108,9	291	10,45	69,1	82,3	80,5	
1017	2.	12	6,9	6,97	22,11	97,5	220	9,09	55,0	65,5	65,5	81,4

1006	1.	33	22,2	20,87	28,85	328,1	220	5,92	92,2	103,4	103,9	
1007	2.	31	20,1	18,64	28,07	288,3	181	6,04	82,5	92,9	92,9	89,4
1008	1.	17	9,1	11,06	26,71	182,0	293	9,50	94,3	110,9	110,9	
1009	2.	17	9,9	10,62	28,06	179,7	272	8,15	82,2	96,7	96,7	87,2

STAATLICHES FORSTAMT FREDERIKSBORG

1030	1.	11	7,9	7,51	27,91	130,0	298	14,70	89,1	89,1*)	89,1	
1031	2.	18	13,2	11,69	39,14	262,2	258	10,96	111,2	130,5	117,4	131,8
1024	1.	59	32,4	26,53	39,67	538,9	112	3,82	74,3	80,3	86,5	
1025	2.	53	24,5	22,80	34,30	419,2	102	3,78	57,6	62,7	62,7	72,5
1026	1.	17	9,2	10,11	27,43	168,9	266	8,83	82,3	96,8	94,3	
1027	2.	15	8,7	9,47	23,38	134,6	263	9,76	75,6	89,6	89,6	95,0
1022	1.	15	9,6	9,90	31,97	189,3	281	11,67	99,3	117,6	117,6	
1023	2.	15	9,1	9,33	24,78	140,6	256	10,00	77,3	91,6	91,6	77,9
1028	1.	9	6,1	6,61	19,62	83,5	326	14,61	70,9	70,9*)	70,9	
1029	2.	11	6,4	7,07	20,81	94,7	284	11,53	66,7	66,7*)	63,7	89,8
1004	1.	53	27,4	24,51	34,92	455,3	147	4,50	84,5	91,9	103,0	
1005	2.	42	22,7	21,07	32,93	372,6	136	6,02	81,9	90,4	90,4	87,8
1001	1.	16	9,2	9,85	26,54	159,2	285	10,48	88,0	103,9	103,9	
1002	2.	17	9,3	10,47	27,06	172,5	277	9,81	89,2	104,9	103,3	99,4
1001	1.	16	9,2	9,85	26,54	159,2	285	10,48	88,0	103,9	103,9	
1003	3.	16	8,0	8,93	23,86	131,7	229	9,07	68,5	80,9	80,9	77,9
1020	1.	15	9,8	10,66	31,17	200,4	294	10,66	102,2	121,1	112,9	
1021	3.	11	7,3	7,52	25,04	118,1	289	12,83	79,4	79,4*)	79,4	70,3

*) War nicht durchforstet.

*) Har ikke været gennemhugget.

wachsuntersuchung benutzen. Die Beziehung zwischen dem Alter in Stumpfhöhe und in Brusthöhe geht aus Abb. 6 hervor. Da die Bestände sich durchweg in der Nähe der Bonität 2 halten, müssen dem Brusthöhenalter 8 Jahre zugezählt werden, um auf das Alter vom Samen an (bei normalem Jugendwachstum) zu kommen (vgl. *Carl Mar:Møller*, 1933). Dies stimmt gut überein mit Abb. 6, aus der hervorgeht, daß die Bestände von unter 45 Jahren für das Wachsen von der Stumpfhöhe bis zur Höhe von 1,3 m zwischen 4 und 6 Jahre, im Hauptteil aller Fälle 5 Jahre gebraucht haben. Die bei der Anlage der älteren Bestände benutzte Kultivierungstechnik ist möglicherweise weniger intensiv gewesen; die älteren Bestände sind nämlich in ihren ersten Jahren etwas langsamer gewachsen. Es gibt kleine Anzeichen dafür, daß die 2. und 3. Generationsbestände etwas langsamer in Gang gekommen sind als die Bestände der 1. Generation, aber dieser Unterschied ist nur unbedeutend (durchschnittlich 0,2 Jahr), auch ist der Unterschied nicht signifikant.

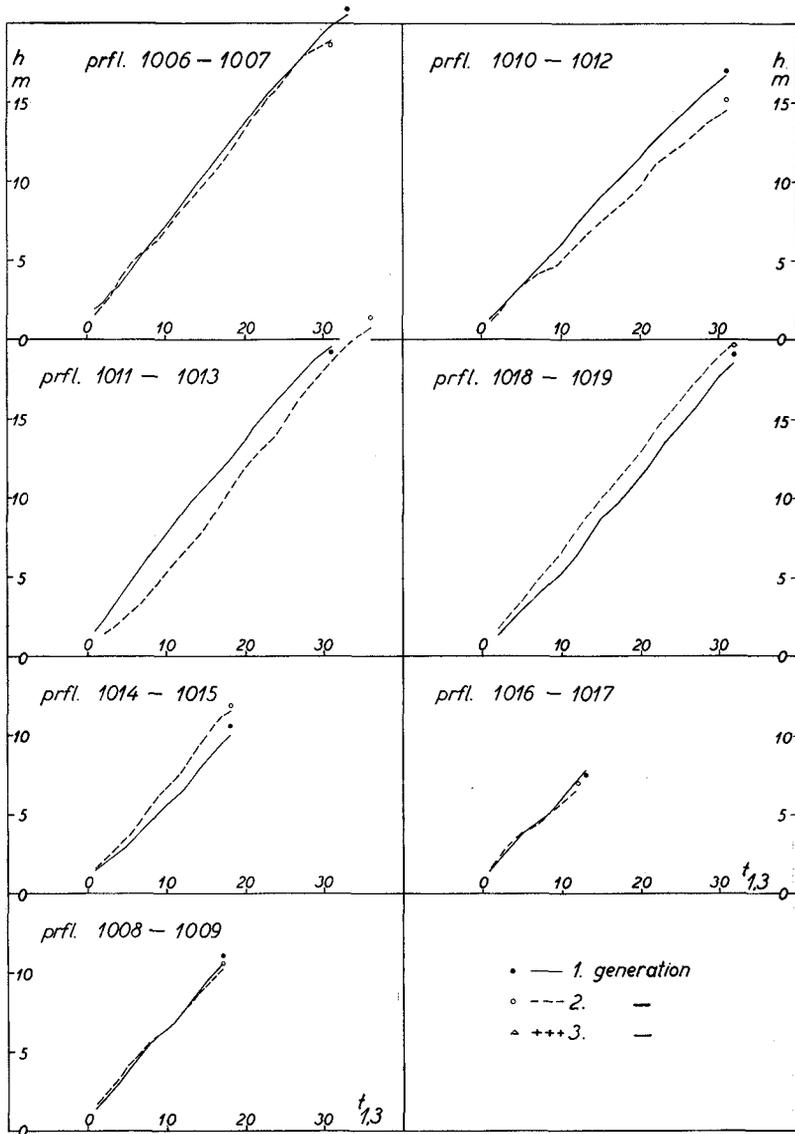
b. *Die Höhe auf den Vergleichsprobeflächen*

Die Höhe der einzelnen Probeflächen im Herbst 1956 ist ersichtlich aus Tabelle 5 Spalte 5. Auf Abb. 7 und 8 sind Kurven der Höhenentwicklung gezeichnet, wobei das Brusthöhenalter der Eingangsfaktor ist.

Unmittelbar geht aus Abb. 7 und 8 folgendes hervor:

1. Die Höhenentwicklung auf den Probeflächen ist einigermaßen harmonisch verlaufen. Wo eine 2. Generationsfläche geringere Höhe aufweist als ihre Vergleichsfläche, da ist dies gewöhnlich von der Jugend an während des ganzen Lebens der Fall gewesen; es zeigt sich z. B. keine allgemeine Tendenz zu einem Abflachen der Höhenkurven der zweiten Generation.
2. In etwa der Hälfte aller Fälle liegen die Höhenkurven der 2. Generation unter denjenigen der 1. Generation, und in ebenfalls etwa der halben Anzahl der Fälle liegt die 2. Generation mit ihren Höhenkurven über der 1. Generation oder es fallen die Höhenkurven beider Generationen so gut wie zusammen.

Den besten, d. h. am wenigsten mit Fehlern behafteten Vergleich zwischen den Höhen in Beständen der 1., 2. und 3. Genera-



A b b. 7. Forstamt Nødebo. Die Kurven zeigen den Durchschnitt der Höhenentwicklung der Probebäume als Funktion des Alters in Brusthöhe ($t_{1,3}$). Die Punkte geben die Höhe des Bestandes (h_L) zum Untersuchungszeitpunkt an.

Fig. 7. Nødebo distrikt. Kurverne er gennemsnit af prøvetræernes højdeudvikling som funktion af alderen i brysthøjde ($t_{1,3}$). Punkterne angiver bevoksningens højde (h_L) på undersøgelsestidspunktet.

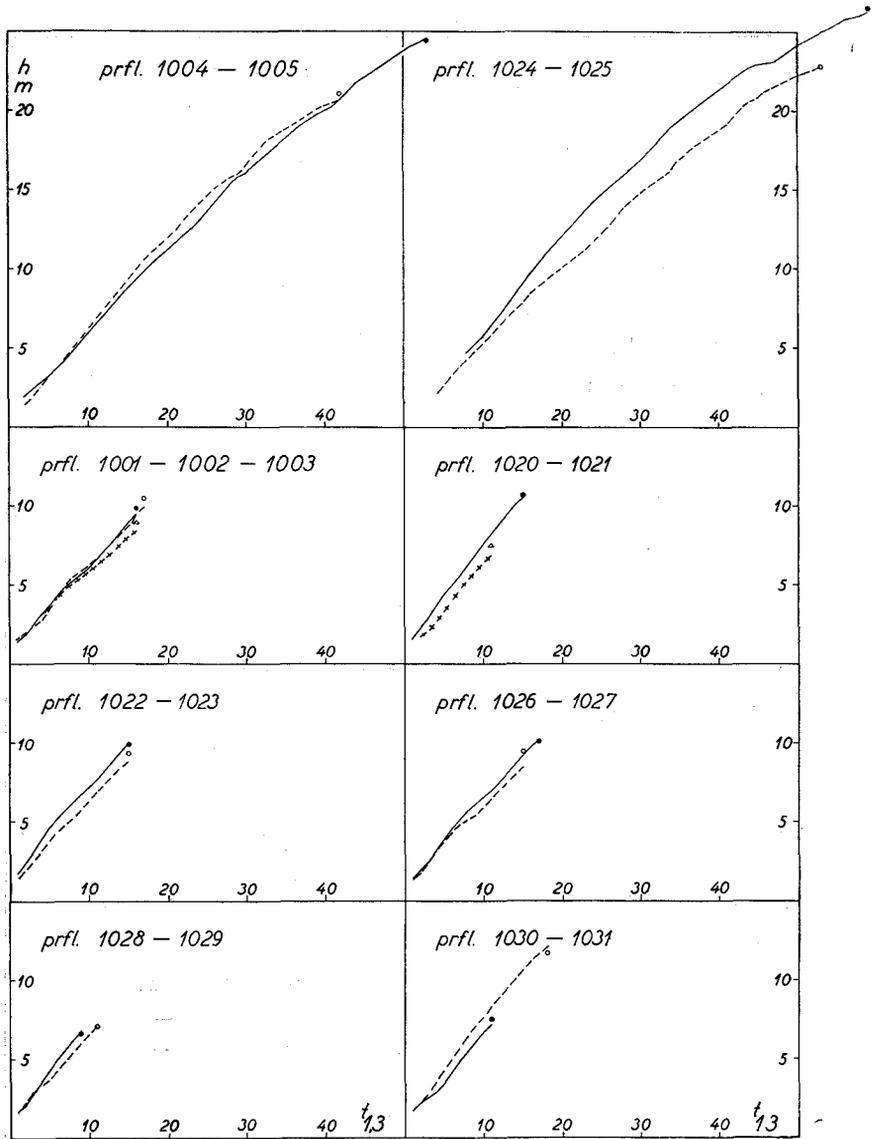


Abb. 8. Forstamt Frederiksborg. Die Kurven zeigen den Durchschnitt der Höhenentwicklung der Probebäume als Funktion des Alters in Brusthöhe ($t_{1,3}$). Die Punkte geben die Höhe des Bestandes (h_L) zum Untersuchungszeitpunkt an. Bezeichnungen wie Abb. 7.

Fig. 8. Frederiksborg distrikt. Kurverne er gennemsnit af prøvetræernes højdeudvikling som funktion af alderen i brysthøjde ($t_{1,3}$). Punkterne angiver bevoksningens højde (h_L) på undersøgelsestidspunktet. Signatur som figur 7.

tion erhält man durch Verwendung von Loreys Höhe, von der weiter oben bereits gesagt wurde, daß sie auf einer großen Anzahl von Höhenmessungen beruht, während die auf Abb. 7 und 8 gezeigten Höhenkurven auf Grund von nur 6 Probestämmen hergestellt wurden. Deshalb ist auf Abb. 7 und 8 auch Loreys Höhe eingezeichnet. In den Fällen, wo die Probestflächen von verschiedenem Alter sind, kann man diese Höhen jedoch nicht unmittelbar mit einander vergleichen, sondern muß versuchen, den Altersunterschied auszumerzen. Dies kann man tun, indem man die Höhenbonitäten der Probestflächen nach Møllers Tafeln mit einander vergleicht. Die Durchschnittsbonität der Bestände 1. Generation ist 1,71, der Bestände 2. und 3. Generation 1,85 (wobei als Alter das Bruthöhenalter plus 8 Jahre zu verstehen ist).

Einen genaueren Vergleich zwischen den Höhen der Probestflächenpaare erhält man jedoch, wenn man die Korrektur des Altersunterschiedes mit Hilfe der ermittelten Werte für den Zuwachs vornimmt. Obwohl die Höhe der Probestämme ein wenig von Loreys Höhe abweicht, ist diese Abweichung dennoch durchweg gering, und es ist daher eine durchaus vertretbare Korrektur, wenn man die Lorey-Höhe der älteren Probestfläche um denjenigen Höhenzuwachs reduziert, den die Probestämme durchschnittlich in der Anzahl von Jahren gehabt haben, um die die ältere Probestfläche älter ist als ihre jüngere Vergleichsprobestfläche. Beispielsweise hat Probestfläche 1006 (1. Generation) 1956 ein Bruthöhenalter von 33 Jahren, während die Vergleichsfläche 1007 nur 31 Jahre alt ist. Die Probestämme auf Fläche 1006 hatten in den letzten 2 Jahren einen Höhenzuwachs von 64 cm, und da Loreys Höhe für 1006 bei 33 Jahren = 20,87 m ist, muß die Höhe bei 31 Jahren ca. $20,87 - 0,64 = 20,23$ m gewesen sein.

In Tabelle 6 sind diese Korrekturen angegeben, und Spalte 6 dieser Tabelle enthält Loreys Höhe bezogen auf das Alter der jüngsten Probestfläche. Außer dem Höhenunterschied zwischen den Generationen enthält die Tabelle ferner die Höhe der 2. und 3. Generation in Prozenten der Höhe der 1. Generation. — Aus der Tabelle geht hervor:

- a) Die Bestände 2. und 3. Generation haben in 8 Fällen geringere Höhe als die Bestände der 1. Generation; in 8 andern Fällen aber haben die Bestände der 2. und 3. Generation größere Höhe als die der 1. Generation.
- b) Zahlenmäßig sind die Abweichungen jedoch nicht gleich groß, da die Bestände der 2. Generation durchschnittlich

Tabelle 6. Vergleich zwischen den Höhen der 1., 2. und 3. Generation
 Tabel 6. Sammenligning mellem 1., 2. og 3. generations højder

Probe- fläche Nr. <i>Prøve- flade nr.</i>	Gene- ra- tion <i>Gene- ration</i>	Brust- höhen- alter <i>Brysthøjde- alder</i>	Lorey's Höhe 1956 <i>Lorey's højde 1956</i>	Abzug wegen des Alters- unterschiedes gemäß Stamm- analysen <i>Fradrag for aldersforskel iflg. stamme- analyser</i>	Lorey's Höhe um- gerechnet auf dasselbe Alter (4-5) <i>Lorey's højde hen- ført til samme alder (4-5)</i>	Höhenunter- schied 1.-2. (3) Generation im selben Alter <i>Højdeforskel 1.-2. (3) generation, ved samme alder</i>	Höhe der 2. und 3. Gene- ration in $\frac{0}{100}$ der Höhe der 1. Generation (im selben Alter) <i>2. og 3. gene- rations højde i $\frac{0}{100}$ af 1. gene- rations højde (ved samme alder)</i>
(1)	(2)	(3)	m (4)	m (5)	m (6)	m (7)	$\frac{0}{100}$ (8)
STAATLICHES FORSTAMT NØDEBO:							
<i>Nødebo Statsskovdistrikt:</i>							
1018	1.	32	19,10	—	19,10		
1019	2.	32	19,71	—	19,71	— 0,61	103,2
1014	1.	18	10,61	—	10,61		
1015	2.	18	11,88	—	11,88	— 1,27	112,0
1010	1.	31	17,05	—	17,05		
1012	2.	31	15,18	—	15,18	1,87	89,0
1011	1.	31	19,17	—	19,17		
1013	2.	36	21,41	2,14	19,27	— 0,10	100,5
1016	1.	13	7,48	0,53	6,95		
1017	2.	12	6,97	—	6,97	— 0,02	100,3
1006	1.	33	20,87	0,64	20,23		
1007	2.	31	18,64	—	18,64	1,59	92,1
1008	1.	17	11,06	—	11,06		
1009	2.	17	10,62	—	10,62	0,44	96,0
STAATLICHES FORSTAMT FREDERIKSBORG:							
<i>Frederiksborg statsskovdistrikt:</i>							
1030	1.	11	7,51	—	7,51		
1031	2.	18	11,69	3,75	7,94	— 0,43	105,7
1024	1.	59	26,53	1,35	25,18		
1025	2.	53	22,80	—	22,80	2,38	90,5
1026	1.	17	10,11	0,90	9,21		
1027	2.	15	9,47	—	9,47	— 0,26	102,8
1022	1.	15	9,90	—	9,90		
1023	2.	15	9,33	—	9,33	0,57	94,2
1028	1.	9	6,61	—	6,61		
1029	2.	11	7,07	1,07	6,00	0,61	90,8
1004	1.	53	24,51	3,89	20,62		
1005	2.	42	21,07	—	21,07	— 0,45	102,2
1001	1.	16	9,85	—	9,85		
1002	2.	17	10,47	0,53	9,94	— 0,09	100,9
						Durchschnitt Middel	98,6 ± 1,
1001	1.	16	9,85	—	9,85		
1003	3.	16	8,93	—	8,93	0,92	90,7
1020	1.	15	10,66	2,25	8,41		
1021	3.	11	7,52	—	7,52	0,89	89,4
						Gesamtdurchschnitt Middel af alle	97,5 ± 1,

30 ± 28 cm niedriger sind als die Bestände 1. Generation; faßt man die Bestände der 2. und 3. Generation zusammen, so sind diese als Gruppe betrachtet 38 ± 25 cm niedriger.*)

Selbst wenn kein realer Unterschied zwischen der Höhenentwicklung der 1. Generations-Bestände und der der Bestände 2. und 3. Generation bestehen sollte, wird man in allen Fällen, wo wie hier mit begrenztem Material gearbeitet wird, stets einen Unterschied zwischen den Durchschnittswerten finden, und zwar infolge zufälliger Verschiedenheiten der Bodenverhältnisse, Unzulänglichkeiten beim Vermessen u. dgl.

Nimmt man an, daß zwischen den Generationen kein „wahrer“ Unterschied besteht, so ergibt der t-Test 30 % Wahrscheinlichkeit dafür, daß man, bei einem Material vom Umfang und der Art des unsrigen, zwischen der Höhe der 1. und 2. Generation einen Durchschnittsunterschied von 30 cm oder mehr finden wird. Entsprechend ist die Wahrscheinlichkeit etwa 15 % dafür, daß zwischen 1. und 2. + 3. Generation die Abweichung 38 cm betragen wird.

- c) Einen etwas genaueren Wert der Höhenunterschiede als die etwas vom Alter mitbedingten absoluten Unterschiede erhält man dadurch, daß die Höhe der 2. und 3. Generation in ihrem Verhältnis zur Höhe der 1. Generation angegeben wird (Spalte 8 der Tabelle 6). Aus Abb. 9 geht hervor, daß dieses Verhältnis nur wenig vom Alter beeinflusst wird.

Durchschnittlich betragen die Höhen der 2. Generation $98,6 \% \pm 1,8 \%$ von der Höhe der 1. Generation. Ebenso wie oben bei b) zeigt auch dies keine sicheren Anhaltspunkte für die Annahme, daß die 2. Generation im allgemeinen geringere Höhe erreiche als die 1. Generation, da nämlich eine Wahrscheinlichkeit von 50 % dafür besteht, daß man — bei Untersuchungen im Umfange der unsrigen — zwischen den Durchschnittswerten der 1. und 2. Generation eine Abweichung von 1,4 % oder mehr finden wird, auch wenn kein „wahrer“ Unterschied vorhanden ist. Faßt man 2. und 3. Generation zu einer Gruppe zusammen, so findet man dementsprechend, daß ihre Höhe $97,5 \% \pm 1,7 \%$ von der Höhe

*) Daß die Bestände 3. Generation nicht als selbständige Gruppe behandelt worden sind, beruht darauf, daß nur zwei solche Bestände vorhanden und beide noch jung, außerdem aber auch nicht recht geeignet sind, um mit den Beständen erster Generation verglichen werden zu können (vgl. S. 11).

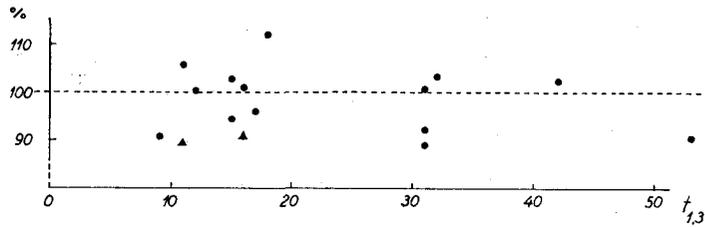


Abb. 9. Höhe (h_L) der 2. und 3. Generation, dargestellt in Prozenten der Höhe der 1. Generation (Tabelle 6, Spalte 8) bei verschiedenen Brusthöhenaltern ($t_{1,3}$).

Die 2. Generation ist durch Kreise bezeichnet.

„ 3. „ „ „ Dreiecke „

Fig. 9. Højde (h_L) af 2. og 3. generation i procent af 1. generations højde (tabel 6, kolonne 8) ved forskellige brysthøjdealdre ($t_{1,3}$). Cirkler angiver 2. generation, trekanter 3. generation.

der 1. Generation beträgt. In diesem Falle ergibt sich aus dem t-Test eine Wahrscheinlichkeit von beinahe 20 % dafür, daß man aus zufälligen Ursachen eine durchschnittliche Abweichung von 2,5 % oder mehr zwischen den Höhen der Generationsgruppen finden wird, auch wenn ein „wahrer“ Unterschied nicht besteht.

Nach der hieraus von uns zu ziehenden Schlussfolgerung berechtigt das Material daher nicht zu der Annahme, daß die Fichte allgemein in der 2. Generation eine geringere Höhenentwicklung habe als in der 1. Generation, weil die festgestellten Unterschiede der Durchschnittszahlen bei weitem nicht signifikant sind. — Diese Tatsache kann auch wie folgt ausgedrückt werden: Es besteht eine Wahrscheinlichkeit von 95 % dafür, daß erneute Vermessungen von Fichtenbeständen zweiter Generation auf den untersuchten Standorten eine Höhe ergeben werden, die zwischen 95 und 102 % der Höhe gleichaltriger Fichtenbestände erster Generation betragen wird, wobei darauf hingewiesen sei, daß für die 102 % ebenso große Wahrscheinlichkeit besteht wie für 95 %. (Bei Einbeziehung der 2 Bestände dritter Generation ist die Spannweite auf 94 bis 101 % zu ändern).

c. Jährliche Abweichungen des Höhenzuwachses

Wenn auch die erreichten Höhen der 1., 2. und 3. Generation bei gleichen Altern dieselben oder so gut wie dieselben sind, ließe sich denken, daß der jährliche Höhenzuwachs in den verschiedenen Generationen verschieden verlaufe. Die Wahrscheinlichkeit hierfür kann zwar angesichts der Tatsache, daß die Höhen selber ungefähr gleich sind, nicht sehr groß sein, aber trotzdem haben

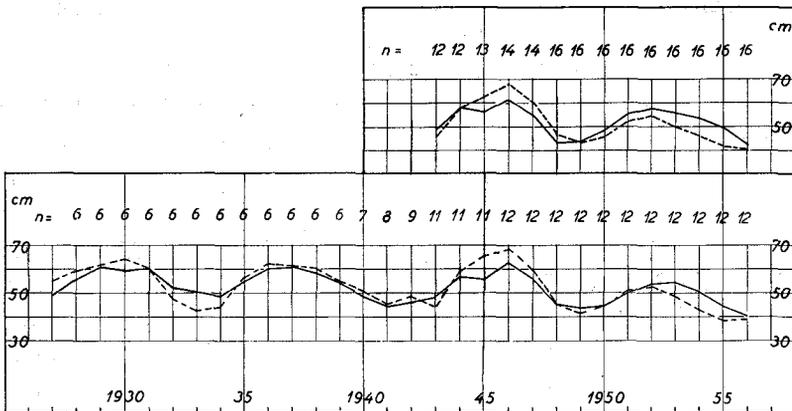


Abb. 10. Durchschnittlicher jährlicher Höhenzuwachs; voll ausgezogene Linie: 1. Generation, punktierte Linie: 2. (+ 3.) Generation. Bei den oberen Kurven sind alle Probeflächen mitgerechnet; bei den unteren Kurven sind einige junge Bestände sowie diejenigen mit 3. Generation unberücksichtigt geblieben (vgl. die Ausführungen im Text). n = Anzahl der Bestände, auf die jede der Kurven sich bezieht.

Fig. 10. Gennemsnitlig årlig højdetilvækst for 1. generation (fuldt optrukket linie) og 2. (+ 3.) generation (punkteret linie). På øverste kurvesæt er alle prøveflader medtaget; på de nederste kurver er nogle unge bevoksninger (inclusive bevoksninger af 3 generationer) udskudt (se teksten). n = antal af bevoksninger repræsenteret i hver kurve.

wir auch diese Frage untersucht, weil die Untersuchungen von Wiedemann (1925) sich besonders auf Variationen des Höhenzuwachses — vor allem bei den kurzen Trieblängen nach Trockenjahren — stützen.

Abb. 10 zeigt den Höhenzuwachs der einzelnen Jahre als einfache Durchschnittszahlen der untersuchten Bestände 1. und 2. (+ 3.) Generation. Die Größe des Höhenzuwachses ist ein wenig altersbedingt, sodaß vielleicht eine Alterskorrektur hätte vorgenommen werden sollen. Da eine solche jedoch verwickelt sein und Fehlermöglichkeiten enthalten würde, haben wir davon abgesehen, zumal laut Tabelle 5 das Durchschnittsalter in Brusthöhe bei Beständen der 1. Generation nur 0,7 Jahre mehr beträgt als das Durchschnittsalter der Bestände 2. und 3. Generation. Der in Abb. 10 gezeigte Vergleich zwischen den verschiedenen Generationen kann daher nicht als einseitig zugunsten der einen oder der anderen Generation beeinflußt bezeichnet werden. Bei Errechnung der untersten Kurven der Abb. 10 sind die Probeflächenpaare 1028—29 wegen ihres besonders niedrigen Alters außer

Betracht gelassen worden, ebenso 1030—31 wegen niedrigen Alters und verhältnismäßig großen Altersunterschiedes zwischen den Probeflächen; ebenso sind die Bestände 3. Generation mit ihren Vergleichsflächen weggelassen worden. Im oberen Teil der Abbildung ist das gesamte Material einbegriffen. (Die 2 Probeflächen der Vergleichspaare sind zum selben Zeitpunkt aus den Reihen ausgeschlossen worden.)

Aus Abb. 10 läßt sich schließen, daß in guten Wachstumsjahren die Bestände 2. Generation vielleicht eine Neigung zu etwas besserem Höhenzuwachs gehabt haben als die der 1. Generation, während in schlechten Wachstumszeiten das Verhältnis umgekehrt und die 2. Generation am schlechtesten gewachsen ist. Es sind aber keine Anzeichen dafür vorhanden, daß nach Ablauf einer Zeit mit ungünstigen Wachstumsbedingungen die Bestände 2. Generation besonders lange gebraucht hätten, um wieder in Gang zu kommen. In den Jahren 1945, 1953 und 1956 ändert sich das Verhältnis zwischen dem Höhenzuwachs der 1. und 2. (+ 3.) Generation im Vergleich zu diesem Verhältnis im jeweiligen Vorjahre kräftig, aber eine nähere Untersuchung des Sachverhalts in den genannten Jahren zeigt, daß diese Änderungen möglicherweise auf Zufälligkeiten des untersuchten Materials beruhen können.

In den Jahren 1954 und 1955 beträgt der Höhenzuwachs der Bestände 2. und 3. Generation nur $86,6 \pm 3,8 \%$ und $85,4 \pm 3,1 \%$ vom Höhenzuwachs der Bestände 1. Generation, ebenso wie aus Tabelle 5 hervorgeht, daß während der letzten Fünfjahresperiode der Höhenzuwachs in 15 von 16 Fällen bei der 2. und 3. Generation am kleinsten gewesen ist. Diese Abweichungen sind also signifikant.

Während der letztvergangenen 5-Jahres-Periode hat der Höhenzuwachs durchschnittlich bei der 2. und 3. Generation 232,4 cm betragen, gegen 257,3 cm bei der 1. Generation; das ist also ein Unterschied von 25 cm. Aus Tabelle 6 haben wir ersehen, daß der Höhenunterschied zwischen 1. und 2. + 3. Generation 38 (± 25) cm betrug; hätten wir dieselben Bestände fünf Jahre vorher untersucht, so würden wir daher nur einen Höhenunterschied von 13 cm gefunden haben. Dies kann schwerlich darauf beruhen, daß die 2. und 3. Generation etwa dauernd hinter der 1. Generation weiter zurückblieben, denn wie sich aus Abb. 10 ergibt, wachsen die 2. und 3. Generation gegenüber der 1. Genera-

tion bald besser, bald schlechter in die Höhe. Zufälligerweise haben wir unsere Untersuchung nach einer Periode vorgenommen, in der die 2. und 3. Generation einen verhältnismäßig geringen Zuwachs gehabt haben, worauf immer dies nun beruhen möge.

d. *Grundfläche und Mitteldurchmesser auf den Vergleichsprobeflächen*

Da die Grundfläche stark abhängig ist vom Durchforstungsgrad und vom letzten Durchforstungszeitpunkt (über den, wie schon erwähnt, nicht in allen Fällen Angaben vorlagen), so besteht für den Zweck unserer Untersuchung kein Anlaß, über die Größe der Grundfläche mehr als die eine Feststellung zu machen, daß keine Rede sein kann von größeren einseitigen Unterschieden zwischen den Fichtengenerationen (vgl. Abb. 11). Die Grundfläche der 2. Generation beträgt durchschnittlich $97,5 \pm 4,4\%$ von der Grundfläche der 1. Generation, und werden 2. und 3. Generation zu einer Gruppe zusammengefaßt, so ist ihre Grundfläche $95,9 \pm 4,0\%$ von derjenigen der 1. Generation. Eine Alters-

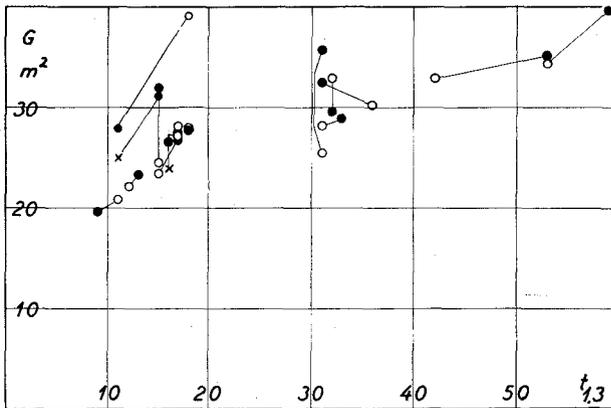


Abb. 11. Grundfläche der Probedflächen pro ha (G), verglichen mit den Brusthöhenaltern ($t_{1,3}$).

Die dunklen Punkte bezeichnen 1. Generation.

„ Kreise „ 2. „

„ Kreuze „ 3. „

Die jeweils zusammengehörenden Probedflächen sind mit einander durch Linien verbunden.

Fig. 11. Prøvefladernes grundflade pr. ha (G) lagt op over brysthøjdealder ($t_{1,3}$). Mørke punkter 1. generation; cirkler 2. generation og kryds 3. generation. Sammenhørende prøveflader er forbundet med linier.

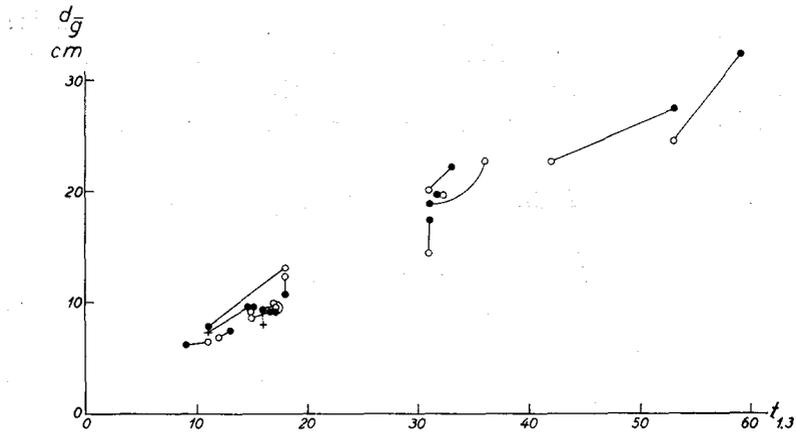


Abb. 12. Durchmesser der mittleren Stammgrundfläche ($d_{\bar{g}}$), dargestellt über den Brusthöhenaltern ($t_{1,3}$). Bezeichnungen wie in Abb. 11.
 Fig. 12. Diameteren i middelstammegrundfladen ($d_{\bar{g}}$) lagt op over brysthøjdealder ($t_{1,3}$). Signaturer som figur 11.

korrektur wie beim Vergleich der Höhen ist hier nicht vorgenommen worden, und den angeführten Mittelwerten liegen also die unmittelbar beobachteten Kreisflächen zugrunde.

Daß auch betreffs der Durchmesser irgendwelche einseitigen Generationenunterschiede nicht vorliegen, geht aus Abb. 12 hervor. Der Durchmesser ist annähernd genau eine geradlinige Funktion des Alters, und ein Altersunterschied von 1 Jahr bewirkt für unser Material durchschnittlich einen Durchmesserunterschied von 0,6 cm. Korrigiert man nun an Hand dieser Größe (0,6 cm pro Jahr) die Durchmesser der ungleichaltrigen Probeflächenpaare so, daß der Durchmesser der älteren Probefläche auf das Alter der zu ihr gehörenden jüngeren Probefläche zurückgerechnet wird, so findet man bei Anwendung der in Tabelle 6 für die Höhe angegebenen Berechnungsweise, daß der Durchmesser der 2. Generation $99,8 \pm 2,9 \%$ von dem der 1. Generation beträgt; werden die 2. und 3. Generation zusammengefaßt, so ist deren Durchmesser $98,9 \pm 2,7 \%$ von dem der 1. Generation.

e. Der Grundflächenzuwachs

In Abb. 13 ist der Grundflächenzuwachs der Probeflächen in den Jahren 1952—56 eingezeichnet. Es sei nun daran erinnert, daß der Grundflächenzuwachs mit Hilfe derjenigen Bäume er-

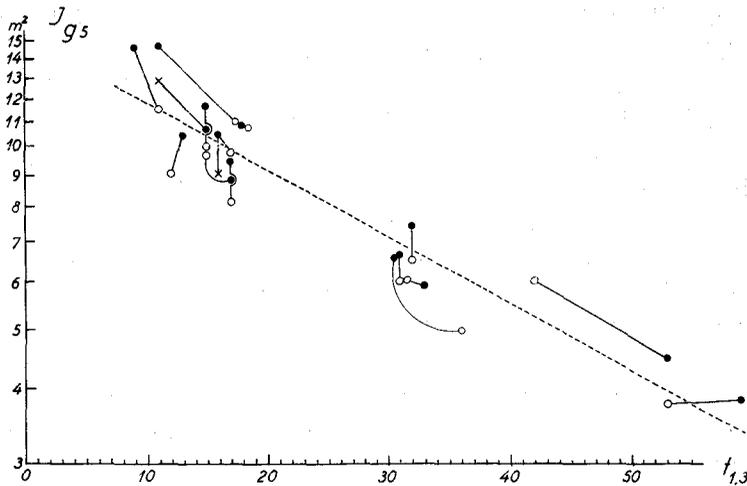


Abb. 13. Grundflächenzuwachs der Probenflächen während der Fünfjahresperiode 1952—1956 (I_{g5}), dargestellt als Funktion des Alters in Brusthöhe ($t_{1,3}$). Bezeichnungen wie in Abb. 11.

Fig. 13. Prøvefladernes grundfladetilvækst i 5-års perioden 1952—56 (I_{g5}) som funktion af alderen i brysthøjde ($t_{1,3}$). Signatur som fig. 11.

mittelt wurde, die sich zum Aufnahmezeitpunkt auf den Beständen vorfanden, und daß derjenige Grundflächenzuwachs, der auf den in der Zeit von 1952—56 entfernten Bäumen stattgefunden hat, in den aus Abb. 13 ersichtlichen Werten nicht mitenthalten ist; schon weiter oben wurde auseinandergesetzt, daß dieser Umstand auf den Vergleich zwischen den Probenflächen weiter keinen Einfluß hat als den, daß eine zufällige Fehlerquelle hinzukommt. Drückt man nun den Grundflächenzuwachs der 2. Generation in Prozenten vom Grundflächenzuwachs der 1. Generation aus, so ergibt sich, daß die 2. Generation durchschnittlich einen Grundflächenzuwachs von $93,1 \pm 4,2 \%$ desjenigen der 1. Generation hat; bei Zusammenfassung der 2. und 3. Generation zu einer Gruppe ist deren Grundflächenzuwachs $94,4 \pm 4,0 \%$ von dem der 1. Generation.

Die Größe des Grundflächenzuwachses ist stark abhängig vom Alter. (In den jüngsten Beständen unseres Materials ist der Grundflächenzuwachs während der 5-Jahres-Periode 10—15 m^2 , in den ältesten Beständen dagegen nur 4—5 m^2 .) Dadurch entsteht beim Vergleich der unmittelbar gemessenen Grundflächenzuwachsgrößen *erstens* ein einseitiger Fehler für den Vergleich

selber, weil die Bestände erster Generation *durchschnittlich* gegen ein Jahr älter sind als die Bestände zweiter und dritter Generation; und *zweitens* eine erhebliche zufällige Abweichung infolge davon, daß die Alter der Vergleichsprobeflächen in gewissen Fällen um mehrere Jahre voneinander verschieden sind. Es ist deshalb angebracht, eine Alterskorrektur vorzunehmen, und zwar so, daß der Grundflächenzuwachs der älteren Probefläche eines Vergleichspaares zurückgerechnet wird auf das Alter der jüngeren Probefläche in demselben Paar. Aus Abb. 13, wo die Grundflächen in logarithmischer Skala dargestellt werden, ist ersichtlich, daß der Grundflächenzuwachs sich annäherungsweise genau durch eine gerade Linie ausgleichen läßt, und benutzt man die Neigung dieser geraden Linie, so ist damit der Grundflächenzuwachs der älteren Probefläche eines Paares in dem Sinne korrigiert, daß er sich nun auf dieselben Alter bezieht wie der Grundflächenzuwachs der jüngeren Fläche desselben Paares. Sodann wird der Grundflächenzuwachs der zweiten und dritten Generation — auf dieselbe Weise wie in Tabelle 6 für die Höhen angegeben — in Prozenten vom Grundflächenzuwachs der ersten Generation angegeben. Hierbei ergibt sich, daß der Grundflächenzuwachs in den Beständen 2. Generation sich auf $91,1 \pm 1,9 \%$ vom Grundflächenzuwachs der 1. Generation beläuft. Bei Zusammenfassung der 2. und 3. Generation, beträgt der Grundflächenzuwachs dieser Gruppe $91,9 \pm 2,0 \%$ vom Grundflächenzuwachs der 1. Generation.

Es besteht somit kein Zweifel daran, daß der Grundflächenzuwachs der späteren Generationen in der letzten Fünfjahresperiode geringer gewesen ist als derjenige der ersten Generation; und die Wahrscheinlichkeit dafür, daß diese Ursterschiede auf Zufälligkeiten in unserm Material beruhen könnten, ist nur gleich 1:1000.

f. Abweichungen der Jahrringbreiten infolge von Klimaschwankungen

Abb. 14 zeigt, jeweils für die Bestände der 1. und der 2. + 3. Generation, die Abweichungen der Jahresringbreite in Brusthöhe. Aus der Abbildung ergibt sich, daß die großen klimabedingten Ausschläge in beiden Bestandsgruppen außerordentlich gleichartig verlaufen.

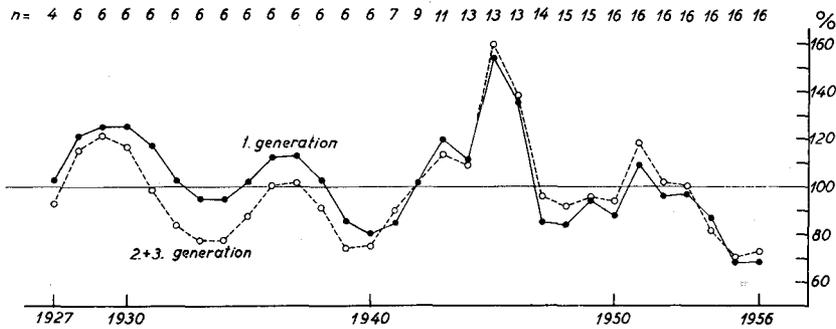


Abb. 14. Jahresring-Index (%) von Beständen 1. Generation und von Beständen 2. + 3. Generation.

n = Anzahl der Bestände, die das Material jeder der Kurven bilden.

Fig. 14. Årringsindeks (%) for bevoksninger af 1. generation og bevoksninger af 2. + 3. generation. n = antal af bevoksninger som indgår i materialet for hver af kurverne.

In den letzten 10 Jahren war der Index wie folgt:

	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956
1. Generation	84,6	83,6	93,6	87,9	109,1	96,0	97,3	86,9	69,1	68,6
Durchschnitt	91,8				83,6					
2. und 3. Generation	96,1	91,4	95,5	94,0	118,4	101,6	100,6	81,8	70,2	72,9
Durchschnitt	99,1				85,4					

Da vom Jahresringindex gesagt werden darf, daß er ein recht gutes Bild von den jährlichen oder kurzfristigen Abweichungen des Grundflächenzuwachses (und auch des Massezuwachses) bietet (vgl. *Holmsgaard*, 1955), so geht aus Obigem hervor, daß die 2. und 3. Generation in den letzten 5 Jahren bedeutend stärkeren Rückgang des Grundflächenzuwachses erlitten hat als die 1. Generation. — Setzen wir nun den durchschnittlichen Grundflächenzuwachs der 1. Generation in der Periode 1952—56 gleich 100 %, so fanden wir im vorangegangenen Abschnitt e, daß der Grundflächenzuwachs der 2. und 3. Generation in derselben Periode sich auf 91,9 % belief. Bei Benutzung des Jahrringindex ergibt sich, daß der Zuwachs in der Periode 1947—51 wie folgt geschätzt werden darf:

$$\begin{aligned} \text{bei der 1. Generation: } & \frac{100 \times 91,8}{83,6} = 109,8 \\ \text{„ „ 2. und 3. „ : } & \frac{91,9 \times 99,1}{85,4} = 106,6 \end{aligned}$$

Es ist daher anzunehmen, daß der Grundflächenzuwachs in der Periode 1947—51 in den Beständen der 1. und 2. + 3. Generation ungefähr derselbe gewesen ist. — Bei einem solchen Vergleich noch weiter in die Vergangenheit zurückzugehen, dürfte sich schwerlich verantworten lassen, weil die Genauigkeit des Jahrringindex für Zwecke dieser Art sich um so stärker vermindert, je größer der zeitliche Abstand zwischen den zu vergleichenden Perioden ist (vgl. *Holmsgaard*, 1955).

g. Masse je ha

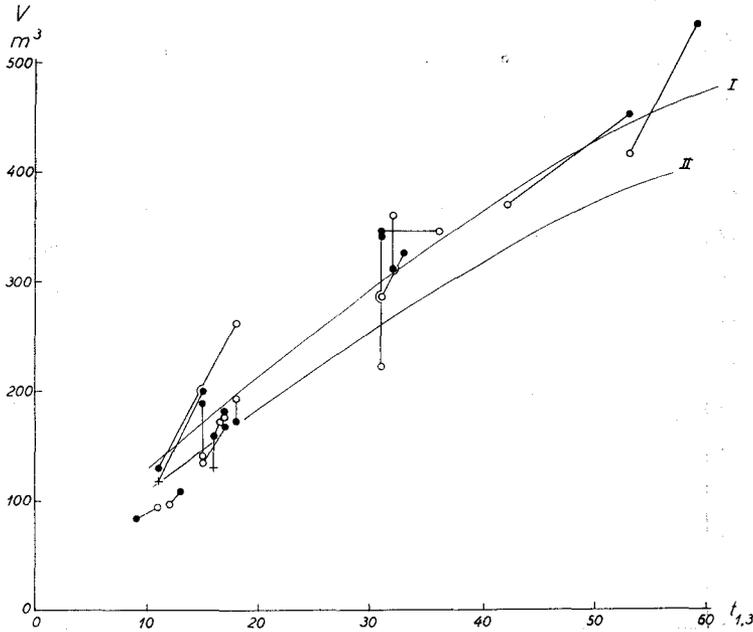
Die Masse auf den Probeflächen ergibt sich aus Tabelle 5 und Abb. 15.

h. Massezuwachs

Der Massezuwachs der Probeflächen ergibt sich aus Tabelle 5, wo in Spalte 10 die Vermessungsergebnisse *ohne* jede Korrektur angegeben sind. Hieraus ist ersichtlich, daß der Massezuwachs in der Fünfjahresperiode 1952—56 bei der 2. Generation $91,9 \pm 3,8\%$ vom Zuwachs der 1. Generation beträgt; faßt man die 2. und 3. Generation zusammen, so ist der Unterschied $90,1 \pm 3,5\%$.

In Spalte 11 ist die auf Seite 75—76 besprochene Korrektur vorgenommen worden, sodaß der Zuwachs der in der Fünfjahresperiode gefälltten Bäume mitgerechnet ist. Der so errechnete Massezuwachs der einzelnen Probeflächen geht aus Abb. 16 hervor, aus der ersichtlich ist, daß der Massezuwachs in allen älteren Beständen mit 2. Generation geringer gewesen ist als der auf den Vergleichsprobeflächen.

In Spalte 12 der Tabelle 5 ist sodann die weitere Korrektur vorgenommen worden, daß in denjenigen Fällen, wo zwischen den beiden Probeflächen eines Flächenpaares ein Altersunterschied besteht, der Massezuwachs der älteren Probefläche auf das Alter der jüngeren umgerechnet wurde; für diese Umrechnung wurde die Massezuwachskurve der Bonität 1,8 benutzt, und diese Kurve ist in Abb. 16 ebenfalls eingezeichnet.



A b b. 15. Gesamt-Stamm-Masse pro ha (V) auf den Probeflächen, dargestellt als Funktion des Alters in Brusthöhe ($t_{1,3}$).
Bezeichnungen wie in Abb. 11.
Zwecks Vergleich sind die Kurven eingezeichnet, die für den Standpunkt zwischen Durchforstungen für Bonität I und II (nach Carl Mar: Møller, 1933) gelten.

Fig. 15. Total stammemasse pr. ha (V) på prøvefladerne som funktion af alderen i brysthøjde ($t_{1,3}$). Signatur som figur 11. Til sammenligning er indlagt kurver gældende for standpunkt mellem hugst for bonitet I og II efter Carl Mar: Møller (1933).

Auf Grund dieser zwei Korrekturen — der Einbeziehung des Massezuwachses der im Laufe der Periode gefällten Bäume, und der Korrektur bezüglich des Altersunterschiedes zwischen den je zwei Probeflächen der Vergleichspaare — findet man in Spalte 13 der Tabelle 5, daß die Produktion der 2. Generation $91,3 \pm 4,2$ % von der Produktion der 1. Generation beträgt oder, 2. und 3. Generation zusammengefaßt, $89,1 \pm 4,0$ % von der Produktion der 1. Generation. Während der Unterschied zwischen der 1. und 2. Generation gemäß dem 5 %-Kriterium nicht signifikant ist, besteht bei Zusammenfassung der 2. und 3. Generation zu einer selbständigen Gruppe eine Wahrscheinlichkeit von weniger als 2 % dafür, daß der Unterschied an Massezuwachs zwischen

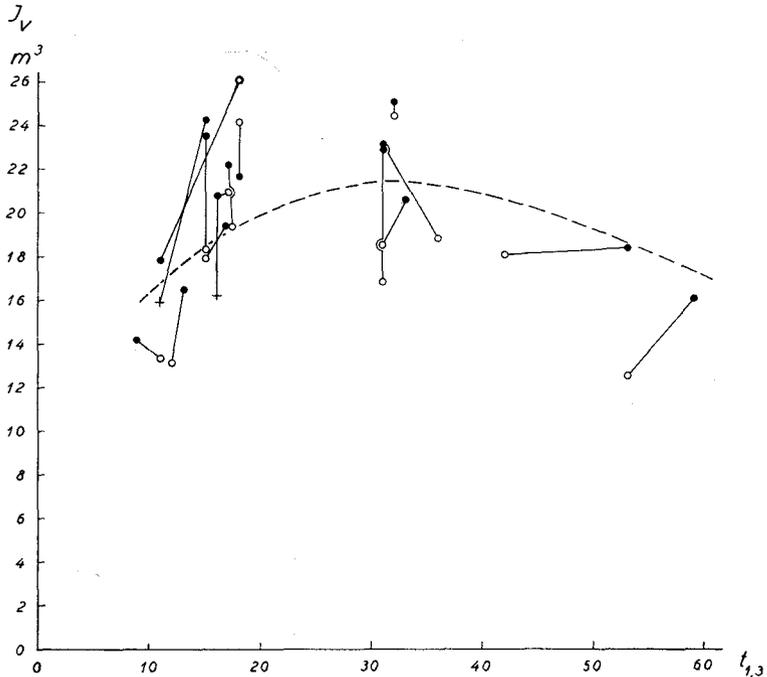


Abb. 16. Durchschnittlicher jährlicher Massezuwachs während der vorausgegangenen Fünfjahresperiode (I_V), dargestellt als Funktion des Brusthöhenalters zum Zeitpunkt der Vermessung ($t_{1,3}$). Bezeichnungen wie in Abb. 11. — Die punktierte Kurve gilt für Bonität 1,8 (berechnet nach Carl Mar:Møller, 1933).

Fig. 16. Gennemsnitlig årlig massetilvækst i forudgående 5-årsperiode (I_V) som funktion af brysthøjdealderen på måletidspunktet ($t_{1,3}$). Signatur som figur 11. Den punkterede kurve gælder for bonitet 1,8 (beregnet efter Carl Mar:Møller, 1933).

dieser Gruppe und der 1. Generation auf reinen Zufälligkeiten in unserm Material beruhen könne.

Nimmt man — auf dieselbe Weise, wie dies in Abschnitt f bezüglich des Grundflächenzuwachses geschehen — auf Grund des Jahrringindex eine Schätzung des Massezuwachses während der Periode 1947—51 vor, so ergibt sich, daß der Massezuwachs während dieser Fünfjahresperiode bei der 2. und 3. Generation vermutlich nur ca. 6 % geringer gewesen ist als der Massezuwachs der 1. Generation derselben Periode.

i. Erörterung der Zuwachsuntersuchung

Es ist nun an die Voraussetzung zu erinnern, von der bei den vorangegangenen Vergleichen zwischen der 1. und 2. (+ 3.)

Generation in bezug auf Massezuwachs usw. ausgegangen war, nämlich daß das Material auf eine solche Weise eingesammelt sei, bei der Verschiedenartigkeiten der primären Bodenfaktoren, Expositionsverhältnisse, Bestandesalter usw. als von zufälligem Charakter betrachtet werden dürften und daß diese zufälligen Abweichungen infolge der vielen Vergleichsmöglichkeiten sich ausgleichen lassen würden. — Wenn im Material „Schiefheiten“ vorliegen z. B. dadurch, daß die Bestände 1. Generation durchweg älter sind als die der 2. Generation, so können Ungleichheiten dieser Art Einfluß haben auf die Zuverlässigkeit der Vergleiche. Beim Vergleich zwischen den Generationen in bezug auf ihren Massezuwachs und die einzelnen Zuwachsfaktoren ist in den vorangegangenen Abschnitten in einem Teil der Fälle untersucht worden, welchen Einfluß es gehabt hat, daß nicht in allen Vergleichspaaren die Bestände genau gleichaltrig, sondern durchschnittlich in der ersten Generation ein wenig älter gewesen sind als in der zweiten und dritten Generation.

Es hätte sich von vornherein denken lassen, daß wahrscheinlich die Bestände 2. Generation durchweg auf schlechteren Böden stehen als die Bestände der 1. Generation — weil nämlich angenommen werden kann, daß seinerzeit, als die ersten Fichtenpflanzungen vorgenommen wurden, dafür die schlechtesten (und deshalb damals am dünnsten bestandenen) Böden ausgesucht worden seien. Daß eine Neigung in dieser Richtung besteht, geht aus den Bodenuntersuchungen (Seite 40) hervor, denn obwohl wir uns bemüht hatten, nach Möglichkeit nur Nachbarbestände mit augenscheinlich gleichartigen Bodenverhältnissen zu untersuchen, ergaben die Bodenuntersuchungen nachher doch, daß zwischen den Generationen ein nicht ganz unerheblicher Unterschied in bezug auf den durchschnittlichen Tongehalt und Wassergehalt am permanenten Welkepunkt in 100 cm Tiefe vorhanden ist. *Dies macht ein Urteil über die Allgemeingültigkeit der Zuwachsuntersuchungen äußerst schwierig.* Bei mehreren der untersuchten Bodenfaktoren läßt sich die Möglichkeit nicht ausschließen, daß die Dauer des Fichtenanbaus Einfluß auf sie gehabt habe, und wir können deshalb aus solchen Faktoren nichts darüber schlußfolgern, ob die Böden unter der 1. und 2. Generation *ursprünglich* gleichartig gewesen sind oder nicht.

Es besteht Grund zu der Annahme, daß die pflanzenzugängliche Wasserkapazität einer derjenigen meßbaren Bodenfaktoren

sei, die den größten Einfluß auf den Zuwachs der Fichte haben, denn wie *Holmsgaard* (1955) gezeigt hat, vermehrt sich im Forstamt Nødebo der Zuwachs der Fichte um ca. 1 m^3 bei jeder Vermehrung der Niederschlagsmenge um 10 mm in jedem der Monate Mai, Juni und Juli. Es ist anzunehmen, daß eine Zunahme der pflanzenzugänglichen Wassermenge einen Einfluß derselben Größenordnung auf den Zuwachs ausübt. Daß ein derartiger Einfluß wirklich stattfindet, hat bezüglich der Buche *Holstener-Jørgensen* (1958 a) nachgewiesen, und es scheint daher angebracht, daß man untersuche, ob zwischen den Zuwachsverschiedenheiten in unsern Probeflächenpaaren und den Unterschieden der pflanzenzugänglichen Wasserkapazität in den Böden ein Zusammenhang besteht.

In den oberen Bodenschichten ist die Wasserkapazität etwas abhängig vom Humusgehalt, daher also vielleicht auch abhängig von der Dauer des Fichtenanbaus. Deshalb kann ein Vergleich der oberen Bodenschichten keine sicheren Angaben liefern über die ursprüngliche Bodenqualität unter der ersten und unter den späteren Generationen. Dagegen ist die pflanzenzugängliche Wasserkapazität in 40—70 cm Tiefe überwiegend bedingt durch den Tongehalt, sodaß sie als von der Dauer des Fichtenanbaus unbeeinflusst angesehen werden kann. Diese Größe — die aus den in Tabelle I angeführten Wasserkapazitäten für 0—40 und 0—70 cm abgeleitet werden kann — haben wir deshalb als Wertausdruck für die primären Bodenverhältnisse unter den Beständen der 1. Generation im Vergleich zu den späteren Generationen benutzt.

In Abb. 17 ist der Zuwachs der Probeflächen (Tabelle 5, Spalte 11) abgebildet als Funktion des Alters in Brusthöhe und der pflanzenzugänglichen Wasserkapazität in 40—70 cm Tiefe (W_{40-70}). Abb. 17 zeigt, daß in den *jungen* Beständen kein klarer Zusammenhang zwischen W_{40-70} und dem Zuwachs besteht, wohl aber, und zwar ganz deutlich, in den *älteren* Beständen (Brusthöhenalter über 30 Jahre). Dieser Zusammenhang *kann* immerhin auf dem geringen Umfang des Materials beruhen. Die Abbildung zeigt, daß die Gruppe der älteren Bestände 2. Generation sowohl schlechtere Wasserversorgungsverhältnisse als auch geringeren Zuwachs gegenüber den Beständen der 1. Generation hat. Aus der Abbildung läßt sich nichts darüber ableiten, ob der geringere Zuwachs *ausschließlich* auf der geringen Was-

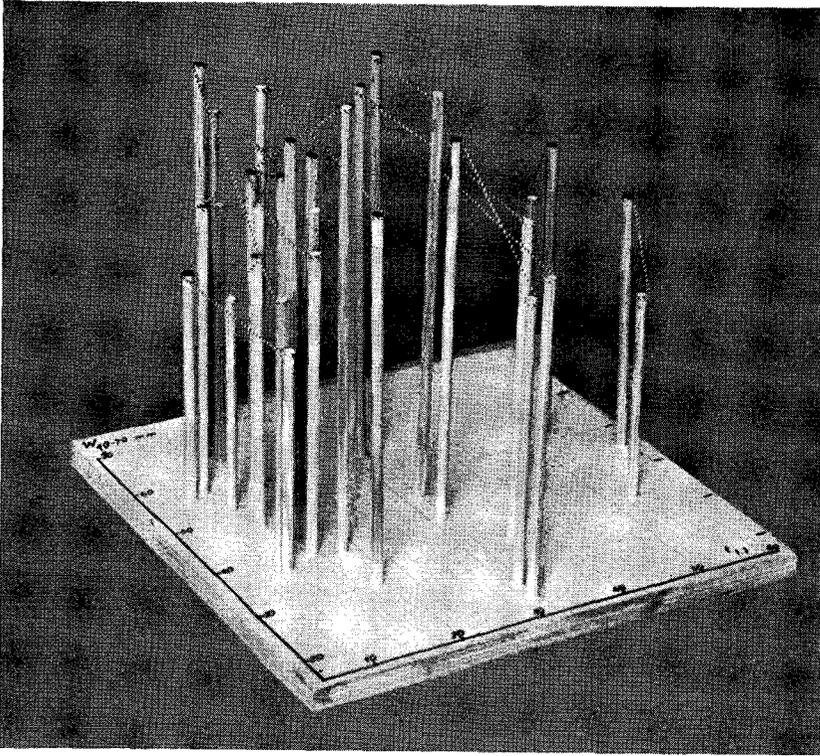


Abb. 17. Massezuwachs während der vorausgegangenen Fünfjahresperiode (I_v), dargestellt als Funktion des Alters in Brusthöhe ($t_{1,3}$) und der pflanzenzugänglichen Wasserkapazität in 40—70 cm Tiefe (W_{40-70}). Die 1. Generation ist kenntlich gemacht durch schwarze obere Abschlußflächen.

Fig. 17. Massetilvæksten i forudgående femårsperiode (I_v) som funktion af alderen i brysthøjde ($t_{1,3}$) og den plantetilgængelige vandkapacitet i 40—70 cm's dybde (W_{40-70}). 1. generation er markeret ved sort endeflade på søjlen.

serkapazität beruht oder ebenso sehr oder noch mehr eine Folge davon ist, daß es Bestände der 2. Generation sind. Denn bei einer *gesonderten* Betrachtung der Bestände 1. Generation ist innerhalb der vom Material gesetzten Grenzen kein Zusammenhang zwischen Wasserkapazität und Zuwachs erkennbar, und bei ebenfalls *gesondert* Betrachtung der Bestände 2. Generation ist dieser Zusammenhang auch nicht sehr deutlich.

Da nun aber die Größe des Massezuwachses entscheidend ist für unsere ganze Fragestellung, und da die erste und die späteren Generationen sich auf die Wasserkapazität nicht in gleicher

Weise verteilen, muß versucht werden, für diese „Schiefheit“ eine Korrektur vorzunehmen. Das ist wie folgt geschehen:

Wie Abb. 16 und 17 zeigen, ist der Massezuwachs äußerst abhängig vom Bestandesalter, und um nun den Einfluß der Wasserkapazität zu isolieren, haben wir die Altersbedingtheit dadurch korrigiert, daß wir den Zuwachs aller Probeflächen auf das Alter von 36—40 Jahren umgerechnet haben. Dies ist geschehen an Hand der Kurve für Bonität 1,8 auf Abb. 16, wobei der Zuwachs der einzelnen Probefläche multipliziert wurde mit dem Faktor

Massezuwachs für Bonität 1,8 in der Periode 36 bis 40 Jahre

Massezuwachs f. Bon. 1,8 in der Periode (n-4) bis n Jahre

unter n ist hierbei das Alter der betreffenden Probefläche zum Untersuchungszeitpunkt zu verstehen. Die auf diese Weise ermittelten Zuwachszahlen setzen voraus, daß der Massezuwachs aller Bestände einen Altersverlauf gehabt habe oder haben werde entsprechend (oder proportional mit) der Bonität 1,8; und diese so ermittelten Zuwachszahlen sind daher natürlich nur recht grob geschätzt, weil in manchen Fällen die Alterskorrekturen recht bedeutend sind.

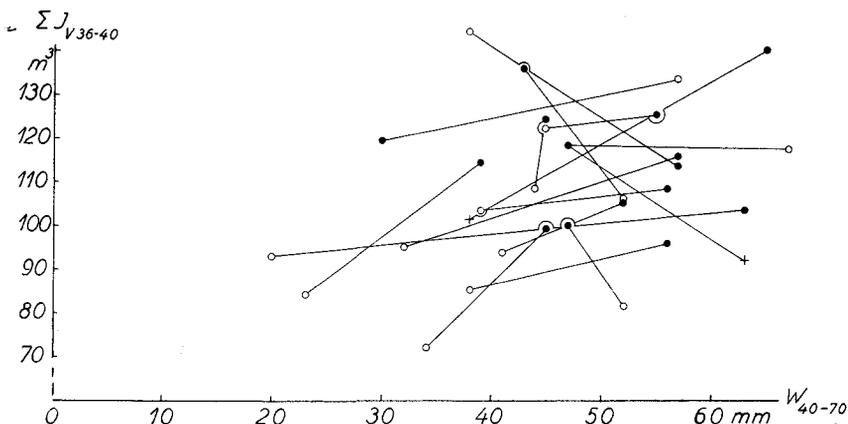


Abb. 18. Massezuwachs während der zuletzt verlaufenen Fünfjahresperiode, umgerechnet auf die Altersstufe 36—40 Jahre ($\Sigma I_{v 36-40}$), dargestellt im Vergleich mit der pflanzenzugänglichen Wasserkapazität in 40—70 cm Tiefe (W_{40-70}). Bezeichnungen wie in Abb. 11.

Fig. 18. Massetilvæksten i sidst forløbne 5-årsperiode omregnet til at gælde på alderstrinnet 36—40 år ($\Sigma I_{v 36-40}$) lagt op over den plante-tilgængelige vandkapacitet i 40—70 cm's dybde (W_{40-70}). Signatur som figur 11.

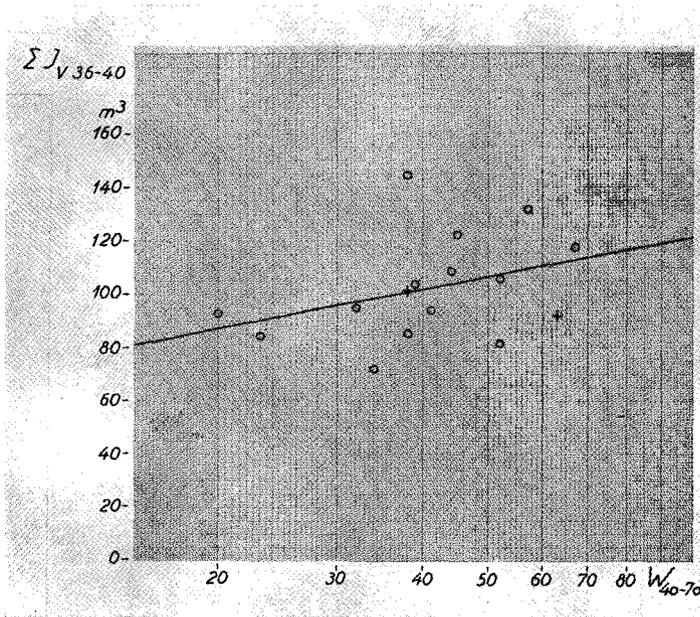


Abb. 19. Bestände der 2. und 3. Generation. Ausgleich des Zusammenhangs zwischen der pflanzenzugänglichen Wasserkapazität in 40—70 cm Tiefe (W_{40-70}) und dem auf die Alterstufe von 36—40 Jahren umgerechneten Massezuwachs ($\Sigma I_{v 36-40}$).

Fig. 19. Bevoksninger af 2. og 3. generation. Udjævning af sammenhængen mellem den plantetilgængelige vandkapacitet i 40—70 cm's dybde (W_{40-70}) og massetilvæksten omregnet til at gælde for alderstrinnet 36—40 år ($\Sigma I_{v 36-40}$).

In Abb. 18 sind die auf gleiche Alter umgerechneten Zuwachszahlen eingezeichnet über W_{40-70} . Aus der Abbildung geht hervor:

1. Ein Schwarm von Beständen der 2. und 3. Generation sammelt sich unten auf dem Bilde; dies deutet nicht darauf, daß die Verschiedenheiten von W_{40-70} die alleinige Ursache der ermittelten Zuwachsunterschiede zwischen der 1. und 2. (+ 3.) Generation seien.
2. Die Bestände der 2. Generation zeigen, wie im voraus zu erwarten war: zunehmenden Zuwachs bei zunehmender Wasserkapazität.
3. Die Bestände der 1. Generation scheinen von diesem Faktor unabhängig zu sein.

Es ist schwierig, eine befriedigende Erklärung dafür zu geben, weshalb die Bestände der 1. Generation bei steigender Wasserkapazität keine Steigerung des Zuwachses aufweisen. Vielleicht liegt die Erklärung in dem geringen Umfang des Materials, wobei hinzukommt, daß die Streuung von W_{40-70} in der 1. Generation geringer ist als in der 2. und 3. Generation, sodaß hierdurch der erwartete gesetzmäßige Zusammenhang zwischen Wasserkapazität und Zuwachs in der 1. Generation weniger deutlich hervortritt. — Indessen sei nun hier angenommen, daß die Abhängigkeit zwischen W_{40-70} und dem Massezuwachs der 2. und 3. Generation veranschaulicht werde durch die in Abb. 19 eingezeichnete Ausgleichskurve ($y = 24,58 + 48,12 \log W_{40-70}$). Es läßt sich dann untersuchen, ob eine auf Grund der Ausgleichsline in Abb. 19 vorgenommene Korrektur der Abweichungen von W_{40-70} zwischen 1. und 2 + 3. Generation an dem Ergebnis des Vergleichs zwischen den Massezuwachswerten der Bestände 1. und 2. (+ 3.) Generation etwas ändert.

Von den Verschiedenheiten des W_{40-70} kann angenommen werden, daß sie denselben relativen Einfluß auf die Größe des Massezuwachses aller Bestände ausüben, d. h. ohne Unterschied des Alters der einzelnen Bestände. Die obige Korrektur ist deshalb so ausgeführt worden, daß der Zuwachs einer Probefläche der 2. oder 3. Generation aus Spalte 12 der Tabelle 5 multipliziert wurde mit

$$\frac{P}{Q}$$

und zwar ist in dieser Größe:

der Zähler P = Zuwachsleistung gemäß der Ausgleichsline auf Abb. 19 für den auf der Vergleichsfläche mit 1. Generation ermittelten Wert von W_{40-70} ;

der Nenner Q = Zuwachsleistung gemäß der Ausgleichsline auf Abb. 19 für den auf der Fläche mit 2. oder 3. Generation ermittelten Wert von W_{40-70} .

Hierbei ergab sich, daß die solcherart korrigierten Massezuwachswerte der 2. Generation durchschnittlich $95,4 \pm 4,7$ % des Massezuwachses der 1. Generation ausmachen; werden die 2. und 3. Generation zusammengefaßt, so beträgt der durchschnittliche Zuwachs dieser Gruppe $92,9 \pm 4,4$ % vom Zuwachs der 1. Generation. Dies bedeutet, daß die Abweichungen von W_{40-70}

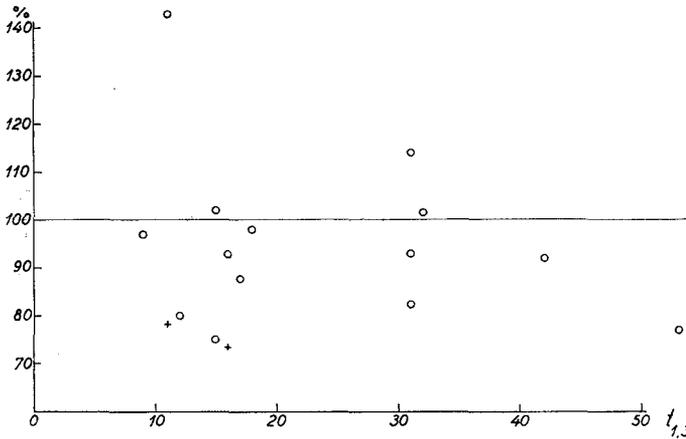


Abb. 20. Massezuwachs in Beständen 2. und 3. Generation, angegeben in Prozenten des Massezuwachses auf den jeweils entsprechenden Vergleichsprobeflächen der 1. Generation ($t_{1,3}$ = Alter in Brusthöhe der jüngeren Probefläche eines Flächenpaares). Der Massezuwachs der 2. u. 3. Generation ist bezüglich des Unterschiedes zwischen ihrer Wasserkapazität und derjenigen der Vergleichsprobeflächen 1. Generation korrigiert.

Die 3. Generation ist durch Kreuze bezeichnet.

Fig. 20. Massezuwachs bei Beständen der 2. und 3. Generation angegeben in Prozent des Massezuwachses auf den jeweils entsprechenden Vergleichsprobeflächen der 1. Generation ($t_{1,3}$ = Alter in Brusthöhe der jüngeren Probefläche eines Flächenpaares). Der Massezuwachs der 2. u. 3. Generation ist bezüglich des Unterschiedes zwischen ihrer Wasserkapazität und derjenigen der Vergleichsprobeflächen 1. Generation korrigiert. Kreuze = 3. Generation.

die Ursache eines beträchtlichen Teils der Unterschiede zwischen dem Massezuwachs der 1. und dem der 2. (3.) Generation sein können. Wenn wir mit dem weiteren Ergründen der ganzen Frage hier aufhören,*) können wir unsere früheren Schlußfolgerungen wie folgt ändern:

Es besteht eine Wahrscheinlichkeit von 30 bis 40 % dafür, daß man aus völlig zufälligen Ursachen zwischen den Zuwachswerten der 1. und 2. Generation so große oder noch größere Abweichungen finden wird, wie wir sie bei dieser Untersuchung ge-

*) Bei einem Ausgleich der hier vorgenommenen Art (Methode der kleinsten Quadrate) wird die Korrektur oft kleiner, als wenn man den wirklichen Zusammenhang zwischen W_{40-70} und dem Zuwachs kennen würde; ebenso ergibt die Tatsache, daß wir die Korrektur nur an Hand eines einzigen Bodenfaktors vorgenommen haben, eine geringere Korrektur, als wenn wir mehrere Faktoren in die Rechnung einbezogen hätten, was jedoch wegen des kleinen Umfangs des Materials nicht möglich ist.

funden haben, obwohl hierbei kein „wahrer“ Unterschied besteht. — Werden die 2. und 3. Generation zu einer Gruppe zusammengeschlagen, so ist die Wahrscheinlichkeit, aus zufälligen Ursachen Abweichungen von dieser Größe zu finden, zwischen 10 und 20 %.

Schließlich sei auf Abb. 20 verwiesen, aus der folgendes hervorgeht:

1. Das Alter der Bestände spielt, soweit ersichtlich, keine Rolle für das Verhältnis des Zuwachses der ersten und der späteren Generationen.
2. Die zwei Bestände 3. Generation haben beide nur sehr geringen Zuwachs. Hierzu muß jedoch erinnert werden an die weiter oben gemachten Bemerkungen über die Flächen mit 3. Generation, deren schlechte Vergleichsmöglichkeiten uns dazu veranlaßt haben, keine Abbildung über die Größe des Massezuwachses als Funktion der Dauer des Fichtenanbaus mit den Flächen dritter Generation als dem äußersten rechten Flügel zu entwerfen.
3. Probefläche 1031 hat im Vergleich zu den übrigen Beständen 2. Generation einen unnormal großen Massezuwachs. Das Flächenpaar 1030/31 ist dasjenige Probeflächenpaar, wo der relativ größte Altersunterschied zwischen den verglichenen Beständen vorliegt, und Fläche 1031 ist überhaupt in mehrfacher Beziehung ein Außenseiter, da sie unnormal große Masse und unnormal starke Fäulnisangriffe aufweist. Eine Erklärung für die merkwürdige Sonderstellung der Fläche 1031 haben wir jedoch nicht.

Wird das Probeflächenpaar 1030/31 außer Betracht gelassen, so wird die 2. Generation (nach Korrektur der Unterschiede von W_{40-70}) einen Massezuwachs von $91,7 \pm 3,1$ % desjenigen der 1. Generation haben; die 2. und 3. Generation zusammengefaßt haben dann $89,6 \pm 3,1$ % vom Massezuwachs der 1. Generation. Es bestehen jedoch große Bedenken dagegen, Beobachtungen eines Materials wegzulassen; deshalb ist überall in den vorangegangenen Darlegungen das Flächenpaar 1030/31 gleichberechtigt mit allen übrigen Beobachtungen mitverwertet worden.

Um den Überblick über die recht ausgedehnte Erörterung des Vergleichs zwischen den Massezuwachsgößen der Generationen zu erleichtern, ist das Ergebnis des Vergleichs in Tabelle 7 angeführt.

Tabelle 7. Massezuwachs der 2. und 3. Generation in Prozenten des Massezuwachses der 1. Generation, nach Vornahme der in der Tabelle angeführten Korrekturen

Tabel 7. 2. og 3. generations massetilvækst i % af 1. generations massetilvækst, når tilvæksten er korrigeret på de i tabellen anførte måder

	2. Generation in Prozenten der 1. Generation <i>2. generation i procent af 1. generation</i>	2. und 3. Generation in Prozenten der 1. Generation <i>2. og 3. generation i procent af 1. generation</i>
Anzahl der Fälle <i>Antal tilfælde</i>	14 (13)	16 (15)
a. Massezuwachs ohne jegliche Korrektur (Tabelle 5, Spalte 10) <i>Massetilvækst uden nogen korrektioner (tabel 5, kolonne 10)</i>	91,9 ± 3,8	90,1 ± 3,5
b. Massezuwachs mit Hinzurechnung des berechneten Zuwachses für die während des Jahrfünfts gefällten Bäume. Wo Altersunterschiede vorliegen, ist in jedem Vergleichs- paar der Zuwachs der älteren Pro- befläche auf das Alter der jün- geren Probestfläche umgerechnet (Tabelle 5, Spalte 12) <i>Massetilvækst med tillæg af beregnet tilvækst på træer, som er fældet i 5-års perioden. Hvor aldersforskel forekommer, er ældste prøveflades tilvækst korrigeret til yngste prøveflades alder (tabel 5, kolonne 12)</i>	91,3 ± 4,2	89,1 ± 4,0
c. Wie b, aber nach Korrektur wegen des Unterschiedes zwischen der pflanzenzugänglichen Wasserkapazität in 40—70 cm Tiefe <i>Som b med korrektion for forskel i plantetilgængelig vandkapacitet i 40—70 cm's dybde imellem de parvise prøveflader</i>	95,4 ± 4,7	92,9 ± 4,4
d. Wie c, aber nach Ausmerzung des Probestflächenpaares 1030—1031 <i>Som c men med udskydelse af prøvefladeparret 1030—31</i>	91,7 ± 3,1	89,6 ± 3,1

j. *Schlußfolgerung*

Es besteht kein sicher festgestellter Unterschied zwischen dem Höhenzuwachs der 1. und 2. (+ 3.) Generation. Dagegen besteht ein solcher Unterschied der Generationen in bezug auf den Grundflächenzuwachs und infolgedessen auch in bezug auf den Massezuwachs in der Fünfjahresperiode, auf die unsere Untersuchung sich bezieht. Da es sich hierbei jedoch um nur kleine Unterschiede (in der Größenordnung von 5—10 %) handelt, läßt sich auf Grund des eingesammelten Materials der Unterschied nicht mit größerer Genauigkeit ermitteln. — Es ist anzunehmen, daß die im Material festgestellten Unterschiede ganz oder im wesentlichen auf Verschiedenheiten der primären Bodenfaktoren beruhen, die in den Beständen mit erster Generation am günstigsten sind. Wir haben versucht, primäre Unterschiede dieser Art in einem einzelnen Bodenfaktor durch Korrektur auszumerzen und sind selber der Meinung, daß die in Tabelle 7 Punkt c angegebenen Zahlen den genauesten — obwohl bei weitem nicht den vollkommenen — Ausdruck für den Zuwachsunterschied zwischen der ersten und zweiten Generation bedeuten. Da außerdem die untersuchte Fünfjahresperiode besonders ungünstig für die zweite Generation — in bezug sowohl auf ihren Höhenzuwachs wie auf ihren Grundflächenzuwachs — gewesen ist, müssen wir folgenden Schluß ziehen:

Die Untersuchung hat keinen Unterschied ergeben, der für den Zuwachs von Beständen erster Generation einerseits und zweiter (und dritter) Generation andererseits signifikant wäre. Unser Material schließt jedoch die Möglichkeit nicht aus, daß ein Unterschied der Produktion zwischen verschiedenen Generationen vorliegen könne, doch ergibt sich aus unserm Material, daß ein etwaiger derartiger Unterschied unter allen Umständen nur 10 % oder noch weniger betragen kann.

Es bestehen deshalb im Hinblick auf den Zuwachs keine ernsteren Bedenken dagegen, in dem untersuchten Gebiet den Fichtenanbau fortzusetzen.

Vorstehende, vorsichtshalber etwas unbestimmt gehaltene Schlußfolgerung läßt erweiterte Untersuchungen über die Frage des Produktionsverhältnisses zwischen Fichte der ersten und der folgenden Generationen wünschenswert erscheinen. In dem hier

behandelten Wuchsgebiet ist unsere Lage jedoch so, daß wir tatsächlich alles brauchbare Material in unsere Untersuchung einbezogen haben, sodaß noch einige Jahrzehnte zu warten sein wird, bis eine Untersuchung neuen Materials sich hier durchführen läßt.

V

WURZEL- UND KERNFÄULE

1. *Literatur*

Zweck der hier beschriebenen Untersuchung war die Feststellung, ob der durch mehrere Generationen auf derselben Fläche fortgesetzte Fichtenanbau verstärkte Angriffe durch den Wurzelschwamm, *Fomes annosus* (Fr.) Cke.*), im Gefolge habe.

Der Wurzelschwamm, *Fomes annosus*, wird, seitdem *Hartig* (1874) den Zusammenhang zwischen der Wurzel- und Kernfäule der Fichte und Angriffen durch diesen Pilz nachgewiesen hat, als derjenige Angreifer der Fichte angesehen, der den meisten Schaden verursacht.

Es haben in der Vergangenheit viele Untersuchungen über den *F. annosus* stattgefunden. Trotzdem herrscht noch Unklarheit über wesentliche Fragen in bezug auf diesen Schädling, und insbesondere liegt nur ein spärliches Schrifttum vor über das Vorkommen der wurzel- und kernfäuleverursachenden Pilze im Verhältnis zur 1. und 2. Generation der Fichte.

Ferdinandsen und Jørgensen (1938—39) schreiben in „Skovtræernes Sygdomme“ (Die Krankheiten der Waldbäume), im Abschnitt über *F. annosus*, S. 388:

„Nach alter Buche ist der Boden frei von *Trametes*; der Pilz findet sich, auch auf ungünstigen Standorten, erst nach Verlauf ziemlich langer Zeit ein. Angriffe auf die jungen Bäume bleiben daher ganz aus (während der *Hallimasch* ... oft kräftig auftritt**), und man darf daher im allgemeinen damit rechnen, daß die Fichte — unabhängig von Anpflanzungsweise, Durchforstung usw. — das normale

*) Synonyme: *Fomitopsis annosa* (Fr.) Karst., *Polyporus annosus* Fr., *Trametes radiciperda* Hartig.

**) Es ist hier die Rede von dem akut verlaufenden Angriff der *A. mellea* auf junge Pflanzen. — Anm. d. Verf.

Umtriebsalter von 50—70 Jahren wird erreichen können, bevor die Bäume in nennenswertem Umfang angegriffen werden.“

Auf Grund von Auskünften aus 26 Forstbezirken über den Gesundheitszustand in Nadelbaumbeständen 2. Generation äußern sich *Jørgensen, Lund und Treschow* (1939, S. 90) wie folgt:

„In den allermeisten Fällen sind die mit Fichte nach Fichte gemachten Erfahrungen nicht gut. Die Auskünfte laufen meistens darauf hinaus, daß die Krankheit in der 2. Generation auf sehr bösartige Weise auftritt und daß ein mehrmals hintereinander fortgesetzter Fichtenanbau im allgemeinen als unverantwortlich bezeichnet werden müsse. — Hierzu muß jedoch bemerkt werden, daß das Fragebogenmaterial nicht groß und auch mit gewissen Mängeln behaftet ist. Beispielsweise fehlen meistens Angaben über den Zustand der Fläche bei der Verjüngung sowie über den Gesundheitszustand des alten Bestandes; das Urteil über die einzelnen Fälle wird daher etwas unsicher, obwohl als wahrscheinlich betrachtet werden darf, daß der Zustand der abgeholzten Bestände leidlich gut gewesen sein wird, da man ihn sonst kaum mit Fichte verjüngt haben würde.

Obwohl also die Erfahrungen über Fichte nach Fichte schlecht sind, finden sich in den Fragebögen dennoch eine Reihe von Berichten über Fälle, in denen die 2. Generation sich schön entwickelt und ein angemessenes Alter erreicht hat, bevor *Trametes*-Angriffe von Bedeutung sich zeigten.“

Zu den hier wiedergegebenen Auskünften sei ergänzend bemerkt, daß damals die Eigenschaft der *A. mellea*, bei der Fichte Wurzel- und Kernfäule hervorzurufen, in Dänemark noch nicht erkannt worden war, sondern daß man glaubte, es sei der bei weitem größte Teil der eigentlichen Kernfäule durch Angriffe von *F. annosus* verursacht. Es ist infolgedessen möglich, daß Auskünfte, in denen auf *F. annosus* Bezug genommen wird, sich in einigen Fällen in Wirklichkeit auf *A. mellea* beziehen, und jedenfalls ist keine Entscheidung darüber möglich, wann das eine und wann das andere der Fall ist.

Bezüglich der Sitkafichte schreibt *Løfting* (1937), daß die 2. Generation nach Beständen mit *F. annosus*-Angriffen in der Regel stark angegriffen werden wird.

Von deutscher Seite liegen zwei Aufsätze vor (*Sauer* 1917 und *Zentgraf* 1936), in denen u. a. der Gesundheitszustand der Fichte in der ersten und den späteren Generationen besprochen wird. Ohne nähere Belege beizubringen, glauben beide Verfasser feststellen zu dürfen, daß in der zweiten und den folgenden Fichtengenerationen auf derselben Fläche umfangreiche und frühe *F. annosus*-Angriffe zu erwarten seien, während nach Laubhölzern gepflanzte Fichten in der Regel gesund bleiben würden.

Auf Grund umfangreicher Untersuchungen weist *Peace* (1938) nach, daß die Häufigkeit des *F. annosus*-Vorkommens in Fichtenbeständen u. a. von der vorhergegangenen Benutzung der Fläche abhängig sei und daß die Angriffshäufigkeit nach folgender Stufenleiter abnehme: *Ackerland — Laubbäume — Laub- und Nadelbäume gemischt — Nadelbäume — Heide- und Moorböden* sowie *Landwirtschaftsböden, über deren frühere Verwendung keine Angaben vorliegen.* — Bei diesen Untersuchungen wurde die Fäule nach den verschiedenen sie verursachenden holzersetzenen Pilzen unterschieden, bei der abschließenden Bearbeitung jedoch wurde das Material zusammengefaßt, und da *F. annosus* der am häufigsten im Zusammenhang mit Kernfäule vorkommende Pilz war, wurden alle Untersuchungsergebnisse auf diesen einen Schädling bezogen.

Wie aus dem hier angeführten Schrifttum ersichtlich ist, geht die vorherrschende Auffassung dahin, daß ein durch mehrere Generationen auf derselben Fläche fortgesetzter Fichtenanbau mit erhöhter Gefahr früher und umfangreicher *F. annosus*-Angriffe auf die Bestände verbunden sei — eine Auffassung, die zwar von vielen Forstwirtschaftern geteilt wird, von der jedoch trotzdem gesagt werden darf, daß sie keineswegs ausreichend belegt ist. Die von *Peace* (1938) aufgestellte, vorstehend angeführte Skala sieht trotz des ihr zugrundeliegenden umfangreichen Materials nur wenig wahrscheinlich aus; jedenfalls steht sie in entscheidenden Punkten im Gegensatz zu den in Dänemark gemachten Erfahrungen.

Da die Frage nach der Gesundheit der Fichte in ihrer ersten und den späteren Generationen von größter Bedeutung für die zukünftige Entwicklung des Fichtenanbaus ist, dürfte eine neue, eingehende Untersuchung allgemein erwünscht sein.

2. Einleitende Bemerkungen über die eigene Untersuchung

Das weiter oben über den Zweck der Untersuchung Gesagte kann hier dahin ergänzt werden, daß ermittelt werden sollte, ob die Häufigkeit des Auftretens von *F. annosus* in Fichtenbeständen, die nach Fichte gepflanzt sind, größer sei als die Häufigkeit von Angriffen desselben Schädling in Fichtenbeständen, die nach Buche gepflanzt sind.

Da sich im Fortgang der Untersuchung jedoch zeigte, daß in der Mehrzahl der untersuchten jüngeren Bestände *A. mellea* weit öfter Wurzel- und Kernfäule verursachte als *F. annosus*, so war es nur natürlich, daß auch die Häufigkeit des Auftretens von *A. mellea* in der ersten und zweiten Fichtengeneration in die Untersuchung einbezogen wurde.

Die durch mehrere Generationen auf derselben Fläche fortgesetzte Fichtennachzucht kann, wie sich denken ließe, den Gesundheitszustand der Bestände zumindest auf zweierlei Weise beeinflussen.

Erstens könnte Fichtenanbau an sich selbst den Boden in solcher Weise beeinflussen, daß dem *F. annosus* bessere Wachstumsbedingungen geboten würden, sodaß bei erneutem Anbau einer zweiten und noch weiterer Fichtengenerationen auf demselben Boden entsprechende stärkere Angriffe durch diesen Pilz die Folge wären.*) Aus den im vorigen Kapitel dargestellten Bodenuntersuchungen geht jedoch hervor, daß im Falle fortgesetzter Fichtennachzucht keine solchen Bodenänderungen nachgewiesen werden konnten, von denen *angenommen* werden müßte, daß sie die Lebensbedingungen für den *F. annosus* in einem derartigen Maße beeinflussten, daß sich dies in entweder stärkeren oder schwächeren Angriffen auf die zweite und die folgenden Fichtengenerationen zeigen würde.

Zweitens ließe sich denken, daß durch mehrere Generationen fortgesetzter Fichtenanbau in gewissen Fällen zu einer Anhäufung von Ansteckungsstoffen führe, und zwar in Gestalt von alten, infizierten Stümpfen (vgl. S. 135), von denen aus der Pilz die Bäume der darauffolgenden Bestände angreifen könne.

Für den Gesundheitszustand eines Fichtenbestandes wäre es also von größerer Wichtigkeit, ob er nach einem gesunden oder

*) z. B. Änderung des pH-Wertes des Bodens und dadurch bessere Lebensbedingungen für *F. annosus*.

nach einem von *F. annosus* angegriffenen Fichtenbestand gepflanzt ist oder ob es sich bei dem vorausgegangenen Bestand um Buche oder gesunde Fichte gehandelt hat; Buche und gesunde Fichte dürfen im Zusammenhang mit dieser Frage durchaus als gleichwertig angesehen werden (vgl. *Løfting*, 1937). Aus diesem Grunde wäre es für unsere Untersuchungen wünschenswert, ein genaues Bild vom Gesundheitszustand der *früheren* Bestände 1. Generation zu erhalten (d. h. derjenigen auf den Standorten der jetzt von uns untersuchten Flächen mit 2. Generation), aber leider waren Angaben hierüber nur bei einem Teil der untersuchten Bestände erhältlich.

3. *Das Material*

Die Untersuchung umfaßt die bereits in früheren Kapiteln beschriebenen 15 Satz Probeflächen in den Forstämtern Frederiksberg und Nødebo, und zwar:

- 13 Satz, bei denen die Fichte auf der einen Fläche nach Buche angepflanzt (1. Fichtengeneration), auf der andern Fläche desselben Flächensatzes dagegen nach Fichte angepflanzt ist (2. Fichtengeneration);
- 1 Satz, bestehend aus 3 Flächen, nämlich je einer mit 1., 2. und 3. Generation;
- 1 Satz aus je einer Fläche mit 1. und 3. Generation.

Die Probeflächen eines jeden Satzes liegen zwischen gleichaltrigen Nachbarbeständen, die nach Buche bzw. Fichte angepflanzt sind, und jede Probefläche enthält etwa 100 Bäume. — Die Brusthöhenalter der Bestände waren zwischen 9 und 59 Jahren*) (vgl. im übrigen Tabelle III).

Wie oben erwähnt, ist es wahrscheinlich, daß der Gesundheitszustand einer früheren 1. Generation Einfluß auf eine jetzige auf demselben Standort befindliche 2. Generation hat. Deshalb folgen hier die uns zugänglich gewesenen Angaben über die alten Bestände erster Generation.

Tabelle 8 enthält u. a. die Angabe des Brennholz-Prozentsatzes bei der Hauptverwertung einiger der früheren Fichtenbestände 1. Generation, wo jetzt solche der 2. Generation stehen; die Tabelle zeigt, daß in der Mehrzahl der betreffenden früheren

*) Das Brusthöhenalter ist gleich der Anzahl der Jahrringe in der Höhe von 1,3 m.

Tabelle 8. Vergleich zwischen dem Brennholz-Prozentsatz der 1. Fichtengeneration mit dem Prozentsatz an *F. annosus*-Angriffen in der darauffolgenden 2. Fichtengeneration

Probe- fläche Nr.	Brennholz- Prozentsatz*) bei der Hauptnutzung der 1. Generation (Abrechnungszahlen der Forstbezirke)	Brusthöhen- alter der 2. Generation	Prozentsatz der von <i>F. annosus</i> angegriffenen Bäume in der 2. Generation (Tabelle III)
1002	6,1	17	0,0
1023	8,5	15	2,8
1027	8,1	15	2,1
1029	7,8	11	1,9
1031	14,8	18	39,2

*) Einschließlich geringwertiger Nutzrollen.

Bestände keine starken *F. annosus*-Angriffe gewesen sein können, weil die Brennholz-Prozentsätze sich sehr wohl als die Folge von Schleppschäden erklären lassen (vgl. *Yde-Andersen*, 1959). Die Tabelle umfaßt nur solche Bestände, wo der Kahlschlag der 1. Generation nach 1930 stattgefunden hat, d. h. wo die dort jetzt wachsenden Bestände 2. Generation ein Brusthöhenalter von weniger als 30 Jahren haben; ältere als diese Bestände sind nicht mit aufgenommen worden, weil über sie keine sicheren Angaben vorliegen.

Unsere Untersuchung ergab, daß nur 9,6 % der Bäume in Beständen 1. Generation mit Brusthöhenalter über 30 Jahre von *F. annosus* angegriffen waren; diese Bestände müssen also als recht gesund betrachtet werden. Dies macht es noch mehr wahrscheinlich, daß die alten Bestände 1. Generation ebenfalls verhältnismäßig gesund gewesen sind (vgl. *Jørgensen, Lund und Treschow*, 1939).

Viel spricht also für die Annahme, daß nahezu alle Bestände 2. Generation die Nachfolger einer verhältnismäßig gesunden ersten Fichtengeneration sind. Probefläche 1031, die schon in einem früheren Kapitel als „Außenseiter“ gekennzeichnet wurde, unterscheidet sich von den übrigen auch dadurch, daß ihre 2. Generation einen sehr hohen Angriffsgrad aufweist, und es ist anzunehmen, daß sie nach einem Bestande erster Generation mit kräftigen *F. annosus*-Angriffen gepflanzt worden ist (vgl. Tabelle 8).

Schließlich sei erwähnt, daß für zwei Bestände Angaben über Stockrodung vor der Bepflanzung der Flächen mit 2. Fichten-

generation vorliegen; es sind dies die Probeflächen 1021 und 1029, beide 1944 bepflanzt. — Es ist möglich, daß auch in einigen derjenigen Bestände, wo im Zeitraum 1914—20 eine 2. Generation gepflanzt wurde, Stümpfe der vorangegangenen 1. Generation ausgehoben worden sind.

Im allgemeinen wird man damit rechnen dürfen, daß die Ansteckungsgefahr durch Stockrodung vermindert wird (vgl. *Bornebusch und Holm*, 1934), obwohl auch die Möglichkeit nicht übersehen werden darf, daß bei Stockrodung das Ansteckungsmaterial über große Teile der Fläche verstreut werden kann; mit Sicherheit läßt sich daher nicht sagen, in welcher der beiden Richtungen die Stockrodung den Gesundheitszustand einer etwaigen nachfolgenden zweiten Generation beeinflusst.

Zusammenfassend sei hervorgehoben, daß die beiden Größen, die bei dieser Untersuchung mit einander verglichen werden, die folgenden sind:

der Gesundheitszustand von Fichtenbeständen, die nach abgeholzten Buchenbeständen von unbekanntem Gesundheitszustand gepflanzt sind (*1. Generation*),

und der

Gesundheitszustand von Fichtenbeständen die nach abgeholzten Fichtenbeständen gepflanzt sind und wobei diese letzteren (d. h. die alten, abgeholzten) vermutlich in den meisten Fällen verhältnismäßig gesund gewesen sind und wobei in einigen Fällen Stockrodung vor der Anpflanzung der jetzigen Fichtengeneration stattgefunden hat (*2. Generation*).

4. Das Verfahren

a. Untersuchungen im Walde

Die Untersuchungen im Walde sind im Sommer 1957 vorgenommen worden. Mit Ausnahme der schon im Jahre vorher zum Zwecke der Zuwachsuntersuchung auf jeder Fläche gefällten Bäume wurden von sämtlichen Bäumen in Stumpfhöhe Bohrpfropfen steril entnommen. Durch darauf folgende Inkubation und Mikroskopuntersuchung der Proben wurden die absolute und die relative Häufigkeit der verschiedenen wurzelfäule- und kernfäuleverursachenden Pilze ermittelt. Gleichzeitig wurden

durch makroskopische Beurteilung der entnommenen Proben die absolute und die relative Häufigkeit von Mißfärbung und Fäule bestimmt.

Auf den Probeflächen der jüngeren Bestände wurde aus jedem Baum nur ein Bohrpfropfen entnommen, und zwar so, daß dieser soweit möglich mit einem Durchmesser gleichlief, wobei allerdings der Baum nie ganz durchbohrt wurde. Von den Bäumen der älteren Bestände wurden zwei einander diametral gegenüberstehende Bohrpfropfen bis zur Mitte jedes Baumes entnommen. Durch diese Verfahrensweise wurde erreicht, daß von jedem Baum, unabhängig von der Größe, eine dem Durchmesser des Baumes entsprechende Probe entnommen wurde. In den zusammengehörenden Probeflächen wurde jedoch (mit Ausnahme der Flächen 1030 und 1031) immer das gleiche Entnahmeverfahren benutzt, damit die beiden ein wenig verschiedenen Arten der Entnahme den Vergleich zwischen den zwei Flächen eines Probeflächenpaares nicht beeinflussen.

Zur Entnahme der Propfen wurden Zuwachsbohrer benutzt. Vor der Entnahme wurde die Rinde an der Bohrstelle mit einem abgesengten Anweisungsmesser entfernt; das solcherart bloßgelegte Holz mitsamt der unmittelbar um dieses liegenden Rinde wurde mit einem Gasbrenner abgesengt (BP-Flaschengas). Zugleich wurde der Zuwachsbohrer durch Eintauchen in denaturierten Sprit (93 % Alkohol) und Absengung in der Gasflamme sterilisiert. Nach der Entnahme wurde der Bohrpfropfen von der Zunge des Zuwachsbohrers gelöst und in ein Malzagar-Schrägröhrchen (2 % Malz und 1½ % Agar) gelegt, wobei man mit den Fingern um das Rinden-Ende des Bohrpfropfens faßte und es beim Hineintun des Pfropfens dadurch abbrach, daß man es gegen die Seite des Glases drückte, worauf man es fortwarf. Während der Pfropfen hineingelegt wurde, hielt man das Glas mit der Mündung (die vorher abgesengt worden war) schräg nach unten. Als Verschuß der Gläser dienten Aluminiumkapseln, die sich bei der Arbeit im Walde als außerordentlich praktisch erwiesen. Das im Baum entstandene Loch wurde mit Baumwachs (Gaschell) geschlossen und das bloßgelegte Holz mit gewöhnlichem Steinkohlenteer überteert.

Nach Entnahme der Bohrpfropfen wurde deren Aussehen beschrieben und hierbei folgende, im Forstversuchsamt übliche Skala verwendet:

- Angriffsstärke 0: keine Mißfärbung;
 „ 1: schwache, aber deutliche Mißfärbung,
 kein morsches Holz;
 „ 2: starke Mißfärbung, kein morsches Holz;
 „ 3: morsches Holz bis weniger als $\frac{1}{3}$ des
 Stumpfdurchmessers;
 „ 4: morsches Holz bis mehr als $\frac{1}{3}$ des
 Stumpfdurchmessers.

Diese makroskopische Beurteilung der Bohrpfropfen wurde vorgenommen, um durch einen späteren Vergleich mit den Isolier-Ergebnissen die Zuverlässigkeit der obenstehenden Angriffs-skala nachprüfen zu können, da diese in einer Anzahl anderer Arbeiten des Forstversuchsamts benutzt wird.

b. *Laboratorium-Untersuchungen*

Nachdem die Röhren mit den Bohrpfropfen etwa 10 Tage lang bei Zimmertemperatur (ca. 18°C) stehen gelassen waren, wurden sie unter einer kräftigen Lupe ($\times 15$) genau untersucht; sodann wurden diejenigen Röhren, in denen sich Mikroorganismen zeigten, unter einem Stereomikroskop ($\times 40$ — $\times 100$) untersucht, und wo dies nicht ausreichte, wurden die Proben zwecks mikroskopischer Untersuchung herausgenommen. Die Röhren wurden auf dieselbe Weise noch zweimal mit je etwa einer Woche Zwischenzeit nachgesehen. Nach einer Inkubationszeit von etwa einem Monat ist mit weiterer Entwicklung von *F. annosus*-Myzelien nicht zu rechnen. Für *A. mellea* ist diese Inkubationszeit freilich kurz, weil dieser Pilz nur langsam wächst und erst nach Verlauf von 5 bis 7 Wochen erkennbar wird. Es ist daher möglich, daß das Vorhandensein von *A. mellea* in einer Anzahl von Fällen übersehen worden ist, weil die Proben zu früh weggeworfen wurden; erst gegen Schluß unserer Untersuchung wurde unsere Aufmerksamkeit auf den Umfang und die Bedeutung des Vorkommens von *A. mellea* gelenkt.

5. *Die Ergebnisse der Probeentnahmen*

Wie aus Tabelle III ersichtlich, sind im ganzen 2847 Bäume auf zusammengehörigen Flächen 1. und 2. Generation untersucht worden. In der Tabelle sind auch die Brusthöhenalter angegeben,

ferner die Anzahl der untersuchten Bäume der einzelnen Probestflächen, und schließlich wieviel Bohrpfropfen von den einzelnen Bäumen der Probestflächen entnommen wurden.

Bei Zusammenstellung der Tabelle III ist unterschieden worden zwischen folgenden Gruppen:

a. *Bäume*, von denen die entnommenen Proben

Fomes annosus-Konidien aufwiesen — *Spalte A*

Zu dieser Gruppe wurden solche Bäume gerechnet, von denen wenigstens 1 (ein) Bohrpfropfen F. annosus-Konidien aufwies, gleichgültig ob in Reinkultur oder zusammen mit anderen Organismen.

b. *Bäume*, von denen die entnommenen Proben

Bakterien (*Armillaria mellea*) enthielten — *Spalte B*

Dieser Gruppe wurden solche Bäume zugewiesen, von denen wenigstens 1 (ein) Bohrpfropfen entweder nur Bakterien aufwies, oder Bakterien zusammen mit *A. mellea*, aber *keine* F. annosus-Konidien, und wo in denjenigen Fällen, wo vom selben Baum zwei Proben entnommen worden waren, auch die zweite Probe *keine* F. annosus-Konidien enthielt.

c. *Bäume*, von denen die entnommenen Proben

entweder Fomes annosus-Konidien oder Bakterien (*Armillaria mellea*) enthielten — *Spalte C = Spalten A + B*.

d. *Bäume*, von denen die entnommenen Proben

Cephalosporium sp. aufwiesen — *Spalte D*.

Zu dieser Gruppe wurden solche Bäume gezählt, von denen wenigstens 1 (ein) Bohrpfropfen Cephalosporium sp. (vgl. S. 124) aufwies und auf denen sich weder F. annosus noch Bakterien (*A. mellea*) zeigten. In denjenigen Fällen, wo von jedem Baum zwei Proben entnommen worden waren, enthielt die zweite Probe entweder ebenfalls Cephalosporium sp. oder sie war verunreinigt worden oder blieb steril.

e. *Bäume*, von denen die entnommenen Proben

ausschließlich „andere Pilze“ ergaben — *Spalte E*.

f. *Bäume*, von denen die entnommenen Proben steril verblieben — *Spalte F.*

g. *Bäume* mit Mißfärbung oder Fäule — *Spalte G.*

a. *Bäume*, von denen die entnommenen Proben *F. annosus-Konidien* aufwies (Spalte A)

Von Bohrpfropfen mit *F. annosus*-Angriff würde dieser Pilz sich im Lauf von höchstens 10 Tagen entwickelt und die für diese Art charakteristischen Konidienträger und Konidien gebildet haben. Durch das Auftreten dieser Konidien ist die Feststellung von *F. annosus* sowohl leicht wie zuverlässig.

In der Regel entwickelte sich das *F. annosus*-Myzelium allein, ein einziges Mal jedoch zusammen mit *A. mellea*; in einigen Fällen wurde *F. annosus* zusammen mit *Cephalosporium* sp. festgestellt, in anderen Fällen zusammen mit Bakterien, aber dann immer durch Isolierungen von älteren Bäumen.

Die Bohrpfropfen, auf denen sich *F. annosus* entwickelte, zeigten in der Regel das Bild, das sich an Hand der oben wiedergegebenen Angriffsskala wie folgt beschreiben läßt:

<i>Angriffsgrad</i>	<i>Bohrpfropfen</i>
1	schwach violett bis grau; trocken.
2	violett bis bräunlich; trocken.
3 und 4	von außen violett, in dem morschen Teil goldbraun; in der Regel trocken. Wenn der Bohrpfropfen feucht ist, unterscheiden sich in dem morschen Holz deutlich das Frühlings- und das Herbst-Holz voneinander, und der Bohrpfropfen erscheint bunt.

Von 1241 Bäumen wurden je 2 Bohrpfropfen entnommen (mit Ausnahme der Probeflächen 1006—1007, (vgl. Fußnote S. 120)), und hiervon entwickelten sich *F. annosus*-Myzelien und -Konidien von insgesamt 138 Bäumen. Von 84 dieser 138 Bäume zeigten sich *F. annosus*-Myzelium und -Konidien in *beiden* Bohrpfropfen. Von den verbleibenden 54 Bäumen zeigte nur der eine Bohrpfropfen *F. annosus*-Myzelium und -Konidien, während die jeweils zweiten Bohrpfropfen in 5 Fällen *Cephalosporium* sp. und in weiteren 5 Fällen Bakterien enthielten; 14 Pro-

ben waren verunreinigt durch saprophytische Pilze, die zu den *Fungi imperfecti* gehören, und 30 Proben verblieben steril.

Der Sicherheitsgrad, in dem man mittels in Stumpfhöhe steril entnommener Proben und darauffolgender Inkubation imstande ist, *F. annosus*-Angriffe in stehenden Bäumen zu erkennen, ist von *Henriksen und Jørgensen* (1953, S. 233) erörtert worden; es wird dort folgender Schluß gezogen:

„Die Fehler des Verfahrens wirken . . . alle einseitig in der Richtung, daß ein geringerer *Trametes*-Gehalt ermittelt wird, als tatsächlich vorhanden ist, doch deutet nichts darauf, daß man ein schiefes Bild erhält, wenn man einen *Vergleich* der Ergebnisse von verschiedenen Beständen vornimmt, die z. B. auf verschiedene Weise durchforstet sind, und wenn man dabei eine hinreichend große Anzahl repräsentativer Bäume untersucht hat.“

Von derselben Auffassung aus ist das Bohrpfropfen-Verfahren als für unsere Untersuchung gut geeignet angesehen worden, da es ja gerade im *Vergleich* von je zwei gleichaltrigen Beständen besteht, von denen außerdem anzunehmen ist, daß sie gleichartig behandelt worden sind.

Wie sich die 182 Bäume, von denen die entnommenen Proben *F. annosus*-Konidien aufwiesen, auf die Angriffsgrade verteilen, ist aus Tabelle 9 ersichtlich.

Tabelle 9. Verteilung nach Angriffsgraden, geltend für diejenigen Bäume, von denen die entnommenen Proben *F. annosus*-Konidien aufwiesen:

182 Bäume (6,4 %) der im ganzen 2847 untersuchten Bäume

Angriffsgrad (makroskopisch)	0	1	2	3	4	insgesamt
Anzahl Bäume mit <i>F. annosus</i>	16	18	18	73	57	182
Prozentsatz der von <i>F. annosus</i> angegriffenen Bäume	8,8	9,9	9,9	40,1	31,3	100,0

Aus der Tabelle geht hervor, daß man mit einiger Übung imstande ist, an Hand makroskopischer Beurteilung der Bohrpfropfen etwa 90 % derjenigen *F. annosus*-Angriffe zu erkennen, die bis in Stumpfhöhe hinaufgedrungen sind. Außerdem ergibt sich aus der Tabelle, daß *F. annosus* sich am häufigsten an Bäumen mit weit vorgeschrittener Holzzersetzung findet; von den Bäumen, wo *F. annosus* nachgewiesen werden konnte, sind 130 Bäume (71,4 %) den Angriffsgraden 3 und 4 zugeteilt worden.

b. *Bäume, von denen die entnommenen Proben Bakterien enthielten* (A. mellea) (Spalte B)

Bei der Untersuchung der ersten 206 Bohrpfropfen (Probeflächen 1006—1007) enthielten auffallend viele Röhrrchen Bakterien. Erkannt wurden die Bakterien entweder als bis zu 1 mm große Schleimtropfen auf dem Agar in den Röhrrchen oder als ein schleimiger Belag auf der ganzen Agarfläche.

Um Klarheit darüber zu erlangen, ob die Entwicklung dieser Bakterien auf Verunreinigung beruhe oder als Zeichen dafür gewertet werden könne, daß sich auf den betreffenden Bäumen Bakterien befanden, wurden von denjenigen Bäumen, deren Proben ausschließlich Bakterien aufwiesen, erneut Proben entnommen. Diese zweiten entnommenen Proben hatten dasselbe Ergebnis wie die ersten; deshalb wurden die Bäume, von denen sich Bakterien aus den Proben entwickelten, als besondere Gruppe angeführt.

Durch spätere Versuche, die isolierten Bakterien zu identifizieren, wurde deutlich, daß es sich jedenfalls um mehrere verschiedene Bakterienarten handelte.

Von den 1241 Bäumen (ausgenommen Probeflächen 1006—1007*), von denen zwei Bohrpfropfen entnommen worden waren, ergaben sich Bakterien an insgesamt 147 Bäumen; von diesen 147 Bäumen hatten bei 66 Bäumen beide Bohrpfropfen Bakterienwachstum, während bei den verbleibenden 81 Bäumen nur der eine Bohrpfropfen Bakterienwachstum zeigte, der andere dagegen entweder *Cephalosporium* sp. entwickelte oder verunreinigt war oder aber steril verblieb.

Die Bohrpfropfen, auf denen sich Bakterien entwickelten, zeigten in der Regel das Bild, das sich an Hand der oben wiedergegebenen Angriffsskala wie folgt beschreiben läßt:

<i>Angriffsgrad</i>	<i>Bohrpfropfen</i>
1	gelblich und feucht.
2	gelblich, mit karamelbraunen Flecken; sehr feucht.

*) Bei Beurteilung der Isolierungsergebnisse der entnommenen Proben von Probeflächen 1006—1007 wurde das Vorkommen von Bakterien nicht gesondert notiert, sondern unter den Verunreinigungen mitgezählt, sodaß hier und auch weiterhin Aufstellungen und Zahlenangaben vorkommen werden, bei denen diese beiden Probeflächen außer Betracht gelassen sind.

3 und 4 von außen gelblich, in dem morschen Teil braun; sehr feucht. Manchmal kann das am stärksten angegriffene Holz völlig zerstört sein.

Bei Bohrpfropfen, die bei der makroskopischen Beurteilung dem Angriffsgrad 3 oder 4 zugewiesen wurden, hatten sich gelegentlich Myzelium oder Rhizomorphen des *A. mellea* zusammen mit den Bakterien entwickelt. Leider ist es nicht möglich anzugeben, wie oft *A. mellea* vorkam, da unsere Aufmerksamkeit erst gegen Schluß der Untersuchung auf diesen Pilz gelenkt wurde, sodaß sein Vorkommen nicht gesondert notiert worden ist. Es wurden jedoch später eigens im Hinblick auf *A. mellea* neue Proben von 36 Bäumen auf den Probeflächen 1026—1027 entnommen, und auch hier nur von solchen Bäumen, auf denen vorher ausschließlich Bakterien nachgewiesen waren; das Ergebnis zeigt die Tabelle 10.

Tabelle 10. Ergebnis einer neuen Probeentnahme von 36 Bäumen der Probeflächen 1026—1027, wo früher ausschließlich *Bakterien* nachgewiesen worden waren

Angriffsgrad	1	2	3	4	insgesamt
Anzahl der Bäume mit <i>A. mellea</i> und <i>Bakterien</i>	0	0	10	4	14
„ „ „ ausschließlich mit <i>Bakterien</i>	5	5	5	0	15
„ „ „ , deren Proben steril verblieben	3	1	3	0	7
Anzahl der Bäume insgesamt	8	6	18	4	36

Bei der Probeentnahme wurde wie immer in Stumpfhöhe gebohrt, aber der Bohrer wurde schräg nach unten gerichtet. Die Bohrpfropfen wurden diesmal in Röhrcchen mit selektivem Agar gebracht — 2 % Kartoffeldextrose-Agar mit Zusatz von 0,006 % Ortho-Phenol-Phenyl (*Russell, 1956*) — wodurch das Wachstum eines Teils der Organismen gehemmt wird, die als Verunreinigungen auftreten, insbesondere saprophytische Fungi imperfecti und Bakterien*), während das Wachstum von Basidio-

*) Durch die Benutzung von selektivem Agar erklärt sich, weshalb die Proben von 7 Bäumen, in denen früher Bakterien nachgewiesen waren, diesmal steril verblieben.

myzeten — hierunter *A. mellea* und *F. annosus* — überhaupt nicht gehemmt wird.

Angriffsgrade 3 und 4 zusammengerechnet sind 22 Fälle, in denen der Bohrer die zentrale, faulige Holzpartie gefaßt hat; von diesen 22 *möglichen* Fällen haben 14 Fälle *tatsächlich* *A. mellea*-Rhizomorphen ergeben, und dieses Ergebnis stimmt gut überein mit den früheren Veröffentlichungen über den Bakterien-Inhalt von durch *A. mellea* kernfauligen Bäumen (*Yde-Andersen* 1958). Von den Bäumen, auf denen bei der ersten Probeentnahme ausschließlich *Bakterien* nachgewiesen worden waren, wurde jetzt in keinem einzigen Falle *F. annosus* gefunden.

Die Tatsache, daß ein makroskopisch als gesund beurteilter Bohrpfropfen steril verbleibt, kann jedoch nicht als vollgültiger Beweis dafür genommen werden, daß die Wurzeln solcher Bäume nicht dennoch von *A. mellea* angegriffen seien. In einem Fichtenbestand (Probefläche KD, Sofie-Amalie-Gård; Alter 22 Jahre vom Samen) wurden 16 Wurzelsysteme von Bäumen ausgegraben, deren steril entnommene und makroskopisch dem Angriffsgrad 0 zugewiesene Bohrpfropfen steril verblieben waren, aber die genaue Untersuchung dieser 16 ausgegrabenen Wurzelsysteme ergab, daß 3 dieser Bäume in ihren Wurzeln von *A. mellea* angegriffen waren (vgl. *Christensen*, 1938 und *Ehrlich*, 1939), und es ist anzunehmen, daß dieser Angriff im Laufe der Zeit aufwärts bis in den Stamm vorgedrungen sein würde.

Bei der Untersuchung von jüngeren Fichten (Brusthöhenalter unter 30 Jahre) führt das Probeentnahmeverfahren also dazu, daß beginnende Angriffe von *A. mellea* nicht erkannt werden; andererseits scheint zwischen einer tiefer gelegenen, durch *A. mellea* verursachten Fäule und dem Vorkommen von Bakterien in mißfarbigem Holz in Stumpfhöhe ein recht fester Zusammenhang zu bestehen (*Yde-Andersen*, 1958, vgl. *Falck*, 1930).

Bei älteren Fichten (mit Brusthöhenalter über 30 Jahre) besteht dagegen kein so enger Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von Bakterien in der Stumpfhöhe und durch *A. mellea* verursachter Kernfäule. Durch Schleppschäden und ähnliche mechanische Beschädigungen kommt es bei der Fichte vor, daß Bakterien in das bloßgelegte Holz eindringen (*Yde-Andersen*, 1959), und deshalb können auch bei aus solchen Bäumen entnommenen Proben Bakterien vorkommen. Da die Anzahl der mechanisch beschädigten Bäume mit dem Bestandesalter zu-

nimmt, wird mit zunehmendem Alter mehr und mehr auch die Anzahl der Bäume zunehmen, von denen die Proben allein infolge von mechanischen Schäden Bakterien aufweisen werden.

Die Gruppe „Bäume, von denen die entnommenen Proben Bakterien (*A. mellea*) aufwiesen“ ist daher keine homogene Gruppe; ihre jüngeren Fichten sind vorwiegend solche, die in Wurzeln und Kern von *A. mellea* angegriffen sind, und ihre älteren Fichten sind sowohl solche, die von *A. mellea* angegriffen sind, wie auch solche, in denen die nachgewiesenen Bakterien ausschließlich infolge von mechanischen Beschädigungen der betreffenden Bäume vorkommen. Schließlich ist die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, daß ein Teil der Bakterienvorkommen Verunreinigungen zuzuschreiben sei.

Für unsere Untersuchung jedoch, die, wie erwähnt, in einem Vergleich der Ergebnisse von einigermaßen gleichaltrigen Beständen besteht, ist der durch die Gleichsetzung von Bakterienvorkommen und *A. mellea*-Angriff nur von untergeordneter Bedeutung, da sie lediglich eine Verschiebung des Niveaus bewirkt, nicht aber die Ergebnisse des Vergleichs berührt.

Tabelle 11. Verteilung nach Angriffsgraden, geltend für diejenigen Bäume, von denen die entnommenen Proben Bakterien aufwiesen:

303 Bäume (11,5 %) der im ganzen 2641 untersuchten Bäume (ausgenommen Probeflächen 1006—1007)

Angriffsgrad (makroskopisch)	0	1	2	3	4	insgesamt
Anzahl der Bäume mit Bakterien	62	127	70	38	6	303
Prozentsatz der Bäume mit Bakterien	20,5	41,9	23,1	12,5	2,0	100,0

Aus der Tabelle 11 geht hervor, daß man bei der makroskopischen Beurteilung etwa 20 % der Vorkommen von Bakterien (*A. mellea*) übersehen wird, die sich bei der Isolierung zeigen. Außerdem ergibt sich aus der Tabelle, daß Bakterien (*A. mellea*) vorzugsweise in Bäumen mit mißfarbigem Holz (Angriffsgrade 1 und 2) vorkommen, bei denen die Holzerstörung noch nicht bis zur Stumpfhöhe hinaufgedrungen ist; nur 44 der Bäume (14,5 %) sind bei der makroskopischen Beurteilung den Angriffsgraden 3 und 4 zugeteilt worden.

- c. *Bäume, von denen die entnommenen Proben entweder F. annosus-Konidien oder Bakterien (A. mellea) enthielten (Spalte C)*

Da zwischen Angriffen von *A. mellea* und von *F. annosus* möglicherweise ein Zusammenhang bestehen könnte (*Falck*, 1930, *Biraghi*, 1949, *Kangas*, 1952, vgl. S. 131), sind Angriffe dieser beiden Pilzarten gemeinsam angeführt worden.

- d. *Bäume, von denen die entnommenen Proben Cephalosporium sp. aufwiesen (Spalte D)*

Cephalosporium sp. werden zu den *Mucidinaceae* (Fungi imperfecti) gerechnet; eine Beschreibung der hier isolierten Art findet sich bei *Henriksen und Jørgensen* (1953).

Bäume dieser Gruppe sind deshalb gesondert angeführt worden, weil, wie ebenfalls von *Henriksen und Jørgensen* (1953) beobachtet, *Cephalosporium sp.* in den Röhrengläsern oft in Reinkultur vorkommt. Von den 1241 Bäumen (ohne Probeflächen 1006—1007), von denen je 2 Bohrpfropfen entnommen worden waren, wiesen 204 Bäume *Cephalosporium sp.*-Reinkulturen auf, aber nur von 85 Bäumen waren es beide Bohrpfropfen, während von den verbleibenden 119 Bäumen nur die eine Probe *Cephalosporium sp.* aufwies, die andere dagegen entweder durch andere Schimmelpilze verunreinigt war oder aber steril verblieb.

Das häufige Vorkommen von *Cephalosporium sp.* — in 85 Fällen sogar bei beiden Bohrpfropfen vom selben Baum — deutet darauf, daß es sich hier um einen im Baum wohnenden Pilz handelt.

Tabelle 12. Verteilung nach Angriffsgraden, geltend für diejenigen Bäume, von denen die entnommenen Proben *Cephalosporium sp.* aufwiesen:

444 Bäume (15,6 %) der im ganzen 2847 untersuchten Bäume

Angriffsgrad (makroskopisch)	0	1	2	3	4	insgesamt
Anzahl der Bäume mit <i>Cephalosporium sp.</i>	404	24	9	7	0	444
Prozentsatz der Bäume mit <i>Cephalosporium sp.</i>	91,0	5,4	2,0	1,6	0,0	100,0

Aus Tabelle 12 geht hervor, daß *Cephalosporium sp.* sich zum weitaus größten Teil bei Bäumen findet, deren Holz ent-

weder garnicht oder nur ganz schwach mißfarbig ist; das Vorkommen von *Cephalosporium* sp. in 7 Fällen des Angriffsgrades 3 muß, solange keine andere Erklärung vorliegt, dahin gedeutet werden, daß dieser Pilz als Nachfolger des von ihm verdrängten eigentlichen Parasiten anzusehen ist (vgl. *Henriksen und Jørgensen*, 1953).

e. *Bäume, von denen die entnommenen Proben ausschließlich „andere Pilze“ ergaben* (Spalte E).

Die Gruppe „andere Pilze“ umfaßt:

α. Weiße, sterile Myzelien sowie *Graphium* sp., die — vermutlich durch Verletzungen der Bäume in diese eingedrungen — Mißfärbung oder Fäule verursacht haben. Versuche einer näheren Artbestimmung der weißen, sterilen Myzelien sind nicht gemacht worden; sie können vielleicht von folgenden, in Schlepptunden an Bäumen älterer Bestände oft festgestellten Basidiomyceten herrühren: vom Herben Porling, *Polyporus albidus* (Schaeff) Trog*), und vom Sparringer Schüppling, *Pholiota squarrosa* (O. F. Müll.) Quel.**)

β. Außerdem folgende Fungi imperfecti: *Cladosporium herbarum*, *Fussarium* sp., *Mucor* spp., *Penicilium* spp., *Pullularia pullulans*, *Spicaria* sp., *Torula ligniperda*, *Trichoderma viride* nebst anderen, nicht identifizierten Pilzen.

Diese Gruppe kann zusammengefaßt werden als Verunreinigungen im weitesten Sinne, weil diese Pilze teils als sekundäre Pilze nach holzzersetzenden Pilzen in angegriffenen Bäumen auftreten können, teils aber auch als Verunreinigungen beim Entnehmen der Proben.

Tabelle 13. Verteilung nach Angriffsgraden, geltend für diejenigen Bäume, von denen sich bei den entnommenen Proben ausschließlich „andere Pilze“ ergaben: 522 Bäume (19,8 %) der im ganzen 2641 untersuchten Bäume (ausschließlich Probeflächen 1006—1007)

Angriffsgrad (makroskopisch)	0	1	2	3	4	insgesamt
Anzahl der Bäume mit „anderen Pilzen“	415	47	25	28	7	522
Prozentsatz der Bäume mit „anderen Pilzen“	79,5	9,0	4,8	5,4	1,3	100,0

*) Synonym: *Polyporus stipticus* (Pers.) Quel.

***) Diese Art wächst jedoch hauptsächlich auf Laubbäumen.

Zu Tabelle 13 ist folgendes zu erläutern:

Beim Angriffsgrad 0 ist zu vermuten, daß das Vorkommen der „anderen Pilze“ zum überwiegenden Teil durch Verunreinigungen verursacht sein könne; bei den Angriffsgraden 1 und 2 kann es sich teils um Pilze der unter α genannten Art, teils um Verunreinigungen handeln. Bei den Angriffsgraden 3 und 4 kann es sich entweder um die unter α genannten Pilze handeln oder um A. mellea-Kernfäule, die mit zunehmendem Alter oft verschiedene saprophytische Pilze enthalten wird (*Käärik und Rennerfelt*, 1957) oder aber auch um Kernfäule, die durch F. annosus verursacht ist, bei dem in älteren Stadien ebenfalls saprophytische Pilze auftreten können (*Rishbeth* 1951 a) — oder schließlich wiederum um einfache Verunreinigungen.

f. *Bäume, von denen die entnommenen Proben steril verblieben*
(Spalte F)

Wie sich die Bäume, von denen die entnommenen Proben steril verblieben, auf die Angriffsgrade verteilen, geht aus Tabelle 14 hervor.

Tabelle 14. Verteilung nach Angriffsgraden, geltend für diejenigen Bäume, von denen die entnommenen Proben steril verblieben:

1331 Bäume (46,8 %) von im ganzen 2847 untersuchten Bäumen

Angriffsgrad (makroskopisch)	0	1	2	3	4	insgesamt
Anzahl der „sterilen Bäume“	1258	53	11	6	3	1331
Prozentsatz der „sterilen Bäume“	94,5	4,0	0,8	0,5	0,2	100,0

Die Tatsache, daß von 53 (4,0 %) der makroskopisch dem Angriffsgrad 1 zugewiesenen Bäume die Proben sich als steril erwiesen, wird sicherlich nur so erklärt werden können, daß die Bohrpfropfen eben ganz einfach falsch beurteilt worden sind. Daß auch die letzten 3 Gruppen, zusammen 20 Bäume (0,8 + 0,5 + 0,2 % = 1,5 %) steril verblieben, mag teils darauf beruhen, daß die Hyphen gestorben waren, teils auf fehlerhafter Probenentnahme.

g. *Bäume mit Mißfärbung oder Fäule* (Spalte G)

Auf Grund der makroskopischen Beurteilung der entnommenen Bohrpfropfen sind die absolute und die relative Häufigkeit von Mißfärbung oder Fäule in den Bäumen der Probedflächen ohne Rücksicht darauf angeführt worden, welche Organismen die Mißfärbung oder die Fäule verursacht haben mögen.

Bei der makroskopischen Beurteilung der Mißfarbe oder Fäule an den Bohrpfropfen ist es in den meisten Fällen unmöglich zu entscheiden, ob der Zustand von einem Schleppschaden herrührt oder durch kernangreifende Pilze hervorgerufen ist; eine Sondernung zwischen diesen Arten der Fäule ist bei der makroskopischen Beurteilung der Bohrpfropfen deshalb nicht versucht worden.

Tabelle 15. Verteilung nach Angriffsgraden, geltend für Bäume mit Mißfärbung oder Fäule: 648 Bäume (22,8 %) von den im ganzen 2847 untersuchten Bäumen

Angriffsgrad (makroskopisch)	1	2	3	4	insgesamt
Anzahl der Bäume	273	137	164	74	648
Prozentsatz der Bäume	42,1	21,1	25,3	11,5	100,0

Aus Tabelle 15 ist ersichtlich, wie die Fäule oder Mißfarbe sich auf die Angriffsgrade verteilt.

Welche Organismen die Mißfärbung oder Fäule verursacht haben, ist teilweise aus Tabelle 16 ersichtlich.

Tabelle 16. Verteilung nach Angriffsgraden, geltend für die Isolierungsergebnisse von 648 Bäumen mit Mißfärbung oder Fäule

Angriffsgrad (makroskopisch)	1	2	3	4	insgesamt
<i>F. annosus</i>	18	18	73	57	166
Bakterien (<i>A. mellea</i>)	127	70	38	6	241
<i>Cephalosporium</i> sp.	24	9	7	0	40
„andere Pilze“	51	29	40	8	128
steril	53	11	6	3	73
Insgesamt	273	137	164	74	648

Aus Tabelle 16 geht hervor, daß von den 648 Bäumen mit Mißfärbung oder Fäule nur 166 (25,1 %) von *F. annosus* angegriffen waren und 241 (37,2 %) Bakterien (*A. mellea*) enthiel-

ten. Die Tatsache, daß von 53 Bäumen, die makroskopisch dem Angriffsgrad 1 zugewiesen worden waren, die steril entnommenen Bohrpfropfen steril verblieben, muß vermutlich einer Fehlbeurteilung der Bohrpfropfen zugeschrieben werden. Danach verbleiben 188 (29,0 %) Bäume, bei denen die Mißfärbung oder Fäule vermutlich zur Hauptsache durch mechanische Beschädigungen mit darauffolgendem Eindringen von Pilzen in die Bäume zu erklären sein dürfte.

In den untersuchten Beständen rühren also nur $\frac{2}{3}$ der Vorkommen von Mißfarbe oder Fäule der Bäume entweder von Angriffen des *F. annosus* oder von Bakterien (*A. mellea*) her, während die Mißfarbe oder Fäule bei $\frac{1}{3}$ andere Ursachen hat, und wie weiter oben bereits vermerkt, ist es gewöhnlich nicht möglich, durch lediglich makroskopische Beurteilung der Bohrpfropfen zu erkennen, wodurch die betreffende Mißfärbung oder Fäule verursacht ist. Schließlich sei wiederholt, daß bei der makroskopischen Beurteilung der Bohrpfropfen gegen 10 % der vorkommenden *F. annosus*-Angriffe und gegen 20 % der Vorkommen von Bakterien (*A. mellea*) im Kern der Bäume übersehen werden.

Eine makroskopische Beurteilung von in Stumpfhöhe entnommenen Bohrpfropfen führt somit nach allem hier Beigebrachten zu einer nur recht ungenauen Angabe über Angriffe von *F. annosus* und Vorkommen von Bakterien (*A. mellea*) im Kern der Bäume.

6. *Vorkommen von wurzel- und kernfäule-verursachenden Pilzen je in der ersten und zweiten Generation*)*

Wie aus dem in Kapitel III erstatteten Bericht über die Bodenverhältnisse der einzelnen Probeflächen hervorgeht, können zwischen den jetzt mit Fichten 1. und 2. Generation bestandenen Flächen für die Zeit von vor deren Bepflanzung mit Fichten keine so großen einseitigen Bodenunterschiede nachgewiesen werden, daß — nach dem *jetzigen Stande unsres Wissens* — von diesen *anzunehmen* sei, daß sie an sich selbst veränderte Lebensbedingungen für die kernfäule-verursachenden Pilze herbeiführten. Ein unmittelbarer Vergleich des Gesundheitszustandes der

*) Bei Beurteilung des Materials ist Probefläche 1020 nicht mitberücksichtigt, weil die dazugehörigen Beobachtungen der zweiten Generation fehlen.

Fichten auf den je zusammengehörenden Probeflächen erscheint daher zulässig.

Das in Tabelle III zusammengestellte Material ist verhältnismäßig klein und leicht zu überblicken, sodaß einer unmittelbaren Betrachtung und Beurteilung durchaus große Bedeutung beigegeben werden darf, um so mehr als das Material zu statistischer Bearbeitung nicht recht geeignet ist.

a. *F. annosus*

Die relativen Angriffshäufigkeiten von *F. annosus* je in der 1. und 2. Generation sind in Tabelle III Spalte A angeführt und sind als Funktion des Brusthöhenalters graphisch dargestellt in Abb. 21.

Bestände mit einem Brusthöhenalter von unter 30 Jahren. Bemerkenswert ist, daß die relative Angriffshäufigkeit in den

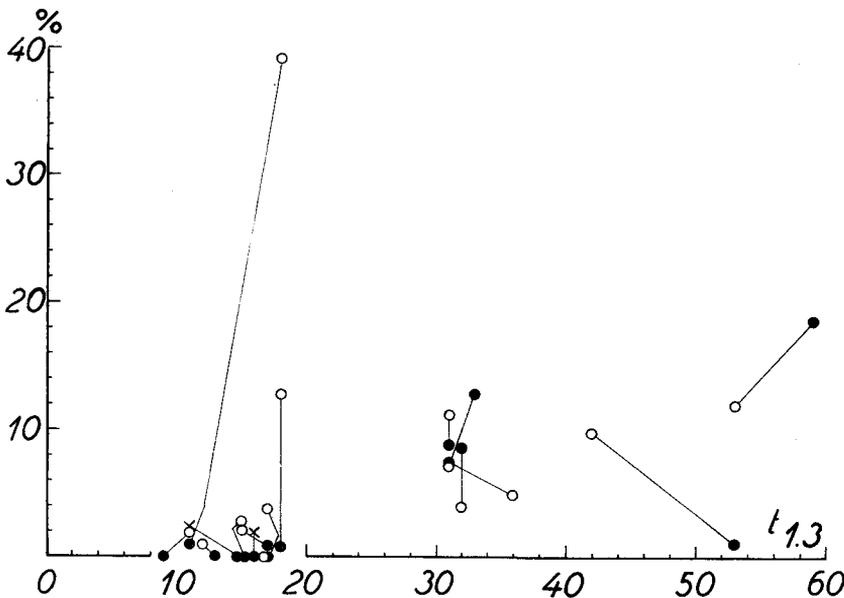


Abb. 21. Relative Häufigkeit der *F. annosus*-Angriffe in Fichtenbeständen mit 1. Generation (●), 2. " " " 2. " (○), 3. " " " 3. " (×) (t_{1,3} = Bestandesalter in Brusthöhe)

Fig. 21. Relativ angrebshyppighed for *F. annosus* i henholdsvis 1. (●), 2. (○) og 3. generation (×) rødgranbevoksninger. (t_{1,3} = bevoksningens alder i brysthøjde).

jungen Beständen der 2. Generation stets größer oder ebenso groß ist wie die relative Angriffshäufigkeit in der 1. Generation; durchschnittlich waren 0,3 % der Bäume in Beständen 1. Generation von *F. annosus* angegriffen, aber 9,1 % der Bäume in Beständen 2. Generation; werden die Probeflächen 1030—1031 weggelassen, so sind die entsprechenden Zahlen 0,2 % und 3,5 %.

In den jungen Fichtenbeständen ist der Unterschied zwischen 1. und 2. Generation also bedeutend, und die folgende Tabelle 17 — enthaltend die Beobachtungen von 2 Probeflächenpaaren, jedes mit 1. und 3. Fichtengeneration nach Buche — zeigt ebenfalls in der 3. Generation etwas stärkere *F. annosus*-Angriffe als in der 1. Generation.

Bestände mit einem Brusthöhenalter von über 30 Jahren. Wie Tabelle III Spalte A und Abb. 21 zeigen, ist die relative Häufigkeit von *F. annosus*-Angriffen bald in der 1. Generation, bald in der 2. Generation die größere; durchschnittlich waren 9,6 % der

Tabelle 17. *F. annosus*-Angriffe in 1. und 3. Fichtengeneration

Probefläche Nr.	Genera- tion	Brust- höhenalter Jahre	von <i>F. annosus</i> angegriffene Bäume in %
1020	1.	15	0,0
1021	3.	11	2,4
1001	1.	16	0,0
1003	3.	16	1,9

Bäume auf Beständen 1. Generation und 8,5 % der Bäume auf Beständen 2. Generation vom *F. annosus* angegriffen.

Das Material aus den älteren Beständen bestätigt demnach nicht den in den jüngeren Beständen gefundenen Unterschied zwischen der 1. und 2. Generation. Das Material ist jedoch nicht besonders groß, sodaß die Möglichkeit nicht ganz außer Betracht gelassen werden darf, daß sich in einem umfangreicheren Material in der 2. Generation ein stärkerer Anteil von Angriffen ergebe.

b. *Bakterien* (*A. mellea*)

Die relative Häufigkeit von *Bakterien* (*A. mellea*) je in der 1. und 2. Generation ist in Tabelle III, Spalte B angeführt und als Funktion des Brusthöhenalters graphisch in Abb. 22 dargestellt.

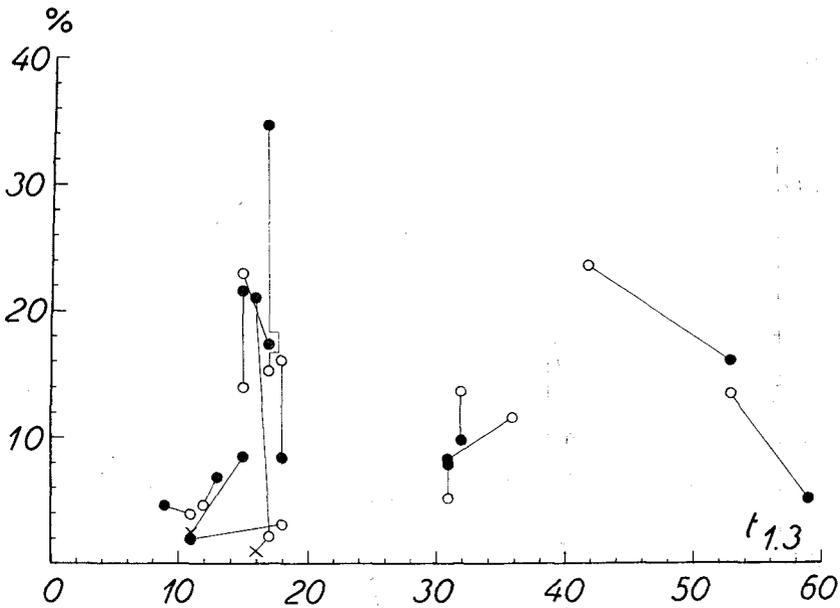


Abb. 22. Relative Häufigkeit von Bakterien (*A. mellea*)
 in Fichtenbeständen mit 1. Generation (●)
 " " " 2. " (○)
 " " " 3. " (×)

Fig. 22. Relativ hyppighed af bakterier (*A. mellea*) i henholdsvis
 1. (●), 2. (○) og 3. generation (×) rødgranbevoksninger.

Betrachtet man die graphische Darstellung des Materials, so gewahrt man, daß die relative Häufigkeit der Bakterien (*A. mellea*) bald in den Beständen der 1. Generation, bald in den Beständen der 2. Generation größer ist. Durchschnittlich enthielten 12,2 % Bäume der Bestände 1. Generation, dagegen 10,7 % Bäume der Bestände 2. Generation Bakterien (*A. mellea*).

Auf Grund des vorhandenen Materials ist es somit nicht möglich, zwischen der 1. und der 2. Generation einen Unterschied in bezug auf die Häufigkeit von Bakterien (*A. mellea*) festzustellen.

c. *F. annosus* und Bakterien (*A. mellea*)

Da, wie auf Seite 124 erwähnt, die Möglichkeit vorliegt, daß zwischen *A. mellea*-Angriffen und *F. annosus*-Angriffen ein gewisser Zusammenhang bestehe, sind die Angriffe durch diese beiden Pilzarten in Tabelle III, Spalte C gemeinsam angeführt.

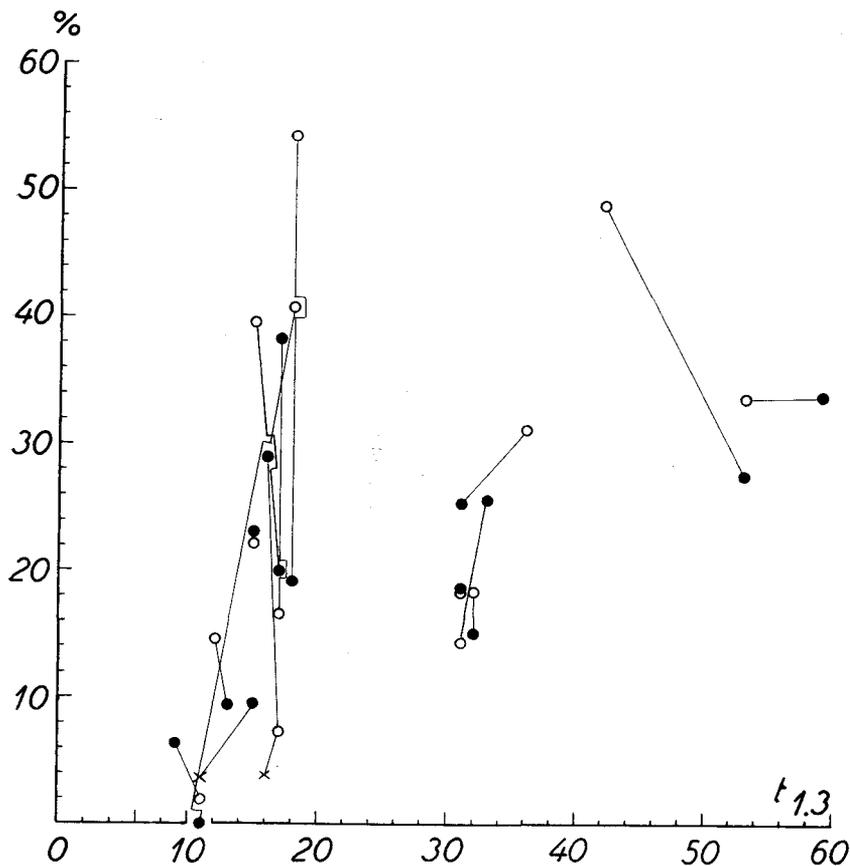


Abb. 23. Relative Häufigkeit von Mißfärbung und Fäule in Fichtenbeständen mit 1. Generation (●)
 " " " 2. " (○)
 " " " 3. " (×)

Fig. 23. Relativ hyppighed af misfarvning og råd i henholdsvis 1. (●), 2. (○) og 3. generation (×) rødgranbevoksninger.

Die Tabelle macht ersichtlich, daß kein Grund für die Annahme eines Unterschiedes zwischen der 1. und der 2. Generation in bezug auf die Angriffshäufigkeit der Bakterien (*A. mellea*) und des *F. annosus* besteht.

d. Mißfarbe und Fäule

Die relative Häufigkeit von Mißfärbung und Fäule je in der 1. und 2. Generation ist in Tabelle III, Spalte G angeführt und ist als Funktion des Brusthöhenalters graphisch dargestellt in Abb. 23.

Die Gruppe umfaßt einen Teil der von *F. annosus* angegriffenen Bäume, einen Teil der Bäume, die Bakterien (*A. mellea*) enthalten, sowie ferner Bäume mit mechanischen Beschädigungen und möglicherweise noch andere.

Bei unmittelbarer Betrachtung der Zahlen in Tabelle III, Spalte G und in Abb. 23 ist ersichtlich, daß kein Grund für die Annahme eines Unterschiedes zwischen der 1. und der 2. Generation in bezug auf die Häufigkeit von Mißfärbung und Fäule besteht.

7. Erörterung

a. *Fomes annosus* in der 1. Fichtengeneration

α. Infektionsquellen. Es ist zwar wenig wahrscheinlich, aber immerhin denkbar, daß einige der alten Buchenstümpfe aus den einstigen Beständen *F. annosus* enthalten haben könnten, denn dieser Pilz kann auch die Buche angreifen (*Ferdinandsen und Jørgensen*, 1938—39). Der Waldboden selber kann kaum Ansteckungsherd sein, denn aus Waldboden ist noch nie *F. annosus* isoliert worden, und ebenso ist es bisher nie gelungen, auf experimentellem Wege *F. annosus* in unsterilisierter Erde zum Wachsen zu bringen (*von Hopffgarten*, 1933, *Treschow*, 1941, *Rennerfelt*, 1949, *Rishbeth*, 1950, *Molin*, 1957, *Braun*, 1958). Die Ansteckungsherde des *F. annosus* dürften daher kaum in den jungen Beständen der 1. Generation selber zu suchen sein, sondern vielmehr außerhalb derselben in Gestalt von sporenwerfenden Fruchtkörpern in nahe gelegenen Fichtenbeständen; von diesen Fruchtkörpern werden dann Sporen während des ganzen Jahres abgegeben (*Bjørnekær*, 1938).

β. Krankheitsübertragung. Durch den Wind können die *F. annosus*-Sporen von den erwähnten Fruchtkörpern in die Bestände der 1. Fichtengeneration gelangen und hier Infektionen verursachen.

Erstens besteht hierbei die Möglichkeit, daß die Sporen auf den Waldboden fallen und durch den Regen in tiefere Bodenschichten hinuntergespült werden (*Rishbeth*, 1951 b, *Molin*, 1957), wo sie dann schwache oder tote Wurzeln infizieren können (*Jørgensen, Lund und Treschow*, 1939, *Rennerfelt*, 1946).

Jørgensen, Lund und Treschow (1939) nehmen an, daß die erwähnten Wurzeln infolge von ungünstigen Bodenverhältnissen gestorben sind; dagegen geben *Falck* (1930), *Biraghi* (1949) und

Kangas (1952) an, daß *F. annosus* auf dem Wege über Wurzeln, die von *A. mellea* getötet worden sind, in die Bäume eindringen könne.

Zweitens können die angewehten Sporen auch auf frische Stumpfflächen fallen, hier zu keimen beginnen und so den ganzen Stumpf infizieren (*Rishbeth*, 1951 b); die Stumpfinfektion der Fichte ist von *Molin* (1957) nachgewiesen worden.

Von den primär infizierten Bäumen oder Stümpfen verbreitet der *F. annosus* sich auf andere Bäume des Bestandes. In den jüngeren Beständen kann die Ausbreitung der Krankheit durch Berührung zwischen Wurzeln kranker und gesunder Bäume vor sich gehen (*Hartig* 1882, von *Hopffgarten* 1933, *Rennerfelt* 1946, *Rishbeth* 1950). Bei dieser Art der Ausbreitung hängt die Geschwindigkeit des Umsichgreifens der Krankheit u. a. ab von dem Inhalt des Bodens an solchen Mikroorganismen, die für den *F. annosus* eine Konkurrenz zur Folge haben, und dies hängt wiederum ab vom pH-Wert des Bodens (*Rishbeth* 1951 c). In den älteren Beständen kann *F. annosus* zum Teil ebenfalls durch Wurzelberührungen, andernteils auch durch Wurzelzusammenwachsungen verbreitet werden.

γ. Der beobachtete Krankheitsverlauf. Der mit zunehmendem Alter des Bestandes stattfindende Verlauf des *F. annosus*-Angriffes ist in Abb. 21 dargestellt und kann wie folgt beschrieben werden: Im Brusthöhenalter von 10 Jahren wird man einzelne Bäume finden, die von *F. annosus* im Kern angegriffen sind. Die Bäume stehen zerstreut im Bestande, und es scheint kein enger Zusammenhang zu bestehen zwischen dem Zeitpunkt der ersten Durchforstung und dem Beginn des Angriffs. In den untersuchten Beständen mit Brusthöhenaltern von 9 bis 18 Jahren waren durchschnittlich nur 0,3 % (0,0—0,9 %) der Bäume angegriffen. Für die Brusthöhenalter von 19—30 Jahre liegen Beobachtungen nicht vor.

In dem dann folgenden Jahrzehnt nimmt der Angriff nur wenig an Umfang zu, auch sind in den Altern von 31—59 Jahren nur 6 Beobachtungen gemacht worden, sodaß der weitere Verlauf des Angriffs nicht sicher festgestellt ist. Doch ist es wahrscheinlich, daß der Angriff fortgesetzt zunimmt und, wenn die Bestände ein Brusthöhenalter von etwa 60 Jahren erreicht haben, gegen 10 % der Bäume in den Beständen umfaßt.

Der beobachtete Krankheitsverlauf in den Beständen mit 1. Generation stimmt also gut überein mit der von *Ferdinandsen und Jørgensen* (1938—39) gegebenen Beschreibung und läßt sich auf Grund der übrigen Angaben über *F. annosus* erklären. Es besteht demnach Grund zur Annahme, daß der angegebene Krankheitsverlauf ein zuverlässiges Bild vom Gesundheitszustand der Bestände mit 1. Fichtengeneration in dem untersuchten Gebiet darstellt.

b. *Fomes annosus* in der 2. Fichtengeneration

a. *Infektionsquellen.* Zu den bei der 1. Generation angeführten Ansteckungsherden kommen bei der 2. Generation alte, infizierte Fichtenstümpfe aus der 1. Generation hinzu. Untersuchungen des Verfassers zeigen, daß *F. annosus* imstande ist, in alten Fichtenstümpfen noch bis zu 30 Jahren weiterzuleben.

β. *Krankheitsübertragung.* Von den infizierten Stümpfen kann *F. annosus* auf die Bäume des Bestandes gelangen, wenn deren Wurzeln mit den infizierten Stümpfen in nahe Berührung kommen. Außerdem kann die Ausbreitung von *F. annosus* in den Beständen auf dieselbe Weise erfolgen wie oben für die 1. Generation beschrieben.

γ. *Der beobachtete Krankheitsverlauf.* Der mit zunehmendem Alter des Bestandes stattfindende Verlauf des *F. annosus*-Angriffs ist in Abb. 21 dargestellt. Schon beim Brusthöhenalter von 10 Jahren muß man damit rechnen, daß gegen 2 % der Bäume in Beständen der 2. Generation im Kern von *F. annosus* angegriffen sind, auch ist möglich, daß ein Teil der Pflanzen schon vor Erreichung dieses Zeitpunktes vom *F. annosus* getötet worden ist (*Ferdinandsen und Jørgensen* 1938—39).

Im dann folgenden Jahrzehnt nimmt der Angriff an Umfang zu; in den untersuchten Beständen mit Brusthöhenaltern von 11—18 Jahren waren durchschnittlich 9,4 % (0,0—39,2 %) der Bäume angegriffen.*)

Wie bereits erwähnt, ist wegen des geringen Materials der weitere Verlauf des Angriffs nicht sicher festgestellt worden, und auffallend ist, daß der Prozentanteil der Angriffe in den

*) Wird Probestfläche 1031 weggelassen, sind die Angriffszahlen 3,5 % (0,0—12,8 %).

jüngeren und in den älteren Beständen fast derselbe ist (9,1 bzw. 8,5 %), denn entsprechend dem Verlauf in der 1. Generation wäre zu erwarten gewesen, daß der prozentuale Anteil der Angriffe mit zunehmendem Alter der Bestände steige.

Der beobachtete Krankheitsverlauf in den Beständen mit 2. Generation stimmt also, soweit Bestände mit einem Brusthöhenalter unter 30 Jahren in Betracht kommen, gut überein mit allem, was auf Grund des heutigen Wissens über die Biologie des *F. annosus* zu erwarten war, während es für den beobachteten Krankheitsverlauf in den älteren Beständen mit 2. Generation zum Teil an einer Erklärung fehlt.

c. *Armillaria mellea* in der 1. und 2. Fichtengeneration

a. *Infektionsquellen.* Von Käärik und Rennerfelt (1957) sind die Pilze untersucht worden, die sich nach dem Fällen von Bäumen in Fichtenstümpfen fanden; schon 1 Jahr nach dem Fällen wurde *A. mellea* in 25 % der untersuchten Stümpfe angetroffen. Dieses sehr baldige und umfassende Vorhandensein von *A. mellea* in den Stümpfen läßt sich kaum anders erklären als durch die Annahme, daß die betreffenden Bäume bereits vor dem Fällen von *A. mellea* angegriffen waren, ohne daß dies sich zu erkennen gab. Nach Verlauf von 4 Jahren wurde *A. mellea* in 89 % der Stümpfe festgestellt.

Vorgenommene Untersuchungen (Stichproben) zeigen, daß *A. mellea* in Dänemark sowohl in Laubbaumstümpfen wie in Nadelbaumstümpfen außerordentlich verbreitet ist und in diesen Stümpfen sehr lange weiterzuleben vermag; auf den Probestflächen ist *A. mellea* mehr als 20 Jahre nach dem Fällen der Bäume in den betreffenden Stümpfen gefunden worden. Zweigstummel, die sich im Boden befinden, können ebenfalls *A. mellea* enthalten.

Gleichgültig also, ob die Flächen früher zum Laubholzanbau oder zum Nadelholzanbau benutzt worden sind, kann man in jedem Falle annehmen, daß reiches Ansteckungsmaterial in Form von infizierten Baumstümpfen und Aststücken vorhanden ist.

β. *Krankheitsübertragung.* Von den infizierten Stümpfen und Zweigstücken aus greift *A. mellea* durch Entsendung von Rhizomorphen den neuen Bestand an (Day 1927, Leach 1939, Woeste

1956). Die Rhizomorphen befestigen sich an der Wurzelrinde mittels wurzelhaar-ähnlicher Hyphen, die von den Spitzen der Rhizomorphen ausgehen, und die Infektion erfolgt durch Absenker, die sich an der Unterseite der Rhizomorphen entwickeln. Das Eindringen dieser Absenker findet teils auf physikalischem, teils auf chemischem Wege statt, und zwar können diese Absenker auch völlig gesunde und unbeschädigte Rinde durchdringen.

Möglich ist die Infektion nur, wenn der Pilz eine geeignete und nahrungsreiche Angriffsbasis findet; losgerissene Rhizomorphen vermögen daher keine Infektion hervorzurufen (*Bliss 1941*), und ebenso wenig sind dazu diejenigen Rhizomorphen imstande, die von ihrer Angriffsbasis weit weg durch die Erde gewachsen sind (*Garrett 1956*).

Weiterhin ist es wahrscheinlich, daß ebenso wie *F. annosus* auch *A. mellea* durch angewehrte Sporen die nach dem Fällen von Bäumen noch frischen Stumpfflächen zu infizieren und solcherart die Bestände anzugreifen vermag (*Molin und Rennerfelt 1959*).

γ. Der beobachtete Krankheitsverlauf. Auf Grund der Ergebnisse in Tabelle III, Spalte B — und unter Hinzunahme von Beobachtungen an Fichtenkulturen im Bezirk Esrom (Nord-Seeland) — läßt sich der Krankheitsverlauf wie folgt beschreiben:

Schon 1 oder 2 Jahre nach Anlage einer Fichtenkultur kann man sterbende oder tote Bäume sehen, von denen einige durch *A. mellea* angegriffen sind. Die angegriffenen Bäume stehen einesteils im Umkreis von alten Stümpfen, wobei man den Eindruck hat, daß ein solcher Angriff in 4 bis 6 m Entfernung vom Baumstumpf beginnt, während die in unmittelbarer Nähe des Stumpfes stehenden Pflanzen erst später angegriffen werden; andernteils stehen die angegriffenen Pflanzen einzelwise zerstreut in den Kulturen, und in diesen Fällen findet man stets im Boden bei den Wurzelsystemen dieser Pflanzen kleinere Holzstücke, die *A. mellea* enthalten. Mit der Zeit breitet die Krankheit sich weiter aus, sodaß die bekannten Lücken in den Kulturen entstehen, aber wenn der Bestand ungefähr 20 Jahre alt ist, scheint der Angriff aufzuhören.

Demzufolge wird also der *A. mellea*-Angriff in der Jugend der Pflanzen in vielen Fällen deren Tod herbeiführen (dies ist die akute Krankheit), aber beginnende Kernfäule kann sich bei

Pflanzen vorfinden, die nur 8 Jahre alt sind, und in Beständen von 20 und mehr Jahren kann sich Kernfäule in großem Umfange zeigen.

8. *Schlußfolgerung*

In den jüngeren untersuchten Beständen kamen bei der 2. Generation stärkere *F. annosus*-Angriffe vor als bei der 1. Generation; dieser Unterschied besteht nicht in den älteren Beständen. Das kann vielleicht auf dem geringen Umfang des Materials beruhen, sodaß die Möglichkeit von stärkeren *F. annosus*-Angriffen auch in der 2. Generation nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen ist, obwohl die räumliche Ausgedehntheit der Beobachtungen zeigt, daß der Unterschied nicht besonders groß sein würde.

In bezug auf die Häufigkeit des Vorkommens von *A. mellea* ergibt das Material keinen Unterschied zwischen der 1. und 2. Generation.

Auf Grund des vorliegenden Materials, das wegen seines mehrfach erwähnten geringen Umfanges sowie gewisser Mängel keine Schlußfolgerungen weitgehender Art zuläßt, darf aus der hier gegebenen Darstellung für das untersuchte Gebiet zusammenfassend folgendes geschlossen werden:

1. Es ist möglich, daß in der 2. Fichtengeneration stärkere *F. annosus*-Angriffe vorkommen können als in der 1. Generation — auch dort, wo in der 2. Generation vorausgegangenen 1. Fichtengeneration keine starken *F. annosus*-Angriffe aufgetreten waren; doch besteht auf alle Fälle nur ein Risiko für geringfügige Zunahme der Angriffshäufigkeit.
2. Es ist wahrscheinlich, daß in der 1. und 2. Fichtengeneration gleich kräftige Angriffe von *A. mellea* vorkommen werden.

VI ZUSAMMENFASSUNG

1. Die Fichte kommt in Dänemark nicht natürlich vor, ist jedoch durch Anbau während der letzten 200 Jahre allmählich die wichtigste Baumart Dänemarks geworden; sie wächst jetzt auf einem ebenso großen Flächengebiet wie sämtliche natürlich vorkommenden Laubbäume zusammengenommen. Dies beruht in weitem Umfange darauf, daß die Fichte zur Aufforstung von Acker- und Heidegebieten benutzt worden ist. Aber auch in den einstigen Laubwaldgebieten breitet sich die Fichte auf Kosten der Laubbäume aus, und in den 2 nordseeländischen, ursprünglich nur mit Laubwald bestockten Forstämtern, in denen die hier dargestellte Untersuchung stattfand, ist weit mehr als die Hälfte der jungen Fichtenbestände bereits Fichte 2. Generation.

2. Im einschlägigen Schrifttum wird vielfach behauptet, daß ein durch mehrere Generationen fortgesetzter Fichtenanbau in Gegenden, wo die Fichte nicht natürlich vorkommt, den Boden verderbe und dadurch einen Rückgang des Zuwachses sowie vermehrte Fäuleangriffe verursache. Die vorliegende Untersuchung ist deshalb unternommen worden, um diese Fragen zu klären. Wir haben aber zugleich mit einer Darstellung unserer Untersuchung und ihrer Ergebnisse auch eine kritische Besprechung der auf diese Fragen bezüglichen wichtigeren Fachliteratur vorgenommen (vgl. S. 41, 55 und 108).

3. Die Bodenuntersuchungen von *Wiedemann* (1925) zeigen nach den wenigen in seinem Bericht mitgeteilten Zahlenangaben, daß der Luftinhalt des Bodens im November auf Kulturflächen geringer ist als in älteren geschlossenen Beständen. Die weit ausführlicher mitgeteilten Angaben von *Burger* (1922, 1927 und 1929) ergeben dasselbe, aber aus Burgers Untersuchungen läßt sich entnehmen, daß wenn eine Kultur sich zu schließen beginnt, der geringe Luftgehalt des Bodens aufs neue zunimmt. Das bedeutet, daß diejenigen Änderungen des Luftgehalts des Bodens, die durch Kahlschlag stattfinden, *keine* dauernden Veränderungen als Folge fortgesetzten Fichtenanbaus im Sinne der Wiedemannschen Behauptungen sein können.

Krauss und Mitarbeiter (1939) glauben bewiesen zu haben, daß die Bodenfruchtbarkeit durch fortgesetzten Fichtenanbau zerstört werde. Die von diesen Forschern untersuchten gleiartigen Böden erinnern in waldbaumäßiger Beziehung an schwere Gleiböden, auf denen man mit großen kultivierungstechnischen Schwierigkeiten zu kämpfen hat. Schwierigkeiten dieser Art haben aber nichts mit der Fichtenwirtschaft als solcher zu tun. Jene Untersuchungen zeigen, daß die Fichte

auf gleiartigen Böden flachstreichende Wurzelsysteme hat. Aber auch alle anderen Baumarten wurzeln auf gleiartigen Böden flach. Gleartige Böden gibt es sowohl unter Fichten wie unter Laubbäumen. Es ist möglich, daß in Sachsen, flächenmäßig genommen, der größte Teil der gleiartigen Böden sich unter Fichten befindet, aber das wäre auch ganz natürlich, da die Fichte dort die Hauptholzart ist. Man darf diesen Umstand deshalb nicht so deuten, als ob die Fichte den Boden zerstört habe.

Wiedemanns Untersuchungen haben den Hauptanstoß für das Entstehen des Dogmas gegeben, daß fortgesetzter Fichtenbau einen Zuwachsrückgang im Gefolge habe. Eine kritische Besprechung des von Wiedemann vorgelegten Materials zeigt jedoch (s. S. 55—64) so schwerwiegende Mängel, daß wir zu bezweifeln wagen, ob Wiedemann überhaupt auch nur darüber etwas gezeigt habe, daß mehrere aufeinanderfolgende Fichtengenerationen wirklich dauernd weniger produzieren, geschweige denn, daß die Fichte an sich selbst davon die Ursache wäre!

Auch die vorhandene Literatur über Vorkommen von Wurzel- und Kernfäule je in der 1. und 2. Fichtengeneration ist von uns durchgegangen worden, und zwar mit dem Ergebnis, daß diese Literatur nicht zu allgemeingültigen Schlußfolgerungen zu ungunsten der 2. und späteren Fichtengenerationen berechtigt.

4. Das Material für unsere Untersuchung (S. 9—18) ist dadurch beschafft worden, daß wir an Hand von Betriebsplan-Angaben in zwei Forstämtern alle die Standorte ermittelt haben, wo gleichaltrige oder fast gleichaltrige Bestände 1. und 2., sowie 1. und 3. Generation einander dicht benachbart liegen. Wenn die Boden- und Geländeverhältnisse usw. dieselben zu sein schienen, wurde in jeder der Generationen je eine Probefläche abgegrenzt. Die Untersuchung umfaßt 14 Probeflächen in Beständen mit 2. Generation, 2 Probeflächen in Beständen mit 3. Generation und 15 Vergleichsprobeflächen in Beständen mit 1. Generation, weil nämlich eine Vergleichsfläche der 1. Generation sowohl zu einer Fläche der 2. wie zu einer der 3. Generation gehört.

Der durchschnittliche Abstand der paarweise zusammengehörenden Probeflächen betrug 44 m. Dadurch daß wir die paarweise zu einander gehörenden zwei Probeflächen stets so dicht wie möglich bei einander wählten, bemühten wir uns, Verschiedenheiten der Bodenverhältnisse und der mikroklimatischen Verhältnisse auszuschließen.

Die Boden-, Zuwachs- und Fäule-Untersuchungen wurden auf sämtlichen Probeflächen nach denselben Verfahren durchgeführt. Bemerkte sei, daß die zwei Probeflächen mit 3. Generation von nur schlechter Qualität im Hinblick auf den Vergleich mit ihren zugehörigen Flächen 1. Generation sind.

Eine Übersicht über Alter und Vorgeschichte der untersuchten Bestände, über die Größen der Probeflächen usw. ist in der Tabelle 2 gegeben. Das Brusthöhenalter ($t_{1,3}$) ist an den meisten Stellen der Abhandlung als Eingangsfaktor für die graphischen Darstellungen usw. benutzt worden (vgl. S. 71).

5. Die Seiten 21 bis 24 enthalten eine Darstellung der bei den Bodenuntersuchungen angewandten chemischen und physikalischen Analyseverfahren. Tabelle I am Schluß unseres Berichtes gibt eine Übersicht über die Analysenergebnisse. Tabelle II, ebenfalls am Schluß dieser Abhandlung, gibt eine Übersicht über die Bodenprofile der Probeflächen.

6. Bei der Bearbeitung der je 2 Probeflächen, die an jedem Vergleich teilnehmen, ist die Differenz zwischen den Analysenwerten gezogen worden, und diese Differenzwerte wurden benutzt bei der statistischen Behandlung des Materials (vgl. S. 25). Die Hauptergebnisse der Bearbeitung sind zusammengestellt in Tabelle 3 (Seite 26).

7. Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen sind, kurz gefaßt, die folgenden:

Der Tongehalt in 100 cm Tiefe ist durchschnittlich in der 1. Generation 5,9 % größer als in der 2. und 3. Generation, und zwar mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,933 dafür, daß es sich um einen realen Unterschied handelt. Der Wassergehalt des Bodens bei 15 Atm. Überdruck ist in der 1. Generation durchschnittlich 2,1 % größer als in der 2. + 3. Generation, mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,949 dafür, daß dies ein realer Unterschied ist. Eine Untersuchung der vertikalen Texturvariation der Probeflächen zeigt, daß diese innerhalb des Materials gleichartig ist.

Im Durchschnitt ist die Rohhumus-Mächtigkeit in der 1. Generation 1,8 cm geringer als in der 2. + 3. Generation. Die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen eines realen Unterschiedes ist 0,949 (kombinierter Test). Da die Rohhumusdicke vermutlich mit dem Tongehalt des Bodens in negativer Korrelation steht, darf man nicht unbedingt darauf schließen, daß der ermittelte Unterschied generationsbedingt sei.

Im Material scheint kein generationsbedingter Unterschied der Profiltypen vorzuliegen.

In 40 cm Tiefe ist die Luftkapazität unter den Beständen der 1. Generation und der 2. + 3. Generation dieselbe. In 70 cm Tiefe hat die 1. Generation durchschnittlich 5,3 % *weniger* Grobporen als die 2. + 3. Generation, und zwar mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,933 dafür, daß der Unterschied real ist. Abb. 1 zeigt, daß der Unterschied ausschließlich texturbedingt ist. Außerdem zeigt Abb. 2, daß die Luftkapazität unter Fichtenbeständen (Ausgleichskurve!) von der Luftkapazität unter einer Serie von Laubbaumbeständen (die Punkte!) nicht abweicht.

Aus den chemischen Untersuchungen geht hervor, daß in der Tiefe 15—85 cm die Phosphorsäurezahl (F_p) mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,979 in Beständen der 1. Generation größer ist als in Beständen der 2. und 3. Generation. Die Magnesiumzahl (T_{Mg}) ist mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,987 in der 1. Generation größer als in der 2. + 3. Generation. Beide Unterschiede lassen sich durch Texturverschiedenheiten erklären.

8. Ein kombinierter Test auf Grund sämtlicher Analysenergebnisse führt in bezug auf die Bodenverhältnisse zu folgendem Schluß:

Die Bestände mit 1. Generation stehen auf Böden mit anderen physikalischen Verhältnissen als die Bestände mit 2. Generation. Ein Teil dieser Bodenverschiedenheiten darf mit Bestimmtheit als ursprünglich in dem Sinne betrachtet werden, daß diese Verschiedenheiten bereits vor dem Übergang zum Fichtenanbau vorhanden gewesen sind. Wieweit alle ermittelten Bodenverschiedenheiten auf die primären Unterschiede zurückgeführt werden dürfen, oder ob der durch mehrere Generationen fortgesetzte Fichtenbau Bodenänderungen verursacht hat, läßt sich nicht entscheiden.

9. Das bei den Bestandesvermessungen befolgte Verfahren ist auf den Seiten 71—77 beschrieben. Der Zuwachs während der zuletzt verlaufenen Fünfjahresperiode ist durch Jahrringsmessungen auf Bohrspänen und Stammscheiben, unter Hinzunahme von Wipfeltriebmessungen ermittelt worden. Da die Masse des ausscheidenden Bestandes während der Fünfjahresperiode unbekannt ist, wurde für den Zuwachs der bei Durchforstungen gefälltten Bäume mit Hilfe von Abb. 5 eine Korrektur der Berechnungen vorgenommen.

10. Die Ergebnisse der Bestandesvermessungen (Seite 77 und Tabelle 5) lassen sich, wenn man bis auf weiteres von den festgestellten Bodenverschiedenheiten absieht, wie folgt zusammenfassen:

Die Höhenkurven für Bestände 1. und 2. (3.) Generation verlaufen gleichartig (Abb. 7 u. 8). Durchschnittlich beträgt die Höhe der 2. Generation $98,6 \pm 1,8\%$ von der Höhe der 1. Generation (Abb. 9). Es bestehen daher keine sicheren Anhaltspunkte für die Annahme, daß die 2. Generation eine schlechtere Schlußhöhe erreiche als die 1. Generation. (An dieser Tatsache ändert sich nichts, wenn die 2 Bestände mit 3. Generation mitgerechnet werden).

In guten Wachstumsjahren besteht eine gewisse Tendenz, daß die Bestände 2. Generation einen besseren Höhenzuwachs ergeben als die Bestände 1. Generation; in schlechten Wachstumsperioden ist dies Verhältnis der Generationen umgekehrt (Abb. 10).

Grundfläche und Mitteldurchmesser sind unabhängig von der Generationenfrage (Abb. 11 und 12).

Der Grundflächenzuwachs in Beständen der 2. Generation beträgt nur $91,1 \pm 1,9\%$ vom Grundflächenzuwachs in der 1. Generation (bei Einbeziehung der 2 Probeflächen mit 3. Generation sind es $91,9 \pm 2,0\%$). Hier handelt es sich also um einen signifikanten Unterschied zwischen den Generationen (Abb. 13). Die Größe des festgestellten Unterschieds dürfte jedoch in einem gewissen Maße durch den Zeitpunkt der Untersuchung mitverursacht sein, denn während der vorangegangenen Fünfjahresperiode war der Radialzuwachs bei der 2. Generation größer als bei der 1. Generation (Seite 93 und Abb. 14).

Der Massezuwachs der Probeflächenpaare ist teils aus Tabelle 5, teils aus Abb. 16 ersichtlich. Nimmt man eine Korrektur wegen der

Altersunterschiede zwischen den Vergleichsflächen der Probeflächenpaare vor (Tabelle 5, Spalten 12 und 13), so ergibt sich, daß die Bestände mit 2. Generation während der letzten Fünfjahresperiode $91,3 \pm 4,2\%$ der in derselben Zeit von der 1. Generation erzeugten Masse produziert haben. — Dieser Unterschied ist bei der 5 %-Wahrscheinlichkeitsgrenze nicht signifikant. — Rechnet man die 2 Bestände der 3. Generation mit, so beträgt die Produktion dieser Gruppe (2. + 3. Generation) nur $89,1 \pm 4,0\%$ von dem der Vergleichsflächen 1. Generation.

Das Untersuchungsmaterial war auf eine solche Weise beschafft worden, daß man *vermuten* durfte, Bodenverschiedenheiten zwischen den Beständen 1. und 2. Generation müßten zufälliger Art sein. Die Bodenanalysen zeigten jedoch, wie oben angeführt, daß die Bestände 1. Generation durchschnittlich auf dem besseren Boden wachsen (besser auch schon vor dem Übergang zum Fichtenanbau), da Tongehalt, pflanzenzugängliche Wasserkapazität der tieferen Bodenschichten usw. bei den Beständen 1. Generation am größten sind. Diese „Schiefheit“ des Materials beruht vermutlich darauf, daß man bei Beginn des Fichtenanbaus zuerst die sandigsten Böden bepflanzt hat, also eben die Standorte der jetzigen 2. und 3. Generation. Die Ergebnisse der Zuwachsuntersuchungen müssen notwendigerweise im Lichte dieses einseitigen Unterschieds zwischen den Generationen betrachtet werden, und auf Seite 97 wird dieser Sachverhalt näher erörtert. Tabelle 7 enthält eine Übersicht über die verschiedenen zahlenmäßigen Vergleiche des Massezuwachses der Generationen. Da wir Tabelle 7 Punkt c für unser zuverlässigstes Ergebnis in bezug auf diesen Generationenvergleich halten, kommen wir zu dem nunmehr folgenden Schluß:

11. *Die Untersuchung auf den betreffenden Standorten hat keinen allgemeingültigen Unterschied zwischen dem Massezuwachs der Bestände 1. und demjenigen der Bestände 2. (3.) Generation erwiesen.* Das Material schließt zwar die Möglichkeit nicht aus, daß ein Unterschied zwischen den Generationen bestehen *könne*, zugleich aber zeigt das Material, daß ein solcher Unterschied unter allen Umständen nur klein sein würde (zwischen 0 und 10 %).

12. Die Beschreibung des Verfahrens bei der Wurzel- und Kernfäule-Untersuchung findet sich auf den Seiten 114—116. Von sämtlichen untersuchten Bäumen wurden mittels Zuwachsbohrers Proben steril entnommen, diese Proben in Malzagar-Schrägröhrchen gelegt und später auf Mikroorganismen untersucht; außerdem wurden die entnommenen Proben makroskopisch beurteilt. Es ist unterschieden worden zwischen Bäumen, von denen die entnommenen Proben

- a) *F. annosus*-Konidien aufwiesen,
- b) Bakterien (*A. mellea*) „ „
- c) *F. annosus* und Bakterien (*A. mellea*) aufwiesen,
- d) *Cephalosporium* sp. „ „
- e) andere Pilze „ „
- f) steril verblieben.

13. Die Ergebnisse der Wurzel- und Kernfäule-Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Es wurden etwa doppelt so viele Bäume mit Bakterien (*A. mellea*) als mit *F. annosus* ermittelt. Nur $\frac{2}{3}$ der Bäume mit mißfarbigem oder fauligem Holz enthielten *F. annosus* oder Bakterien (*A. mellea*), das verbleibende eine Drittel hat wahrscheinlich Schlepp- und Fällschäden erlitten und sich durch diese Verletzungen Angriffe von anderen Pilzen zugezogen. Bei den jüngeren Beständen kamen die stärkeren *F. annosus*-Angriffe in der 2. Generation vor, die schwächeren dagegen in der 1. Generation; dieser Unterschied zwischen den Generationen wiederholt sich jedoch nicht in den älteren Beständen. In bezug auf Bakterien (*A. mellea*) ist in der Häufigkeit des Vorkommens kein Unterschied zwischen der 1. und 2. Generation festgestellt worden.

Die Hypothese, daß auf den betreffenden Standorten bei der 2. Generation stärkere *F. annosus*-Angriffe als in der 1. Generation vorkommen *können*, läßt sich auf Grund unserer Untersuchung zwar nicht von der Hand weisen — auch da nicht, wo in einer der 2. Generation vorausgegangenen 1. Fichtengeneration keine nennenswerten *F. annosus*-Angriffe aufgetreten sind — aber es scheint sich dann nichtsdestoweniger um ein Risiko für nur geringfügige Steigerung der Angriffshäufigkeit handeln zu können. — In bezug auf Angriffe durch *A. mellea* ist es wahrscheinlich, daß gleich kräftige Angriffe in der 1. und 2. Fichtengeneration vorkommen werden.

DANSK RESUME

1. Rødgranen forekommer som bekendt ikke naturligt i Danmark, men er ved dyrkning i de sidste 200 år efterhånden blevet den vigtigste træart. Den vokser nu på lige så stort et areal som samtlige naturligt hjemmehørende løvtræer. Dette skyldes i betydelig grad, at rødgran er benyttet ved plantning på øde jord. Men også i de gamle løvskovsområder breder granen sig på løvtræernes bekostning. På de 2 nordsjællandske skovdistrikter (Nødebo og Frederiksborg), hvor den foreliggende undersøgelse er foretaget, er langt over halvdelen af de unge rødgranbevoksninger gran af 2. generation.

2. Da det i litteraturen anføres, at fortsat rødgrandyrkning i områder udenfor artens naturlige udbredelsesområde forårsager jordbundsødelæggelse og deraf følgende tilvækstnedgang samt forøgede rådangreb, er undersøgelsen udført for at belyse disse problemer. Vi har dog først kritisk gennemgået litteraturen (side 41, 55 og 108):

3. *Wiedemann's* (1925) jordbundsundersøgelser i Sachsen viser efter de få tal, som er gengivet i hans beretning, at jordens luftindhold i november er mindre på kulturflader end i ældre sluttede bevoksninger. *Burgers* (1922, 1927 og 1929) data, som i meget større omfang er publiceret, viser det samme, men af *Burgers* undersøgelser kan man udlede, at når en kultur slutter sig, stiger jordens minimale luftkapacitet påny. Det vil sige, at de ændringer, som sker i jordens luftkapacitet ved renafdrift, ikke er varige ændringer forårsaget af fortsat rødgrandyrkning, som *Wiedemann* antager det.

Krauss og medarbejdere (1939) mener at have vist, at jordens frugtbarhed ødelægges ved fortsat rødgrandyrkning. Deres gleiartige jorder minder dyrkningsmæssigt om svære gleijorder, hvor man har store kulturtekniske vanskeligheder. Sådanne kulturtekniske vanskeligheder skyldes ikke rødgrandyrkning. Disse forfatteres rodundersøgelser viser, at rødgran har fladtstrygende rodsystemer på gleiartige jorder. Også alle andre træarter har imidlertid flade rodsystemer på gleiartige jorder. Gleiartige jorder findes både under rødgran og løvtræer. Det er muligt, at de i Sachsen flademæssigt indtager det største areal under rødgran, men dette er naturligt, når rødgranen er hovedtræarten. Det bør ikke udlægges derhen, at det skyldes, at rødgranen har ødelagt jorden.

Wiedemanns undersøgelser i Sachsen har været den væsentligste forudsætning for dogmet om tilvækstnedgang ved fortsat rødgrandyrkning. — En kritisk gennemgang af det af *Wiedemann* fremlagte materiale (s. 55—64) viser imidlertid, at dette lider af så væsent-

lige mangler, at vi anser, at det er tvivlsomt, om Wiedemann overhovedet har vist noget pålideligt om, at de efter hinanden følgende rødgrangenerationer producerer stedse mindre.

Også den foreliggende litteratur om forekomsten af rod- og kerneråd i 1. og 2. generation af rødgran er gennemgået, og det konkluderes, at man ikke på grundlag heraf med sikkerhed tør drage almengyldige slutninger.

4. Materialet til vor undersøgelse (side 9—18) er fremkommet ved at vi på grundlag af driftsplanoplysninger for Nødebo og Frederiksborg skovdistrikter har fundet alle de lokaliteter, hvor jævnaldrende eller omtrent jævnaldrende bevoksninger af 1. og 2. og 1. og 3. generation ligger lige op til hinanden. Såfremt jordbunds- og terrainforhold m. v. forekom ensartede, blev der indlagt en prøveflade i hver generation. Undersøgelsen omfatter 14 prøveflader i bevoksninger af 2. generation, 2 prøveflader i bevoksninger af 3. generation og 15 sammenligningsprøveflader i bevoksninger af 1. generation, idet en 1. generationsflade var fælles for en prøveflade af 2. og en prøveflade af 3. generation.

Ved at lægge de to prøveflader i parrene tæt ved hinanden (den gennemsnitlige afstand mellem prøvefladerne var 44 m), tilstræbtes det at eliminere forskelle i jordbund og mikroklima.

Jordbunds-, tilvækst- og rådundersøgelser gennemførtes efter samme metoder på alle prøveflader. Det bemærkes, at de 2 prøveflader af 3. generation er af dårlig kvalitet med hensyn til sammenligning med 1. generationsfladerne.

En oversigt over de undersøgte bevoksningers alder og historie, prøvefladernes størrelse m. v. er givet i tabel 2. Alderen i brysthøjde (t_{1.3}) er de fleste steder i afhandlingen anvendt som indgangsfaktor for de grafiske oplægninger m. v. (jfr. side 71).

5. Side 21 til side 24 er givet en oversigt over de anvendte kemiske og fysiske analysemetoder. Tabel I, som findes bag i beretningen, giver en oversigt over analyseresultaterne. Tabel II, som ligeledes findes bag i beretningen, giver en oversigt over jordbundsprofilerne på prøvefladen.

6. Ved bearbejdningen af jordbundsundersøgelserne er der for de 2 prøveflader, som indgår i hver sammenligning, dannet differensen mellem analyseværdierne, og disse differenser er anvendt ved den statistiske behandling af materialet (se side 25). Hovedresultaterne af bearbejdningen er samlet i tabel 3 (side 26).

7. Resultaterne af jordbundsundersøgelserne er i korthed følgende:

Lerindholdet i 100 cm's dybde er i middel 5.9 % større i 1. generation end i 2. og 3. generation med en sandsynlighed på 0.933 for, at forskellen er reel. Jordens vandindhold ved 15 atm.'s overtryk er i middel 2.1 % større i 1. generation end i 2. + 3. generation, og der

er sandsynligheden 0.949 for, at forskellen er reel. En undersøgelse af den vertikale teksturvariation på prøvefladerne viser, at denne er ensartet indenfor materialet.

I middel er mortykkelsen 1.8 cm mindre i 1. generation end i 2. + 3. generation. Sandsynligheden er 0.949 (kombineret test) for, at forskellen er reel. Da mortykkelsen formentlig er negativt korreleret med jordens lerindhold, kan man ikke ubetinget slutte, at den fundne forskel er generationsbetinget.

Der ser ikke ud til at være nogen generationsbetinget forskel i profiltyperne i det indsamlede materiale.

I 40 cm's dybde er luftkapaciteten ens under 1. og 2. + 3. generationsbevoksningerne. I 70 cm's dybde har 1. generation i middel 5.3 % færre grovporer end 2. + 3. generation. Sandsynligheden er 0.933 for, at forskellen er reel. Figur 1 viser, at forskellen alene er teksturbetinget. Yderligere viser figur 2, at luftkapaciteten i rødgranbevoksningerne (udjævningskurven) ikke afviger fra luftkapaciteten under en serie løvtræbevoksninger (punkterne).

Af de kemiske undersøgelser fremgår det, at fosforsyretallet (F_p) i dybden 15—85 cm med sandsynligheden 0.979 er større i 1. generationsbevoksninger end i bevoksninger af 2. og 3. generation. Magnesiumtallet (T_{Mg}) er med sandsynligheden 0.987 større i 1. generation end i 2. + 3. generation. I begge tilfælde kan forskellen forklares ved teksturforskellene.

8. Støttet på et kombineret test på basis af alle analyseresultaterne bliver konklusionen vedrørende jordbundsundersøgelserne:

1. generationsbevoksningerne står på bund med andre fysiske forhold end 2. generationsbevoksningerne. En del af disse forskelle kan med sikkerhed antages at være oprindelige i den betydning, at de fandtes inden overgangen til rødgrandyrkning. Hvorvidt alle konstaterede jordbundsforskelle kan føres tilbage til de primære forskelle, eller om dyrkning af rødgran i flere generationer har givet jordbundsændringer, kan ikke afgøres.

9. Metodikken ved træmålingsundersøgelserne er beskrevet side 71. Tilvæksten i den sidst forløbne 5-års periode blev bestemt ved årringsmålinger på borspån og stammeskiver i kombination med top-skudsmålinger. Da udhugningsmassen i 5-års perioden ikke er kendt, er der udført en korrektion for udhugningsmassens tilvækst ved hjælp af figur 5.

10. Resultaterne af træmålingsundersøgelsen (side 77 og tabel 5) kan, idet man indtil videre ser bort fra de konstaterede jordbundsforskelle, resumeres således:

Højdekurverne for bevoksninger af 1. og 2. (3.) generation forløber ensartet (figur 7 og 8). Gennemsnitlig er højden i 2. generation 98.6 ± 1.8 % af 1. generations højde (figur 9). Der er derfor ingen

sikre holdepunkter for at antage, at 2. generation opnår en dårligere sluthøjde end 1. generation. (Dette forhold ændres ikke, hvis man medtager de 2 bevoksninger af 3. generation).

Der er en tendens til, at bevoksninger af 2. generation har en bedre højdetilvækst end bevoksninger af 1. generation i gode vækstår, medens det er omvendt i dårlige vækstperioder (figur 10).

Grundflade og middeldiameter er uafhængig af generationen (figur 11 og 12).

Grundfladetilvæksten udgør i bevoksninger af 2. generation kun 91.1 ± 1.9 % af grundfladetilvæksten i 1. generation (medtages de 2 prøveflader af 3. generation, bliver forholdet 91.9 ± 2.0 %). Der er således tale om en signifikant forskel mellem generationerne (figur 13). Den fundne forskels størrelse er dog formentlig i nogen grad betinget af undersøgelsestidspunktet, idet radietilvæksten i den foregående 5-års periode var større i 2. generation end i 1. (side 93 og fig. 14).

Prøvefladeparrenes massetilvækst fremgår dels af tabel 5 dels af figur 16. Korrigeres der for aldersforskelle imellem sammenligningsprøvefladerne (tabel 5, kolonne 12 og 13), finder man, at bevoksninger af 2. generation i den sidste 5-års periode har produceret 91.3 ± 4.2 % af hvad bevoksninger af 1. generation har produceret. — Denne forskel er ikke signifikant ved 5 % grænsen. Medtages de 2 bevoksninger af 3. generation, har gruppen af 2. og 3. generation kun produceret 89.1 ± 4.0 % af sammenligningsbevoksningernes produktion.

Materialet til undersøgelsen blev indsamlet på en sådan måde, at man kunne formode, at forskelle i jordbund mellem 1. og 2. generation måtte være af tilfældig karakter. Imidlertid viste jordbundsanalyserne som foran anført, at bevoksninger af 1. generation gennemsnitligt vokser på den bedste jord (også bedst før overgangen til rødgrandyrkning), idet lerindhold, plantetilgængelig vandkapacitet i de dybere jordlag m. v. er størst i 1. generationsbevoksningerne. Denne skævhed i materialet skyldes formentlig, at man først har plantet rødgran på de letteste jorder (de nuværende 2. og 3. generationsbevoksninger). — Tilvækstundersøgelsens resultater må nødvendigvis ses i lyset af denne ensidige forskel imellem generationerne, og side 96 f. diskuterer vi dette nærmere. I tabel 7 gives en oversigt over de forskellige talmæssige sammenligninger af massetilvæksten i generationerne, og idet vi anser tabel 7, punkt c, for at være vort bedste skøn over dette forhold, må vi konkludere:

11. *Undersøgelsen har ikke på den pågældende lokalitet afsløret nogen almengyldig forskel i massetilvækst hos bevoksninger af 1. og 2. (3.) generation. Materialet udelukker dog på den anden side ikke den mulighed, at der kan være forskel imellem generationerne, men materialet viser, at en sådan forskel under alle omstændigheder må være lille (af størrelsesordenen 0—10 %).*

12. Metodikken ved rod- og kernerådsundersøgelserne er beskrevet side 114—116. Fra samtlige undersøgte træer udtoges der sterilt prøver ved hjælp af tilvækstbor, prøverne blev lagt i rørglas med skråstivnet maltagar og senere undersøgt for mikroorganismer; de udtagne prøver blev endvidere makroskopisk bedømt. Der er skelnet mellem:

- Træer, hvorfra de udtagne prøver udviste *F. annosus*-konidier,
- Træer, hvorfra de udtagne prøver udviste bakterier (*A. mellea*),
- Træer, hvorfra de udtagne prøver udviste *F. annosus* og bakterier (*A. mellea*),
- Træer, hvorfra de udtagne prøver udviste *Cephalosporium* sp.,
- Træer, hvorfra der fra de udtagne prøver udelukkende fremkom andre svampe,
- Træer, hvorfra de udtagne prøver forblev sterile.

13. Resultaterne af rod- og kernerådsundersøgelserne kan resumeres således:

Der fandtes omtrent dobbelt så mange træer med bakterier (*A. mellea*) som træer med *F. annosus*. Kun $\frac{2}{3}$ af træerne med misfarvet eller råddent ved indeholdt *F. annosus* eller bakterier (*A. mellea*), den resterende $\frac{1}{3}$ skyldes sandsynligvis slæbe- og fældeskader og deraf følgende angreb af andre svampe. I de yngre bevoksninger forekom der stærkere angreb af *F. annosus* i 2. generation end i 1. generation; denne forskel genfindes ikke i de ældre bevoksninger. For bakteriers (*A. mellea*) vedkommende er der ikke fundet nogen forskel i hyppighed mellem 1. og 2. generation.

Man kan på grundlag af undersøgelsen ikke udelukke hypotesen om, at der på de pågældende lokaliteter *kan* forekomme stærkere angreb af *F. annosus* i 2. generation end i 1. generation, også hvor der i den forudgående rødgranbevoksning ikke har optrådt stærke angreb af *F. annosus*. Dog synes der kun at være risiko for en mindre forøgelse i angrebshyppighed. Det er sandsynligt, at der vil forekomme lige kraftige angreb af *A. mellea* i 1. og 2. generation af rødgran.

LITERATUR

- Bernhard*, 1914: Eine andere Antwort auf die Frage: Zwingen Bedenken gegen die Fichtenkahlschlagwirtschaft in Sachsen zu einem Fruchtwechsel? Tharandt. forstl. Jahrb. 65.
- Biraghi*, A., 1949: Il disseccamento degli Abeti di Vallombrosa. Ital. for. mont., 4: 1—11 (Abstr. i Rev. appl. Mycology, 29).
- Bjørnekær*, K., 1938: Undersøgelser over nogle danske Poresvampes Biologi med særligt Hensyn til deres Sporefældning. Friesia 2: 1—41.
- Bliss*, D. E., 1941: Artificial inoculation of plants with *Armillaria mellea*. Phytopathology 31: 859.
- Bloomfield*, C., 1954: A study of podzolization. V. The mobilization of iron and aluminium by Aspen and Ash leaves. J. Soil Sci., 5.
- Bondorff*, K. A., 1952: Studier over jordens fosforsyreindhold. VI. Jordfosforsyrens opløselighed i fortyndet svovlsyre. Tidsskr. Planteavl 55.
- Bornebusch*, C. H. & *Holm*, F., 1934: Kultur på Trametesinficeret Bund med forskellige Træarter. Forstl. Forsøgsv. Danm. 13: 225—264.
- Braun*, H. J., 1958: Untersuchungen über den Wurzelschwamm *Fomes annosus* (Fr.) Cooke. Forstwiss. Cbl. 77: 65—88.
- Brüel*, G., 1916: Jordbunden i Grib Skov (Der Boden in Grib Skov bei Hillerød). Forstl. Forsøgsv. Danm. 5.
- Burger*, H., 1922: Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden. Mitt. schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. 13.
- , 1927: Physikalische Eigenschaften von Wald- und Freilandböden. II. (Einfluss der Durchforstungsart auf die physikalischen Eigenschaften der Waldböden). Mitt. schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. 14.
- , 1929: Physikalische Eigenschaften von Wald- und Freilandböden. III. Aufforstungen, Eigenschaften der Böden und Hochwasser. Mitt. schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. 15.
- , 1937: Physikalische Eigenschaften von Wald- und Freilandböden. V. Entwässerungen und Aufforstungen. Mitt. schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. 20.
- Christensen*, C. M., 1938: Root rot of Pines Caused by *Armillaria mellea* (Abstract), Phytopathology. 28: 5.
- Damsgaard-Sørensen*, P., 1941: Kationombytning i Jorden. III. Tidsskr. Planteavl, 46.
- Day*, W. R., 1927: The Parasitism of *Armillaria mellea* in Relation to Conifers. Quart. J. For. 21: 9—21.
- Dostal*, D., 1959: Der Umbau von Fichtenreinbeständen im Württ. Forstamt Wiblingen. Allg. Forstzeitschr. 14.
- Ehrlich*, J., 1939: A preliminary study of root diseases in western White Pine. Sta. Pap. Nth. Rocky Mt. For. Range Exp. Sta. 1: 1—10.

- Falck, R.*, 1930: Neue Mitteilungen über die Rotfäule. Mitt. Forst-wirtschaft. u. Forstwissenschaft. 1: 525—566.
- Ferdinandson, C. & Jørgensen, C. A.*, 1938—39: Skovtræernes Sygdomme. København.
- Garrett, S. D.*, 1956: Biology of root-infecting fungi. Cambridge.
- Grøn, A. H.*, 1943: Skovbrugets Driftsøkonomi. I. Afsnit: Skovbrugets teoretiske Driftsøkonomi. København.
- Hald, A.*, 1957: Statistical Theory with Engineering Applications. 3. Aufl. New York.
- Hartig, R.*, 1874: Wichtige Krankheiten der Waldbäume. Beiträge zur Mycologie und Phytopathologie für Botaniker und Forstmänner. Berlin.
- , 1882: Lehrbuch der Baumkrankheiten. Berlin.
- Henriksen, Aa.*, 1957: Kobberbestemmelser i jord i sammenligning med virkningen af kobbergødskning. Tidsskr. Planteavl. 61.
- Henriksen, H. A.*, 1950: Højde-Diameter diagram med logaritmisk diameter. Dansk Skovforen. Tidsskr. 35.
- & *Jørgensen, E.*, 1953: Rodfordærverangreb i relation til udhugningsgrad. Forstl. Forsøgsv. Danm. 21: 215—251.
- Holmsgaard, E.*, 1955: Åringsanalyser af danske skovtræer. (Tree-Ring Analyses of Danish Forest Trees). Forstl. Forsøgsv. Danm. 22.
- , 1955 a: Dyrkning af nåletræ. Dansk Skovforen. Tidsskr. 40.
- Holstener-Jørgensen, H.*, 1955: Vandets bevægelse i jorden. Dansk Skovforen. Tidsskr. 40.
- , 1956: Nedbøren og grundvandet. Dansk Skovforen. Tidsskr. 41.
- , 1958 a: Jordbundsfysiske undersøgelser i danske bølgebevoksninger. Forstl. Forsøgsv. Danm. 25.
- 1959 a: Undersøgelser af rodsystemer hos eg, bøg og rødgran på grundvandpåvirket morænejord. Forstl. Forsøgsv. Danm. 25.
- 1959 b: Skærmstillings og renafdrifts indflydelse på grundvandsstanden på leret moræne. Forstl. Forsøgsv. Danm. 25.
- Hopffgarten, E. H. v.*, 1933: Beiträge zur Kenntnis der Stockfäule (*Trametes radiciperda*). Phytopath. Zs. 6: 1—48.
- Jensen, H. L. & Henriksen, Aa.*, 1954: Microbiological and chemical determination of magnesium in the soil. Acta Agr. Skand. 5.
- Jørgensen, C. A., Lund, A. & Treschow, C.*, 1939: Undersøgelser over Rodfordærveren, *Fomes annosus* (Fr.) Cke. Årsskr. Vet.-Landbohøjsk. 71—129.
- Kangas, E.*, 1952: Maanousemasienen (*Polyporus annosus* Fr.) esiintymisestä, tartunnasta ja tuhoista Suomessa. Commun. Inst. for. Fenn. 40/33: 1—34. (Deutsches Referat).
- Krauß, G., Müller, K., Gärtner, G. & Härtel, F.* mit Beiträgen von *Schanz, H.* und *Blanckmeister, H.*, 1939: Standortgemäße Durchführung der Abkehr von der Fichtenwirtschaft im nordwestsächsischen Niederland. Tharandt. forstl. Jahrb. 90.
- Käärik, A. & Rennerfelt, E.*, 1957: Investigations on the fungal flora of spruce and pine stumps. Medd. Skogsforskn. Inst. 47/7: 1—88.

- Kåsa, J.*, 1952: Lauvtrærnes rolle i granbestand. Tidsskr. Skogbr. 60.
 — , 1957: Omkring spørsmålet om bonitetsforringelse i skogen. Tidsskr. Skogbr. 65.
- Langer, H.*, 1959: Die Ausbreitung der Fichte zwischen Iller und Lech im Laufe des Postglacials und die heutigen natürlichen Voraussetzungen für ihren Anbau. Allg. Forstzeitschr. 14.
- Leach, R.*, 1939: Biological control and ecology of *Armillaria mellea* (Vahl) Fr. Trans. Brit. Mycol. Soc. 23: 320—329.
- Loetsch, F.*, 1933: Eine Methode bestandsgeschichtlicher Forschung, durchgeführt auf dem sächsischen Staatsforstrevier Wermsdorf. Tharandt. forstl. Jahrb. 84.
- Lütken, C.*, 1899: Den Langenske Forstordning. Kjøbenhavn.
- Løfting, E. C. L.*, 1937: Rodfordærverangrebnes Betydning for Sitka-grans Anvendelighed i Klitter og Heder. Forstl. Forsøgsv. Danm. 14: 133—160.
- Mather, K.*, 1951: Statistical analysis in biology. London.
- Molin, N.*, 1957: Om *Fomes annosus* spredningsbiologi. Medd. Skogsforskn. Inst. 47/3: 1—36.
 — & *Rennerfelt, E.*, 1959: Honungskivlingen, *Armillaria mellea* (Vahl) Quél., som parasit på barrträd. Medd. Skogsforskn. Inst. 48/10: 1—26.
- Moosmayer, H.-U.*, 1957: Zur ertragskundlichen Auswertung der Standortsgliederung im Ostteil der Schwäbischen Alb. Mitt. Ver. Forstl. Standortsk. u. Forstpflanzenzücht. No. 7.
- Møller, C. M.*, 1933: Boniteringstabeller og bonitetsvise Tilvækstoversigter for Bøg, Eg og Rødgran i Danmark. Dansk Skovforen. Tidsskr. 18.
 — & *Nielsen, J.*, 1953: Afprøvning af de bonitetsvise tilvækstoversigter af 1933 for bøg, eg og rødgran i Danmark. Dansk Skovforen. Tidsskr. 38.
- Møller, J. & Mogensen, T.*, 1951: Metode til bestemmelse af den mobiliserbare fosforsyre i jordbunden. Hedeselsk. Tidsskr. 72.
- Näslund, M.*, 1947: Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. (Functions and tables for computing the cubic volume of standing trees). Medd. Skogsforskn. Inst., Stockh. 36.
- Oksbjerg, E.*, 1957: Rødgranens og nogle andre nåletræers jordbundsdannelse på fattig jord. Forstl. Forsøgsv. Danm. 23.
- Oppermann, A.*, 1929: Den danske Skov-Lovgivning 1660—1924. Kjøbenhavn.
- Pallmann, H., Richard, F. & Bach, R.*, 1949: Über die Zusammenarbeit von Bodenkunde und Pflanzensoziologie. 10. Congr. d. intern. Verb. forstl. Versuchsanst., Zürich 1948. Comptes Rendus.
- Passarge, H.*, 1954: Örtliche Beobachtungen über jahreszeitliche Schwankungen des Grundwasserstandes. Arch. Forstw. 3.
- Peace, T. R.*, 1938: Butt rot of conifers in Great Britain. Quart. Journ. For. 32: 81—104.
- Rennerfelt, E.*, 1946: Om rotrötan (*Polyporus annosus* Fr.) i Sverige. Dess utbredning och sätt att uppträda. Medd. Skogsforskn. Inst. 35/8: 1—88.

- Rennerfelt, E.*, 1949: The effect of soil organisms on the development of *Polyporus annosus* Fr., the root rot fungus. *Oikos* 1: 65—78.
- Rishbeth, J.*, 1950: Observations on the biology of *Fomes annosus*, with particular reference to East Anglian Pine plantations. I. *Ann. Bot.* 14: 365—383.
- , 1951 a: Butt rot by *Fomes annosus* Fr. in East Anglian conifer plantations and its relation to tree killing. *Forestry* 24: 114—120.
- , 1951 b: wie 1950. II. *Ann. Bot.* 15: 1—21.
- , 1951 c: „ „ III. „ „ 15: 221—246.
- Romell, L. G.*, 1932: Mull and duff as biotic equilibria. *Soil Sci.*, 34.
- Russell, P.*, 1956: A selective medium for the isolation of basidiomycetes. *Nature* 177: 1038—1039.
- Sabroe, A. S.*, 1939: Rødgranens Form og Formtal. (Form und Formzahl bei Fichte). *Forstl. Forsøgsv. Danm.* 14.
- Sauer, F.*, 1917: Die Rotfäule. *Forstw. Cbl.* 39: 9—26.
- Sirén, G.*, 1955: The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. *Acta For. Fenn.* 62.
- Steenbjerg, F.*, 1933: Undersøgelser over Manganindholdet i dansk Jord. I. Det ombyttelige Mangan. *Tidsskr. Planteavl.* 39.
- Ståhlberg, S.*, 1958: Om markens kaliumtillgångar och metoder för deras värdering. *K. Skogs- o. Lantbr.-akad. tidsskr. Bd.* 97.
- Treschow, C.*, 1941: Zur Kultur von *Trametes* auf sterilisiertem Waldhumus. *Zentralbl. f. Bakt. II.* 104: 186—188.
- Wagenknecht, E. & Belitz, G.*, 1958: Anbauwürdigkeit und waldbauliche Behandlung der Fichte im nordostdeutschen Diluvialgebiet. *Arch. Forstw.* 7.
- Weck, J.*, 1954: Verhältnis zwischen dem gegenwärtigen, dem normalen und dem durch regelmässige Forstwirtschaft erreichbaren Zuwachs und Ertrag in Deutschland. *Union internat. Instit. Recherches forest. 11ième Congrès, Rome 1953. Comptes Rendus.*
- Wiedemann, E.*, 1925: Zuwachsrückgang und Wuchsstockungen der Fichte in den mittleren und unteren Höhenlagen der sächsischen Staatsforsten. 2. Aufl. Tharandt 1925.
- , 1951: Ertragskundliche und waldbauliche Grundlagen der Forstwirtschaft. 2. Aufl. Frankfurt a. M. 1955.
- Wobst, A.*, 1930: Der sächsische Wald im Lichte der Statistik. Tharandt. *forstl. Jahrb.* 81.
- Woeste, U.*, 1956: Anatomische Untersuchungen über die Infektionswege einiger Wurzelpilze. *Phytopath. Zeitschr.* 26: 225—272.
- Yde-Andersen, A.*, 1958: Kerneråd i rødgran forårsaget af honning-svampen (*Armillaria mellea* (Vahl.) Quél.). *Forstl. Forsøgsv. Danm.* 25: 79—92.
- , 1959: Kerneråd i rødgran. *Dansk Skovforen. Tidsskr.* 44: 81—110.
- Zentgraf, E.*, 1936: Die Fichte auf Löss-Basalt. *Allg. Forst- u. Jagd-Ztg.* 112: 271—276.

Tabelle I. Die Bodenanalysen
 Tabel I. Jordbundsanalyseværdier

Probe- fläche Flade	Tiefe dybde cm	Korngrößenzu- sammensetzung vægt % korn i klassen			pH		Tiefe dybde cm	P- Werte		K- Wer- te TK	Mn- Wer- te TMn	Cu- Wer- te TCu	Mg- Wer- te TMg	Was- ser- kapa- zitet Vand- kapaci- tet mm	Roh- hu- mus- Dicke Mor- tykkelse cm
		< 2 μ	2-20 μ	20-200 μ	H ₂ O	KCl		Ft	FH						
1001	8	6,1	8,7	41,4	3,65	2,80	0—25	0,3	0,2	3,4	8,2	1,3	0,0	94,2 140,5	5,4
	10	7,8	10,1	47,0	4,10	3,22	15—85	2,0	0,5	0,9	0,8	1,7	1,9		
	20	7,0	10,0	48,9	4,30	3,75									
	30	5,8	8,7	41,9	4,51	4,22	0—40								
	40—45	5,4	11,6	43,1	4,60	4,23	0—70								
	70	6,0	8,7	45,1	5,02	4,12									
	110	5,6	3,9	28,5	5,16	4,05									
	160	4,5	6,1	61,4	5,11	4,03									
1002	15	6,1	13,9	50,0	3,41	2,70	0—25	0,4	0,8	4,8	7,4	1,0	0,3	126,7 193,5	9,2
	30	5,8	13,0	49,6	3,77	3,20	15—85	0,9	0,2	1,1	0,1	0,5	0,8		
	40	11,8	14,2	42,0	4,00	3,29									
	55	11,6	16,2	42,2	4,23	3,80	0—40								
	70	9,0	14,0	47,0	4,21	3,97	0—70								
	90	12,2	11,8	44,0	4,54	3,50									
	125	16,0	9,2	50,0	4,80	3,20									
1003	10				3,87	2,40	0—25	0,3	0,8	5,9	10,0	3,5	5,0	87,0 150,0	13,8
	15	5,7	10,3	56,0	3,54	2,55	15—85	1,2	0,2	1,2	0,4	0,0	0,8		
	25	2,4	10,2	61,4	3,88	3,10									
	40	15,5	8,9	52,6	3,90	3,12									
	50	10,3	9,6	53,6	4,20	3,60	0—40								
	70	4,8	5,5	57,7	4,55	3,99	0—70								
	100	7,2	7,5	49,1	4,51	4,10									
1004	9	8,5	9,5	61,0	3,66	2,60	0—25	0,5	1,0	3,6	5,7	0,8	0,0	87,1 138,5	7,8
	15	6,4	9,3	64,3	3,86	2,90	15—85	1,2	0,5	1,1	1,0	1,7	2,1		
	30	6,6	7,7	65,6	4,12	3,90									
	45	4,0	6,9	72,1	4,28	4,10									
	70	9,4	13,7	55,9	4,43	3,72	0—40								
	100	10,1	7,1	59,8	5,02	3,82	0—70								
	130	4,0	2,0	62,0	5,15	3,83									
1005	10				3,74	3,05	0—25	0,5	0,8	2,4	9,8	2,4	0,0	72,2 113,3	6,0
	20	6,1	8,1	61,8	4,18	3,70	15—85	0,9	0,5	0,7	0,8	1,7	1,3		
	40	5,8	8,2	64,0	4,43	4,08									
	60	4,1	7,9	64,0	4,52	4,25									
	80	4,1	6,1	71,8	4,51	4,23	0—40								
	120	1,3	0,6	77,0	4,52	4,30	0—70								
	160	1,2	0,9	70,9	4,70	4,30									

Probe- fläche Flade	Tiefe dybde cm	Korngrößenzu- sammensetzung vægt % korn i klassen			pH		Tiefe dybde cm	P- Werte		K- Wer- te TK	Mn- Wer- te TMn	Cu- Wer- te TCu	Mg- Wer- te TMg	Was- ser- kapa- zitæt Vand- kapa- citet mm	Roh- hu- mus- Dicke Mor- tykkelse cm
		< 2	2-20	20-200	H ₂ O	KCl		Ft	FH						
		µ	µ	µ											
1006	10	5,8	7,0	54,2	3,61	2,84	0—25	0,3	0,8	2,3	23,2	6,1	0,0	4,2	
	20	6,2	6,4	53,4	4,12	3,45	15—85	4,1	6,2	0,8	3,2	0,2	0,7		
	30	5,5	6,7	54,8	4,18	3,74									
	45	6,4	10,4	57,2	4,36	4,10	0—40						61,1		
	65	6,8	12,5	60,7	4,30	4,00	0—70						124,1		
	80	7,8	15,1	63,1	4,45	3,83									
	110	15,9	15,9	62,2	4,92	3,60									
1007	10	6,9	7,6	47,5	3,85	3,01	0—25	1,2	2,9	2,2	20,0	2,2	0,0	4,7	
	20	6,4	4,9	48,7	4,17	3,70	15—85	4,9	6,2	0,6	2,8	0,0	0,5		
	40	4,1	3,3	42,6	4,34	4,06									
	50	1,5	0,7	53,9	4,85	4,30	0—40						59,4		
	90	1,1	0,4	54,5	4,84	4,40	0—70						79,2		
	120	1,3	0,4	52,3	4,90	4,25									
1008	8	5,8	10,2	44,0	3,61	2,95	0—25	0,8	0,8	3,3	11,2	1,9	0,0	5,2	
	12	7,4	10,6	42,0	3,88	3,20	15—85	4,9	3,6	0,9	1,4	0,0	0,8		
	30	6,9	10,9	46,2	4,42	4,12									
	50	5,8	10,0	43,2	4,63	4,30									
	70	5,2	8,7	46,1	4,61	4,10	0—40						88,5		
	100	7,1	6,7	46,3	5,30	3,90	0—70						133,9		
	120	7,5	8,2	42,3	5,10	3,82									
1009	10	10,2	11,6	42,2	3,55	3,00	0—25	0,3	0,5	2,9	6,8	1,8	0,0	5,0	
	15	9,0	10,9	44,1	3,82	3,33	15—85	3,3	3,0	0,9	1,5	0,2	1,0		
	25	8,8	10,0	45,2	4,21	3,99									
	35	7,6	10,5	45,9	4,22	4,11									
	50	7,0	11,1	45,9	4,46	4,17	0—40						78,7		
	70	8,8	10,2	44,9	4,55	3,83	0—70						123,1		
	100	9,9	12,1	45,9	4,89	3,81									
1010	10	4,7	8,4	38,9	3,50	2,80	0—25	1,0	0,8	5,4	40,0	4,0	2,3	6,1	
	15	6,6	6,4	31,0	3,80	3,18	15—85	2,6	1,2	1,4	1,4	0,4	0,6		
	25	7,4	6,8	39,8	4,16	3,82									
	35	5,6	6,2	32,2	4,31	4,00									
	55	4,8	5,8	40,4	4,30	4,05	0—40						69,6		
	75	4,7	9,2	43,1	4,51	4,16	0—70						108,7		
	95	5,2	5,8	40,4	5,10	4,20									
1012	10	1,4	3,7	44,9	3,61	2,73	0—25	0,3	0,5	2,8	4,1	0,6	0,0	9,3	
	20	4,2	5,3	42,5	3,72	3,10	15—85	1,9	1,0	0,9	1,0	0,0	0,5		
	30	5,6	4,4	40,0	3,92	3,32									
	45	2,8	3,0	40,2	4,35	4,10	0—40						62,4		
	60	1,7	1,8	40,5	4,59	4,31	0—70						84,6		
	80	1,6	1,4	37,0	4,75	4,40									
	100	2,2	2,8	44,0	4,66	4,10									

Tabelle II. Die Bodenprofile auf der einzelnen Probeflächen

Probefläche 1001:

- 0— 2 cm: fibröser Fichten-Rohhumus
 - 8 „ : schwarzer Buchenrohhumus mit einzelnen Sandkörnern
 - 8,5 „ : schwach gebleichter Horizont
 - 14 „ : rotbraune Ausfällung
 - 42 „ : gelbbrauner Oberboden
 - 95 „ : grauer Verdichtungshorizont mit schwachen Eisen-
oxydhydrat-Ausscheidungen
 - 110 „ : rotbrauner, schwach verhärteter, steiniger Horizont
 - 135 „ : rotbrauner, etwas steiniger Horizont
 - 165? „ : schwach steiniger Gleichhorizont.
- Wurzeln: 0—42 cm = 3, 42—53 cm = 2, 53—110 cm = 1,
110—165? cm = 0+.

Probefläche 1002:

- 0— 2 cm: fibröser Rohhumus
 - 10 „ : moderartiger Rohhumus
 - 11 „ : humoser Bleichsand
 - 34 „ : Bleichsand
 - 43 „ : rotbrauner Horizont
 - 67 „ : gelbbrauner Oberboden
 - 90 „ : hellgrauer Verdichtungshorizont, rostbraun gefleckt
und mit einzelnen Konkretionen
 - 110 „ : grauer, rostbraun gefleckter Horizont mit Konkretionen.
Einige Steine
 - 150? „ : Gleichhorizont mit einigen Steinen.
- Wurzeln: 0—10 cm = 5, 10—34 cm = 3, 34—67 cm = 4,
67—150? cm = 0+.

Der Bodeneinschlag zeigt alle Übergänge zwischen starker Podsolierung und podsoliger Braunerde. 37 Steckproben mit Boden-
sonde zeigen:

podsolige Braunerde:	27 %
schwache Podsolierung:	46 %
starke Podsolierung:	27 %

Probefläche 1003:

- 0— 10 cm: fibröser Rohhumus
- 16 „ : schwarzer, moderartiger Rohhumus mit einzelnen Sand-
körnern
- 25 „ : humoser Horizont
- 28 „ : schwach humoser, gebleichter Horizont
- 42 „ : Bleicherde mit schwärzlichen Humusorterdebändchen
- 51 „ : humose Ausfällung
- 64 „ : rotbraune, nicht verhärtete Eisenausfällung

- 100 „ : gelbbrauner Horizont, etwas verdichtet und mit schwachen Eisenausscheidungen
- 150? „ : stark steiniger Horizont
- Wurzeln: 0—16 cm = 5, 16—42 cm = 1, 42—64 cm = 3—2, 64—100 cm = 1—0+, 100—150? cm = 0.

Probefläche 1004:

- 0— 2 cm: Fichtennadeln
- 5 „ : moderartiger Rohhumus
- 7 „ : schwarzer, moderartiger Rohhumus mit einzelnen Sandkörnern
- 10 „ : stark humoser Horizont
- 21 „ : Humoser, graubrauner Oberboden
- 34 „ : gelbbrauner Oberboden, stellenweise fahlgrau gefleckt
- 125 „ : etwas verdichteter, graubrauner Horizont, schwach marmoriert
- 160? „ : gelbgrau und rostbraun horizontal gestreifter Sand.
- Wurzeln: 0—7 cm = 5, 7—50 cm = 4, 50—125 cm = 1, 125—160? cm = 0.

Probefläche 1005:

- 0—2,5 cm: Moder
- 3 „ : etwas gebleichter, humoser Horizont
- 24 „ : graubrauner Oberboden
- 44 „ : gelbbrauner Oberboden
- 60 „ : gelber Oberboden
- 170? „ : grauer bis gelber Feinsand mit schwachen Eisenausscheidungen.
- Wurzeln: 0—45 cm = 3, 45—60 cm = 2, 60—170? cm = 0+.

Probefläche 1006:

- 0— 4 cm: Moder
- 6 „ : schwärzlich-brauner, feinhumusreicher Rohhumus
- 11 „ : schwach gebleichter Horizont mit linsenförmigen, stark gebleichten Stellen
- 23 „ : rotbrauner Horizont
- 68 „ : graugelber Oberboden
- 140? „ : Verdichtungshorizont mit Konkretionen. Wurzeln in vertikalen Schwundrissen konzentriert.
- Wurzeln: 0—4 cm = 3, 4—68 cm = 2—1, 68—140? cm = 1—0+.

Probefläche 1007:

- 0— 2 cm: Moder
- 10 „ : mullähnlicher Oberboden
- 40 „ : rotbrauner Oberboden mit einigen Steinen
- 58 „ : gelbbrauner Oberboden mit einigen Konkretionen

- 105 „ : etwas verhärteter, graugelber Sand mit einzelnen braunen Bändchen
- 140? „ : gelber Feinsand mit einzelnen, schwach rostbraunen Bändchen.

Wurzeln: 0—58 cm = 4—2, 58—105 cm = 1—0⁺,
105—140? cm = 0.

Probefläche 1008:

- 0— 4 cm: Rohhumus
- 6 „ : stark humoser Bleichsand
- 10 „ : humoser Bleichsand
- 18 „ : Eisen-Humus-Ausfällung, keine Verhärtung
- 60 „ : gelbbrauner Oberboden, nach unten heller
- 140? „ : hellgrauer Verdichtungshorizont, rostbraun gefleckt.

Wurzeln: 0—6 cm = 5, 6—20 cm = 3, 20—50 cm = 2,
50—60 cm = 1, 60—140? cm = 0.

Probefläche 1009:

- 0— 6 cm: fibröser Rohhumus
- 8 „ : stark humose Bleicherde
- 14 „ : gebleichter Horizont mit wechselnden Humusmengen
- 20 „ : rostbraune Ausfällung, keine Verhärtung
- 40 „ : gelbbrauner Oberboden, stellenweise mit Humus
- 130? „ : schwach marmorierter Verdichtungshorizont.

Wurzeln: 0—8 cm = 5, 8—35 cm = 3—2, 35—130? cm = 0⁺.

Probefläche 1010:

- 0— 4 cm: fibröser Rohhumus
- 6 „ : moderartiger Rohhumus
- 8 „ : stark humoser Bleichsand
- 12 „ : humoser Bleichsand
- 16 „ : rotbraune Ausfällung
- 78 „ : gelbbrauner Horizont
- 140? „ : schwach marmorierter Verdichtungshorizont

Das ganze Profil ist mit Steinen durchsetzt.

Wurzeln: 0—8 cm = 5—4, 8—12 cm = 2—1, 12—78 cm = 4—3,
78—140? cm = 1—0⁺.

Probefläche 1012:

- 0— 4 cm: fibröser Rohhumus
- 9 „ : schwärzlicher, fibröser Rohhumus
- 10 „ : stark humoser Bleichsand
- 20 „ : schwach humoser Bleichsand, mit linsenförmigen, stark gebleichten Stellen
- 27 „ : rotbraune Ausfällung, nicht verhärtet
- 50 „ : gelbbrauner — graugelber Oberboden

—140? „ : graugelber Feinsand, mit einigen linienförmigen, nicht horizontalen, rostbraunen Bändchen.

Wurzeln: 0—4 cm = 5, 4—20 cm = 4, 20—50 cm = 3—2,
50—140? cm = 1—0+.

Probefläche 1011:

- 0— 5 cm: fibröser Rohhumus, stellenweise Moder
- 15 „ : stark humoser, stellenweise humusfreier Bleichsand
- 30 „ : rotbraune, nach unten helle Ausfällung
- 120 „ : Verdichtungshorizont, rostgelb und hellgrau gefleckt
- 135 „ : rostgelb und hellgrau gefleckter Horizont
- 150? „ : rostgelb und hellgrau gefleckter Sediment-Sand.

Wurzeln: 0—30 cm = 5—3, 30—150? = 0+ (sehr flacher Wurzelraum). In der textuellen Übergangszone (ca. 140 cm Tiefe) viele Wurzeln.

Probefläche 1013:

- 0— 4 cm: fibröser Rohhumus
- 5 „ : schwarzer, moderartiger Rohhumus
- 17 „ : schwarzer, sehr humoser Horizont mit Holzkohlefragmenten durchsetzt
- 25 „ : rotbrauner Ausfällungshorizont
- 57 „ : gelbbrauner Ausfällungshorizont
- 90 „ : Übergangszone mit braunen Ausfällungen gefleckt
- 150? „ : hellgraugelber Horizont mit schwachen \pm horizontalen Ausfällungsbändchen.

Wurzeln: 0—17 cm = 5—2, 17—57 cm = 2—1,
57—150 cm = 1—0+.

Das ganze Profil ist mit einzelnen Steinen durchsetzt.

Probefläche 1014:

- 0— 7 cm: fibröser Rohhumus
- 9 „ : moderartiger Rohhumus
- 11 „ : humoser Bleichsand
- 22 „ : schwach humoser Bleichsand
- 31 „ : rotbraune Ausfällung, nicht verhärtet
- 52 „ : rotgelber Horizont
- 150? „ : hellgraugelber Horizont mit einzelnen großen Steinen.

Wurzeln: 0—11 cm = 5, 11—22 cm = 1, 22—52 cm = 4—3,
52—150? cm = 1—0+.

Probefläche 1015:

- 0— 4 cm: fibröser Rohhumus
- 6 „ : schwach ausgeprägter Auswaschungshorizont
- 13 „ : graubrauner Horizont, violett getönt
- 45 „ : graubrauner Oberboden mit gelben Flecken

- 68 „ : sehr dichter Verdichtungshorizont, hellgrau und hellgelblich gefleckt
- 140? „ : hellgrauer Verdichtungshorizont mit hellgelblichen Flecken.

Wurzeln: 0—6 cm = 5, 6—45 cm = 3—2, 45—140? cm = 0+.

Probefläche 1016:

- 0— 5 cm: fibröser Rohhumus
- 14 „ : Bleichsand
- 20 „ : gelbbraune Ausfällung
- 32 „ : hellgelbbrauner Oberboden
- 66 „ : hellgraue Verdichtung, hellrostgelbliche Flecken, einzelne Konkretionen.
- 140? „ : brauner Oberboden

Wurzeln: 0—5 cm = 5, 5—14 cm = 1—2, 14—20 cm = 4, 20—32 cm = 2, 32—140? cm = 0+.

Probefläche 1017:

- 0— 6 cm: fibröser Rohhumus
- 10 „ : braunschwarzer, moderartiger Rohhumus
- 20 „ : humoser, steiniger Bleichsand
- 27 „ : dunkelbraune, steinige Ausfällung, nicht verhärtet
- 57 „ : gelbbrauner, steiniger Oberboden
- 140? „ : grauer, etwas verdichteter Horizont, steinig

Wurzeln: 0—10 cm = 5, 10—20 cm = 0+, 20—27 cm = 3, 27—57 cm = 1, 57—140? cm = 0.

Probefläche 1018:

- 0— 5 cm: moderartiger, fibröser Rohhumus
- 9 „ : moderartiger Rohhumus
- 19 „ : Bleichsand
- 31 „ : gelbbraune, nicht verkittete Ausfällung
- 50 „ : heller, gelbbrauner Oberboden
- 76 „ : hellgrauer Verdichtungshorizont, schwach rostgelbgefleckt, einzelne Konkretionen
- 140? „ : brauner, etwas verdichteter Horizont, etwas vergleitet.

Wurzeln: 0—9 cm = 5, 9—19 cm = 1—0+, 19—31 cm = 2, 31—50 cm = 1, 50—140? cm = 0+.

Probefläche 1019:

- 0— 5 cm: fibröser Rohhumus
- 7 „ : moderartiger, fibröser Rohhumus
- 15 „ : schwach gebleichter Horizont
- 60 „ : gelbbrauner Oberboden
- 130? „ : grauer Verdichtungshorizont, etwas rostbraun gefleckt

Wurzeln: 0—15 cm = 5, 15—60 cm = 4—2, 60—130? cm = 2—0+.

Probefläche 1020:

- 0— 10 cm: fibröser Rohhumus
 - 21 „ : sehr humusreicher Horizont mit großer Wurzelkonzentration
 - 36 „ : graubrauner Horizont
 - 40 „ : Übergangshorizont etwas vergleit
 - 140? „ : Vergleiter Ton, prismatisches Gefüge
- Wurzeln: 0—10 cm = 4, 10—21 cm = 4, 21—36 cm = 3,
36—40 cm = 4, 40—140? cm = 1—0.

Probefläche 1021:

- 0— 8 cm: fibröser Rohhumus
 - 13 „ : moderartiger, schwach fibröser Rohhumus
 - 24 „ : schwarzer, stark humoser Horizont, schwach steinig
 - 34 „ : humoser Bleichsand, schwach steinig
 - 50 „ : dunkelbraune, nicht verkittete Ausfällung
 - 80 „ : etwas verkittete, graue und fleckenweise rostbraune Ausfällung
 - 140? „ : grauer, geschichteter Sand, mit wechselndem Tongehalt
- Wurzeln: 0—13 cm = 5, 13—34 cm = 3—2, 34—50 cm = 2—1,
50—140? cm = 0+.

Probefläche 1022:

- 0— 2 cm: fibröser Rohhumus
 - 2½ „ : schwarzer, moderartiger Rohhumus
 - 7 „ : humoser Horizont mit Wurzelfilz
 - 13 „ : rotbraune Ausfällung
 - 33 „ : gelbbrauner Oberboden
 - 85 „ : etwas verdichteter Horizont, etwas grau- und rostfleckig. Einige Konkretionen
 - 140? „ : Glei-Horizont (Grundwasser erreicht)
- Wurzeln: 0—7 cm = 5, 7—33 cm = 2, 33—140? cm = 0+.

Probefläche 1023:

- 0— 3 cm: fibröser Rohhumus
 - 9 „ : schwarzer, moderartiger Rohhumus
 - 12 „ : Bleichsand
 - 25 „ : braune, nicht verkittete Ausfällung
 - 50 „ : gelbbrauner, nach unten gelbgrauer Oberboden
 - 82 „ : hellgraue Verdichtung
 - 140 „ : verdichteter Horizont mit Glei (Grundwasser erreicht)
- Wurzeln: 0—3 cm = 5, 3—9 cm = 4, 9—25 cm = 4,
25—50 cm = 3, 50—82 cm = 1, 82—140 cm = 0+.

Probefläche 1024:

- 0— 8 cm: moderartiger Rohhumus
- 10 „ : schwarzer, humoser Horizont
- 16 „ : humoser Horizont
- 24 „ : graubraune Ausfällung
- 64 „ : gelbbrauner Oberboden, nach unten heller
- 150? „ : etwas verdichteter, grauer Horizont. Nach unten rostfleckig (Glei)

Das ganze Profil ist mit Steinen durchsetzt

Wurzeln: 0—8 cm = 5, 8—64 cm = 3, 64—150? cm = 0+.

Probefläche 1025:

- 0— 4 cm: moderartiger Rohhumus
- 4½ „ : schwarzer Rohhumus
- 5 „ : humoser Bleichsand
- 15 „ : graubrauner Horizont mit großen Steinen
- 55 „ : gelbbrauner, nach unten heller Oberboden mit großen Steinen
- 125 „ : hellgrau, etwas verdichtete Sandschichten mit graubraunen Steinschichten
- 170? „ : hellgrauer, geschichteter Feinsand mit einzelnen, rostbraunen Bändchen

Wurzeln: 0—15 cm = 3, 15—55 cm = 2, 55—125 cm = 0+
in Sandschichten und 2—1 in Steinschichten,
125—170? cm = (0+).

Probefläche 1026:

- 0— 3 cm: fibröser Rohhumus
- 5 „ : schwarzer Rohhumus
- 16 „ : humoser, steiniger Bleichsand
- 23 „ : rotbraune, nicht verkittete Ausfällung
- 40 „ : gelbbrauner, nach unten heller Oberboden
- 120 „ : hellgrauer, steiniger Horizont. Textur wechselnd
- 140? „ : gelbgrauer Horizont

Wurzeln: 0—3 cm = 5, 3—5 cm = 4, 5—16 cm = 2,
16—23 cm = 3, 23—40 cm = 2, 40—120 cm = 1+,
120—140? cm = 0.

Probefläche 1027:

- 0— 3 cm: fibröser Rohhumus
- 5 „ : moderartiger Rohhumus mit einzelnen Sandkörnern
- 17 „ : graubrauner, gebleichter Horizont, stellenweise weißer Bleichsand
- 22 „ : rotbraune, nicht verkittete Ausfällung
- 30 „ : gelbbrauner Oberboden
- 35 „ : hellgelbbrauner Oberboden
- 140? „ : grauer bis graugelber, verdichteter, steiniger Horizont

Wurzeln: 0—5 cm = 5, 5—17 cm = 1—2, 17—35 cm = 3,
35—140? cm = 1—0+.

Probefläche 1028:

- 0— 2 cm: fibröser Rohhumus
- 20 „ : graubrauner Oberboden mit podsolierten Stellen
- 38 „ : gelbbrauner Oberboden
- 70 „ : verdichteter Horizont hellgrau und hellrostgrau gefleckt mit schwachen Konkretionen
- 90 „ : grauer bis graubrauner Horizont mit weichen Konkretionen
- 120 „ : rotbrauner, etwas verkitteter Horizont, mit einzelnen grauen Flecken
- ? „ : olivengrüner Horizont

Grundwasserstand war 100 cm unter Flur

Wurzeln: 0—20 cm = 4, 20—40 cm = 3—2, darunter??

Probefläche 1029:

- 0— 5 cm: fibröser Rohhumus
- 14 „ : moderartiger Rohhumus
- 18 „ : rotbrauner, etwas gebleichter Horizont
- 26 „ : rotbrauner Oberboden
- 37 „ : schwach verdichteter, hellgraugelber Oberboden
- 86 „ : Verdichtungshorizont, rotbraun mit Reduktionsflecken
- 140? „ : fahlgrau und rotbraun gefleckter Horizont mit einzelnen Steinen

Wurzeln: 0—14 cm = 5, 14—30 cm = 2, 30—140 cm = 0+.

Probefläche 1030:

- 0— 1½ cm: Fichtennadeln
- 6 „ : Mull
- 45 „ : graubrauner Oberboden
- 80 „ : graugelber Verdichtungshorizont, rostbraun gefleckt und mit Konkretionen
- 140? „ : geschichteter, graugelb und rostgelb gefleckter Sand mit Konkretionen

Wurzeln: 0—5 cm = 5, 5—45 cm = 4—2, 45—140? cm = 0+.

Probefläche 1031:

- 0— 2 cm: Fichtennadeln
- 4 „ : Mull
- 38 „ : dunkelbrauner Horizont
- 80 „ : steiniger (Flintstein), graugelb und rostgelb gefleckter Horizont mit Konkretionen
- 150? „ : graugelb und rostgelb gefleckter Horizont mit CaCO₃

Wurzeln: 0—4 cm = 3, 4—38 cm = 3—2, 38—80 cm = 2,
80—150? cm = 2—0+.

Alte Buchenwurzeln unten im Profil.

Bd. XXIV, H. 1: Nr. 191. H. A. HENRIKSEN: Sitkagranens vækst og sundhedstilstand i Danmark. (The Increment and Health Condition of Sitka Spruce in Denmark). S. 1.

Bd. XXV, H. 1: Nr. 192. C. TRESCHOW: Forsøg med rødgranracers resistens overfor angreb af *Fomes annosus* (Fr.) Cke. (Experiments for Determining the Resistance of Norway Spruce Races to *Fomes annosus* Attack). S. 1. — Nr. 193. C. TRESCHOW: Forsøg over jordbehandlingens indflydelse på rødgranbevoksningers resistens overfor angreb af *Fomes annosus*. (Investigation of the Effect of Soil Cultivation on the Resistance of Norway Spruce Stands to Attack of *Fomes annosus*). S. 25. — Nr. 194. B. BEIER PETERSEN and B. SØEGAARD: Studies on Resistance to Attacks of *Chermes Cooleyi* (Gill.) on *Pseudotsuga Taxifolia* (Poir.) Britt. (Undersøgelser over resistens mod angreb af *Chermes cooleyi* (Gill.) hos *Pseudotsuga taxifolia* (Poir.) Britt.). S. 35. — Nr. 195. BRODER BEIER PETERSEN: Bladhvepsen *Lygaeonematus abietinus* Christ. 2. Fortsatte bekæmpelsesforsøg og disses indvirkning på parasiteringen af larvestadiet. (The Saw-fly *Lygaeonematus abietinus* Christ. 2. Continued Control Experiments and their Effect on the Parasitism of the Laval Stage). S. 47. — Nr. 196. FR. PALUDAN og JOHS. RAFN: P. E. Müllers gødningsforsøg i rødgran i Gludsted plantage. Tilvækstforhold og trametesangreb. (P. E. Müllers Experiments with Fertilizers applied to Norway Spruce (*Picea abies*) in Gludsted plantation. Increment and *Fomes annosus* Attack). S. 63. — Nr. 197. A. YDE-ANDERSEN: Kærneråd i rødgran forårsaget af honningsvampen (*Armillaria mellea* (Vahl) Quél.) (Buttrot in Norway Spruce caused by the Honey Fungus (*Armillaria mellea* (Vahl) Quél.). S. 79. — **H. 2:** Nr. 198. H. HOLSTENER-JØRGENSEN: Jordbundsfysiske undersøgelser i danske bøgebevoksninger. (Physical Soil-Investigations in Danish Beech-Stands). S. 93. — **H. 3:** Nr. 199. H. HOLSTENER-JØRGENSEN: Undersøgelser af rødsystemer hos eg, bøg og rødgran på grundvandpåvirket morænejord med et bidrag til belysning af bevoksningernes vandforbrug. (Investigations of Root Systems of Oak, Beech and Norway Spruce on Groundwater-Affected Moraine Soils with a Contribution to Elucidation of Evapotranspiration of Stands). S. 225. — Nr. 200. H. HOLSTENER-JØRGENSEN: Skærmstillings og renafdriifts indflydelse på grundvandstanden på leret moræne. (Influence of Shelterwood-Cutting and Clear-Cutting on Groundwater-Table on a Fine-Textured Moraine Soil). S. 291. — **H. 4:** Nr. 201. M. SCHAFFALITZKY DE MUCKADELL: Investigations on Aging of Apical Meristems in Woody Plants and its Importance in Silviculture. (Undersøgelser over aldersforandringer i vedplanternes apikale meristemer og deres betydning for skovdyrkingen.) S. 307.

Bd. XXVI, H. 1: Nr. 202. E. C. L. LØFTING: Danmarks ædelgranproblem, 2. del. (Denmark's Silver Fir Problem, Part II). Dyrkningsbetingelserne for *Abies alba* (Mill.) og *Abies Nordmanniana* (Spach.) i Danmark. S. 1. — **H. 2:** Nr. 203. ERIK

HOLMSGAARD: Kvælstofbindingens størrelse hos el. Litteraturgennemgang og en undersøgelse af et plantningsforsøg. (Amount of Nitrogen-Fixation by Alder. Review of Literature and an Investigation of a Planting-Experiment). S. 251. — Nr. 204. JØRGEN DAHL og B. BEIER PETERSEN: Om virkningen af kemisk skadedyrbekæmpelse på insekter og spindler i en granskov. (On the Influence of Chemical Control on the Arthropod Fauna of a Spruce Forest). S. 271. — Nr. 205. K. NÆSS-SCHMIDT og BENT SØEGAARD: Podehøjdens indflydelse på podekvistens vækstrytme og form. (The Influence of the Grafting Height on the Development of the Scion). S. 313. — Nr. 206. H. C. OLSEN, JOHS. RAFN og E. SCHEURER: Revision af et gødningsforsøg i en stagnerende rødgrankultur i fængselsvæsenets plantage ved Sdr. Omme. (Revision of a Fertilizing Experiment on a Stagnating Norway-Spruce Stand on a Heath in Central Jutland). S. 325. — Nr. 207. H. HOLSTENER-JØRGENSEN: A Method for Sand Culture Experiments. S. 339. — H. 3: Nr. 208. ERIK HOLMSGAARD og H. C. OLSEN: Vejrets indflydelse på bøgens frugtsætning. (The Influence of Weather on Beech Mast). S. 345. — Nr. 209. H. HOLSTENER-JØRGENSEN: Eftervirkningen af planteskoleplanters ernæringstilstand i det første kulturår. (The Effects of the Nutritive Condition of Nursery-Grown Plants during their first Year after Transplantation). S. 371. — Nr. 210. H. HOLSTENER-JØRGENSEN: Indfygning af jord i en plantages vestrand. (Drift of Soil into the Western Edge of a Plantation). S. 389.

Bd. XXVII, H. 1: Nr. 211. ERIK HOLMSGAARD, H. HOLSTENER-JØRGENSEN og A. YDE-ANDERSEN: Bodenbildung, Zuwachs und Gesundheitszustand von Fichtenbeständen erster und zweiter Generation. 1. Nord-Seeland. (Jordbundsdannelse, tilvækst og sundhedstilstand i rødgranbevoksninger af første og anden generation. 1. Nordsjælland.) S. 1. —

DET FORSTLIGE FORSØGSVÆSEN I DANMARK

udgives ved den forstlige forsøgskommission under redaktion af forstanderen, i hæfter sædvanlig på 5—10 ark, der udsendes fra Statens forstlige Forsøgsvæsen, Møllevangen, Springforbi. Ca. 25 ark (400 sider) udgør et bind. Prisen pr. bind er 10 kr., for skovbrugsstuderende dog 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 af bind XI—XX, 1930—1951, beretninger nr. 96 og 98—168, i slutningen af 20de bind. Disse fortegnelser tilsendes gratis ved henvendelse til forsøgsvæsenet.

Fortegnelse over indholdet af bd. XX—XXVII er anført på omslaget.