

Forsøgdebetragtning
/ 33.

Beretning Nr. 133

KJELD LADEFOGED:

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE
PERIODIZITÄT IM AUSBRUCH UND
LANGENWACHSTUM DER WURZELN
BEI EINIGEN UNSERER
GEWÖHNLICHSTEN WALDBÄUME

(UNDERSØGELSE OVER PERIODICITETEN I
RØDDERNES FREMBRUD OG LÆNGDEVÆKST HOS
NOGLE AF VORE ALMINDELIGSTE SKOVTRÆER)

(Særtryk af Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, XVI.)

MCMXXXIX

INDHOLD AF BD. XI—XV, H. 2.

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

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

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

Bd. XIV, H. 1: Nr. 115. E. C. LØFTING: Bevaring af stormfældet Gran (Aufbewahrung von sturmgeschlagenem Fichtenholz), S. 1. — Nr. 116. POUL LARSEN: Regenererende Kulsyre-assimilation hos Askegrene (Regenerierende Kohlensäureassimi-

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE
PERIODIZITÄT IM AUSBRUCH UND
LÄNGENWACHSTUM DER WURZELN
BEI EINIGEN UNSERER
GEWÖHNlichsten WALDBÄUME

KANDRUP & WUNSCH — KØBENHAVN V.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER
DIE PERIODIZITÄT
IM AUSBRUCH UND LÄNGENWACHSTUM
DER WURZELN

BEI EINIGEN UNSERER GEWÖHNLICHSTEN
WALDBÄUME

DANSK RESUME

VON
KJELD LADEFOGED

ANDR. FRED. HØST & SØN, KOPENHAGEN

1939

Denne Afhandling er af den kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Undervisningsraad efter Indstilling af dettes Jordbrugsafdeling antaget til offentlig at forsvares for den jordbrugsvidenskabelige Doktorgrad.

*Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole,
Den 25. Maj 1939.*

NIELS BJERRUM.

INHALTVERZEICHNIS:

	Seite
Einleitung	1
Literatur	4
I. Untersuchungen über den Feuchtigkeitsgehalt und die Temperatur des Waldbodens	13
Die Bodenfeuchtigkeit	13
Die Bodentemperatur in 20 cm Tiefe	28
II. Untersuchungen über die Wachstumsperiodizität der Baumwurzeln	49
Einige vorausgehende wachstumsphysiologische Betrachtungen	49
Methodik	50
Zusammenfassung des Untersuchungsmaterials	52
Das Wurzelwachstum der Buche	53
» » der Esche	86
» » der Roterle	111
» » der Birke	124
» » der Fichte	130
» » der Weisstanne	158
» » der Lärche	171
Die Neubildung von Kurzwurzeln	178
Die Wurzelhaarbildung	180
Das Verhältnis zwischen dem Wurzelwachstum und dem Wachstum der Organe über der Erde	182
III. Experimentelle Untersuchungen	190
Wurzelwachstum und Temperatur	190
Wurzelwachstum und Bodenfeuchtigkeit	198
Gesamtüberblick und Vergleich der Wurzelwachstumsperiodizität usw. der einzelnen untersuchten Baumarten, mit früheren Untersuchungen zusammengestellt	202
Kritik	213
Literatur	215
Dansk Resume	223
Tafeln	257

Sonderabdruck aus Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, Bd. XVI.

For økonomisk Støtte til efterfølgende Arbejde er jeg Tak skyldig til *Carlsen-Langes Legatstiftelse*, *Gammelkøgegaard*, til Kammerherre, Hofjægmester, *Overførster F. C. Eides* og *Hustru f. Sarauws Legat* samt til *Tuborgfondet*.

Bearbejdningen af en Del af Materialet og de eksperimentelle Undersøgelser har jeg med stor Velvillighed fra *Statens forstlige Forsøgsvæsen* kunnet udføre under mit daglige Arbejde paa Forsøgsstationen.

En varm Tak for værdifulde Raad under Arbejdet skylder jeg Forstanderen for *Statens forstlige Forsøgsvæsen*, Dr. phil. C. H. Bornebusch, Professor ved Universitetet, Dr. phil. P. Boysen Jensen, Professor ved den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Dr. phil. Detlev Müller og Statistisk Konsulent, Dr. phil. G. Rasch. For Vejledning af den ene eller anden Art bringer jeg en Tak til *Forsøgsvæsenets* Personale.

Den daglige Aflæsning af Skovjordens Temperaturer er udført af min Far Skovfoged J. Ladefoged. Uden denne Hjælp fra min Fars Side havde jeg ikke kunnet gennemføre denne Del af Undersøgelserne.

Statens forstlige Forsøgsvæsen i Juni 1939.

KJELD LADEFOGED.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE
PERIODIZITÄT IM AUSBRUCH UND
LÄNGENWACHSTUM DER WURZELN
BEI EINIGEN UNSERER
GEWÖHNLICHSTEN WALDBÄUME

VON
KJELD LADEFOGED

Einleitung.

Durch Beobachtungen bei unserem Herumstreifen draussen in der Natur und durch praktisch-phänologische und mehr experimentelle Untersuchungen haben wir nach und nach uns recht genaue Kenntnisse über die Wachstumsperiodizität der Baumorgane oberhalb des Erdbodens erworben (Belaubung, Strecken der Triebe, Blüte, Dickenwachstum, Laubfall usw.) und über die Beziehungen zwischen diesen und den äusseren Faktoren. Eine ähnliche Kenntnis von der Wachstumsperiodizität der unterirdischen Baumorgane — den Wurzeln — haben wir nicht, was wohl seine Ursache darin hat, dass die Wurzeln, im Gegensatz zu den oberhalb des Erdbodens befindlichen Organen, für das Auge verborgen unter der Erde wachsen, weshalb Beobachtungen über ihr Wachstum besonders schwierige Untersuchungsmethoden erfordern.

Über das rein wissenschaftliche Interesse hinaus: für das Verständnis der Lebensäusserungen der Bäume im allgemeinen und der ernährungsphysiologischen Gleichgewichtsverhältnisse des einzelnen Individuums usw. hat eine genaue Kenntnis der Wachstumsperiodizität der einzelnen Baumorgane bei allen praktischen Forstwirtschaftsveranstaltungen in ihrer Gesamtheit entscheidende Bedeutung. Das gilt z. B. für die Festlegung der üblichen Saisonarbeiten der Forstwirtschaft (Pflanzung, Abhol-

zung, Düngung, usw.), für die Wahl der Baumarten, für die ganze Herkunftsfrage usw. usw.

In je höherem Grade die Forstwirtschaftstechnik die natürlichen Wachstumsperioden der einzelnen Baumorgane zu unterstützen und Faktoren fernzuhalten vermag, die Begrenzung auf die Länge dieser Perioden ausüben und hemmend auf den Wachstumsverlauf innerhalb der einzelnen Perioden wirken, in desto höherem Grade kann die Forstwirtschaft eine gesteigerte Produktion und grössere Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheitsangriffen u. ä. bei dem einzelnen Baumindividuum erwarten.

Was im besonderen die Wachstumsperiodizität der Baumwurzeln angeht, könnte man vielleicht erwartet haben, dass sie mit der gleichen Zeitspanne zusammenfällt, innerhalb welcher sich die Lebensäusserungen der Baumorgane oberhalb des Erdbodens entfalten; dass z. B. die Wurzeln bei den Laubbäumen zugleich mit dem Ausschlagen der Bäume zu wachsen begännen und dass sie ihr Wachstum mit der Zeit des Laubfalles abschliessen; dass die Wurzeln der Nadelbäume gleichzeitig mit dem Strecken der Triebe zu wachsen begännen und ihr Wachsen im Laufe des Herbstes abschliessen. Diese Annahme findet man auch an einzelnen Stellen in der älteren Literatur (siehe weiter unten).

Die Untersuchungen haben, trotz widersprechender Resultate, dennoch klar erwiesen, dass jene genaue Übereinstimmung zwischen den Lebensäusserungen der Organe oberhalb des Erdbodens und dem Wurzelwachstum keineswegs immer besteht, dass die Organe über dem Erdboden bei verschiedenen Bäumen sehr wohl im Wachstum sein können, ohne dass die Wurzeln wachsen, und umgekehrt, dass die Wurzeln wachsen können ohne entsprechende Lebensäusserungen der Organe über der Erde. Ja, bei einzelnen Baumarten scheint entweder das erstgenannte oder das letztgenannte die Regel zu sein.

Die Erklärung für diese Wachstumsverschiedenheit muss in vielen Fällen hauptsächlich in den sehr unterschiedlichen »klimatischen« (Temperatur, Feuchtigkeit, Luftzusammensetzung u. ä.) und anderen Verhältnissen gesucht werden, unter denen die Organe des einzelnen Baumes über und unter der Erde infolge des ganzen Aufbaus des Baumes nun einmal gezwungen sind zu wachsen. Je mehr diese Verhältnisse mit einander variieren, oder wo der eine der Faktoren an einer

Stelle im Minimum auftritt etc., desto grösser ist die Abweichung zwischen den Zeitpunkten für das Wachstum dieser verschiedenen Organe.

Mit den Verhältnissen oberhalb des Bodens verglichen, variieren die Verhältnisse unter der Erde innerhalb des einzelnen Waldes sehr stark, je nach der Art des Bodens, seiner Zusammensetzung, Lage, Wärme-, Wasser- und Sauerstoffzuführung usw. Infolgedessen trifft man innerhalb der gleichen Baumart viel grössere Unterschiede zwischen der Wachstumsperiodizität der Wurzeln auf den verschiedenen Bodenörtlichkeiten, als zwischen der entsprechenden Wachstumsperiodizität der über dem Boden befindlichen Organe. Untersuchungen über die Wachstumsperiodizität der Wurzeln eröffnen, wie daraus hervorgeht, für ein genaues Verständnis des Wachsens, der Produktion, Gesundheit usw. der einzelnen Baumarten auf den verschiedenen Bodenörtlichkeiten weite Perspektiven.

Die nachfolgende Arbeit, die ein Glied in der Serie von Untersuchungen ist, die nach und nach unsere Kenntnis über das Wurzelwachstum der Bäume erweitern soll, umfasst die Waldbäume Buche, Esche, Roterle, Birke, Fichte, Weisstanne und Lärche, und wurde mit folgenden vier Hauptzielen vor Augen durchgeführt:

1. Die Zeitpunkte der Ruhe- und Wuchsperioden der Wurzeln auf den verschiedenen Wuchsplätzen der Bäume im Walde zu beleuchten.
2. Näheres über den ungefähren Verlauf des Wurzelwachstums innerhalb der ganzen Wuchsperiode zu berichten.
3. Zu versuchen aufzuklären, welche Beziehung zwischen den äusseren Faktoren und dem Wachstum der Wurzeln besteht.
4. Die Verschiedenheiten zwischen dem Wurzelwachstum der einzelnen untersuchten Waldbäume im allgemeinen und auf verschiedenartigen Bodenörtlichkeiten zu beleuchten, um hierdurch vielleicht einige der verschiedenen Forderungen deutlich machen zu können, die die Waldbäume an die Wachstumsörtlichkeiten stellen.

Die gewonnenen Resultate sind erreicht worden teils dadurch, dass etwa zwei Jahre lang dem Wachstum der Wurzeln mit Messungen im Wald gefolgt wurde, teils mit rein experi-

mentellen Versuchen über die nähere Abhängigkeit des Wurzelwachstums von Temperatur und Feuchtigkeit.

Ältere Beobachtungen.

Literatur.

Der griechische Philosoph THEOPHRAST¹⁾ (geb. 372 v. Chr.) ist der erste, der Beobachtungen über das Wachstum der Baumwurzeln erwähnt. Er beobachtete die Wurzeln ein ganzes Jahr hindurch und fand, dass sie im Frühjahr eher zu wachsen begannen als die Baumorgane über dem Boden.

Der in der Forstliteratur so oft zitierte Forscher DUHAMEL DU MONCEAU (1758) schreibt folgendes über das Wachstum der Wurzeln (S. 155): »Cela me fait soupçonner que les arbres perdent en terre leurs racines capillaires; a peu-pres comme ils perdent leurs feuilles. Pour vérifier cette conjecture, j'ai fait arracher des arbres dans tous les mois de l'hiver, et j'ai en effet trouvé qu'après des gelées un peu fortes beaucoup de racines étaient mortes: et que quand l'air étoit doux, ils s'en développaient de nouvelles, qui remplaçaient abondamment les autres«.

Nach DUHAMEL können also die Baumwurzeln im Winter wachsen, und indem er sich hauptsächlich auf seine Beobachtungen hierüber stützt, zieht er den für die Praxis bedeutungsvollen Schluss, dass es ein Vorteil sein muss, im Herbst und Winter zu pflanzen. So schreibt er (1760, S. 157) u. a.: »Ceux qui entreprennent de grandes plantations les font ordinairement pendre les mois de Novembre, Décembre, Janvier, Février, et jusqu'à la fin de Mars . . .«.

VON DIESKAU (1776), WILLDENOW (1798), M. B. BORKHAUSEN (1800), JOH. KÖNIG (1820) und LOUDON (1823) teilen Beobachtungen mit, die DUHAMELS Angaben darüber bekräftigen, dass die Baumwurzeln im Winter wachsen.

Hingegen ist AGARDH (1832) der entgegengesetzten Auffassung, wenn er an einer Stelle unter anderem schreibt: »Auf diese Weise ist das ganze jährliche Gewächsleben ein und dieselbe Veränderung, nämlich ein Parallelismus mit dem jährlichen Laufe der Sonne. Im Frühjahr keimt Alles, im Sommer wächst Alles oder geht Alles auf, im Herbst reift Alles, der Baum sowohl als der Samen, die Wurzel sowohl als die Zwiebeln«.

LINDLEY (1855) behauptet, dass das Wachstum der Wurzeln

Nach ROSE 1937.

nicht davon abhängig ist, ob der Baum Blätter hat oder nicht und schreibt darüber: »It is doubted, indeed, whether in cold months of the year trees make roots. Some physiologist peremptorily deny the possibility of roots appearing in the absence of leaves, and therefore, although they do not altogether object to the assertion that roots are formed in winter or late autumn, they only admit that possibility in the case of evergreens. Their theory is, that roots are formed by the action of leaves; and that therefore when leaves are off roots will not grow. Their Theory is wrong; they should use their eyes. In 1845 I examined, on the 26 th. February, the roots of various trees, and found young ones formed abundantly on *Sambucus racemosa*, *Ribes sanguineum* and *divaricatum*, the Sycamore, Plum, Peach and Apple. Such evergreens as Hollies, Carrya, Common Broom, and Portugal Laurel, had also produced them in large quantity. The statement, therefore, that roots can only be formed in the presence of leaves is erroneous«.

H. v. MOHL (1862), der sich namentlich mit dem Dickenwachstum der Baumwurzeln in den verschiedenen Jahreszeiten beschäftigt hat, hat keinen Längenwuchs der Baumwurzeln im Winter beobachtet.

Neuere Untersuchungen.

Während viele der oben erwähnten Angaben über Wurzelwachstum meistens auf mehr zufälligen oder oberflächlichen Beobachtungen oder rein physiologischen Erwägungen und Betrachtungen beruhen, leitete FR. RESA die tiefergehenden und eigentlichen Spezialstudien über die Periodizität des Wurzelwachstums ein, und seine Arbeit kann auf diesem Untersuchungsfeld als grundlegend betrachtet werden.

FR. RESA (1877) nahm seine Untersuchungen an stehenden Bäumen vor und auf die ganz einfache Weise, dass er mit periodischen Zwischenräumen die Wurzeln aufgrub und notierte, ob sie im Wachsen waren oder nicht. Die Untersuchungen umfassten nicht weniger als elf verschiedene Baumarten und ergaben das Resultat, dass es zwei durch eine Ruhezeit getrennte Wurzelwachstumsperioden gibt: eine im Frühjahr, hauptsächlich in der Zeit vor dem Ausschlagen der Bäume, und eine im Herbst. Diese setzt sich bei Laubbäumen bis in die Winterzeit hinein fort, ohne dass ein Stillstand im Wachstum erfolgt,

es tritt nur wegen der Kälte eine Verzögerung ein, während bei Nadelbäumen das Wachsen der Wurzeln im Winter vollständig aufhört.

Gegen RESA's Resultate sprechen A. WIELERS (1893 und 1894) Beobachtungen und physiologische Betrachtungen, weshalb er u. a. mit folgenden starken Worten RESA's Arbeit kritisiert: »Doch erwecken die Angaben RESA's Zweifel, ob sie wirklich Allgemeingültigkeit beanspruchen können. Sein Material ist nur sehr beschränkt, und die Untersuchungen sind meistens an wenigen Exemplaren angestellt worden. In seinen Ergebnissen vermisst man auch jeglichen Zusammenhang zwischen der Wurzelbildung und den anderen Vorgängen in der Pflanze, darum bleiben die von der allgemeinen Regel abweichenden Fälle unerklärlich. *A priori* ist es höchst unwahrscheinlich, dass am Ende des Sommers und im Herbst Wurzeln gebildet werden, denn wozu hat die Pflanze dieselben nötig?«

Auch GULBE (1888) bestreitet, dass die Baumwurzeln im Winter wachsen können. Er behauptet, dass die Kambiumwirksamkeit in den dünnen Zweigen beginnt und sich dann nach und nach zum Stamm, zu den dicken und zuletzt den dünnen Wurzeln ausbreitet. Zwischen dem Beginn der Kambiumwirksamkeit in den dünnen Zweigen und in den dünnen Wurzeln vergehen durchschnittlich 4—5 Wochen. Die Kambiumwirksamkeit hört in der gleichen Reihenfolge auf, wie sie angefangen hat, in den dünnen Wurzeln ungefähr Ende Oktober.

O. G. PETERSEN (1898) ist der einzige, der hier in Dänemark die Periodizität des Wachstums der Baumwurzeln eingehender untersucht hat. Als Material benutzte er teils 2—5 jährige Pflanzen aus der Baumschule des Distrikts Frederiksværk, teils ältere Bäume aus dem Garten der landwirtschaftlichen Hochschule. Die Untersuchungen wurden in der gleichen Weise durchgeführt wie die RESA's, d. h. man grub Pflanzen oder Wurzeln aus und notierte, ob sie wuchsen oder nicht.

Die Resultate stimmen in der Hauptsache, wenn man von kleineren Abweichungen absieht, recht genau mit RESA's Angaben überein und können kurz in den folgenden vier Punkten wiedergegeben werden.

1. Ein Wurzelausbruch findet gewöhnlich im Frühjahr statt, aber recht vereinzelt, indem er sich über einen Zeitraum

erstreckt, der die Monate Februar bis Juni umfasst, doch so, dass die lebhafteste Entwicklung im April bis Mai stattfindet und in der Regel vor dem Ausschlagen der Bäume abgeschlossen zu sein pflegt.

2. Im Juni und besonders im Juli hört die Neubildung nach und nach auf, und namentlich der Juli ist der Monat, in dem anscheinend die geringste Organentwicklung in den Wurzeln stattfindet.
3. In den Herbstmonaten, ab und einschliesslich August, doch vielleicht am intensivsten im September, findet der stärkste Wurzelausbruch statt und kann sich bis in den Oktober hinein fortsetzen, manchmal auch bis November.
4. In den eigentlichen Wintermonaten erfolgt durchgehend ein Stillstand, insoweit als die Neubildung von Wurzeln aufhört.

J. HÄMMERLE'S (1901) Untersuchungen über die Wurzelwachstumsperiodizität bei *Acer Pseudoplatanus* bekräftigen die eben erwähnten Angaben über zwei jährliche Wuchsperioden. Nur hinsichtlich der Länge der Perioden und der Energie des Wachstums innerhalb dieser Perioden ist er nicht der gleichen Meinung wie RESA und O. G. PETERSEN.

BÜSGEN (1901) hat, ausser das Wachstum der Wurzeln bei älteren Bäumen im Walde in der gleichen Weise wie RESA zu untersuchen, zugleich zwei bis fünfjährige Pflanzen in Zinkkästen mit Glaswänden gezüchtet. Durch diese konnte man das Wachstum der Wurzeln beobachten und messen, so dass, ausser der Konstatierung, ob die Wurzeln wuchsen oder nicht, zugleich ein zahlenmässiger Ausdruck für die Energie des Wurzelwachstums innerhalb bestimmter Zeitperioden geschaffen werden konnte.

Von einer tabellarischen Übersicht ausgehend, in der er seine eigenen Resultate mit allen früheren vergleicht, kommt er zu dem Schluss: »... dass die meisten Wurzeln im Juni und im Oktober im Wachsen begriffen sind. Auch im September finden sich sehr reichlich wachsende Wurzeln. Die Monate Juli und August sind dem Wurzelwachstum entschieden weniger günstig, wenn schon auch in ihnen keineswegs ein allgemeiner Wachstumstillstand eintritt«.

ARNOLD ENGLER (1903) hat, indem er wie BÜSGEN dem Wur-

zelwachstum von Pflanzen in Zinkkästen mit Glaswänden folgte, ein sehr bedeutsames Material zur Beleuchtung der Wurzelwachstumsperiodizität herbeigeschafft.

Auf Grund des gemessenen Wurzelzuwachses hat er eine graphische Darstellung des Wurzelwuchsverlaufes gegeben und mit entsprechenden Kurven für Temperatur und Niederschlagsverhältnissen verglichen, um das Verhältnis zwischen Wurzelwachstum und den wichtigsten äusseren Faktoren darzustellen. Seine Hauptresultate fallen im übrigen in den grossen Zügen mit denen von RESA, HÄMMERLE, O. G. PETERSEN und BÜSGEN zusammen. Nur hinsichtlich der Wuchsenergie fand er im Gegensatz zu O. G. PETERSEN: »Im Herbst ist die Wachstumsenergie der Wurzeln kleiner als im Frühsommer. Die Laubbölzer zeichnen sich vor den Nadelhölzern durch lebhafteres Wurzelwachstum im Herbst aus«.

Durch Ausgraben der Baumwurzeln und Feststellung, ob sie gewachsen waren oder nicht, konstatierte A. TOLSKY (1901), dass das Wachstum fünf Monate hindurch stillstehe, nämlich ab Dezember bis zur zweiten Hälfte des April. In der übrigen Jahreszeit konstatierte er ununterbrochenes Wurzelwachstum, mit Ausnahme von exzeptionellen Trockenperioden. Er stellte gleicherweise fest, dass, während das Wurzelwachstum in den oberflächlichen, horizontal liegenden Wurzeln bereits im Oktober bis November aufhörte, es sich in diesen Monaten noch in den tieferliegenden vertikalen Wurzeln fortsetzte. Er meint, dass zu grosser Feuchtigkeitsgehalt im Boden auf das Wurzelwachstum negativen Einfluss haben kann.

In Amerika hat sich W. B. MC. DOUGALL (1916) mit dem Wurzelwachstum bei *Acer saccharinum*, *Tilia americana*, *Carya laciniosa* und *Quercus alba* beschäftigt und gibt für das Wurzelwachstum dieser Baumarten an:

- »1. The root growth of forest trees begins as early in spring as the soil becomes warm enough for absorption and ceases in autumn when the soil becomes too cold.
2. There is not necessarily a summer resting period.
3. When there is a summer resting period it is due to decrease in water supply and not to any inherent tendency toward periodicity«.

E. HESSELINK'S (1926) sorgfältige Untersuchungen über das

Wurzelwachstum bei Samenpflanzen von *Pinus silvestris* L. und *Pinus laricio austriaca* Endl. bestätigen nicht die Angaben RESA'S, O. G. PETERSEN'S, ENGLER'S und BÜSGEN'S darüber, dass es zwei durch eine Ruheperiode im Juli und August getrennte Wurzelwachstumsperioden gibt.

HESSELINK schreibt darüber: »ENGLER fand bei seinen Versuchen an verschiedenen Zeitpunkten im Sommer einen Stillstand des Wurzelwachstums. Einen derartigen Stillstand habe ich in den Jahren 1922 bis 1926 bei meinen Kulturen nie konstatieren können. Es ist stets auch im Sommer bei den wöchentlichen Messungen Längenwachstum festgestellt«.

HARRIS (1926) beobachtete das Wurzelwachstum bei Apfel- und Nussbäumen von November bis Juni und fand, dass das Wurzelwachstum den ganzen Winter hindurch fortschritt, soweit der Boden gut drainiert war und die Temperatur nicht unter 40° F ging.

CRIDER (1928) fand, indem er Bäumchen in Kästen mit Glaswänden züchtete, dass die Wurzeln bei *Prunus persica*, *Prunus armeniaca*, *Convillea tridentata*, *Simmondsia californica*, *Cupressus arizonica* und *Opuntia laevis* den ganzen Winter hindurch weiter wuchsen, wogegen das Wachstum der Wurzeln in den Wintermonaten bei *Citrus aurantium*, *Vitis vinifera*, *Prosopis velutina* und *Parkinsonia torreyana* aufhörte. Er konnte keinen direkten Zusammenhang zwischen dem täglichen Wachstum der Wurzeln und der entsprechenden Bodentemperatur nachweisen.

STEVENS (1931) hat zwei Jahre hindurch periodische Messungen des Längenwuchses bei oberflächlich im Boden liegenden Wurzeln von vier- bis sechsjährigen Weymoutskiefern (*Pinus strobus* L.) vorgenommen, die auf offenem Lande gepflanzt waren.

Die Untersuchungen wurden unter möglichst natürlichen Verhältnissen durchgeführt, indem er in periodischen Zwischenräumen gewisse ausgewählte Langwurzeln blosslegte und den Abstand von der Wurzelspitze bis zu einem Zeichen mass, das beim Beginn des Versuches auf den gleichen Wurzeln angebracht worden war. Nach jedem Messen wurden die Wurzeln wieder sorgfältig mit Erde zugedeckt.

Die Hauptresultate der Untersuchungen giebt er folgendermassen wieder: »In the spring and in the autumn the growth

was rapid. The more vigorous roots showed a distinct tendency to slow down during midsummer; at the same time the less vigorous became dormant and ceased growth altogether. No correlation was established between root growth and weather or soil conditions. Changes in the rate of development during the growing season appear to be due to internal causes or to a combination of environmental factors rather than to the midsummer drought«.

S. W. ROGER's (1935) Untersuchungen über das Wachstum der Wurzeln bei Obstbäumen haben Interesse nicht so sehr auf Grund der Resultate, als wegen der Methode, die er bei den Untersuchungen anwandte. Er konstruierte einen Beobachtungskasten, der dicht am Stamm des Baumes in die Erde eingegraben wurde, dessen Wurzeln er zu untersuchen beabsichtigte. Die Seite des Kastens, die sich gegen den Baum wendete, war mit einer Glasscheibe mit quadratischen Feldern versehen. Hinter dieser Scheibe konnte man das Wachstum der Wurzeln verfolgen. Dadurch, dass man den Platz der Wurzelspitzen nach ihren Koordinaten im Quadratfeld bezeichnete, gelang es, Werte für ihr Wachstum innerhalb der einzelnen Beobachtungszeiträume zu gewinnen. Ausser diesen Beobachtungskästen konstruierte er einen besonderen Apparat »drynes meter« zur gleichzeitigen Bestimmung der Bodenfeuchtigkeit. Die Resultate seiner Untersuchungen an einem 13jährigen Obstbaum sind die folgenden: »The results shown are most suggestive, and while any conclusions drawn from such a small number of observations must necessarily be tentative, it appears likely, that root growth in the field varies directly as soil temperature, provided that sufficient soil moisture is present. Any deficiency in soil moisture is reflected very quickly in decreased root growth long before leaves wilt for instance«.

E. ROZE (1937) untersuchte den jährlichen Verlauf des Wurzelwachstums an 2–5 jährigen Kiefern- und Fichtenpflanzen auf die Weise, dass er sie im Frühjahr in durchlöchernte Töpfe pflanzte, durch die die Wurzeln leicht wachsen konnten. Die Töpfe mit den Pflanzen wurden in feuchte, humusreiche Erde eingegraben, der die Pflanzen gegen Feuchtigkeitsmangel schützte. Bei den periodischen Untersuchungen des Wurzelwachstums wurden die Versuchskästen herausgenommen, und die Anzahl der Wurzelspitzen, die durch den Boden gewachsen waren,

wurden gezählt und danach mit einer Genauigkeit von 1 mm gemessen, worauf die Töpfe wieder an die gleiche Stelle zurückgesetzt wurden.

1935 wurde diese beschwerliche Methode in rein praktische Beobachtungen des Wurzelwachstums geändert, indem man in periodischen Zwischenräumen die Pflanzen der beiden Baumarten aufnahm, die auf zwei nebeneinander liegenden Pflanzbeeten wuchsen.

Die Resultate der Untersuchungen waren u. a. die folgenden:

Das Wurzelwachstum ist von der Temperatur abhängig.

Die Wurzeln der Fichte beginnen im Frühjahr bei einer mittleren Lufttemperatur von 2.2° und 2.9° C. (gerechnet von über 0° in März) zu wachsen, die der Kiefern bei einer Temperatur von 3—3.4° C.

Das Wurzelwachstum hört ungefähr Anfang November auf.

Während des Sommers giebt es im Wachstum keine Stillstandsperiode.

C. H. BORNEBUSCH'S (1937) rein praktisch angelegte Untersuchungen über Sommerpflanzung von Nadelbäumen (*Pseudotsuga mucronata* Sudw., *Picea sitchensis* Carr., *Picea abies* L., *Abies alba* Mill., *Abies grandis* Lindl. u. Gord., *Chamaecyparis Lawsoniana* Parl. und *Thuja plicata* Don.) beleuchten die Wurzelentwicklung zu verschiedenen Zeiten im Laufe des Sommers. Das Hauptresultat dieser Untersuchungen war, dass Juli- oder Augustpflanzung die besten Resultate ergibt, da die Pflanzen vor Beginn des Winters ein vorzügliches Wurzelsystem zu bilden vermögen, sodass sie im Frühjahr mit voller Energie wachsen können, ohne durch Umpflanzen zu diesem Zeitpunkt gehemmt zu werden. Nächst der Augustpflanzung ist die Märzpflanzung die beste.

Wie aus der hier angeführten Literatur hervorgeht, bestehen in entscheidenden Punkten sehr grosse Meinungsverschiedenheiten zwischen den Resultaten der einzelnen Forscher. Das gilt vor allen Dingen für die Zeitpunkte des Beginnens und des Aufhörens des Wurzelwachstums, weiter für die Frage, ob es eine oder zwei jährliche Wachstumsperioden giebt und für die Frage der Energie des Wachsens innerhalb der Wachstumsperiode

sowie schliesslich, welche Einflüsse die äusseren Faktoren, sowohl Bodenfeuchtigkeit und Temperatur usw., auf das Wurzelwachstum haben.

Wenn so sorgfältige Forscher wie die vorerwähnten zu so widersprechenden Resultaten kommen können, mag die Erklärung teils darin liegen, dass die Untersuchungen in Ländern mit sehr verschiedenen klimatischen Verhältnissen usw. vorgenommen wurden, teils in den grossen Schwierigkeiten, die mit solchen Untersuchungen verbunden sind, sowie teils auch in den angewandten Methoden.

Die vorliegende Arbeit baut auf den Resultaten und Erfahrungen der vorerwähnten Forscher weiter. Im Gegensatz zu den meisten früheren Arbeiten ist sie hauptsächlich auf Untersuchungen aufgebaut, die im Wald auf den verschiedenen Wachstumsörtlichkeiten der Bäume ausgeführt wurden; als Ergänzung dieser Untersuchungen folgen rein experimentelle Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur und Bodenfeuchtigkeit auf die Wachstumsgeschwindigkeit der Wurzeln.

Nach der Art der Untersuchungen kann die Arbeit in drei Hauptabschnitte eingeteilt werden:

- I. Untersuchungen über den Feuchtigkeitsgehalt und die Temperatur des Waldbodens.
 - II. Untersuchungen über die Wachstumsperiodizität der Baumwurzeln.
 - III. Experimentelle Untersuchungen.
-

I. UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN FEUCHTIGKEITSGEHALT UND DIE TEMPERATUR DES WALDBODENS.

Die Bodenfeuchtigkeit.

Mit dem Ziel, den Wassergehalt der verschiedenen Waldböden während des Jahres kennen zu lernen, um eventuelle Parallelen zwischen diesem und der Periodizität, Energie usw. des Wurzelwachstums in den gleichen oder entsprechenden Böden zu ziehen, wurden in den Jahren 1936 und 1937 gleichzeitig mit den Wurzeluntersuchungen auch Feststellungen über den periodischen Wassergehalt der unten erwähnten verschiedenen Waldböden vorgenommen, berechnet wie der prozentuale Gewichtsverlust des Bodens bei dessen Übergang vom natürlichen zum lufttrockenen Zustand¹⁾.

Die Untersuchungen sind an Bodenproben von ca. 50—80 g per Stück vorgenommen worden, die aus einer Tiefe von 1—20 beziehungsweise 50 cm genommen und bis zum konstanten Gewicht bei Zimmertemperatur (ca. 20° C) getrocknet wurden.

Die Bodenproben wurden auf die Art herausgenommen, dass man mit einem dünnen Messingrohr einen Erdpfropfen von 20 cm Länge aufnahm. Für die Tiefe von 1—20 cm wurde das Rohr direkt lotrecht, und für die Tiefe von 50 cm wagenrecht in die Seite auf den Grund von 50 cm in die Tiefe ge-

¹⁾ Wenn der Wassergehalt des Bodens in dieser Arbeit wie der prozentuale Gewichtsverlust bei seinem Übergang vom natürlichen zum lufttrockenen Zustand in Prozenten vom lufttrockenen Gewicht errechnet und angegeben wird und nicht wie sein absoluter Wassergehalt, so hat das seinen Grund darin, dass die zuerst erwähnte Grösse, wenn es sich im besonderen um Untersuchungen über das Wurzelwachstum handelt, eine bedeutend bessere Vergleichsgrundlage für die Beurteilung der Abhängigkeit des Wurzelwachstums vom Wassergehalt in den verschiedenen Bodenarten giebt. In Bezug darauf, wie schwer es, im ganzen genommen ist, zu sagen, wie viel Wasser an einem gegebenen Ort den Pflanzen zugute kommen kann, wird u. a. auf die Untersuchungen von CLEMENTS und HEDGROCKS (1907) hingewiesen.

grabenen Löchern gesteckt. Vor dem Wiegen und Lufttrocknen wurden alle kleinen Steine, Wurzelstücke usw. aus jeder Bodenprobe sorgfältig entfernt.

Im Jahre 1936 wurden die Feststellungen des Wassergehaltes des Bodens mit etwa 8 Tagen Zwischenraum auf den folgenden drei verschiedenen Bodenörtlichkeiten vorgenommen.

- Ort I: Trockener *Sandboden* (1) mit etwa 100—130 jährigem dicht geschlossenem Buchenwald bewachsen. Obere Bodenschicht: etwa 25 cm reiner Sand. Untergrund: reiner Sand mit einer Ausfällungsschichte von etwa 5 cm Dicke in einer Tiefe von etwa 45 cm. Flora: einzelne verstreute *Anemone nemorosa L.* und *Mercurialis perennis L.* Die Umsetzung ist recht träge. Die Örtlichkeit liegt dem Wind sehr ausgesetzt in etwa 100 m Abstand von der westlichen Aussenkante des Waldes.
- Ort II: *Lehmboden* (2) mit etwa 100—130 jährigem, dicht geschlossenem Buchenwald bewachsen. Obere Bodenschicht: etwa 20 cm, sehr lehmhaltig. Untergrund: fester Lehm. Die Entwässerungsverhältnisse sind gut, da etwa 10 m von der untersuchten Örtlichkeit entfernt ein etwa 1.1 m tiefer Graben läuft. Flora: *Anemone nemorosa L.* und *Asperula odorata L.* Die Umsetzung ist gut. Stellenweise verstreute Anwuchsgruppen von 2—6 jährigen, selbstausgesäten Buchen. Sehr gute Windschutzverhältnisse.
- Ort III: Besonders feuchter Moorrand, *Moorboden* (3), mit einzelnen, etwa 35 jährigen Eschen bewachsen und stellenweise etwa 20—25 jährigen Gruppen von selbstausgesäten Buchen. Obere Bodenschicht und Untergrund: Sehr wasserhaltiger Moorboden. Den grössten Teil des Jahres über giebt es keine Flora, nur gerade während der trockensten Periode wachsen einzelne *Batrachium sceleratum L.* Diese Örtlichkeit liegt etwa 10 m von dem untersuchten Ort I entfernt.

Im Jahre 1937 wurden die Feststellungen des Wassergehaltes der Waldböden mit folgenden zwei Örtlichkeiten erweitert, die in genauer Anlehnung an die entsprechenden Untersuchungen des Wurzelwachstums gewählt wurden.

Ort IV: Tiefliegender, moorartiger Waldboden, *Moorboden* (4), mit 8jährigen, gepflanzten Fichten und etwa 4—8 jährigen, selbstausgesäten Eschen bewachsen. Das Areal ist von alten Eschen und Buchen umgeben, deren Wurzelnetze die oberste Erdlage vollständig durchwoben haben. Obere Bodenschicht: etwa 30 cm lehmhaltig und sehr humushaltig. Untergrund: nasser, klebriger Lehm. Schlechte Entwässerungsverhältnisse. Flora: Sehr üppiger Wuchs von *Urtica dioeca* L., *Rubus idaeus* L., *Rubus fruticosus* L. und *Hedera helix* L. Windschutzverhältnisse sind gut.

Ort V: Wind- und sonnenausgesetzter podsolierter *Sandboden* (5), mit etwa 8 jährigen, gepflanzten Fichten bewachsen. Nördlich des Areales wachsen alte Buchen, südlich befindet sich eine 18 jährige Eichenkultur. Obere Bodenschicht: etwa 20 cm verbrannte, podsolierte sandige Erde, stellenweise beginnende Aufhäufung von amorphem Mor. Untergrund: reiner, stellenweise jedoch lehmiger Sand. Flora: einzelne schwach entwickelte *Majanthemum bifolium* L.

Wegen der grösseren Anzahl untersuchter Bodenörtlichkeiten sind die Feuchtigkeitsfeststellungen im Jahre 1937 bis auf einzelne Ausnahmen nur mit etwa vierzehn Tagen Zwischenraum vorgenommen worden.

Die berechneten Feuchtigkeitsprozente in den zwei Jahren 1936 und 1937 sind tabellarisch unter Nr. I und Nr. II dargestellt und mit Figur Nr. 1 und Nr. 2 graphisch illustriert.

Wie aus diesen Tabellen resp. den graphischen Figuren hervorgeht, nimmt der Wassergehalt der verschiedenen untersuchten Böden in den beiden gemessenen Tiefen in grossen Zügen den gleichen jährlichen Verlauf, trotz grosser Abweichungen, je nach der Art des Bodens.

Winterfeuchtigkeit. ¹⁾

In der kalten Jahreszeit ist die Verdunstung infolge der niedrigen Temperatur, der grossen Luftfeuchtigkeit und der geringen Transpiration der Vegetation usw. herabgesetzt, was bewirkt, dass der Boden im Laufe des Herbstes und der Wintermonate mit Wasser gesättigt wird, um im Frühjahr, vor dem Beginn der Vegetation, das durchschnittliche jährliche Maximum zu erreichen. Diese im Laufe des

¹⁾ Hier bis 1. April gerechnet.

Tabelle I. Der Feuchtigkeitsverlust des Waldbodens beim
berechnet in Prozent vom
Skovjordens Fugtighedstab ved Obergang fra naturlig til

Monat <i>Maaned</i>	Datum <i>Dato</i>	Sandb. (1) <i>Sandj. (1)</i>		Lehmb. (2) <i>Lerj. (2)</i>		Moor- boden (3) <i>Mose- jord (3)</i>	Niederschläge <i>Nedbør</i>	
		1—20 cm Tiefe	50 cm Tiefe	1—20 cm Tiefe	50 cm Tiefe		1—20 cm Tiefe	mm	mm
1936		%	%	%	%	%		
Februar	30/1	34.4	—	54.6	—	108.5	1.1	34.8
	5	39.6	23.7	52.2	25.7	104.7	0.0	0.3
	12	35.2	20.0	64.0	33.2	97.2	0.1	3.4
	19	24.5	18.2	63.2	25.0	156.7	0.0	9.6
	28	37.0	20.7	39.7	26.2	150.0	0.0	10.7
Februar:		34.1	20.7	54.7	27.5	123.4		
März	4	40.5	25.9	51.5	20.6	143.0	0.0	6.5
	14	37.6	20.5	41.7	22.3	82.1	0.0	1.4
	20	35.2	20.9	47.7	22.2	70.4	0.0	0.0
	28	28.6	19.5	56.4	24.6	78.7	0.0	7.5
März:		35.5	21.7	49.3	22.4	93.6		
April	5	32.5	22.0	46.3	20.1	94.7	0.0	11.3
	13	31.1	21.2	57.0	24.5	81.8	0.3	35.2
	21	32.0	20.5	46.8	21.4	84.9	0.4	15.2
	28	32.6	19.8	49.8	20.6	93.6	0.0	2.8
April:		32.1	20.9	50.0	21.7	97.0		
Mai	3	28.6	19.4	40.2	23.7	80.4	0.0	6.6
	12	23.4	21.0	26.1	22.3	91.9	0.0	2.2
	18	25.0	18.5	28.6	21.9	93.1	0.0	21.6
	25	25.4	18.6	29.0	21.9	72.4	0.0	6.3
Mai:		25.6	19.4	31.0	22.5	84.5		
Juni	1	(33.7)	18.8	(52.2)	21.3	114.2	3.2	1.2
	8	25.2	20.3	23.8	22.3	91.0	1.2	21.8
	16	20.2	19.4	20.9	21.6	91.4	0.2	0.0
	23	20.1	20.2	20.3	20.8	85.4	0.0	2.4
	30	17.9	16.4	18.6	21.0	86.0	0.0	48.1
Juni:		23.4	19.0	27.2	21.4	93.6		

Übergang vom natürlichen zum lufttrockenen Zustand
lufttrockenen Erdgewicht.

lufttør Tilstand, beregnet i Procent af lufttør Vægt.

Monat <i>Maaned</i>	Datum <i>Dato</i>	Sandb. (1) <i>Sandj. (1)</i>		Lehmb. (2) <i>Lerj. (2)</i>		Moor- boden (3) <i>Mose- jord (3)</i>	Niederschläge <i>Nedbør</i>	
		1—20 cm Tiefe	50 cm Tiefe	1—20 cm Tiefe	50 cm Tiefe		1—20 cm Tiefe	mm	mm
1936		%	%	%	%	%		
Juli	8	21.0	18.7	23.8	23.2	97.0	0.4	28.9
	15	25.7	20.5	26.0	24.7	101.2	3.1	49.2
	21	31.7	21.4	31.8	24.9	102.4	2.0	17.9
	27	29.1	21.0	34.8	24.9	97.6	6.1	5.4
Juli:		26.9	20.4	29.1	24.4	99.6		
August	3	28.9	20.9	31.7	25.2	113.7	0.0	9.1
	12	25.9	18.2	29.2	16.2	56.1	0.0	5.9
	18	23.7	13.1	28.0	16.6	63.2	0.0	20.3
	25	20.6	10.1	22.1	12.7	52.2	0.0	4.4
August:		24.8	15.6	27.8	17.7	71.3		
September	6	18.2	10.7	18.0	9.5	47.5	0.0	16.9
	13	17.6	9.5	17.4	9.8	52.0	0.0	6.6
	23	17.3	8.3	20.5	9.4	63.0	0.0	6.7
	30	19.7	11.4	22.3	13.1	75.3	0.0	12.9
September:		18.2	10.0	19.6	10.5	59.5		
Oktober	13	22.1	16.5	21.9	14.5	85.4	0.3	22.8
	18	26.3	16.4	25.7	16.0	71.6	16.1	12.3
	26	23.6	15.0	32.4	16.4	98.8	0.0	13.2
Oktober:		24.0	16.0	26.7	15.6	85.3		
November	3	35.6	16.8	41.2	18.2	117.4	2.6	

Tabelle II. Der Feuchtigkeitsverlust des Waldbodens beim Übergang vom natürlichen zum lufttrockenen Zustand berechnet in Prozent vom lufttrockenen Erdgewicht.

Skovjordens Fugtighedstab ved Overgang fra naturlig til lufttør Tilstand, beregnet i Procent af lufttør Vægt.

Monat <i>Maaned</i>	Datum <i>Dato</i>	Sandb. (1) <i>Sandj. (1)</i>		Lehmb. (2) <i>Lerj. (2)</i>		Moorboden <i>Mosejord</i>			Sandb. (5) <i>Sandj. (5)</i>		Niederschläge <i>Nedbør</i>	
		1—20 cm Tiefe ‰	50 cm Tiefe ‰	1—20 cm Tiefe ‰	50 cm Tiefe ‰	(3) 1—20 cm Tiefe ‰	(4) 1—20 cm Tiefe ‰	(4) 50 cm Tiefe ‰	1—20 cm Tiefe ‰	50 cm Tiefe ‰	mm	mm
1937												
März	29.	29.1	(34.0)	46.3	25.1	143.9	—	—	—	—	0.0	13.9
April	17.	31.7	19.6	35.4	17.6	149.1	57.1	—	20.1	—	2.4	34.5
Mai	3.	20.8	17.7	25.6	17.6	110.0	57.0	—	19.2	—	0.0	31.0
»	17.	26.9	16.4	27.8	17.6	80.2	51.4	—	22.3	—	0.0	7.1
Juni	1.	26.6	14.9	23.2	15.9	(44.4)	45.2	34.6	18.6	20.4	3.0	14.3
»	14.	22.4	13.3	24.7	12.5	61.1	51.5	33.8	18.8	15.2	0.0	23.3
»	28.	23.3	15.5	25.6	13.7	86.7	45.7	28.4	17.4	14.6	0.0	3.4
Juli	4.	22.2	14.7	24.7	14.3	(55.7)	50.1	25.4	17.4	13.7	0.0	22.8
»	19.	20.4	14.4	22.6	13.8	81.5	39.7	23.2	13.7	15.4	0.0	17.2
»	25.	21.4	16.8	24.6	14.1	104.0	43.0	25.4	20.0	16.3	4.6	20.1
August	1.	19.8	14.4	25.9	13.5	108.2	53.2	19.6	15.8	16.4	0.0	7.3
»	14.	15.3	11.5	13.2	12.1	99.4	41.4	19.6	13.6	12.8	0.0	10.1
»	28.	13.4	8.4	11.6	8.9	58.6	29.3	18.3	11.2	9.1	0.0	11.3
September	5.	15.1	10.1	15.8	11.5	72.6	31.1	19.6	16.9	14.5	0.0	24.5
»	18.	18.2	12.8	18.6	14.4	63.2	33.4	22.4	17.9	16.4	0.4	53.5
Oktober	7.	22.6	13.9	23.4	15.8	68.2	52.6	25.6	24.9	17.4	0.0	9.7
»	24.	25.6	17.6	22.6	13.4	77.6	48.5	21.9	15.3	13.6	0.3	3.2
November	7.	27.4	21.8	26.3	19.3	111.2	45.0	26.0	16.8	16.0	0.0	24.6
»	21.	28.3	24.3	30.4	21.8	118.0	46.6	30.3	18.3	17.6	4.4	49.9
Dezember	6.	28.7	27.4	34.7	26.3	141.6	54.1	36.0	22.0	20.5	17.1	

Winters für die Vegetation aufgesparte Bodenfeuchtigkeit wird »die Winterfeuchtigkeit der Erde« genannt — (siehe z. B. bei RAMANN, 1911). Im Jahre 1936 lag diese in dem untersuchten Sandboden (1) bei etwa durchschnittlich 35 % (lufttrockenes Gewicht) in 1–20 cm Tiefe und bei etwa 18–26 % in 50 cm Tiefe. Im Lehmboden (2) war der Wassergehalt auf Grund der viel grösseren Wasserkapazität dieser Bodenart etwas höher, bis zu 40–64 % in 1–20 cm Tiefe bzw. 21–33 % in 50 cm Tiefe.

Tabelle III. Niederschläge 1936 und 1937, mit den mittleren Niederschlagsmengen 1886–1925 zusammengestellt; in mm.

(Meteorol. Inst. Abteilung Boge).

Nedbørsmængden i 1936 og 1937 sammenlignet med Middelnedbøren 1886–1925, i mm.

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jahr
Mittlere Niederschlagsmenge 1886–1925: mm	40	33	38	36	41	47	71	67	47	57	45	50	573
Niederschläge 1936:	53	58	11	69	34	29	150	39	31	60	47	17	598
» 1937:	31	54	60	48	35	43	61	17	89	13	36	72	559

Bei der Beurteilung dieser Zahlen muss man jedoch berücksichtigen, dass die Niederschlagsmenge, die den Waldboden erreicht, bedeutend geringer ist, als die meteorologische Niederschlagsmenge, die den entsprechenden Freilandsboden erreicht, da ein bedeutender Teil in den Baumkronen usw. zurückgehalten wird, das heisst unter Buchen etwa 25–30 % und unter Fichten 25–35 % (siehe SCHUBERT 1917, BÜHLER 1918).

Wenn selbst der März 1936 mit 11 mm gegen normal 38 mm (siehe Tabelle III) sehr niederschlagsarm war, blieb der Wassergehalt des Bodens in 1–20 cm Tiefe doch konstant. Die Erklärung hierfür ist unzweifelhaft die, dass die ganze Niederschlagsmenge im Februar in überwiegendem Grad als Schnee auf gefrorenen Boden fiel und erst im März schmolz, sodass die absolute Niederschlagsmenge, die dem Boden zugute kam (siehe unten), in diesem Monat bedeutend grösser war, als aus den Niederschlagszahlen hervorgeht.

Entsprechende Feuchtigkeitsbestimmungen sind im Februar und März 1937 nicht durchgeführt worden, da in diesem Jahr mit den Untersuchungen erst Ende März begonnen wurde. Wenn man jedoch die reichlichen Niederschlagsmengen in diesen Monaten — 54 mm bzw. 60 mm gegen normal 33 mm bzw. 38 mm — und die berechneten Feuchtigkeitsprozente Ende März vergleicht, so hat man guten Grund anzunehmen, dass diese ungefähr die Maxima dieses Jahres darstellen: für Sandboden (1) und Lehmboden (2) 30 % und 46 % in 1–20 cm Tiefe, und 34 und 25 % in 50 cm Tiefe.

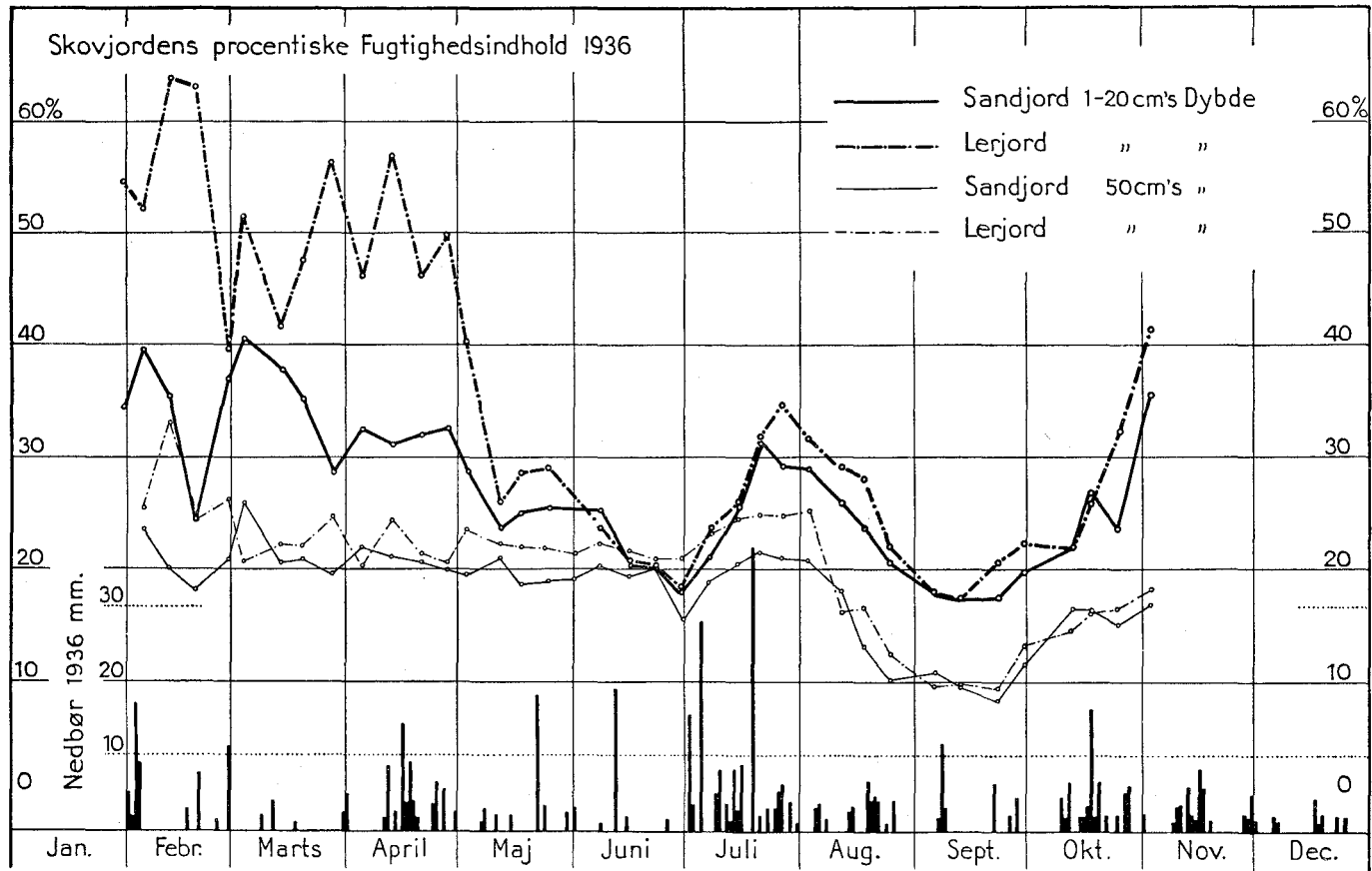


Fig. 1. Der procentuale Fugtighedsgehalt des Waldbodens im Jahre 1936.

—○— Sandboden (1) 1—20 cm Tiefe	—○— Sandboden (1) 50 cm Tiefe
- - -○- - - Lermboden (2) 1—20 » »	- - -○- - - Lermboden (2) 50 » »

Nedbør = Niederschläge

Vergleicht man den Wassergehalt in diesen beiden Bodenarten Anfang April 1936 und 1937, so zeigt sich, dass er in beiden Jahren in 1—20 cm Tiefe ungefähr der gleiche war, wohingegen er in 50 cm Tiefe im Jahre 1937 bedeutend höher war als 1936. Die Erklärung für diese Nichtübereinstimmung der Feuchtigkeit in dieser Tiefe in den beiden Jahren liegt offenbar in dem oben erwähnten Umstand, dass der März 1936 extrem niederschlagsarm war, und dass die Niederschlagsmenge, die im Februar fiel, wie oben erwähnt, als Schnee auf die gefrorene Erde fiel. Als der Schnee im März schmolz, war der Boden noch nicht ganz aufgetaut, weshalb das Schneewasser nicht bis in die tieferen Bodenlagen gelangen konnte, daher kann die Prozentzahl für den Wassergehalt des Bodens in einer Tiefe von 50 cm im März und April als anormal niedrig betrachtet werden.

Die Moorbodenörtlichkeiten (3) waren in den beiden Jahren in den Winter- und Frühjahrsmonaten extrem nass, sie standen oft ganz unter Wasser. Der Wassergehalt variierte in den entnommenen Proben zwischen 100 und 156 %.

Frühjahrsaustrocknung.

Mit der steigenden Temperatur, etwas niedrigerer Luftfeuchtigkeit und beginnendem Wachstum mit darauf folgender, stark steigender Transpiration der Blattflächen usw., erfolgte im Laufe der letzten beiden Frühjahrsmonate eine bedeutende Verminderung des Bodenwasserhalts (siehe z. B. RAMANN 1911, SCHUBERT 1917 und andere).

Im Jahre 1936 traf diese Verminderung auf Grund reichlichen Niederschlags im April — 69 mm gegen normal 36 mm (siehe Tabelle III) und niedriger Temperatur — 5.1° gegen normal 5.9° — erst Ende April ein. Der Wassergehalt des Sandbodens (1) und des Lehmbodens (2) in 1—20 cm Tiefe fiel von diesem Zeitpunkt ab bis ungefähr Mitte Mai um etwa 9 % (von 32 auf 23 %) und um 24 % (von 50 auf 26 %), blieb jedoch bei ungefähr 20 % und 20—23 % in 50 cm Tiefe konstant.

Auch 1937 war die Niederschlagsmenge im April grösser als normal, 48 mm gegen normal 36 mm, aber doch bedeutend niedriger als 1936. Dies, in Verbindung mit der höheren Temperatur — 6.5° gegen normal 5.9° — bewirkte, dass die Austrocknung des Bodens schon früher merkbar wurde, bereits Anfang April. In der Zeit von ungefähr dem 1. April bis Anfang Mai fiel der Wassergehalt des Sandbodens (1) und des Lehmbodens (2) somit um 8 % (von 29 auf 21 %) bzw. etwa 20 % (von etwa 46 auf 26 %) in 1—20 cm Tiefe, und um etwa 16 % (von 34 auf 18 %) bzw. um etwa 7 % (von 25 auf 18 %) in 50 cm Tiefe.

Der von Mitte April in 1—20 cm Tiefe untersuchte tiefliegende, moorartige, lehmhaltige Waldboden, Moorboden (4) (siehe Seite 15) war von der Frühjahrsaustrocknung nicht nennenswert beeinflusst. Im April lag sein Wassergehalt konstant bei 57 % und fiel erst im Laufe des Mai bis auf etwa 45 % ungefähr am 1. Juni.

Im Gegensatz dazu war der gleichfalls von Mitte April an untersuchte, sonnen- und windausgesetzte, podsolierte Sandboden (5) schon

zu einem frühen Zeitpunkt von der Frühljahrsaustrocknung stark beeinflusst, indem er ungefähr Mitte April in 1–20 cm Tiefe bis zu einem Wassergehalt von nur 20 % gesunken war.

Im Moorboden (3) fiel der Wassergehalt in beiden Jahren im Mai auf 80–90 % in 1–20 cm Tiefe.

Die Sommeraustrocknung.

Im Laufe des Sommers nimmt der Wassergehalt des Bodens, von einzelnen regenreichen Perioden abgesehen, infolge der hohen Temperatur, der geringen Luftfeuchtigkeit und des grossen Wasserverbrauches der Pflanzen mehr und mehr ab und erreicht gewöhnlich ungefähr Ende August oder Anfang September ein Minimum. (Siehe RAMANN 1911, SCHUBERT 1917, usw.). Diese Sommeraustrocknung ist oft, trotz eines recht beträchtlichen Niederschlags — der Sommer ist die niederschlagsreichste Jahreszeit — so bedeutend, dass der Wassermangel im Boden an manchen Stellen geradezu als ein wachstumshemmender Faktor auftreten kann, der oft eine weit grössere Rolle spielt als z. B. der Wärmefaktor. (Siehe BÖHMERLE 1907, CIESLAR 1907, WIEDEMANN 1925 und andere).

Der Sommer (Juli) 1936 war sehr niederschlagsreich, im Gegensatz zum Sommer 1937, der durchgehend sehr niederschlagsarm war (siehe Tabelle III). In genauer Übereinstimmung hiermit lag der Wassergehalt der verschiedenen Böden im Sommer 1936 bedeutend höher als im Sommer 1937, erreichte jedoch in beiden Jahren Anfang September bzw. Ende August die gleiche Minimalgrösse.

Obleich der Sommer 1936, wie oben erwähnt, sehr niederschlagsreich war, begann er doch mit einem regenarmen Monat, indem im Juni nur 29 mm gegen normal 47 mm (siehe Tabelle III) fielen, und es folgte auch gleichzeitig eine kurze bedeutende Austrocknung der obersten Bodenschicht im Sandboden (1) und im Lehm Boden (2), so bis etwa 18 bzw. 19 % in 1–20 cm Tiefe, wohingegen jedoch, offenbar auf Grund guter kapillarer Wasserversorgung von unten (relativ hoher Grundwasserstand) keine wesentliche Verminderung des Wassergehaltes in 50 cm Tiefe eintrat.

Der Wassergehalt des Moorbodens (3) verblieb im Juni recht hoch, bei etwa 85–114 %.

Im Gegensatz zum Juni war der Juli besonders regenreich, indem über ein Viertel des Niederschlags des ganzen Jahres in diesem Monat fiel, 150 mm gegen normal 71 mm (siehe Tabelle III). Mit dieser extrem grossen Niederschlagsmenge folgte eine sehr bedeutende Vermehrung des Bodenwassergehalts, der im Sandboden (1) vom 30. Juni bis zum 21. Juli mit insgesamt etwa 14 % stieg (von 18 auf 32 %), und im Lehm Boden (2) vom 30. Juni bis zum 28. Juli mit insgesamt etwa 16 % (von 19 auf 35 %). Schon in 50 cm Tiefe war die Steigerung bedeutend geringer, etwa 5 % (von 16 auf 21 %) und etwa 4 % (von 21 auf 25 %). Obleich der Wassergehalt auch im Moorboden stieg, kam er doch nicht über den Maximalgehalt von 114 % im vorangegangenen trockenen Juni hinaus.

August und September waren regenarm mit 39 bzw. 31 mm, gegen normal 67 und 47 mm. In diesen Monaten nahm der Wassergehalt des Bodens stark ab und ging im Sandboden (1) und im Lehmboden (2) auf den Minimalwert des Jahres in 1–20 cm Tiefe auf 17% in der ersten Hälfte des September herunter. Tiefer im Boden, in 50 cm Tiefe, war die Austrocknung noch weit stärker, bis herunter zu 8–9%. Die Ursache dieses niedrigen Wassergehalts in 50 cm Tiefe war zweifellos die, dass der Boden in dieser Hauptwurzelzone (vergleiche DENGLER 1930, Seite 133) auf Grund mangelnder Niederschläge und niedrigen Grundwasserstandes, mit gleichzeitiger schlechter kapillarischer Wasserversorgung von unten, in dieser trockenen Periode auf Grund der starken Transpiration der Bäume (vergleiche SCHUBERT 1917 und MOROSOW 1928 usw.) in ganz besonderem Grade ausgetrocknet war.

Im Moorboden (3) ging der Wassergehalt, trotz der starken Trockenheit, doch nicht weiter herunter als bis zu etwa 48% in 1–20 cm Tiefe.

In Sommer 1937 hatte der Juni ungefähr normale Niederschläge, nämlich 43 mm gegen normal 47 mm (siehe Tabelle III). Der Wassergehalt in 1–20 cm Tiefe lag in diesem Monat gleich und konstant, im Sandboden (1) und im Lehmboden (2) bei etwa 23–26%, im Moorboden (3) zwischen 44% und 87%, im tiefliegenden, moorartigen Lehmboden (4) bei 45 bis 52%, und in dem sonnen- und windausgesetzten, podsolierten Sandboden (5) ganz niedrig bei 17 bis etwa 19%. In 50 cm Tiefe war der Wassergehalt bedeutend niedriger, 13 bis 16% auf den erstgenannten Örtlichkeiten (1 und 2), 28 bis 35% in dem tiefliegenden, moorartigen Waldboden, Moorboden (4), und 15 bis 20% in dem sonnen- und windausgesetzten, podsoliertem Sandboden (5). Dieser niedrige Wassergehalt in 50 cm Tiefe hat seine Ursache vermutlich darin, dass die Niederschläge im Laufe des Monats in kleinen Portionen nacheinander fielen, (der höchste tägliche Niederschlag war 9 mm) deshalb nur auf den Wassergehalt in den allerobersten Bodenschichten Einfluss gehabt haben und den tieferen Bodenschichten nicht zugute kamen (siehe oben und BÜHLER 1918, Seite 322).

Im Juli 1937 fielen 10 mm weniger Niederschläge als normal, 61 mm gegen normal 71 mm. Die Niederschläge fielen jedoch sehr konzentriert im Ende des Monats (vom 22. Juli bis zum 31. Juli fielen 37 mm), was die kleine Steigerung im Wassergehalt des Bodens im letzten Drittel des Monats erklärlich macht.

Der Wassergehalt des Sandbodens (1) stieg um 1% in 1–20 cm Tiefe (von 20 auf 21%), und um 3% in 50 cm Tiefe (von 14 auf 17%), der des Lehmbodens (2) stieg in 1–20 cm Tiefe um 2% (von 23 auf 25%), blieb aber in 50 cm Tiefe unbeeinflusst. Im Moorboden (3) und im Moorboden (4) war die Wasservermehrung dagegen recht bedeutend, von 56 auf etwa 108% und von 40 auf 53% in 1–20 cm Tiefe, und in 50 cm Tiefe auf den letztgenannten Plätzen von 23 bis 25%. In dem sonnen- und windausgesetzten, podsolierten Sandboden (5), wo die Niederschläge ja die ganze Zeit über grösser waren als bei den anderen Örtlichkeiten (siehe Fussnote Seite 19), stieg der Wassergehalt

in 1—20 cm Tiefe von etwa 14 auf 20 ‰, und in 50 cm Tiefe von etwa 15 auf 16 ‰.

Im extrem niederschlagsarmen August 1937 ging der Wassergehalt des Bodens bei allen untersuchten Örtlichkeiten auf die Minimalwerte des Jahres herunter; im Sandboden (1), im Lehmboden (2) und dem sonnen- und windausgesetzten, podsolierten Sandboden (5) ungefähr auf 13, 12 und 11 ‰ in 1—20 cm Tiefe und auf 8, 9 und 9 ‰ in 50 cm Tiefe. Im Moorboden (3) und in dem tiefliegenden, moorartigen Waldboden, Moorboden (4) trat ein prozentual relativ grosser Rückgang im Wassergehalt ein, bis auf etwa 59 und 29 ‰ in 1—20 cm Tiefe, und in 50 cm Tiefe bei der letztgenannten Örtlichkeit ging er ganz herunter, bis auf etwa 18 ‰.

Die Herbstfeuchtigkeit.

Durch die abnehmende Temperatur, die steigende Luftfeuchtigkeit und den Stillstand des Wachstums mit dem Blätterfall, dem Verschwinden der Bodenpflanzen usw., erfolgt eine so bedeutende Verminderung der Verdunstung, dass die Niederschläge allmählich das Übergewicht bekommen, wodurch der Wassergehalt des Bodens nach und nach wieder zunimmt. (Siehe RAMANN 1911, Seite 358).

Im Jahre 1936 begann diese Steigerung des Bodenwassergehalts Ende September und betrug von diesem Zeitpunkt ab, bis zum Abschluss der Untersuchungen ungefähr Anfang November, im Sandboden (1) und im Lehmboden (2) etwa 16 ‰ (von 20 auf 36 ‰) und etwa 19 ‰, (von 22 auf 41 ‰) in 1—20 cm Tiefe, und etwas weniger — etwa 6 ‰ — (von 11 auf 17 ‰) und 5 ‰ (von 13 auf 18 ‰) in 50 cm Tiefe. Im Moorboden stieg der Wassergehalt in 1—20 cm Tiefe von Anfang September bis Anfang November mit etwa 70 ‰ (von 47 auf 117 ‰).

1937 wurden die Feststellungen des Wassergehalts im Boden durchgehend bis zum 6. Dezember fortgesetzt, weshalb die Wasservermehrung in diesem Jahre für einen etwas längeren Zeitraum als im Jahre 1936 verfolgt werden kann.

Die Steigerung begann, als Folge des niederschlagsreichen September, mit 89 mm gegen normal 47 mm schon von Ende August ab und betrug von da ab bis ungefähr Anfang Dezember im Sandboden (1) und im Lehmboden (2) ungefähr 16 ‰ (von 13 auf 29 ‰) und etwa 23 ‰ (von etwa 12 auf etwa 35 ‰) in 1—20 cm Tiefe und etwa 19 ‰ (von 8 auf 27 ‰) und 17 ‰ (von 9 auf 26 ‰) in 50 cm Tiefe.

In dem wind- und sonnenausgesetzten, podsolierten Sandboden (5) waren die Feuchtigkeitsprozente in den obersten 1—20 cm Tiefe, wie auf Grund der Lage der Örtlichkeiten erwartet, in diesem Zeitraum recht abweichend, ungefähr wie in den Sommermonaten, mit einem Minimalgehalt bei etwa 15 ‰ am Ende, und einem Maximalgehalt von etwa 25 ‰ im Anfang des Oktober. Weiter unten dagegen, in 50 cm Tiefe, war die Feuchtigkeitsvermehrung recht konstant, mit insgesamt 12 ‰ (von 9 auf 21 ‰).

Bei den zwei nassen Stellen, dem Moorboden (3) und dem Moorboden (4) war die Steigerung, absolut gesehen, weitaus die grösste —

etwa 83 % (von 59 auf 142 %) und etwa 25 % (von 29 auf 54 %) in 1—20 cm Tiefe, und in 50 cm Tiefe bei der letztgenannten Örtlichkeit etwa 18 % (von 18 auf 36 %).

Der grösste und der geringste Wassergehalt der verschiedenen Bodenarten.

Zur Beurteilung und zum Verständnis dafür, wie gross die Verschiedenheiten zwischen dem Wassergehalt der vorerwähnten verschiedenen Bodenarten waren, sind in Tabelle IV die Grenzen bezeichnet, innerhalb welcher der Wassergehalt in den einzelnen Jahren variierte, indem der jährliche maximale und minimale Wassergehalt mit der Differenz zwischen diesen Aussen Grenzen angegeben ist.

Wie aus dieser Tabelle hervorgeht (siehe die vorstehenden Tabellen und graphischen Figuren), hatte der Sandboden (1) und der wind- und sonnenausgesetzte, podsoliierte Sandboden (5) — auf Grund der geringen Wasserkapazität dieser Bodenarten (siehe RAMANN 1911 und andere) — das Jahr hindurch den niedrigsten Wassergehalt und gleichzeitig den durchschnittlich kleinsten Unterschied zwischen dem jährlichen maximalen Wassergehalt in den Winter- und Frühjahrsmonaten und dem minimalen Gehalt in den letzten Dürreperioden des Sommers.

Besonders bemerkenswert ist der sehr niedrige maximale Wassergehalt in dem wind- und sonnenausgesetzten, podsoliierten Sandboden (5). Obwohl diese Örtlichkeit mehr Niederschläge erhielt (siehe Fussnote Seite 19) als die anderen untersuchten Plätze, lag ihr maximaler Wassergehalt ganz niedrig bei etwa 25 % in 1—20 cm Tiefe und, ungefähr gleich, bei etwa 21 % in 50 cm Tiefe. Der entsprechende Minimalgehalt in 1—20 cm Tiefe lag, wie auf Grund der exponierten Lage der Örtlichkeit zu erwarten war, besonders niedrig bei 11 %, wohingegen der Minimalgehalt mit 9 % in 50 cm Tiefe 1 % über dem entsprechenden Minimalgehalt im Sandboden (1) lag, (ungefähr 9 und 8 %). Die Differenz zwischen dem maximalen und dem minimalen Wassergehalt in dem sonnen- und windausgesetzten, podsoliierten Sandboden (5) war ausserordentlich gering, etwa 14 % in 1—20 cm Tiefe und etwa 12 % in 50 cm Tiefe.

Im Lehm Boden (2) war der maximale Wassergehalt — auf Grund der hohen Wasserkapazität dieser Bodenart usw. (siehe

Tabelle IV.

Wassergehalt in:...	1—20 cm Tiefe			50 cm Tiefe		
	Max. ca. ‰	Min. ca. ‰	Diff. ca. ‰	Max. ca. ‰	Min. ca. ‰	Diff. ca. ‰
Sandboden (1):..... 1936	36 ¹⁾	17	19	26	8	18
» » :..... 1937	32	13	19	27 ²⁾	8	19
wind- und sonnenausge- setzter, podsolierter Sandboden (5): 1937	25	11	14	21	9	12
Lehmboden (2):..... 1936	57 ³⁾	17	40	33	9	24
» » :..... 1937	46	12	34	26	9	17
niedrigliegender, moor- artiger, lehmiger Wald- boden, Moorboden (4): 1937	57	29	28	36 ⁴⁾	18	18
Moorboden (3):..... 1936	157	48	109	—	—	—
» » :..... 1937	149	(44)	105	—	—	—

1) 20. März, 2) 6. Dez., 3) 13. April, 4) 6. Dez.

RAMANN 1911, STOKLASA und DOERELL 1926 und andere) — bedeutend höher als in den vorerwähnten Sandböden, namentlich in 1—20 cm Tiefe, wo er im Jahre 1936 auf der Höhe von 57 ‰ und im Jahre 1937 bei 46 ‰ lag. Dagegen trocknete der Lehmboden während der Dürreperioden auf ungefähr den gleichen minimalen Wassergehalt ein wie die Sandböden.

Wie aus Tabelle IV hervorgeht, war die oberste, humushaltige Schicht (in 1—20 cm Tiefe) bedeutend wasserhaltiger als die tieferliegende Schicht (in 50 cm Tiefe) (siehe BÜHLER 1918 und andere).

Im tiefliegenden, moorartigen Waldboden, Moorboden (4) war der maximale Wassergehalt in 1—20 cm Tiefe ungefähr der gleiche — 57 ‰ —, wie im Lehmboden (2), aber etwas höher — 36 ‰ — in 50 cm Tiefe. Das Minimum lag dagegen offenbar auf Grund der tiefen Lage der Örtlichkeit, in den beiden Tiefen verhältnismässig hoch, bei 29 und 18 ‰.

Im Moorboden (3) war der Wassergehalt ausserordentlich gross mit einem Maximum in 1—20 cm Tiefe im Jahre 1936 von 157 ‰ und im Jahre 1937 von 149 ‰. Die Ursache dieses

hohen Wassergehalts mag teils, ebenso wie beim Lehmboden, in der hohen Wasserkapazität zu suchen sein, aber ausserdem in weit höherem Grade darin, dass die Bodenörtlichkeit unter ständigem Grundwasser litt, das in den Winter- und Frühjahrsmonaten bis über den Boden stand.

Die entsprechenden Minima im Moorboden (3) waren hoch, 48 und 44 ‰. Die Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wassergehalt war sehr gross, 109 ‰ im Jahre 1936 und etwa 105 ‰ im Jahre 1937.

Beim Durchforschen des Wurzelwachstums der einzelnen Baumarten usw. wird näher über die Parallelität zwischen dem Wassergehalt der einzelnen Böden und dem entsprechenden Wurzelwachstum usw. berichtet werden.

Die Bodentemperatur in 20 cm Tiefe.

Um die Periodizität des Wurzelwachstums in den verschiedenen (oder entsprechenden) Böden, nicht allein mit der Bodenfeuchtigkeit, sondern auch gleichzeitig mit dem jährlichen Verlauf der Bodentemperatur vergleichen zu können, wurden, im Anschluss an die oben erwähnten Feuchtigkeitsfeststellungen, tägliche Ablesungen sowohl der maximalen wie auch der minimalen Bodentemperatur in 20 cm Tiefe vorgenommen. Im Jahre 1936 wurden auf diese Weise die Temperaturen in den im vorigen Abschnitt zuerst erwähnten drei verschiedenen Bodenarten gemessen, bzw. in dem verhältnismässig trockenen Sandboden (1), dem etwas feuchteren Lehmboden (2) und dem extrem nassen Moorboden (3). Auf Grund des verhältnismässig geringen Unterschiedes zwischen den abgelesenen Temperaturen in diesen weit verschiedenen Böden wurden die Temperaturmessungen im Jahre 1937 auf Sandboden (1) und auf Moorboden (3) beschränkt.

Die Temperatur wurde etwa zwischen 8—9 Uhr vormittags von in der Erde stationär angebrachten Maximal- und Minimalthermometern abgelesen, die in der gleichen Röhre eingeschmolzene Maximal- und Minimalskalen hatten. Die Thermometer waren in etwa 1—2 m Abstand von der Stelle angebracht, von der die Bodenproben für die Feuchtigkeitsbestimmungen entnommen wurden.

Die Lehmbodenörtlichkeit (2) lag von der Sandboden- (1) und der Moorbodenörtlichkeit (3) etwa 150 m entfernt. Die Sand-

bodenörtlichkeit (1) und die Lehm Bodenörtlichkeit (2) lagen ungefähr in der gleichen Höhe über dem Meeresspiegel, die Moorbodenörtlichkeit lag etwa 3 m tiefer.

Die Stellen, wo die Temperaturen gemessen wurden, waren in keinem Fall dauernd dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt, nur von den kleinen und stetig wechselnden Sonnenflecken, die man auf dem Waldboden immer findet, selbst unter der dichtesten Buchenbelaubung.

Die abgelesenen Temperaturen, die mit Hinsicht auf die Übersichtlichkeit für die maximalen und minimalen Temperaturen in eine Fünftages-Mittelzahl zusammengelegt wurden, sind für die beiden Jahre 1936 und 1937 tabellarisch in den Tabellen Nr. V und Nr. VI wiedergegeben und graphisch in den Figuren Nr. 3—6 illustriert. Um die gemessenen Bodentemperaturen mit den entsprechenden maximalen und minimalen Lufttemperaturen vergleichen zu können, sind diese in den Tabellen ebenfalls in gleichen Fünftages-Mittelzahlen angegeben worden. Die Lufttemperaturen wurden nicht im Walde gemessen, sondern in der lokalen Abteilung des meteorologischen Institutes, die von den Versuchsörtlichkeiten etwa 1 km entfernt und etwa 10 m höher über dem Meeresspiegel liegt.

Ausser den Fünftages-Mittelzahlen sind in den Tabellen die absoluten Extremtemperaturen innerhalb der berechneten Mittelzahlen angegeben.

Die Temperaturen der verschiedenen Böden.

Wie aus den Tabellen und vielleicht noch deutlicher aus den beigegeführten graphischen Figuren hervorgeht, waren die Abweichungen der Temperatur zwischen den verschiedenen untersuchten Böden in 20 cm Tiefe verhältnismässig gering, durchschnittlich zwischen 0° und 0.5°. Nur unter Perioden mit entweder besonders grossen Temperatursteigerungen oder umgekehrt mit grossem Temperaturfall waren die Unterschiede etwas grösser und näherten sich in einzelnen Fällen ungefähr 2°.

Wie aus der nachfolgenden Tabelle VII hervorgeht, war die grösste Abweichung zwischen den maximalen und den minimalen Monatstemperaturen der verschiedenen Böden in der gemessenen Tiefe höchstens 1.0°, und die grösste Abweichung zwischen der Mitteltemperatur der einzelnen Böden war in der längsten

Tabelle V. Tabellarische Übersicht der Wald-
Tabellarisk Oversigt over Skovjordens

Datum Dato	Sandboden (1) Sandjord (1)				Lehmboden (2) Lerjord (2)			
	Mittel. Max.	abs. Max.	Mittel. Min.	abs. Min.	Mittel. Max.	abs. Max.	Mittel. Min.	abs. Min.
	C. °	C. °	C. °	C. °	C. °	C. °	C. °	C. °
1936								
Februar								
1— 5 incl.	—	—	—	—	4.8	5.2	3.6	3.1
5—10	—	—	—	—	2.6	3.2	1.5	1.2
10—15	1.2	1.4	0.8	0.6	1.5	2.0	0.7	0.6
15—20	1.0	1.1	0.6	0.2	1.1	1.2	0.5	0.5
20—25	1.0	1.0	0.1	0.0	1.0	1.0	0.6	0.4
25— 1	1.0	1.0	0.4	0.1	1.3	1.5	0.8	0.6
März								
1— 6	1.0	1.0	0.4	0.1	1.5	1.6	1.0	0.9
6—11	1.5	2.0	1.1	0.6	1.9	2.5	1.2	0.9
11—16	2.1	2.3	1.1	1.0	2.1	2.2	1.3	1.0
16—21	4.3	5.2	2.4	1.4	3.8	4.8	2.4	2.2
21—26	4.5	5.0	2.6	2.1	4.5	5.0	2.9	2.5
26—31	5.2	5.9	3.1	2.9	5.0	5.3	3.5	3.0
April								
31— 5	6.6	7.2	4.4	3.0	6.4	7.0	4.6	4.1
5—10	5.2	6.1	2.9	2.6	5.3	6.0	3.9	3.5
10—15	5.4	6.0	2.6	2.0	5.1	5.9	4.1	3.4
15—20	5.8	6.8	4.6	4.1	5.6	6.2	4.6	4.2
20—25	6.0	6.0	4.5	3.2	5.6	6.2	4.6	4.0
25—30	7.3	8.5	5.8	4.7	7.1	8.0	6.0	4.7
Mai								
30— 5	7.8	9.0	6.9	6.5	8.2	9.0	7.5	7.1
5—10	8.4	9.6	7.4	7.2	9.1	9.7	8.4	8.0
10—15	9.3	10.2	8.4	7.2	9.9	10.5	8.8	8.0
15—20	10.1	10.7	8.6	8.2	10.0	10.7	9.0	8.9
20—25	9.9	10.5	8.9	8.8	10.4	10.8	9.2	9.2
25—30	9.9	10.8	8.8	8.5	10.3	11.0	9.2	9.0

1) Vom Meteorolog. Inst. Abt. Bogø gemessen.

bodentemperatur 1936 in der Tiefe von 20 cm.
 Temperatur i 20 cm's Dybde 1936.

Moorboden (3) Mosejord (3)				Die Lufttemperatur ¹⁾ Lufttemperaturen				Datum Dato
Mittel. Max. C. °	abs. Max. C. °	Mittel. Min. C. °	abs. Min. C. °	Mittel. Max. C. °	abs. Max. C. °	Mittel. Min. C. °	abs. Min. C. °	1936
5.2	6.0	4.6	4.0	4.5	6.2	1.8	0.3	Februar
3.3	4.0	2.6	2.0	0.8	2.6	-4.3	-8.3	1—5 incl.
2.2	2.8	2.0	1.9	1.1	3.0	-3.9	-7.8	5—10
2.1	2.2	1.7	1.5	0.2	1.1	-2.5	-3.8	10—15
2.0	2.1	1.5	1.5	-1.2	0.7	-4.4	-7.3	15—20
1.9	2.0	1.3	1.1	2.1	3.3	-1.9	-3.8	20—25
			Mittel:	1.2	—	-2.6	—	25—1
2.0	2.0	1.4	1.3	1.9	4.0	-1.7	-3.6	März
2.5	3.0	1.9	1.3	1.5	2.7	-0.4	-1.0	1—6
2.8	3.0	2.1	2.0	2.4	4.2	-1.0	-1.6	6—11
3.8	5.0	2.4	2.2	5.9	8.4	0.2	-0.8	11—16
4.0	4.4	3.3	3.0	7.1	9.9	0.9	0.5	16—21
4.4	5.0	3.6	3.5	9.0	13.5	1.8	0.5	21—26
			Mittel:	4.6	—	0.0	—	26—31
5.7	6.7	4.7	4.0	8.0	11.0	1.7	-0.4	April
4.8	5.2	3.7	3.2	8.1	9.6	0.8	-0.8	31—5
4.7	5.0	3.7	3.0	5.6	8.0	1.0	0.3	5—10
5.3	6.0	4.6	4.0	7.4	8.7	2.6	1.2	10—15
5.6	6.0	4.7	4.0	7.3	9.1	1.0	0.0	15—20
6.7	8.0	5.8	4.7	12.2	15.0	5.4	4.9	20—25
			Mittel:	8.1	—	2.1	—	25—30
7.3	7.5	6.9	6.5	11.5	12.6	5.4	4.7	Mai
7.7	8.0	7.2	7.0	10.4	11.0	6.6	6.0	30—5
8.7	9.6	8.1	7.4	16.4	17.8	7.6	5.7	5—10
9.3	9.8	8.2	8.0	15.2	18.0	6.5	6.1	10—15
9.2	10.0	8.4	8.0	12.9	15.5	7.9	6.9	15—20
9.5	10.0	8.9	8.8	13.8	15.2	7.7	7.1	20—25
			Mittel:	13.4	—	7.0	—	25—30

Tabelle V. Tabellarische Übersicht der Wald-
Tabellarisk Oversigt over Skovjordens

Datum Dato	Sandboden (1) Sandjord (1)				Lehmboden (2) Lerjord (2)			
	Mittel. Max.	abs. Max.	Mittel. Min.	abs. Min.	Mittel. Max.	abs. Max.	Mittel. Min.	abs. Min.
	C. °	C. °	C. °	C. °	C. °	C. °	C. °	C. °
1936								
Juni								
30— 4 incl.	9.4	9.8	8.3	8.0	9.7	10.0	8.8	8.5
4— 9	11.4	11.8	10.0	8.2	11.5	11.9	9.9	8.1
9—14	11.5	12.0	10.0	9.5	11.7	12.0	10.5	10.0
14—19	13.7	14.8	12.0	10.5	13.8	14.6	12.2	11.8
19—24	15.8	16.4	14.0	13.2	15.6	16.3	14.0	13.3
24—29	16.1	16.3	14.3	14.1	16.0	16.3	14.8	14.8
Juli								
29— 4	16.5	17.2	15.1	14.5	16.5	17.2	15.4	14.6
4— 9	16.2	16.6	14.6	14.1	16.2	16.4	15.1	14.8
9—14	15.8	16.8	14.4	14.1	15.8	16.6	15.0	14.9
14—19	15.9	16.6	14.8	14.0	15.9	16.0	15.3	15.0
19—24	16.0	16.1	14.1	14.0	16.1	16.6	15.1	15.0
24—29	15.6	16.2	14.2	14.0	16.0	16.2	15.0	15.0
August								
29— 3	15.6	16.0	13.4	13.0	15.4	15.7	14.1	13.8
3— 8	15.0	16.0	12.5	12.0	15.1	15.8	13.6	13.1
8—13	15.6	16.4	13.2	12.3	15.5	16.3	14.1	13.2
13—18	16.2	16.5	14.8	14.7	16.1	16.4	15.1	14.8
18—23	15.9	16.9	14.2	13.8	16.1	16.8	14.5	14.2
23—28	15.3	15.9	13.4	13.2	15.5	16.2	14.0	13.8
September								
28— 2	15.0	15.2	13.3	12.5	15.2	15.5	13.8	12.7
2— 7	14.3	14.7	12.4	11.8	14.5	15.0	12.6	11.8
7—12	13.1	13.6	12.0	11.0	13.4	13.6	12.4	11.2
12—17	13.9	14.5	12.0	11.0	14.1	14.5	12.0	11.0
17—22	14.8	15.2	13.3	13.1	14.8	15.1	13.6	13.3
22—27	13.9	15.0	11.9	10.6	14.3	15.0	12.9	11.0

1) Vom Meteorolog. Inst. Abt. Bogø gemessen.

bodentemperatur 1936 in der Tiefe von 20 cm.

Temperatur i 20 cm's Dybde 1936.

Moorboden (3) Mosejord (3)				Die Lufttemperatur ¹⁾ Lufttemperaturen				Datum Dato
Mittel. Max. C. °	abs. Max. C. °	Mittel. Min. C. °	abs. Min. C. °	Mittel. Max. C. °	abs. Max. C. °	Mittel. Min. C. °	abs. Min. C. °	
								1936
9.1	9.4	8.5	8.3	14.5	16.0	7.1	4.8	Juni 30— 4 incl.
10.6	11.5	9.4	8.2	16.0	18.6	9.8	9.1	4— 9
11.1	11.4	10.0	9.5	17.1	21.0	10.4	8.7	9—14
13.2	14.5	11.9	10.5	21.1	23.6	12.9	11.4	14—19
14.9	15.5	13.5	12.4	23.8	26.0	15.5	14.0	19—24
15.1	15.3	14.2	14.0	22.0	22.7	14.9	13.7	24—29
		Mittel:		19.5	—	12.1	—	
16.3	17.0	15.3	14.5	22.1	26.1	16.4	14.9	Juli 29— 4
15.4	15.8	14.3	13.9	22.7	23.6	15.3	13.5	4— 9
15.5	16.6	14.3	14.0	20.8	22.3	14.0	13.2	9—14
15.8	16.0	15.0	14.2	20.7	25.0	14.0	12.5	14—19
15.3	16.2	14.5	14.2	20.1	22.1	14.1	12.6	19—24
15.3	15.8	14.5	14.4	19.2	19.6	13.7	12.9	24—29
		Mittel:		20.7	—	14.3	—	
15.0	15.1	14.0	13.3	19.4	20.5	13.4	11.2	August 29— 3
14.7	15.5	13.3	13.0	17.7	18.9	11.5	10.2	3— 8
15.0	15.8	13.9	13.0	21.6	22.6	14.0	12.5	8—13
15.9	16.6	15.0	14.9	22.0	25.0	15.2	14.3	13—18
16.0	16.8	14.5	14.0	19.2	21.0	14.3	13.0	18—23
15.1	15.2	13.8	13.5	19.1	20.2	12.7	10.9	23—28
		Mittel:		19.9	—	13.6	—	
14.9	15.2	13.4	12.5	18.4	20.4	12.5	10.5	September 28— 2
14.2	14.7	12.6	11.8	18.0	21.0	12.1	9.5	2— 7
13.2	13.6	12.3	11.0	15.6	17.5	8.8	6.7	7—12
13.4	14.0	11.8	11.0	19.3	21.0	11.6	10.3	12—17
14.7	15.0	13.5	13.3	19.2	21.1	12.5	11.7	17—22
13.9	14.5	12.4	11.0	14.2	17.5	8.3	4.2	22—27
		Mittel:		16.7	—	10.1	—	

Tabelle V. Tabellarische Übersicht der Wald-
Tabellarisk Oversigt over Skovjordens

Datum <i>Dato</i>	Sandboden (1) <i>Sandjord (1)</i>				Lehmboden (2) <i>Lerjord (2)</i>			
	Mittel. Max.	abs. Max.	Mittel. Min.	abs. Min.	Mittel. Max.	abs. Max.	Mittel. Min.	abs. Min.
	C. °	C. °	C. °	C. °	C. °	C. °	C. °	C. °
1936								
Oktober								
27— 2 incl.	10.5	12.0	8.3	7.5	10.9	12.5	9.4	8.0
2— 7	8.8	9.5	6.9	6.0	9.0	9.6	6.9	6.0
7—12	8.2	9.2	5.7	5.5	7.9	8.8	5.8	5.5
12—17	9.3	9.5	6.8	6.3	9.0	9.2	6.8	6.3
17—22	9.2	9.7	6.6	6.0	9.0	9.3	7.0	6.8
22—27	9.1	10.1	6.8	6.2	9.2	9.7	7.1	6.9
27— 1	9.1	10.3	6.8	6.6	9.1	10.1	6.8	6.6
November								
1— 6	8.8	8.9	6.5	6.5	8.9	9.0	6.6	6.5
6—11	8.7	8.9	6.6	6.5	8.8	9.0	7.1	7.0
11—16	8.3	8.4	6.4	6.1	8.2	8.4	6.5	6.2
16—21	7.5	8.0	5.4	4.2	7.5	8.0	5.9	5.5
21—26	6.5	6.8	4.3	4.2	6.8	7.0	5.1	4.9
26— 1	6.1	6.1	4.0	3.2	6.1	6.2	4.8	4.8
Dezember								
1— 6	5.5	5.8	3.1	3.0	5.6	5.9	4.1	3.9
6—11	4.5	4.8	3.0	3.0	4.9	5.0	3.1	3.0
11—16								
16—21								
21—26								
26—31								

1) Vom Meteorolog. Inst. Abt. Bogø gemessen.

bodentemperatur 1936 in der Tiefe von 20 cm.
Temperatur i 20 cm's Dybde 1936.

Moorboden (3) <i>Mosejord (3)</i>				Die Lufttemperatur ¹⁾ <i>Lufttemperaturer</i>				Datum <i>Dato</i>
Mittel. Max. C. °	abs. Max. C. °	Mittel. Min. C. °	abs. Min. C. °	Mittel. Max. C. °	abs. Max. C. °	Mittel. Min. C. °	abs. Min. C. °	
								1936
10.9	12.5	9.4	9.0	11.3	14.1	4.5	3.1	Oktober
9.0	9.6	7.4	6.3	8.9	12.5	2.8	0.7	27— 2 incl.
8.5	8.7	5.6	5.4	9.9	12.4	2.5	1.7	2— 7
8.9	9.1	6.7	6.0	11.9	13.1	6.2	3.0	7—12
8.9	9.0	7.1	6.4	9.8	11.6	4.7	1.0	12—17
9.2	9.6	7.1	7.0	11.0	12.5	6.5	4.7	17—22
9.1	10.0	7.0	6.5	9.0	9.6	4.2	1.9	22—27
		Mittel:		10.1	—	4.4	—	27— 1
9.0	9.1	7.5	7.3	9.1	11.0	3.3	1.0	November
8.8	8.8	7.5	7.2	8.9	10.0	5.9	5.5	1— 6
8.5	8.6	7.2	7.0	8.3	9.1	3.4	1.0	6—11
7.9	8.2	6.8	6.7	5.5	6.6	2.9	0.5	11—16
7.0	7.1	5.3	4.9	5.2	7.1	1.7	1.3	16—21
6.2	6.6	4.7	4.6	4.9	8.4	0.8	—0.7	21—26
		Mittel:		7.0	—	3.1	—	26— 1
5.7	6.0	4.3	4.2	4.4	7.4	1.3	0.8	Dezember
4.9	5.1	4.2	4.0	2.6	3.3	—0.5	—1.0	1— 6
				3.6	5.0	0.5	0.0	6—11
				7.5	10.2	3.8	2.1	11—16
				5.3	6.5	1.0	—0.6	16—21
				5.1	6.0	0.7	—2.0	21—26
		Mittel:		4.8	—	1.2	—	26—31

Tabelle VI. Tabellarische Übersicht der Waldboden-
temperatur 1937 in der Tiefe von 20 cm.

Tabellarisk Oversigt over Skonjordens Temperatur i 20 cm's Dybde 1937.

Datum Dato	Sandboden (1) Sandjord (1)				Moorboden (3) Mosejord (3)				Die Lufttemperatur ¹⁾ Lufttemperaturen				
	Mittel. Max. C. °	abs. Max. C. °	Mittel. Min. C. °	abs. Min. C. °	Mittel. Max. C. °	abs. Max. C. °	Mittel. Min. C. °	abs. Min. C. °	Mittel. Max. C. °	abs. Max. C. °	Mittel. Min. C. °	abs. Min. C. °	
1937													
April													
31—4	—	—	—	—	—	—	—	—	5.6	6.8	1.5	—0.2	
4—9	—	—	—	—	—	—	—	—	9.8	12.6	2.6	2.4	
9—14	—	—	—	—	—	—	—	—	8.6	11.8	3.5	2.7	
14—19	6.3	6.4	5.3	5.2	6.2	6.3	4.9	4.8	8.4	9.9	3.8	2.4	
19—24	7.0	7.4	5.6	5.2	6.7	7.0	5.3	5.0	10.0	13.1	4.8	3.9	
24—29	7.4	8.2	5.5	5.3	7.3	8.0	5.2	5.0	10.8	13.6	3.9	2.2	
Mai									Mittel:	9.3	—	3.6	—
29—4	9.5	10.0	8.2	7.0	9.0	9.0	6.6	6.0	17.6	20.4	7.1	5.6	
4—9	9.5	10.4	7.9	7.8	9.3	9.6	7.2	7.1	13.1	19.9	6.9	5.6	
9—14	9.9	10.6	8.1	8.0	9.5	9.8	7.4	7.0	12.7	14.5	6.7	5.1	
14—19	10.0	10.6	9.3	8.0	9.7	10.0	8.7	8.1	15.2	18.0	8.6	7.0	
19—24	11.3	12.0	10.2	9.8	10.8	11.4	9.8	8.4	19.8	22.0	10.7	7.9	
24—29	13.0	13.5	10.8	10.0	12.1	13.0	10.1	9.2	19.9	23.5	11.6	9.6	
Juni									Mittel:	16.4	—	8.8	—
29—3	11.1	11.5	10.0	9.7	11.4	11.5	10.0	9.9	15.0	16.7	8.4	6.0	
3—8	12.3	13.7	11.2	9.7	12.0	13.4	10.5	10.0	19.5	25.0	11.0	7.2	
8—13	14.7	15.2	13.8	13.6	14.2	14.5	13.3	12.2	23.3	26.8	15.5	13.1	
13—18	14.0	14.6	12.4	12.0	12.5	13.8	12.1	11.8	16.9	19.5	10.9	9.0	
18—23	13.0	13.4	11.7	11.5	12.1	12.6	11.3	11.0	17.6	20.3	11.0	10.0	
23—28	13.0	13.1	11.3	11.1	13.0	13.0	11.4	11.2	19.1	21.5	11.5	9.7	
Juli									Mittel:	18.6	—	11.6	—
28—3	13.4	13.6	12.3	11.2	13.2	13.4	12.1	11.8	19.5	23.0	12.1	8.9	
3—8	14.5	15.2	13.6	13.0	14.2	15.0	13.1	12.8	22.2	25.0	14.8	13.7	
8—13	14.6	16.0	13.8	13.2	14.6	16.0	14.3	13.8	19.1	20.7	14.3	13.2	
13—18	15.7	15.8	14.0	14.0	15.6	15.8	14.1	14.0	23.0	24.4	14.9	13.2	
18—23	15.5	15.8	14.7	14.4	15.4	15.6	14.6	14.2	21.1	23.0	14.1	12.1	
23—28	15.3	16.0	13.9	13.5	15.1	15.3	13.7	13.4	18.9	21.0	13.7	12.5	
									Mittel:	20.9	—	14.1	—

1) Vom Meteorolog. Inst. Abt. Bogø gemessen.

Tabelle VI. Tabellarische Übersicht der Waldboden-
temperatur 1937 in der Tiefe von 20 cm.
Tabellarisk Oversigt over Skovjordens Temperatur i 20 cm's Dybde 1937.

Datum <i>Dato</i>	Sandboden (1) <i>Sandjord (1)</i>				Moorboden (3) <i>Mosejord (3)</i>				Die Lufttemperatur ¹⁾ <i>Lufttemperaturen</i>				
	Mittel. Max. C. °	abs. Max. C. °	Mittel. Min. C. °	abs. Min. C. °	Mittel. Max. C. °	abs. Max. C. °	Mittel. Min. C. °	abs. Min. C. °	Mittel. Max. C. °	abs. Max. C. °	Mittel. Min. C. °	abs. Min. C. °	
1937													
August													
28— 2	15.8	16.0	14.1	13.8	15.8	16.0	14.0	13.8	22.1	24.5	15.2	14.3	
2— 7	16.3	16.7	15.2	14.4	16.3	17.0	14.5	14.4	23.0	25.0	15.6	15.2	
7—12	16.5	16.5	15.5	15.3	16.2	16.5	14.9	14.7	21.7	25.1	15.4	13.4	
12—17	16.4	16.6	15.5	15.4	16.2	16.4	15.0	15.0	20.2	23.5	15.1	13.0	
17—22	16.5	16.5	15.1	14.9	16.5	16.7	15.3	15.1	21.5	23.2	13.4	11.1	
22—27	16.5	16.5	15.2	15.0	16.5	16.9	15.4	14.8	23.5	24.5	16.1	15.6	
September									Mittel:	21.9	—	15.1	—
27— 1	16.2	16.4	14.8	14.0	16.3	16.5	14.9	14.9	20.5	21.6	13.7	11.0	
1— 6	15.8	16.4	13.8	13.3	15.8	16.3	14.6	14.3	21.3	23.0	14.0	11.7	
6—11	14.1	15.0	12.7	11.5	14.3	15.0	13.1	11.8	17.5	20.1	11.5	8.7	
11—16	13.0	13.2	11.2	11.0	13.3	13.8	11.6	11.2	15.6	16.2	9.2	6.9	
16—21	13.8	14.0	11.2	11.0	14.1	14.5	11.4	11.2	17.2	20.5	12.5	10.0	
21—26	13.8	13.9	11.3	11.0	13.8	14.0	11.4	11.1	15.9	17.9	9.4	8.1	
26— 1	13.8	14.2	11.2	11.0	14.1	15.0	11.4	11.3	17.2	18.9	8.7	8.2	
Oktober									Mittel:	17.6	—	11.0	—
1— 6	12.6	13.7	11.7	11.2	13.2	13.6	11.9	11.7	14.5	17.3	11.1	10.4	
6—11	11.9	12.8	10.8	10.4	11.9	12.5	10.7	10.2	11.9	14.0	8.0	4.8	
11—16	11.0	11.0	10.0	9.7	11.0	11.0	10.1	10.0	12.4	14.6	6.2	4.5	
16—21	11.5	11.8	9.9	9.8	11.3	11.8	10.0	10.0	12.4	15.4	7.7	6.0	
21—26	11.3	11.6	9.6	9.5	11.6	11.8	10.0	9.9	13.1	15.5	6.8	5.5	
26—31	11.3	11.7	9.5	9.4	11.6	11.7	10.0	10.0	12.3	14.4	9.1	8.0	
November									Mittel:	12.9	—	8.2	—
31— 5	10.7	11.3	9.0	8.5	11.1	11.7	9.8	9.5	10.5	11.5	6.8	6.2	
5—10	8.9	9.4	8.0	6.8	10.0	10.3	9.0	8.5	8.5	9.7	6.8	3.4	
10—15	6.3	7.8	5.1	4.4	7.7	9.2	6.3	5.2	5.9	7.1	0.9	-0.4	
15—20	4.4	5.2	3.6	3.0	5.6	5.8	5.0	4.5	4.1	7.0	-1.4	-1.9	
20—25	5.3	5.5	3.3	2.9	5.5	6.0	4.4	4.0	4.9	7.5	0.1	-1.2	
25—30	5.4	5.8	3.5	3.3	5.6	6.2	4.5	4.1	5.5	6.9	0.7	-0.8	
									Mittel:	6.6	—	2.3	—

1) Vom Meteorolog. Inst. Abt. Bogø gemessen.

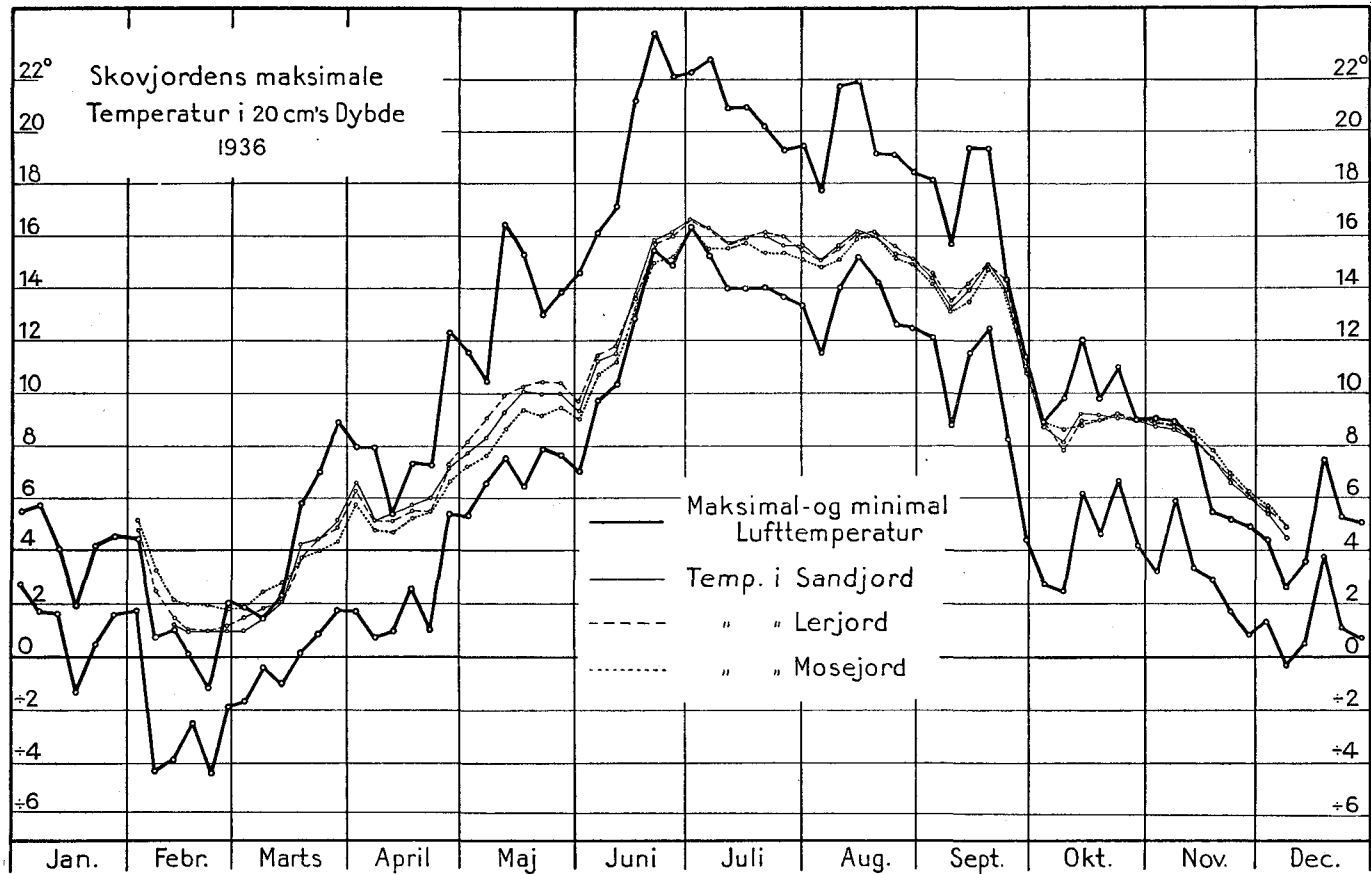


Fig. 3. Die maximale Temperatur des Waldbodens in 20 cm Tiefe. 1936.

— Maximale und minimale Lufttemperatur.
 — Temperatur im Sandboden (1).
 - - - " " Lehm Boden (2).
 " " Moorboden (3).

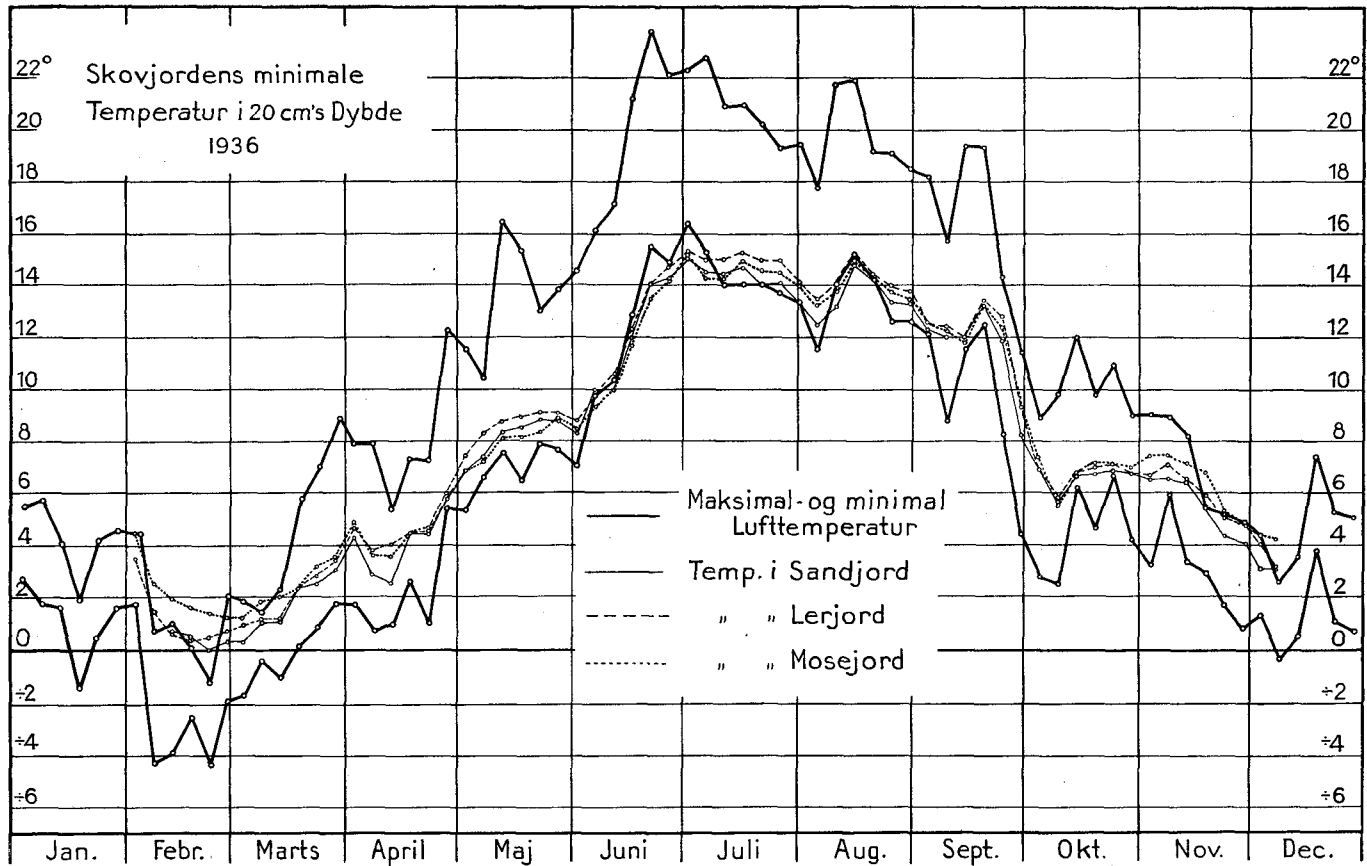


Fig. 4. Die minimale Temperatur des Waldbodens in 20 cm Tiefe. 1936.

- Maximale und minimale Lufttemperatur.
- Temperatur im Sandboden (1).
- - - » » Leimboden (2).
- ⋯ » » Moorboden (3).

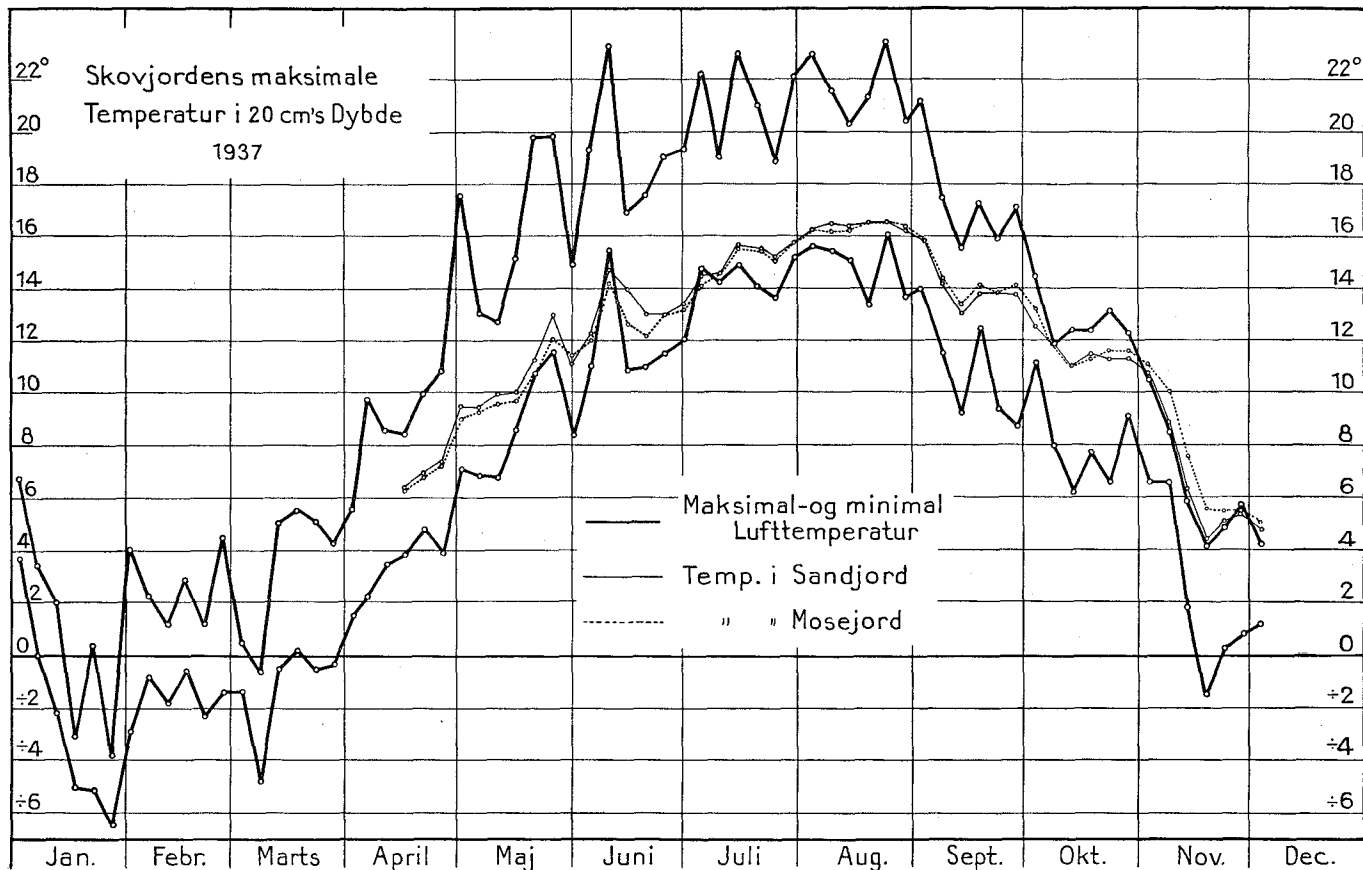


Fig. 5. Die maximale Temperatur des Waldbodens in 20 cm Tiefe. 1937.

— Maximale und minimale Lufttemperatur.
 — Temperatur im Sandboden (1).
 » » Moorboden (3).

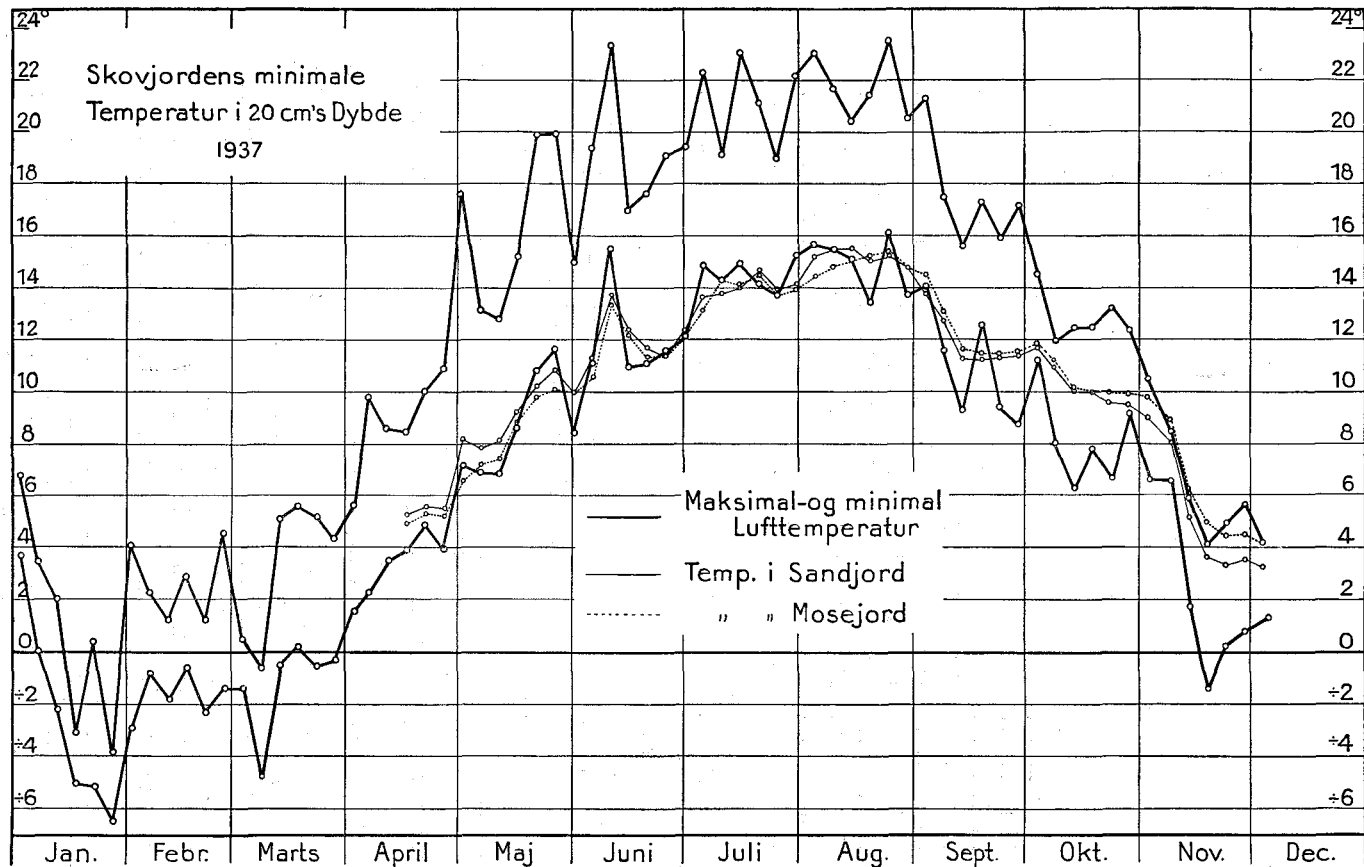


Fig. 6. Die minimale Temperatur des Waldbodens in 20 cm Tiefe. 1937.

——— Maximale und minimale Lufttemperatur.
 ——— Temperatur im Sandboden (1).
 " " Moorboden (3).

Tabelle VII. Maximale und minimale Bodentemperatur in den einzelnen Monaten 1936 und 1937.

Maximal og minimal Jordtemperatur i de enkelte Maaneder 1936 og 1937.

	1936						1937				
	Sandboden (1)		Lehmboden (2)		Moorboden (3)		Sandboden (1)		Moorboden (3)		
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	
Januar	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Februar	—	—	2.1	1.3	2.8	2.3	—	—	—	—	—
März	3.1	1.8	3.1	2.1	3.3	2.5	—	—	—	—	—
April	6.1	4.1	5.9	4.6	5.5	4.5	—	—	—	—	—
Mai	9.2	8.2	9.7	8.7	8.6	8.0	10.5	9.1	10.1	8.3	—
Juni	13.0	11.4	13.1	11.7	12.3	11.3	13.0	11.7	12.5	11.4	—
Juli	16.0	14.5	16.1	15.2	15.6	14.7	14.8	13.7	14.7	13.7	—
August	15.6	13.6	15.6	14.2	15.3	14.1	16.3	15.1	16.3	14.9	—
September	14.2	12.5	14.4	12.9	14.1	12.7	14.4	12.3	14.5	12.6	—
Oktober	9.2	6.8	9.2	7.1	9.2	7.2	11.6	10.3	11.8	10.5	—
November	7.7	5.5	7.7	6.0	7.9	6.5	6.8	5.4	7.6	6.5	—
Dezember	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittelzahl:	10.5	8.7	10.5 ¹⁾	9.2 ¹⁾	10.2 ¹⁾	9.1 ¹⁾	12.5	11.1	12.5	11.1	—

¹⁾ März.

Periode, die direkt verglichen werden kann — von März bis Dezember 1936 — höchstens 0.4° (vergleiche Tabelle IX, Seite 48).

Im Winter war der Moorboden (3) wegen seiner etwas höheren Wärmekapazität wärmer als die beiden anderen Böden (siehe Seite 48). Im Frühjahr und Sommer war das Verhältnis umgekehrt, der Sandboden (1), und der Lehmboden (2) waren wärmer als der Moorboden.

Auf Grund der verschiedenartigen Lage der drei Örtlichkeiten und, als Folge davon, des etwas unterschiedlichen Lokalklimas, können die gemessenen Unterschiede zwischen den Temperaturen der einzelnen Böden nicht ohne Vorbehalt generell auf entsprechende Bodenarten anderer Örtlichkeiten im Walde übertragen werden. Das gleiche gilt für das relative Verhältnis zwischen den Temperaturen der verschiedenen Bodenarten.

Die Bodentemperatur im Vergleich mit der Lufttemperatur.

Zum Verständnis für die eigenartigen Unterschiede zwischen den Wachstumsperioden der Pflanzenorgane über dem Boden

und in der Erde ist es notwendig, einen genauen Einblick in die entsprechenden Unterschiede zwischen den Temperaturen der Luft und denen des Bodens zu bekommen. Diese Unterschiede können kurz so zusammengefasst werden (WOLLNY 1876 und 1880, MÜTTRICH 1880, PAWLOWSK 1888, SCHUBERT 1888, 1900 und 1937, RAMANN 1911, HELMS und JØRGENSEN 1925, TSI-TUNG LI 1926, ZON 1927):

Die tägliche Schwankung zwischen maximaler und minimaler Bodentemperatur ist bedeutend geringer als die entsprechende Schwankung der Lufttemperatur; sie ist am grössten in der Nähe der Bodenoberfläche und nimmt mit zunehmender Tiefe ab, um schon in einer Tiefe von 0.75 bis 1.00 m kaum merkbar zu sein.

Die jährliche Temperaturschwankung des Bodens ist in der allerobersten Bodenschicht ganz bedeutend, nimmt aber mit zunehmender Tiefe sehr schnell ab, um zuletzt in einer Tiefe von etwa 20 bis 30 m ganz zu verschwinden (siehe RAMANN 1918, Seite 399).

Im Herbst und im Winter ist der Boden relativ wärmer als die Luft und im Frühling und Sommer relativ kälter.

Im Frühjahr nimmt die Bodentemperatur relativ langsamer zu als die Lufttemperatur. Im Herbst ist das Verhältnis umgekehrt, die Bodentemperatur nimmt relativ langsamer ab als die Lufttemperatur. Die Erde ist, mit anderen Worten, verglichen mit der Lufttemperatur, relativ frühjahrskalt und herbstwarm.

Wie aus den Tabellen und den graphischen Figuren hervorgeht, stimmte das Verhältnis zwischen der Lufttemperatur und den Temperaturen der verschiedenen untersuchten Böden in den beiden Jahren ganz mit den obenstehenden Grundsätzen überein.

Die tägliche Schwankung zwischen maximaler und minimaler Bodentemperatur lag in allen drei Böden in der untersuchten Tiefe durchschnittlich zwischen 0° und etwa 2.0°, während die entsprechenden Schwankungen der Lufttemperatur ganz hoch bis zu 10° und in einzelnen Fällen noch höher gehen können.

Um einen Eindruck von der Abhängigkeit der Temperaturschwankungen von der Bodentiefe zu bekommen, wurden im

Laufe der untersuchten Monate zehn Stichproben der Temperaturen in 3, bzw. 20 und 50 cm Tiefe im Sandboden (1) gemacht. Das Resultat dieser, im übrigen nicht ganz bedenkenlosen, durchgeführten Messungen ergab eine tägliche Schwankung von durchschnittlich etwa 2° — 4° in 3 cm Tiefe, etwa 0° — 0.5° in 20 cm Tiefe und höchstens 0.1° in 50 cm Tiefe.

Die absolute jährliche Temperaturschwankung war im Jahre 1936 in 20 cm Tiefe im Sandboden (1) 17.2° , im Lehmboden (2) 16.8° und im Moorboden (3) 15.9° . Die entsprechende Schwankung der Lufttemperatur war gut und gern doppelt so gross mit etwa 34° .

Der nähere Verlauf der Bodentemperatur und ihre Abhängigkeit von der Lufttemperatur in den einzelnen Jahreszeiten geht aus dem Folgenden hervor.

Die Wintertemperatur 1936.

Die Messungen der Bodentemperatur in den eigentlichen Wintermonaten wurden, wie aus den Tabellen hervorgeht, nur im Februar 1936 durchgeführt. Dieser Monat war der kälteste des Jahres mit einer absolut maximalen Lufttemperatur von 6.2° und einer absolut minimalen Temperatur von -8.3° . Der Boden war während des grössten Teiles des Monats bis zu einer Tiefe von 15—20 cm gefroren und mit einer Schneeschicht von etwa der gleichen Dicke bedeckt. Die absolut höchste Bodentemperatur von 6.0° wurde im Moorboden (3) gemessen und die absolut tiefste mit 0.0° im Sandboden (1). Ein direkter Vergleich zwischen der Lufttemperatur und der Bodentemperatur lässt sich in diesem Monat kaum ziehen, da die Schneeschicht zweifellos wie eine wärmende Decke auf den Boden gewirkt und verhindert hat, dass die Erde sich bis zu den Temperaturen herunter abgekühlt hat, die sie ohne die Schneeschicht erreicht hätte.

Die Frühjahrs-temperatur 1936.

Das Frühjahr 1936 begann mit relativ viel Wärme im März, dessen Mitteltemperatur 0.4° über normal lag (2.3° gegen normal 1.9° — siehe Tabelle VIII). Die Bodentemperatur stieg auch jäh und anhaltend im Laufe des Monats, so die Mitteltemperatur im Sandboden (1) vom 1. März bis Anfang April mit insgesamt 4.8° (bis 5.5°), im Lehmboden (2) mit 4.2° (bis 5.5°), und im Moorboden (3) mit 3.5° (bis 5.2°).

Im Gegensatz zum März waren die beiden folgenden Frühjahrsmonate April und Mai relativ kalt, die Mittellufttemperatur lag auf Grund der tiefen Maximaltemperaturen 0.8° bzw. 0.7° unter normal (siehe Tabelle VIII). Infolgedessen dauerte es verhältnismässig lange, bis in diesem Jahr richtige Wärme in den Boden kam. Seine Mitteltemperatur fiel erst vorübergehend von Anfang bis Mitte April, stieg danach

Tabelle VIII. Maximal- und Minimaltemperaturen 1936 und 1937
zusammengestellt mit den mittleren Maximal- und Minimaltemperaturen
1886—1925.

*Maksimums- og Minimumstemperaturer 1936 og 1937 sammenlignet med
Middel-Maksimums- og Minimumstemperaturen 1886—1925.*

Monat:	Maximum:			Minimum:		
	1886— 1925	1936	1937	1886— 1925	1936	1937
Januar.....	1.9	4.4	0.8	— 2.2	1.1	— 2.7
Februar.....	2.1	1.2	2.6	— 2.5	— 2.6	— 1.7
März.....	4.5	4.6	3.4	— 0.7	0.0	— 1.1
April.....	9.2	8.1	9.3	2.5	2.1	3.6
Mai.....	14.8	13.4	16.4	6.9	7.0	8.8
Juni.....	18.6	19.5	18.6	10.9	12.1	11.6
Juli.....	20.5	20.7	20.9	13.1	14.3	14.1
August.....	20.0	19.9	21.9	12.8	13.6	15.1
September.....	16.3	16.7	17.6	10.2	10.1	11.0
Oktober.....	11.3	10.1	12.9	6.2	4.4	8.2
November.....	6.3	7.0	6.6	2.1	3.1	2.3
Dezember.....	3.5	4.8	1.7	— 0.4	1.2	— 1.0
Mittel des ganzen Jahres (der Jahre): ..	10.7	10.9	11.1	4.9	5.5	5.7

Meteorologisches Inst. Abt. Bogo.

recht stark bis Mitte Mai, blieb aber von da ab konstant den Monat hindurch, um dann ungefähr Anfang Juni etwas herunter zu gehen. Von Anfang April bis zum Maximum im Mai stieg die Mitteltemperatur im Sandboden (1) nicht mehr als 3.9° (bis 9.4°), im Lehm Boden (2) 4.3° (bis 9.8°) und im Moorboden (3) 4.0° (bis 9.2°). Wenn sowohl die Steigerung wie auch der absolute Maximalwert im Lehm Boden (2) grösser waren als im Sandboden (1), obwohl dieser eine bedeutend geringere Wärmekapazität hat als der Lehm Boden (siehe RAMANN 1911), mag dies ausschliesslich der unterschiedlichen Lage der Örtlichkeiten und der verhältnismässig dicken Laubschicht des betreffenden Platzes (1) zugeschrieben werden.

Die Sommertemperatur 1936.

Im Gegensatz zum Frühjahr war die Mitteltemperatur im Sommer 1936 auf Grund der relativ hohen Minimaltemperaturen etwas über normal; so im Juni 15.8° , im Juli 17.5° und im August 16.8° , gegen den entsprechenden normalen Wert von 14.8, bzw. 16.8 und 16.4° (siehe Tabelle VIII).

Im Juni war die Temperatursteigerung vorübergehend ausserordentlich gross, die Mitteltemperatur stieg vom Anfang des Monats bis zum 24. mit insgesamt 8.9° (bis 19.7°), mit einer entsprechenden Steige-

zung der Bodentemperatur im Sandboden (1) auf 6.0° (bis 14.9°), im Lehm Boden (2) auf 5.5° (bis 14.8°) und im Moorboden (3) auf 5.4° (bis 14.2°). Von da ab bis ungefähr Ende August blieb die Bodentemperatur bei diesen Temperaturen etwa konstant und dies trotz recht beträchtlichen Fallens der Lufttemperatur während der gleichen Periode. Am grössten war der Rückgang der Lufttemperatur in einer Periode zwischen dem 24. Juni und dem 8. August, in diesem Zeitraum fiel sie mit insgesamt 5.1° . Wenn die Bodentemperatur demgegenüber nicht stärker reagierte, mag der Grund darin zu suchen sein, dass gerade diese Periode ausserordentlich regenreich war, was die Bodentemperatur in hohem Grad beeinflusst (siehe WOLLNY 1876, 1880) und das Gleichgewichtsverhältnis zwischen dieser und der Lufttemperatur geändert haben mag.

Die Herbsttemperatur 1936.

Von den drei Herbstmonaten hatte der September ungefähr normale Temperatur (0.1° über normal), der Oktober war dagegen kalt (1.5° unter normal), während der November zum Ausgleich warm war (0.9° über normal).

Während des grössten Teiles des September blieb die Bodentemperatur mit durchschnittlich 13.0° relativ hoch, bis ungefähr Ende September und Anfang Oktober ein sehr starker Fall der Lufttemperatur mit ganzen 10.0° im Laufe von etwa 15 Tagen eintrat. Das entsprechende Fallen der Bodentemperatur war relativ geringer; im Sandboden (1) um 6.2° (auf 7.9°), im Lehm Boden (2) um 6.2° (auf 8.0°) und im Moorboden (3) um 5.9° (auf 8.2°). Dieser Temperaturfall im Boden entsprach etwa 0.4° — 0.5° in vierundzwanzig Stunden.

Im restlichen Teil des Oktober und in der ersten Hälfte des November blieb die Bodentemperatur auf Grund der zunehmenden Lufttemperatur recht konstant zwischen 7.0° und 8.0° . Von Mitte November und bis Anfang Dezember hinein folgte ein gleichmässiger Temperaturfall; in der Luft herab bis 1.1° und im Sandboden (1) bis 3.8° bzw. im Lehm Boden (2) bis 4.0° und im Moorboden (3) bis 4.6° .

Die Frühjahrstemperatur 1937.

Im Gegensatz zum Frühjahr 1936 war das Frühjahr 1937 relativ warm, die mittlere Lufttemperatur betrug im April und Mai ungefähr 6.5° gegen normal 5.9° bzw. 12.6° gegen 10.9° .

Infolgedessen erwärmte sich in diesem Jahr der Boden verhältnismässig rasch. Die mittlere Temperatur im Sandboden (1) stieg von Mitte April bis Ende Mai mit insgesamt 6.1° (auf 11.9°) und im Moorboden (3) mit 5.5° (auf 11.1°).

Die Sommertemperatur 1937.

Der Sommer 1937 war relativ warm, ebenso wie der Sommer 1936. In den Monaten Juni, Juli und August lag die mittlere Lufttemperatur auf Grund der verhältnismässig hohen Minimaltemperaturen mit un-

gefähr 15.1° recht hoch gegenüber normal mit 14.8°, 17.5° gegen normal 16.8° und 18.5° gegen normal 16.4°.

Die Lufttemperaturschwankungen waren sehr unregelmässig, aber trotzdem nahm die Bodentemperatur einen recht regelmässigen Verlauf, indem sie, mit Ausnahme einer schroffen periodischen Steigung von etwa 2.0° während der Wärmeperiode in der ersten Hälfte des Juni, gleichmässig bis zum Maximum im August auf 16.0° im Sandboden (1) und im Moorboden (3) stieg.

Die Herbsttemperatur 1937.

Auch der Herbst 1937 war relativ warm, die mittlere Lufttemperatur betrug im September 14.3° gegen normal 13.3°, im Oktober 10.6° gegen normal 8.8° und in November 4.5° gegen normal 4.2° (siehe Tabelle Nr. VIII).

Der Rückgang der Bodentemperatur ging langsam und in mehreren Etappen vor sich. Der erste Rückgang mit durchschnittlich 2.0°—3.0° trat Anfang September ein, der nächste, gleichfalls 2.0°—3.0°, Anfang Oktober, während der eigentliche grosse Temperaturfall erst in der ersten Hälfte des November kam. Die mittlere Temperatur fiel so im Zeitraum zwischen dem 1. September und 1. November im Sandboden (1) mit nur 5.6° (auf 9.9°) und im Moorboden (3) um 5.1° (auf 10.5°), während sie bei dem grossen Rückgang in der ersten Hälfte des November im Laufe von 15—16 Tagen um 5.9° (auf 4.0°) im Sandboden (1) und um 5.5° (auf 5.0°) im Moorboden (3) fiel.

Vergleich der Bodentemperaturen in den beiden Jahren.

Zum Verständnis bestimmter charakteristischer Unterschiede beim Wurzelwachstum usw. in den beiden untersuchten Jahren ist es, wie später aus der Erörterung des Wurzelwuchses der einzelnen Baumarten usw. hervorgehen wird, in gewissen Fällen nabeliegend, die Erklärung in den entsprechenden Unterschieden der Bodentemperatur zu suchen. Dies geht aus Tabelle Nr. IX. hervor und kann in kurzen Zügen so zusammengefasst werden:

Die Bodentemperatur war im Frühjahr 1936 bedeutend niedriger als im Frühjahr 1937.

Im Juni und Juli 1936 war die Bodentemperatur etwas höher als in den gleichen Monaten 1937.

Die Bodentemperatur war im Oktober 1937 im Vergleich zum Oktober 1936 ungewöhnlich hoch.

Die mittlere Temperatur des Sandbodens (1) und des Moorbodens (3) während der längsten Periode, die für die beiden Jahre direkt miteinander verglichen werden können — von Mitte April bis Dezember — war in beiden Böden 1937 nicht weniger als 0.6° höher als die entsprechende Temperatur 1936.

Tabelle IX. Mittlere Bodentemperatur in den einzelnen Monaten 1936 und 1937.

Middel-Jordtemperatur i de enkelte Maaneder 1936 og 1937.

Monat	1936			1937	
	Sand- boden (1)	Lehm- boden (2)	Moor- boden (3)	Sand- boden (1)	Moor- boden (3)
Januar	—	—	—	—	—
Februar	—	1.7	2.6	—	—
März	2.5	2.6	2.9	—	—
April	5.1 5.7 ¹⁾	5.3 5.6 ¹⁾	5.0 5.5 ¹⁾	— 6.2 ²⁾	— 5.9 ²⁾
Mai	8.7	9.2	8.3	9.8	9.2
Juni	12.2	12.4	11.8	12.4	12.0
Juli	15.3	15.7	15.2	14.3	14.2
August	14.6	14.9	14.7	15.7	15.6
September	13.3	13.7	13.4	13.4	13.6
Oktober	8.0	8.2	8.2	11.0	11.2
November	6.6	6.9	7.2	6.1	7.1
Dezember	—	—	—	—	—
Mittel ³⁾	9.6	9.9	9.6		
Mittel ⁴⁾	10.6	10.8	10.5	11.1	11.1

¹⁾ $\frac{15}{4} - \frac{30}{4}$.

²⁾ $\frac{14}{4} - \frac{20}{4}$.

³⁾ Mittel für die Periode vom März bis Dezember berechnet.

⁴⁾ Mittel für die Periode vom 14. April bis Dezember berechnet.

II. UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE WACHSTUMSPERIODIZITÄT DER BAUMWURZELN

*Einige vorausgehende wachstumsphysiologische
Betrachtungen:*

Infolge der theoretischen Definition (siehe SACHS 1874, BARANETZSKY 1879, PFEFFER 1901—04, KLEBS 1903) hat die Wachstumsperiodizität der Pflanzen zwei verschiedene Ursachen. Die induzierte Periodizität (PFEFFER: aitogen, BENNECKE und JOST: ekto-gen) hat eine äussere Ursache und liegt vor, wenn die äusseren Faktoren, die die Periodizität hervorrufen, selbst periodisch sind. Autonome Periodizität (BENNECKE und JOST: endonom) ist durch innere Ursachen bedingt, die bisher nur unzureichend definiert wurden und liegt vor, wenn bestimmte Lebensäusserungen der Pflanzen in periodischem und rythmischem Zwischenraum eintreten, selbst wenn die äusseren Faktoren konstant bleiben.

Die periodischen Lebensäusserungen, die die Pflanzen in der Natur zeigen, lassen sich nur selten auf eine dieser beiden theoretischen Ursachenbegriffe zurückführen, sie müssen wie die »Funktion« einer Reihe von Ursachen von sowohl induziertem als auch autonomem Charakter betrachtet werden (siehe REED 1919, HANNA 1925, MILLER 1931 und andere).

Die äusseren Faktoren wirken beschleunigender oder umgekehrt hemmender auf die Art, in der der Verlauf des Wachstums zum Ausdruck kommen würde, das heisst, auf den Verlauf der Wachstumskurve, wenn nur allein die inneren Faktoren wirkten (siehe BRIGGS 1928). Da diese inneren Faktoren unter dem Wachstumsverlauf verschieden wirken können, vielleicht zum Beispiel auf Grund der ernährungsphysiologischen Gleich-

gewichtsverhältnisse, braucht eine Veränderung in den äusseren Faktoren nicht immer den gleichen Einfluss auf das Wachstum zu haben. (GREGORY 1928).

Es würde zu weit führen, hier näher auf das ganze Periodizitätsproblem einzugehen, das in der pflanzenphysiologischen Literatur lange Kapitel füllt. Das Vorstehende mag genügen um nachzuweisen, wie kompliziert das ganze Problem ist und wie äusserst schwierig es ist, exakte wissenschaftliche Untersuchungen in der Natur über den direkten Einfluss wechselnder äusserer klimatischer Faktoren auf den Wachstumsverlauf der einzelnen Pflanzenorgane vorzunehmen. Die Resultate, die man auf diesem Gebiete durch Untersuchungen in der Natur erreicht, müssen notwendigerweise mehr oder weniger mit dem »Charakter der Wahrscheinlichkeit« behaftet sein.

Mit dieser ganzen unsicheren Stellung des Periodizitätsproblems als Hintergrund müssen die nachfolgenden daraus hergeleiteten Schlüsse beurteilt werden.

Methodik:

Die angewandte Methode bei der Bestimmung des periodischen Wurzelwachstums der einzelnen Baumarten war die folgende:

Innerhalb jeder Baumart wurde eine bestimmte Anzahl Versuchsbäume ausgesucht, und von jeder von diesen eine oder mehrere geeignete Langwurzeln bestimmt¹⁾, deren periodischer Längenwuchs während des Jahres durch Messungen verfolgt wurde. Die einfache arithmetische Mittelzahl des periodischen täglichen Längenwuchses dieser Langwurzeln ist dann als ein direkter Ausdruck für das Wurzelwachstum der Baumarten in der gewählten Zeitspanne benutzt worden.

Das nähere Verfahren beim Aufsuchen, Abmerken, Wuchsmessen usw. der bezeichneten Wurzeln ging auf folgende Weise vor sich:

¹⁾ Bei der Bezeichnung der einzelnen Wurzeln wurde die von BÜSGEN angeführte Teilung (BÜSGEN 1901 und 1917 und WAGENHOFF 1938) benutzt. Langwurzel ist also die Bezeichnung für die Wurzeln, die durch einen sehr ausdauernden und starken Längenwuchs hauptsächlich dazu dienen, das Wurzelsystem des Baumes im Boden horizontal über grössere Flächen auszubreiten. Saugwurzeln, wie BÜSGEN sie nennt, oder Kurzwurzeln, wie sie in dieser Abhandlung genannt werden, ist die Bezeichnung für die kurzen Seitenwurzeln, die mehr oder weniger rechtwinklig von den Langwurzeln usw. ausgehen (siehe Seite 178).

Um die ausgewählten Versuchsbäume wurde sorgfältig mit den Händen in der Erde gegraben, bis es glückte, auf eine im Wachstum befindliche Langwurzel genau in der hellen und frischen Zone hinter der Wurzelspitze zu treffen, die sich in einem Abstand von etwa 5—15 cm von dieser befand. Nur Wurzeln, die es genau an dieser Stelle zu treffen gelang, wurden für die Messungen benutzt, doch durften sie nicht eine solche Wuchsrichtung haben, dass man meinte, Bäume, Steine,

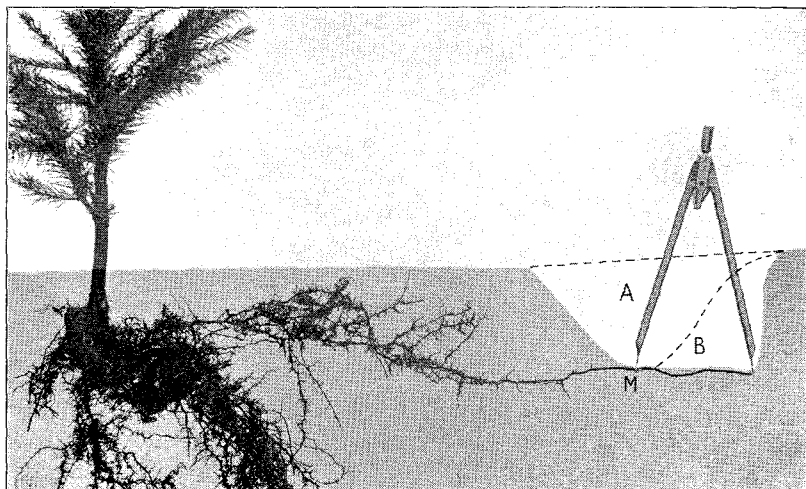


Fig. 7.

1:3.5

oder andere Wurzeln und ähnliches könnten ein wesentliches Hindernis für ihr fortgesetztes Wachstum oder für die daraus folgenden Messungen bilden.

Auf jede auf diese Weise ausgewählte geeignete Wurzel wurde ein Zeichen (M auf Figur Nr. 7) hinter die Wurzelspitze in einem Abstand von dieser von etwa 10 cm gesetzt, indem ein dünner Kupferdraht mit einem Zirkel unter die Wurzel geführt und um diese gebunden wurde. Daraufhin wurde die genaue Lage der Wurzelspitze in der Weise aufgesucht, dass man vorsichtig mit der Hand die Erdmasse (B auf Figur Nr. 7) zwischen dem gegrabenen Loch (A) und der Wurzelspitze entfernte, jedoch ohne diese oder Teile von ihr in der unmittelbar dahinter liegenden Streckenzone völlig zu entblößen. Teile der frischen Wurzelspitze konnten oft recht deutlich durch eine 2—4 mm dünne, lose Erdschicht durchscheinen.

Nachdem die Lage der Wurzelspitze bestimmt war, wurde der Abstand zwischen ihrer äussersten Spitze und dem Zeichen M mit einem Zirkel gemessen, von einem Transversal-Metermaass abgelesen und notiert, worauf die Wurzel sorgfältig wieder zugedeckt und mit einem Nummernstab angemerkt wurde, der genau über dem Zeichen angebracht war.

Das weitere Verfahren bei der Untersuchung des fortschreitenden Wachstums der Wurzel bestand darin, mit gewählten Zwischenräumen zu messen, wie weit die Wurzelspitze sich seit der vorangegangenen Messung von der Abmerkung entfernt hatte.

Auf Grund der teils vertikalen teils horizontalen Krümmungen usw. der Wurzel während des Wachstums war es notwendig, recht häufig neue Zeichen weiter vorn auf die Wurzel zu setzen, um Fehlmessungen als Folge jener Krümmungen zu vermeiden.

Mit dem gleichen Zwischenraum, in dem diese Wuchsmessungen an den bezeichneten Wurzeln vorgenommen wurden, sind innerhalb der gleichen Baumarten, jedoch bei anderen Bäumen als den gewählten Versuchsbäumen, ganze Wurzelsysteme, einzelne Wurzeln und Pflanzen ausgegraben worden, teils um durch eine direkte äussere Beurteilung des Wachstums dieser Wurzeln einige Kontrolle über die eigentlichen Messungen, teils um einen Überblick über die Zeitpunkte für die Seitenwurzel- und Mycorrhizabildung zu erhalten.

Zusammenfassung des Untersuchungsmaterials.

Alle Messungen des Wurzelwachstums wurden an Wurzeln von sowohl herrschenden wie unterdrückten Bäumen in gutem, gesundem, geschlossenem Bestand im Wald von Bogø ausgeführt. Die Wahl von Versuchsbäumen war im Jahre 1935/36 ganz willkürlich, ohne Rücksicht auf die Wuchsplätze, dagegen wurde einiges Gewicht darauf gelegt, dass jeder Baum, soweit das Altersklassenverhältnis des Waldes es zuliess, mit sowohl älteren als auch jüngeren Bäumen vertreten war.

Da bei den Untersuchungen im Jahre 1937 das Hauptziel war, den Verlauf des Wurzelwachstums usw. innerhalb der gleichen Baumart auf möglichst verschiedenen Wuchsortlichkeiten zu untersuchen, wobei hauptsächlich an den Wassergehalt der Örtlichkeiten gedacht wurde, war bei der Wahl der Versuchsbäume für die Wurzelmessungen in diesem Jahr besonders

darauf geachtet worden, Bäume zu bekommen, die den feuchtesten resp. umgekehrt, den trockensten Waldboden vertraten.

Die Wurzelwachstumsmessungen an den jungen Pflanzen wurden, was Weisstannen und Eschen betrifft, an guten, gesunden Naturverjüngungen unter alten Mutterbäumen vorgenommen. Da Fichten im Walde von Bogø sich nicht selbst aussäen, wurden die Wurzelwachstumsmessungen in der damaligen Baumschule des Waldes vorgenommen, die unter guten Windschutzverhältnissen lag und nur ganz kurze Zeit des Tages dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt war.

In den nachfolgenden tabellarischen Übersichten und bei der näheren Besprechung des Wurzelwuchses der einzelnen Baumarten wird über die Wuchsörtlichkeiten, das Alter usw. der einzelnen untersuchten Bäume berichtet werden.

Das Wurzelwachstum der Buche.

Material, Örtlichkeit usw.

Die für die Wuchsmessungen ausgesuchten Buchenwurzeln gehörten zu den Bäumen, die unter folgenden Verhältnissen wuchsen:

Untersuchungen 1935/36.

Wurzel Nr. 1—6: Drei etwa 30 jährige, selbstausgesäte Buchen in einer kleinen, jetzt im Licht stehenden, aber früher stark überschatteten, im Alter ungleichen Buchengruppe unter guten Windschutzverhältnissen, auf einem tiefliegenden Areal, das gegen Norden, Westen und Süden von altem Buchenwald umgeben ist und gegen Osten an ein kleines, offenes Kulturareal grenzt.

Obere Bodenschicht: Etwa 40 cm frischer graubrauner, trockener Sandboden.

Untergrund: Feinkörniger, feuchter, stellenweise etwas lehmiger Sand. Wurzeln wurden bis zu 80—110 cm Tiefe festgestellt.

Flora: *Anemone nemorosa* L., *Asperula odorata* L.

Wurzel Nr. 7—11: Fünf etwa 100—150 jährige Buchen in einem grossen, alten, im Alter ungleichen, dichtgeschlossenen Buchenbestand, mitten im Wald, auf einem ziemlich gleichmässigen, hochliegenden Terrain.

Obere Bodenschicht: Etwa 15 cm trockener, schwach podsolierter Sandboden, der stellenweise in schwach lehmigen Sandboden übergeht.

Untergrund: Strenger Lehm. Baumwurzeln wurden bis zu 90 cm Tiefe festgestellt.

Flora: *Mercurialis perennis L.*, *Anemone nemorosa L.*, *Asperula odorata L.*, stellenweise *Polytrichum*.

Wurzel Nr. 12—14: Eine etwa 40jährige Buche, die als Unterholz in einer kleinen, etwa 140jährigen Eichengruppe auf einem hochliegenden, gegen Norden schwach abfallenden Terrain unter guten Windschutzverhältnissen steht.

Obere Bodenschicht: Etwa 40 cm frischer humushaltiger Sandboden.

Untergrund: Gelber Sand mit vielen grösseren und kleinen Steinen. Viele starkverzweigte Wurzeln wurden bis zu 130 cm Tiefe festgestellt.

Flora: *Anemone nemorosa L.*

Wurzel Nr. 15—20: Vier etwa 60jährige Bäume in einem grossen, gleichaltrigen Buchenbestand auf einem hochliegenden, flachen Terrain im östlichen Teil des Waldes.

Obere Bodenschicht: 30 cm frischer, humushaltiger, braungrauer Sandboden.

Untergrund: Reiner bis etwas lehmiger Sand. Wurzeln wurden bis zu 100 cm Tiefe festgestellt.

Flora: Keine.

Wurzel Nr. 21—22: Eine etwa 18jährige Buche, in einer grossen, im Alter ungleichen, selbstausgesäten Buschengruppe mitten im Walde, auf einem ziemlich tiefliegenden Terrain. Obere Bodenschicht: 40 cm frischer, humushaltiger Sandboden.

Untergrund: Feuchter Sandboden. Wurzeln wurden bis zu 120 cm Tiefe festgestellt.

Flora: *Asperula odorata L.*

Wurzel Nr. 23—29: Vier etwa 46jährige Buchen in einem grossen, zusammenhängenden Buchenbestand, der unter ab-

solut günstigen Verhältnissen auf einem von Süden nach Norden schwach abfallenden Terrain mitten im Walde liegt. Der Bestand ist seit 1923 häufig durchforstet worden. Alles Reisig von jedem Abtrieb blieb auf dem Waldboden.

Obere Bodenschicht: 30 cm lehmiger Sand, stellenweise sandiger Lehm, mit vielen Steinen gemischt. Vorzüglicher Humuszustand.

Untergrund: Feuchter lehmiger Sand bis sandiger Lehm.

Flora: *Anemone nemorosa* L., *Asperula odorata* L.,
Lamium galeobdolon L.

Wurzel Nr. 30—31: Eine etwa 140jährige Buche, auf einem feuchten Moorrind, mitten im Walde.

Obere Bodenschicht: Etwa 40 cm Moorboden. Der Boden ist frisch, ohne stehendes Wasser.

Untergrund: Stark kalk- und wasserhaltiger Lehm. Wurzeln wurden bis zu etwa 70 cm Tiefe festgestellt.

Flora: *Anemone nemorosa* L., *Asperula odorata* L.,
Lamium galeobdolon L.

Untersuchungen 1937.

1. Sand- und Lehmböden.

Wurzel Nr. 1—20: Zwanzig 47jährige Bäume im gleichen Bestand, wie weiter oben bei 1935/36 unter Wurzel Nr. 23—29 beschrieben.

Wurzel Nr. 21—23: Drei etwa 35jährige Bäume, in einer kleinen, etwas ungleichaltrigen, selbst ausgesäten Buchengruppe mitten im Walde, auf einem hochliegenden Terrain, von altem Buchenwald umgeben.

Obere Bodenschicht: Etwa 35 cm trockener, graubrauner Sandboden.

Untergrund: Lehmiger, sehr feuchter Sand. Wurzeln wurden bis zu 1 m Tiefe festgestellt.

Flora; *Anemone nemorosa* L.

2. Moorboden.

Alle Wurzeln: Vier etwa 150jährige, grosse Buchen und zwei etwa 30 bzw. 25jährige Buchen auf einem tiefliegenden Areal, das zwei der Moore des Waldes verbindet.

Obere Bodenschicht: Stark lehmiger und klebriger Moorboden. Viele ganz an der Oberfläche liegende Wurzeln.

Untergrund: Strenger, stellenweise sehr kalkhaltiger, besonders feuchter Lehmboden. Entwässerungsverhältnisse sonst gut, da nur etwa 10 m von der untersuchten Stelle ein über 1 m tiefer Graben läuft. Dennoch war der Boden ganz wenige Meter vom Graben entfernt oft sehr wasserhaltig. Wurzeln wurden bis zu $1/2$ m Tiefe festgestellt.

Flora: *Asperula odorata* L.

Die Platzbestimmung der einzelnen Wurzeln in den Wurzelsystemen der Bäume.

Die Wurzeln Nr.: 6, 12, 14, 17, 21, 23 und 30 der Untersuchungen 1935/36 und die Wurzeln Nr. 1, 5, 6, 11, 13 und 23 der Untersuchungen von 1937 entsprangen alle direkt aus dicken, kräftigen, tiefergehenden Hauptwurzeln innerhalb einer Peripherie von 1 m, vom Stamm aus gerechnet.

Die Wurzeln Nr.: 5, 11, 15, 19, 22, 26, 27 und 31 von 1935/36 und 2, 3, 7, 8, 10, 14, 17, 19, 20 und 22 von 1937 entsprangen aus horizontal liegenden Seitenwurzeln, innerhalb eines Umkreises vom Stamme von 2 m, während die Wurzeln Nr.: 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 13, 16, 18, 20, 24, 25, 28 und 29 von 1935/36 und 4, 9, 12, 15, 16, 18 und 21 von 1937 alle aus horizontal liegenden Seitenwurzeln entsprangen, aber ausserhalb eines Umkreises vom Stamme von über 2 m.

Das Wurzelwachstum.

a) ältere Bäume.

1. In Sand- und Lehmböden.

Das Wachstum der untersuchten Buchenwurzeln, die in diesen Bodenarten wuchsen, geht aus den Tabellen Nr. X und XI hervor, die direkt das periodische, durchschnittliche tägliche Längenwachstum in Millimeter für 1935/36 und für 1937 zeigen, teils für jede einzelne untersuchte Wurzel und teils als Mittelzahl aller gemessenen Wurzeln. Die Mittelzahl ist in den Tabellen mit Mittelfehler angegeben, der zeigt, mit welcher Wahrscheinlichkeit man aus dem berechneten mittleren Wur-

Tabelle X. Buche (*Fagus sylvatica* L.).
Bøg.

Der Baum <i>Træet</i>			Bodenbeschreibung <i>Jordbundsbeskrivelse</i>		Die Wurzel <i>Roden</i>		
A.	H.	D.	Obere Bodenschicht <i>Overgrund</i>	Untergrund <i>Undergrund</i>	Nr.	D. ca. mm	Tiefe unter der Erdoberfläche <i>Dybde under Jordoverfladen</i> cm
ca.	m	cm					
30	7.0	12	Sand <i>Sand</i>	Sand <i>Sand</i>	1	1.0	26—34
»	7.2	9			2	1.4	20—29
»	7.2	6			3	2.0	6—6
»	»	»			4	2.2	8—12
»	»	»			5	2.8	8—9
»	»	»			6	2.0	16—24
100	26.8	38	Sand	Strenger Lehm	7	2.4	42—42
150	26.0	72	<i>Sand</i>	<i>Stift Ler</i>	8	3.0	50—54
150	24.8	46	Sand <i>Sand</i>	Strenger Lehm <i>Stift Ler</i>	9	2.4	8—14
120	26.2	54			10	1.8	18—12
»	27.2	57			11	2.2	10—18
40	15.0	16	Sand <i>Sand</i>	Sand <i>Sand</i>	12	3.0	18—30
»	»	»			13	2.2	14—14
»	»	»			14	1.4	8—33
60	19.6	20	Sand <i>Sand</i>	Sand <i>Sand</i>	15	2.6	9—13
»	20.4	30			16	1.8	3—7
»	»	»			17	2.2	5—5
»	23.2	31			18	2.0	5—4
»	»	»			19	3.4	8—9
»	22.8	32			20	1.8	16—27
18	5.0	5	Sand <i>Sand</i>	Sand <i>Sand</i>	21	2.8	19—19
»	»	»			22	1.8	4—6
46	18.2	21	Lehmiger Sand <i>Leret Sand</i>	Sandiger Lehm <i>Sandet Ler</i>	23	2.8	18—23
»	12.0	16			24	1.6	20—16
»	19.0	21			25	2.2	16—24
»	»	»			26	1.8	4—6
»	»	»			27	3.0	3—14
46	18.0	19	Lehmiger Sand <i>Leret Sand</i>	Sandiger Lehm <i>Sandet Ler</i>	28	1.8	11—12
»	»	»			29	2.0	16—27
140	27.3	52	Moorboden <i>Mosejord</i>	Sehr kalkhaltiger Lehm <i>Stærk kalkholdig Ler</i>	30	3.0	6—10
»	»	»			31	2.8	6—8

A = Alter, *Alder*. H = Höhe, *Højde*. D = Durchmesser, *Diameter*.

Die Wurzel Roden	Das tägliche Längenwachstum der Wurzel im Rodens daglige Længdevækst i neden-											
	27/10- 12/11	12/11- 27/11	27/11- 18/12	18/12- 1/1	1/1- 15/1	15/1- 31/1	31/1- 14/2	14/2- 1/3	1/3- 15/3	15/3- 31/3	31/3- 13/4	13/4- 2/5
	A n z a h l A n t a l											
Nr.	16	15	21	14	14	16	14	16	14	16	13	19
1	1.25	0.67	0.81	0.36	0.43	0.44	0.29	0.00	0.00	0.00	0.31	0.47
2	1.06	0.87	0.24	0.29	0.36	0.38	0.36	0.25	0.29	0.19	0.08	0.26
3	1.19	0.93	0.57	0.50	0.57	0.44	0.21	0.19	0.29	0.63	1.38	1.53
4	0.13	0.13	0.10	0.14	0.21	0.25	0.00	0.00	0.00	0.25	0.46	0.53
5	0.38	0.40	0.14	-0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.31	0.11
6	1.25	0.93	0.86	0.64	0.79	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85	0.68
7	1.56	1.00	0.86	0.43	0.36	0.25	0.43	0.38	0.29	0.06	0.15	0.37
8	1.81	2.33	1.95	1.43	2.29	1.19	0.36	0.06	0.14	0.19	0.46	1.63
9	1.75	1.27	0.52	0.71	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—
10	2.25	1.67	0.67	0.64	0.50	0.69	0.21	0.44	0.07	0.44	0.54	1.05
11	1.56	1.00	0.81	0.71	0.71	0.63	0.07	0.00	0.00	0.13	0.31	0.47
12	1.19	1.13	0.67	0.64	0.57	0.25	0.21	0.00	0.00	0.50	0.15	0.16
13	0.81	0.73	0.33	0.36	0.64	0.38	-0.14	0.00	0.00	0.00	—	—
14	1.69	1.73	0.52	0.71	1.00	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85	0.63
15	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.44	1.08	1.11
16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.69	1.00	0.84
17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.85	0.42
18	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.62	0.32
19	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.54	1.37
20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.85	0.63
21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.08	0.00
22	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.77	0.63
23	1.81	1.67	0.95	1.00	1.64	1.19	0.29	0.69	1.00	1.25	1.46	1.11
24	1.94	1.60	0.62	0.64	0.29	0.31	0.00	0.31	0.21	0.50	1.69	0.37
25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.00	0.77	0.63
26	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.75	0.62	1.16
27	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.25	1.62	0.42
28	0.56	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.54	1.00
29	1.94	1.13	0.86	0.50	0.64	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—
30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.62	0.05
31	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.31	1.05
Das durchschnittliche tägliche Längen- Røddernes gennemsnitlige daglige												
	1.34	1.08	0.64	0.54	0.67	0.51	0.13	0.13	0.13	0.38	0.69	0.68
	± 0.14	± 0.13	± 0.10	± 0.08	± 0.13	± 0.09	± 0.04	± 0.05	± 0.06	± 0.08	± 0.08	± 0.08

unten angeführten Zeitraum 1935 und 1936
for anførte Tidsrum 1935 und 1936

2/5- 17/5	17/5- 1/6	1/6- 23/6	23/6- 12/7	12/7- 26/7	26/7- 12/8	12/8- 6/9	6/9- 23/9	23/9- 13/10	13/10- 26/10	26/10- 10/11	10/11- 30/11	30/11- 15/12
Tage:												
Dage												
15	15	22	19	14	17	25	17	20	13	15	20	15
1.00	1.60	4.32	2.84	4.57	5.41	2.32	1.53	1.40	1.54	0.93	0.70	0.80
1.20	1.33	1.00	0.95	2.79	3.59	4.16	3.65	0.10	0.31	0.20	0.00	0.00
3.07	1.60	3.09	4.26	6.64	3.76	0.76	0.71	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
2.07	3.00	4.95	4.84	7.43	6.88	2.52	5.47	1.95	2.31	1.60	0.90	0.93
0.40	1.20	4.59	3.16	1.14	0.59	0.40	0.35	0.70	0.46	0.53	0.10	0.13
1.27	3.33	2.59	4.74	5.71	1.71	5.20	3.53	2.10	2.92	1.60	0.60	0.93
1.13	2.73	3.09	2.58	3.71	2.41	0.24	0.24	0.40	—	—	—	—
2.40	2.33	1.86	2.79	4.36	4.59	4.76	3.82	2.80	3.77	2.13	1.10	1.07
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.87	2.27	4.36	5.68	9.21	8.12	4.32	1.59	1.70	1.08	0.53	0.40	0.27
1.87	2.60	3.23	3.84	2.00	2.12	1.84	2.29	0.80	2.15	1.47	1.30	1.20
1.00	2.67	2.86	3.11	5.50	5.00	8.72	7.88	3.15	4.00	2.67	1.55	1.27
1.60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	2.33	3.41	7.05	10.00	7.00	1.40	2.12	1.05	—	—	—	—
1.73	1.73	2.59	1.74	3.21	4.76	4.76	5.76	1.75	1.85	1.27	0.80	0.80
1.60	2.73	3.23	1.37	3.50	2.59	0.32	0.47	0.50	0.15	0.07	0.00	0.00
0.27	0.80	1.41	2.58	4.14	2.29	7.92	—	—	—	—	—	—
0.80	2.00	3.68	3.84	5.86	6.24	4.16	5.35	2.85	2.62	1.47	0.90	1.00
2.07	3.27	3.36	1.74	0.71	1.06	—	—	—	—	—	—	—
1.20	2.07	3.27	6.21	9.86	8.76	3.32	3.00	1.40	1.23	0.93	0.40	0.40
0.27	0.73	1.77	7.16	8.07	5.94	8.76	6.53	3.60	3.85	1.87	1.00	0.93
1.07	2.60	2.50	1.42	3.71	3.88	3.92	3.71	1.05	0.85	0.27	0.10	0.07
1.87	1.73	2.05	1.53	2.21	1.24	9.24	6.24	2.20	1.46	1.07	0.45	0.27
2.33	5.00	2.82	4.68	7.07	3.53	3.60	3.47	0.90	2.15	1.33	0.60	0.53
1.13	4.07	1.55	3.74	6.50	11.76	4.56	5.53	2.20	2.08	1.73	0.65	0.67
2.27	4.07	3.00	3.21	4.50	3.12	4.12	3.41	3.20	2.92	1.80	1.10	1.07
1.93	2.53	3.32	3.05	5.14	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.00	4.13	2.86	2.32	4.43	5.18	7.16	2.06	0.40	0.31	0.13	0.00	0.00
2.07	1.73	3.05	2.21	1.86	1.65	—	—	—	—	—	—	—
wachstum der Wurzeln in Millimeter												
Længdevækst i Millimeter												
1.46	2.45	2.96	3.43	4.96	4.35	4.10	3.42	1.58	1.81	1.12	0.60	0.59
+ 0.13	+ 0.20	+ 0.18	+ 0.33	+ 0.49	+ 0.52	+ 0.55	+ 0.44	+ 0.22	+ 0.27	+ 0.16	+ 0.10	+ 0.10

Tabelle XI. Buche (*Fagus silvatica* L.).
Bøg.

Der Baum <i>Træet</i>			Bodenbeschreibung <i>Jordbundsbeskrivelse</i>		Die Wurzel <i>Roden</i>		
A.	H.	D.	Obere Bodenschicht <i>Overgrund</i>	Untergrund <i>Undergrund</i>	Nr.	D. ca. mm	Tiefe un- ter der Erd- oberfläche <i>Dybde un- der Jord- overfladen</i> cm
ca.	m	cm					
47	20.4	25	Lehmiger Sand <i>Leret Sand</i>	Sandiger Lehm <i>Sandet Ler</i>	1	2.4	8—16
»	18.2	22			2	2.0	7—19
»	19.6	19			3	2.1	9—15
»	19.6	20			4	1.8	11—20
»	14.4	13			5	3.0	9—15
»	18.6	19			6	2.5	9—15
»	21.2	26			7	2.5	16—24
»	19.8	17			8	2.3	32—34
»	18.8	20			9	1.9	8—13
»	19.0	24	Lehmiger Sand, stellenweise sandiger Lehm <i>Leret Sand, pletvis sandet Ler</i>	Lehmiger Sand <i>Leret Sand</i>	10	1.8	10—16
»	19.8	20			11	2.7	4—9
»	20.0	22			12	1.8	2—11
»	20.2	24			13	2.0	7—14
»	18.6	20			14	2.0	6—19
»	19.7	20			15	2.2	8—14
»	19.9	19			16	3.4	9—7
»	20.2	24	Sandiger Lehm <i>Sandet Ler</i>	Strenger, stellen- weise sandiger Lehm <i>Stift, pletvis sandet Ler</i>	17	2.8	14—24
»	19.8	19			18	2.9	29—34
»	19.6	26			19	3.6	21—25
»	19.2	25			20	2.4	19—24
35	16.2	16	Sand <i>Sand</i>	Lehmiger Sand <i>Leret Sand</i>	21	2.9	16—20
»	16.4	14			22	1.8	4—16
»	15.3	13			23	3.2	3—8

A = Alter, Alder. H = Höhe, Højde. D = Durchmesser, Diameter.

Das tägliche Längenwachstum der Wurzel im unten angeführten Zeitraum 1937
Rodens daglige Længdevækst i nedenfor anførte Tidsrum 1937

$\frac{16}{4}$ - $\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$ - $\frac{17}{5}$	$\frac{17}{5}$ - $\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$ - $\frac{13}{6}$	$\frac{13}{6}$ - $\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$ - $\frac{15}{7}$	$\frac{15}{7}$ - $\frac{31}{7}$	$\frac{31}{7}$ - $\frac{15}{8}$	$\frac{15}{8}$ - $\frac{4}{9}$	$\frac{4}{9}$ - $\frac{17}{9}$	$\frac{17}{9}$ - $\frac{8}{10}$	$\frac{8}{10}$ - $\frac{23}{10}$	$\frac{23}{10}$ - $\frac{7}{11}$	$\frac{7}{11}$ - $\frac{21}{11}$	$\frac{21}{11}$ - $\frac{5}{12}$
Anzahl Tage <i>Antal Dage</i>														
15	16	15	12	18	14	16	15	20	13	21	15	15	14	14
0.93	1.00	1.00	1.33	1.83	2.86	3.94	4.93	3.30	2.69	2.38	2.20	1.47	0.86	0.71
0.87	1.31	1.67	1.42	2.06	3.14	4.38	3.73	1.40	1.92	2.10	2.00	1.00	0.64	0.64
1.33	0.94	0.93	2.42	2.83	3.07	5.12	8.80	2.95	3.31	1.43	0.80	—	—	—
0.73	1.06	1.73	3.08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.33	0.94	1.73	3.42	3.83	4.43	5.12	7.13	5.20	4.46	5.00	1.20	0.40	0.57	0.57
0.47	0.81	0.67	1.42	1.94	2.07	3.31	5.20	4.05	3.38	2.14	2.13	1.13	1.00	1.00
0.53	0.75	1.40	2.17	3.22	2.43	5.06	7.47	3.00	4.15	2.10	0.93	0.87	0.29	0.29
0.47	1.31	1.67	2.00	2.28	3.00	4.19	8.47	4.95	3.00	1.81	0.73	0.40	0.71	0.71
1.00	1.69	2.00	1.92	2.67	4.14	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.60	1.00	1.80	1.83	2.28	3.86	7.81	4.33	1.90	0.92	1.43	1.40	1.33	0.14	—
0.87	1.25	1.07	2.08	2.89	5.14	5.12	7.20	3.25	4.38	1.48	2.00	0.93	1.14	—
0.93	1.44	2.27	2.50	1.94	6.07	5.25	10.33	4.15	3.15	4.14	1.07	1.00	1.00	0.93
1.27	1.25	2.13	2.58	3.00	3.14	5.31	11.00	5.05	6.08	3.00	1.13	0.80	0.36	0.79
1.00	1.44	0.93	2.83	3.94	4.21	6.06	10.67	7.25	4.00	2.14	0.27	1.07	0.43	0.50
0.40	0.94	1.13	1.58	3.56	3.21	3.81	8.87	3.95	2.85	1.48	1.00	0.53	0.50	0.86
0.20	0.38	0.60	0.92	1.28	2.43	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.93	1.44	2.00	1.75	4.83	5.14	7.00	4.13	2.35	2.16	2.19	1.07	0.47	0.36	—
0.33	1.25	1.07	3.75	3.06	3.21	6.00	—	—	—	—	—	—	—	—
0.87	1.69	1.40	2.17	3.89	3.36	7.81	8.40	5.15	3.16	2.14	1.33	0.93	0.79	0.79
1.07	1.12	1.47	1.92	2.28	2.86	3.50	5.33	2.20	1.46	1.67	1.20	0.80	0.93	1.00
0.47	0.94	1.53	2.08	2.28	2.79	3.13	5.60	4.30	1.77	—	—	—	—	—
0.33	0.75	1.27	1.75	2.06	3.36	3.75	5.13	1.50	2.00	1.24	1.00	0.47	0.36	0.43
0.60	1.00	1.40	1.92	2.33	2.14	4.19	4.33	2.55	4.85	2.19	1.07	0.40	0.29	0.21
Das durchschnittliche, tägliche Längenwachstum der Wurzeln in Millimeter <i>Røddernes gennemsnitlige daglige Længdevækst i Millimeter</i>														
0.72	1.12	1.43	2.12	2.74	3.46	4.99	6.90	3.60	3.14	2.23	1.25	0.82	0.61	0.67
+0.07	+0.07	+0.10	+0.14	+0.18	+0.22	+0.31	+0.54	+0.35	+0.30	+0.23	+0.12	+0.08	+0.07	+0.07

Tabelle XII und XIII. Das durchschnittliche tägliche Längenwachstum untersuchten Perioden, mit den entsprechenden Werten *Bøgerøddernes gennemsnitlige daglige Længdevækst i Sand- og Lerjorder i de underfugtighed og*

Periode	Durchschnittl. tägliches Län- genwachstum <i>Gnstl. dagl. Længdevækst</i> mm	ϕ ±	Bodentemperatur ¹⁾ <i>Jordtemperatur</i>			Mittlere Boden- feuchtigkeit ²⁾ <i>Middel Jordfugtighed</i> ‰
			abs. Max.	abs. Min.	Mittel <i>Middel</i>	
			C °	C °	C °	
Die Untersuchungen 1935/36:						
27/10—12/11	1.34 ± 0.14	0.58	14.5*)	2.0*)	7.1*)	—
12/11—27/11	1.08 ± 0.13	0.57	10.5*)	—0.4*)	4.7*)	—
Winter.						
27/11—18/12	0.64 ± 0.10	0.44	8.6*)	—2.4*)	2.7*)	—
18/12—1/1	0.54 ± 0.08	0.34	7.2*)	—4.0*)	1.4*)	—
1/1—15/1	0.67 ± 0.13	0.55	9.5*)	—0.5*)	3.8*)	—
15/1—31/1	0.51 ± 0.09	0.36	6.1*)	—2.4*)	1.9*)	—
31/1—14/2	0.13 ± 0.04	0.17	5.2	0.6	2.7	30.6
14/2—1/3	0.13 ± 0.05	0.20	1.1	0.0	0.7	25.0
Frühjahr.						
1/3—15/3	0.13 ± 0.06	0.25	2.3	0.1	1.2	31.4
15/3—31/3	0.38 ± 0.08	0.39	5.9	1.4	3.7	27.1
31/3—13/4	0.69 ± 0.08	0.45	7.2	2.0	4.6	26.7
13/4—2/5	0.68 ± 0.08	0.44	8.5	2.0	5.7	25.7
2/5—17/5	1.46 ± 0.13	0.70	10.7	6.5	8.0	22.7
17/5—1/6	2.45 ± 0.20	1.05	10.8	8.2	9.4	23.3
Sommer.						
1/6—23/6	2.96 ± 0.18	0.96	16.4	8.0	11.6	22.2
23/6—12/7	3.43 ± 0.33	1.70	17.2	14.1	15.5	19.1
12/7—26/7	4.96 ± 0.49	2.54	16.6	14.0	15.1	24.9
26/7—12/8	4.35 ± 0.52	2.67	16.4	12.0	14.4	24.0
12/8—6/9	4.10 ± 0.55	2.71	16.9	11.8	14.5	17.6
Herbst.						
6/9—23/9	3.42 ± 0.44	2.17	15.2	11.0	13.2	13.6
23/9—13/10	1.58 ± 0.22	1.04	15.0	5.5	9.3	15.9
13/10—26/10	1.81 ± 0.27	1.24	10.1	6.0	8.1	20.0
26/10—10/11	1.12 ± 0.16	0.75	10.3	6.2	7.8	—
10/11—30/11	0.60 ± 0.10	0.47	8.7	3.2	6.1	—
30/11—15/12	0.59 ± 0.10	0.45	6.0	3.0	4.0	—

1) Im Sandboden 20 cm Tiefe. 2) Im Sandboden, Mittel von 1—20 und 50 cm I Sandjord 20 cm's Dybde. I Sandjord, Middel af 1—20 og 50 cm's Dybde.

*) Lufttemperatur.

der Buchenwurzeln in Sand- und Lehmböden in den 1935/36 und 1937 für Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur verglichen.

søgte Perioder i 1935/36 og 1937 sammenlignet med de tilsvarende Værdier for Jord-Jordtemperatur.

Periode	Durchschnittl. tägliches Längenwachstum <i>Gnstl. dagl. Længdevækst</i> mm	q ±	Bodentemperatur ¹⁾ <i>Jordtemperatur</i>			Mittlere Boden- feuchtigkeit ²⁾ <i>Middel Jordfugtighed</i> ‰
			abs. Max. C°	abs. Min. C°	Mittel <i>Middel</i> C°	
			Die Untersuchungen 1937:			
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
<i>Vinter.</i>						
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
<i>Foraar.</i>						
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
16/4—1/5	0.72 ± 0.07	0.32	8.2	5.2	6.3	22.5
1/5—17/5	1.12 ± 0.07	0.32	10.6	7.0	8.9	20.5
17/5—1/6	1.43 ± 0.10	0.46	13.5	8.0	11.0	21.2
<i>Sommer.</i>						
1/6—13/6	2.12 ± 0.14	0.68	15.2	9.7	12.4	19.3
13/6—1/7	2.74 ± 0.18	0.86	14.6	11.1	12.7	18.6
1/7—15/7	3.46 ± 0.22	1.00	16.0	11.2	14.1	17.9
15/7—31/7	4.99 ± 0.31	1.39	16.0	13.5	14.8	17.9
31/7—15/8	6.90 ± 0.54	2.36	16.7	13.8	15.6	15.2
15/8—4/9	3.60 ± 0.35	1.51	16.6	13.3	15.7	12.3
<i>Efteraar.</i>						
4/9—17/9	3.14 ± 0.30	1.30	16.4	11.0	13.1	14.1
17/9—8/10	2.23 ± 0.23	0.97	14.2	11.0	12.4	16.9
8/10—23/10	1.25 ± 0.12	0.51	12.8	9.7	11.0	19.9
23/10—7/11	0.82 ± 0.08	0.33	11.7	8.5	9.9	23.1
7/11—21/11	0.61 ± 0.07	0.30	7.8	3.0	6.1	25.5
21/11—5/12	0.67 ± 0.07	0.25	(5.8)	(2.9)	(4.4)	27.2
Tiefe.						

Jordtemperatur = Bodentemperatur, Jordfugtighed = Bodenfeuchtigkeit, Sandjord = Sandboden.

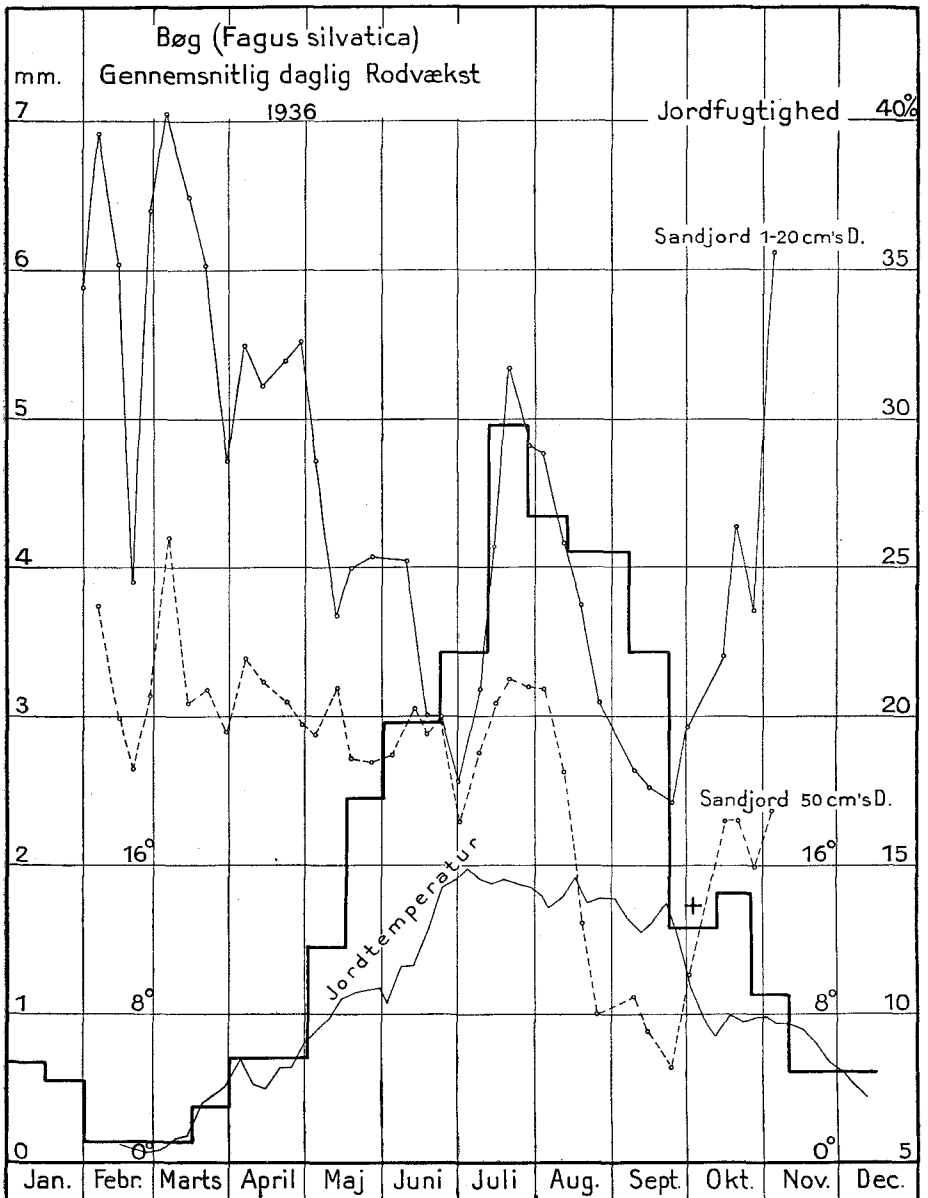


Fig. 8. Graphische Darstellung des periodischen Längenwachstums der Buchenwurzeln im Jahre 1936 (siehe Tabelle Nr. X). Es sind die Kurven der Bodentemperatur in 20 cm Tiefe und der Bodenfeuchtigkeit in 1—20 bzw. 50 cm Tiefe im Sandboden (1) dazugesetzt. + gibt lebhaftige Seitenwurzelbildung an.

Grafisk Fremstilling af Bøgerøddernes periodiske Længdevækst i 1936 (jvf. Tabel X). Indlagt Kurver for Jordtemperaturen i 20 cm's Dybde og Jordfugtigheden henholdsvis i 1—20 og 50 cm's Dybde i Sandjorden (1). + angiver livlig Siderodsdannelse.

Jordtemperatur = Bodentemperatur, Jordfugtighed = Bodenfeuchtigkeit.

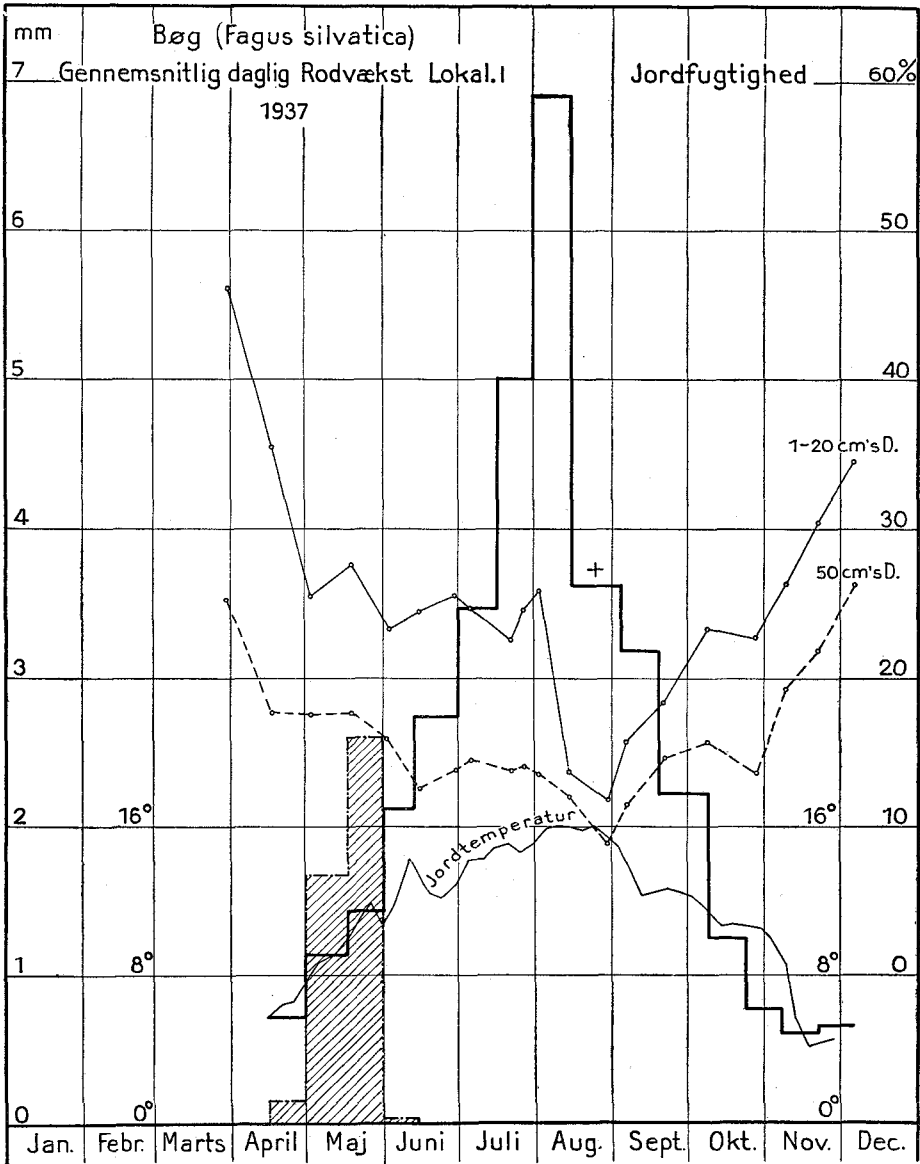


Fig. 9. Graphische Darstellung des periodischen Längenwachstums der Buchenwurzeln im Jahre 1937 in Sandboden (siehe Tabelle Nr. XI). Es sind die Kurven der Bodentemperatur in 20 cm Tiefe und der Bodenfeuchtigkeit in 1—20 bzw. 50 cm Tiefe im Sandboden (1) dazugesetzt. + gibt lebhaftige Seitenwurzelbildung an. Die schraffierte Fläche gibt die Wachstumsgeschwindigkeit auf dem Gipfel im Verhältnis von 1:10 zum Wurzelwachstum an.

Grafisk Fremstilling af Bøgerøddernes periodiske Længdevækst i 1937 i Sandjord (jvf. Tabel XI). Indlagt Kurver for Jordtemperaturen i 20 cm's Dybde og Jordfugtigheden henholdsvis i 1—20 og 50 cm's Dybde i Sandjorden (1). + angiver livlig Siderøddannelse. Det skraverede Areal angiver Topskuddets Væksthastighed i Maalestokforholdet $\frac{1}{10}$ i Sammenligning med Rodvæksten.

zelwachstum Schlüsse auf das Wurzelwachstum als Ganzes ziehen kann.

In der Tabelle XII und XIII ist das periodische mittlere Wurzelwachstum in den einzelnen Jahreszeiten direkt mit den entsprechenden mittleren Bodentemperaturen in 20 cm Tiefe im Sandboden (1) und mit der Bodenfeuchtigkeit verglichen, die als Mittelzahl der gemessenen Bodenfeuchtigkeit in 1—20 und 50 cm Tiefe im Sandboden (1) für 1935/36 bzw. im Lehm-boden (2) für 1937 berechnet ist. In der Tabelle ist ausser dem Mittelfehler der Mittelzahl weiterhin die entsprechende Standardabweichung σ angegeben.

In Figur 8 und Figur 9 ist das berechnete periodische mittlere Wurzelwachstum im Vergleich mit der entsprechenden Bodentemperatur in 20 cm Tiefe, und mit der Bodenfeuchtigkeit in 1—20 bzw. 50 cm Tiefe graphisch illustriert.

Das Wurzelwachstum im Winter.

Das Wachstum der Buchenwurzeln in den Wintermonaten wurde mit direkten Messungen nur im Winter 1935/36 verfolgt. Aus diesen Messungen geht hervor, dass die mittlere Wachstumsgeschwindigkeit der Wurzeln vom Beginn der Untersuchungen am 27. Oktober 1935 bis zum 1. März 1936 regelmässig von durchschnittlich 1.34 ± 0.14 mm täglich bis nur 0.13 ± 0.05 mm täglich abnahm. Selbst wenn es den Anschein hatte, als ob die untersuchten Wurzeln (siehe Tabelle Nr. X) 1, 4, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 14, 24, 28 und 29 in dem ungleichmässig langen Zeitraum zwischen etwa dem 27. November bis zum 31. März zu wachsen aufhörten, wurde doch in keiner Periode ein durchgehender Stillstand des Wurzelwachstums in allen untersuchten Buchenwurzeln festgestellt, da sechs der insgesamt achtzehn mit Messungen verfolgten Wurzeln ununterbrochen weiter wuchsen und selbst im kalten Februar eine Wachstumsgeschwindigkeit hatten, die zwischen 0.06 und 0.69 mm täglich lag. (Beachte O. G. PETERSENS Anmerkung 2) 1908, Seite 149).

Bei den Wurzeln Nr. 5 und 13 wurde ein negatives Längenwachstum von insgesamt 1 mm und 2 mm in den Zeiträumen vom 18. Dezember—1. Januar, bzw. 31. Januar—14. Februar gemessen. In beiden Fällen handelte es sich anscheinend um eine Wurzelkontraktion (siehe BERTHOLD 1882).

Es war äusserst schwierig, durch eine direkte äussere Be-

trachtung der einzelnen Wurzel festzustellen, ob im Laufe des Winters das Wachstum der oben erwähnten Wurzeln ohne Längenwuchs aufgehört hatte oder nicht, da sich keine braune Wurzelrinde bis ganz an und um die Wurzelspitze bildete, so wie es an den Wurzeln der anderen untersuchten Baumarten beobachtet wurde. Die äussersten 10—15 cm der Wurzel, von der Wurzelspitze ab gerechnet, behielten, obwohl es nicht gelang, irgend einen Längenwuchs zu messen, doch beständig die helle frische Farbe, die sonst eine Wurzel charakterisieren, die im Wachstum begriffen ist (siehe ENGLER 1903, Seite 265). Es spricht viel dafür, dass die Wachstumsfunktionen in diesen Wurzeln eigentlich nicht aufgehört hatten, sondern nur, auf Grund der niedrigen Temperatur, stark herabgesetzt waren (siehe Seite 74).

Die Wurzeln Nr. 5 und 28 bildeten jedoch eine Ausnahme, da die ganze Wurzelspitze und die dahinterliegende frische Zone im Laufe des Dezember und Januar ein bräunliches Aussehen bekamen. Hier fand eine Wurzelrindenbildung statt, gleich der, die an den Wurzeln der anderen untersuchten Baumarten beobachtet wurde. Als diese beiden Wurzeln wieder zu wachsen begannen, war es nicht, wie bei den anderen Buchenwurzeln, die alte Wurzelspitze, die in der gleichen Richtung weiterwuchs, sondern statt dessen in beiden Fällen eine neue Seitenwurzel, die sich unmittelbar hinter der Wurzelspitze gebildet hatte. Die Annahme ist berechtigt, dass in diesen beiden Wurzeln in des Begriffes eigentlicher Bedeutung eine Ruhepause stattfand.

Die Ursachen für das Abnehmen des Wurzelwachstums in den Wintermonaten und in vielen Fällen bis zum anscheinend periodischen Stillstand, sind vermutlich zuerst und vor allem in der entsprechenden abnehmenden Temperatur zu suchen, so wie es 1) aus einem direkten Vergleich zwischen dem durchschnittlichen täglichen Wurzelwachstum innerhalb der einzelnen Messperioden und der entsprechenden Temperatur hervorgeht (siehe Tabellen Nr. XII und XIII), 2) weiter durch eine Betrachtung der Relation zwischen dem Wurzelwachstum der einzelnen Wurzeln und ihrer Tiefe in der Erde, und 3) dadurch, dass sich unter besonders dicken, wärmenden Blatthaufen usw. in den Wintermonaten die meisten Wurzeln mit langen, frischen Wurzelspitzen fanden.

Obwohl das kleine Material selbstverständlich keine generellen Schlussfolgerungen zulässt, besteht doch in den Wintermonaten, wie aus dem nachfolgenden Vergleich zwischen dem Wachstum der Buchenwurzeln und ihrer Tiefe im Boden hervorgeht, eine Tendenz zum erhöhten Wachstum der Wurzeln mit zunehmender Tiefe in der Erde. Die natürliche Erklärung dafür ist darin zu suchen, dass auch die Bodentemperatur im Winter¹⁾ mit der Tiefe im Boden steigt.

<i>Bodentiefe</i> <i>cm</i>	<i>Durchschn. Wurzelwachstum</i> <i>mm</i>	<i>Wurzelnanzahl</i>
0—10	0.08 ²⁾	2
10—20	0.32	7
20—30	0.45	6
über 30	0.69	2

Gerade die Wurzeln, deren Längenwuchs sich durch den kalten Februar hindurch fortsetzte, wie aus Tabelle Nr. X hervorgeht, waren überwiegend tieferliegende Wurzeln. Die einzige Ausnahme bildet die Wurzel Nr. 3, die gleichfalls weiterwuchs, obwohl sie mehr an der Oberfläche lag. Dies kann jedoch damit erklärt werden, dass sie an einer besonders warmen, frostfreien Stelle, unter einer beträchtlichen Laub- und Reisigschicht wuchs (siehe CHOLODNY 1932).

Die maximale Tiefe, in der der Boden gefroren war, ging bei den Örtlichkeiten, auf denen die Wurzeln 9 und 13 wuchsen, etwas unter die Tiefe, in der sich diese Wurzeln befanden. Der Boden ringsumher froz zusammen, und an der Wurzel Nr. 9 wurde die Wurzelspitze vollständig schwarz und schrumpfte ein, während es bei der Wurzel Nr. 13 lokale Teile der hinter der Wurzelspitze liegenden frischen Zone waren, die auf die gleiche Weise zerstört wurden (siehe POTTER 1924, CRIDER 1928).

Die gleichen Beschädigungen der Wurzelspitzen oder der dahinterliegenden frischen Zone wurden an allen frischen Wurzeln beobachtet, die nach dem Auftauen des Bodens im März aus den obersten Bodenschichten an Stellen im Walde, die dem Frost ausgesetzt waren, ausgegraben wurden. Die Beschädigungen entstanden vermutlich dadurch, dass entweder die niedrige Temperatur allein, oder vielleicht die Wirkungen aus dem ge-

¹⁾ Dez.—April.

²⁾ Wurzel Nr. 3 ausgelassen (siehe weiter unten).

frorenen Boden eine bis zur frischen Wurzelspitze oder der dahinterliegenden Zone lokal begrenzte Plasmolyse hervorgerufen haben (siehe ABBE 1895, AALTONEN 1923, ZACHAROWA 1925, HILL und SOLMON 1927 und andere).

Auf der Örtlichkeit, auf der die Wurzel Nr. 4 wuchs, war der Boden bis zu einer Tiefe von nur $\frac{1}{2}$ —1 cm von der Wurzelspitze entfernt gefroren. Man kann annehmen, dass die Bodentemperatur an der frischen Wurzelspitze dieser Wurzel ungefähr 0.0° oder vielleicht zu einzelnen Zeitpunkten sogar etwas unter 0.0° war, selbst wenn der Boden in der Umgebung der Wurzelspitze nicht gefroren war. Wie aus Tabelle Nr. X hervorgeht, hatte diese Wurzel anscheinend keinen Schaden genommen.

Im Verlauf des Winters sowohl 1935/36 wie auch 1936/37 wurden verschiedene Male, so z. B. Anfang Januar, Februar und März, Wurzeln ausgegraben, die im Boden unter einer dicken, wärmenden Laub- oder Reisigschicht wuchsen (siehe Wurzel Nr. 3). Alle diese Wurzeln hatten lange, kräftige, frische Wurzelspitzen und eine Menge sehr langer, frischer Seitenwurzeln, was darauf hindeutet, dass an solchen warmen Stellen im Boden in den Wintermonaten ein recht lebhaftes Wurzelwachstum vor sich ging.

Der Winter 1936/37.

Die Untersuchungen über das Wachstum der Buchenwurzeln in diesem Winter waren etwa ein ergänzendes, rein äußeres Beobachten und Beurteilen des Wachszustandes. Anscheinend gab es in diesem Winter weit weniger frische Wurzelspitzen als 1935/36.

Das Wurzelwachstum im Frühjahr.

Das Charakteristische des Wurzelwachstums der untersuchten Buchen in den Frühjahrsmonaten der beiden Jahre 1936 und 1937 war, dass nicht, wie es bei den anderen untersuchten Baumarten beobachtet wurde, ein plötzlicher Wurzelausbruch mit Neubildung von Seitenwurzeln usw. überall im Wurzelsystem im Laufe der Monate April und Mai stattfand. Die Neubildung von Kurzwurzeln geschah weder plötzlich noch besonders lebhaft und ging nur ganz lokal vor sich.

Die Geschwindigkeit des Wurzelwachstums bei den durch

Messungen verfolgten Wurzeln war mit Rücksicht darauf, dass die Wurzeln den ganzen Winter hindurch wachsen konnten, nicht besonders lebhaft und nahm, mit Ausnahme des Mai 1936, in den Frühjahrsmonaten nur verhältnismässig langsam zu.

1936 (siehe Tabelle Nr. X und Figur Nr. 8): In der Zeit vom 1. März dieses Jahres bis zum 1. Juni nahm die mittlere Wuchsgeschwindigkeit gleichmässig von durchschnittlich 0.13 ± 0.06 mm täglich in der Periode vom 1.—15. März bis 2.45 ± 0.20 mm täglich in der zweiten Hälfte des Mai zu. Um ein etwas grösseres Material zu bekommen als das, mit dem im Oktober 1935 begonnen worden war, wurden im Laufe des März 1936 weitere dreizehn neue Wurzeln in die Untersuchungen einbezogen, die von diesem Zeitpunkt an im ganzen 27 Wurzeln umfassten, mit denen man beginnen konnte (vier der 18 Wurzeln, mit denen 1935 begonnen wurde, mussten ausscheiden, zwei wie oben erwähnt wegen Frostschadens und zwei wegen Beschädigung durch Mäuse oder Maulwürfe). Wegen dieser vergrösserten Anzahl Wurzeln, und weil einige ausgeschieden werden mussten, können die Zahlen für das durchschnittliche tägliche Längenwachstum der untersuchten Wurzeln in den gemessenen Perioden im Zeitraum vom 27. Oktober 1935 bis 15. März 1936 nicht direkt, sondern nur relativ mit den Zahlen der Tabellen für das periodische Frühjahrs- und Sommerwachstum 1936 verglichen werden.

1937 (siehe Tabelle Nr. XI und Figur Nr. 9). In diesem Jahr wurden die Untersuchungen des Wurzelwachstums durch direkte Messungen des Längenwuchses bei den Buchenwurzeln am 16. April begonnen, sodass in diesem Jahr nur von da ab ein direktes Zahlenmaterial zur Beurteilung des Frühjahrswachstums der Wurzeln vorliegt. Wie aus Tabelle Nr. XI hervorgeht, nahm das mittlere Wachstum der Wurzeln von der zweiten Hälfte des April bis zur zweiten Hälfte des Mai von durchschnittlich 0.72 ± 0.07 mm täglich bis 1.43 ± 0.10 mm täglich zu.

Die Abweichungen zwischen dem periodischen Wachstum der einzelnen Wurzeln waren in diesem Jahr bedeutend geringer als 1936.

Dies kann damit erklärt werden, dass das Untersuchungsmaterial in diesem Jahr durchgehend weit regelmässiger war als 1936.

Die Beziehung zwischen dem Wurzelwachstum im Frühjahr und der steigenden Bodentemperatur geht aus den Tabellen Nr. XII und XIII hervor. Bemerkenswert ist, dass die mittlere Wachstumsgeschwindigkeit in dem verhältnismässig kalten April 1936 einigermaassen konstant bei durchschnittlich 0.69 mm täglich blieb. Erst im Laufe des Mai, nachdem die mittlere Bodentemperatur auf durchschnittlich 8 bis 9° stieg, nahm die Wachstumsgeschwindigkeit stark zu.

Obwohl das Frühjahr 1937 bedeutend wärmer war als das Frühjahr 1936 (siehe Seite 42), wuchsen doch die Wurzeln durchgehend im Mai 1937 langsamer als im Mai 1936. Dass es verschiedene Wurzeln waren, die in den beiden Jahren die Grundlage für die Untersuchungen bildeten, ist keine befriedigende Erklärung dafür, was aus einer näheren Betrachtung der relativen Zunahme des Wurzelwachstums im April und Mai im Zusammenhang mit der entsprechenden Temperatursteigerung hervorgeht. Die Erklärung ist vielleicht darin zu suchen, dass die hohe Frühjahrstemperatur des Jahres 1937 ein frühes und sehr plötzliches Ausschlagen der Bäume und ein schnelles Strecken der Triebe hervorrief, was beides hemmend auf das Wurzelwachstum gewirkt haben kann, vielleicht als Folge der stark vermehrten Transpiration oder wegen innerer ernährungsphysiologischer Gleichgewichtsverhältnisse.

Das Wurzelwachstum im Sommer.

In den beiden untersuchten Jahren erreichte die Wachstumsgeschwindigkeit der einzelnen Buchenwurzeln innerhalb ungleicher Perioden im Laufe der drei Sommermonate durchgehend den grössten Wert. Die lebhafteste Neubildung von Wurzeln fand gleichfalls im Laufe dieser Monate statt.

1936 (siehe Tabelle Nr. X und Figur Nr. 8). Die Steigerung der Geschwindigkeit des Wurzelwachstums, die im Laufe der Frühjahrsmonate vor sich ging, setzte sich in diesem Jahr während des Juni bis zum Maximalwert des Jahres von durchschnittlich 4.96 ± 0.49 mm täglich in der Periode vom 12.—26.

Juli fort. Von diesem Zeitpunkt an nahm das Wurzelwachstum langsam bis auf durchschnittlich 4.10 ± 0.55 mm täglich in der Periode vom 12. August—6. September ab. Dies gilt jedoch nur speziell für die untersuchten Wurzeln. Im Hinblick auf das Wurzelwachstum als Ganzes kann man auf Grund der kleinen Wuchsdifferenzen und der entsprechenden verhältnismässig grossen Mittelfehler des einzelnen periodischen mittleren Wurzelwachstums nur mit Sicherheit sagen, dass das Maximum des Wurzelwachstums innerhalb des Zeitraumes vom 12. Juli—6. September lag.

1937 (siehe Tabelle Nr. XI und Figur Nr. 9). In diesem Jahr stieg die durchschnittliche Geschwindigkeit des Wurzelwachstums im Laufe des Juni und Juli von durchschnittlich 2.12 ± 0.14 mm täglich in der ersten Hälfte des Juni bis zum Maximum des Jahres auf durchschnittlich 6.90 ± 0.54 mm täglich in der ersten Hälfte des August. Diesem Maximum folgte ein schroffes Fallen im Wurzelwachstum in der zweiten Hälfte des August bis auf nur durchschnittlich 3.60 ± 0.35 mm täglich. Die absolute maximale Wuchsgeschwindigkeit wurde in diesem Sommer mit durchschnittlich 11.00 mm = 1.1 cm täglich in der Periode vom 31. Juli—15. August bei der Wurzel Nr. 13 gemessen.

Wie aus einem Vergleich zwischen dem Wurzelwachstum, der Bodentemperatur und der Bodenfeuchtigkeit (siehe Tabellen Nr. XII und XIII) hervorgeht, scheint die Wachstumsgeschwindigkeit in den Sommermonaten ebenso wie in den Winter- und Frühjahrsmonaten überwiegend mit der Bodentemperatur mitzugehen, jedoch in gewissem Grade beeinflusst von dem Fehlen der Bodenfeuchtigkeit während der trockensten Perioden.

In dem Zeitraum vom 23. Juni—12. Juli 1936 trat eine solche Trockenperiode ein (siehe Seite 16), in welcher z. B. der Sandboden (1) und der Lehmboden (2) bis zu einem Wassergehalt von nur 17.9 % bzw. 18.6 % in 1—20 cm Tiefe austrocknete. Diese Dürreperiode mit darauf folgender Austrocknung des Bodens lässt es erklärlich erscheinen, dass die Wachstumsgeschwindigkeit in der genannten Periode nicht bis zu dem Wert stieg, den man erwartet haben könnte, wenn man allein nach der Bodentemperatur geurteilt hätte. Dass es die Trockenheit war, die in gewissem Grad das Wachstum der Wurzeln hemmte,

wird ausserdem dadurch betätigt, dass das Wurzelwachstum trotz der niedrigen Durchschnittstemperatur in der darauf folgenden sehr regenreichen Periode während dieser doch stark bis zum Maximalwert des Jahres von durchschnittlich 4.96 ± 0.49 mm täglich stieg (siehe ENGLER 1903, Seite 265).

In dem warmen und namentlich ausserordentlich trockenen Sommer 1937 (siehe Seite 19) scheint das Wurzelwachstum nur in der trockenen Periode zwischen dem 15. August und dem 4. September in nennenswertem Grade von der Trockenheit beeinflusst worden zu sein. In diesem Zeitraum ging der Wassergehalt im Sandboden (1) und im Lehmboden (2) auf den Minimalgehalt des Jahres, auf ungefähr 13.4 % bzw. 11.6 % in 1—20 cm Tiefe und auf 8.4 % und 8.9 % in 50 cm Tiefe herunter. Die Geschwindigkeit des Wurzelwachstum fiel in dieser Periode auf nur durchschnittlich 3.60 ± 0.35 mm täglich gegen 6.90 ± 0.54 mm in der vorhergegangenen Periode, obwohl die Temperatur konstant blieb.

Wie aus Tabelle Nr. X hervorgeht, reagierten die einzelnen Wurzeln auf die Trockenperiode Juni—Juli 1936 unterschiedlich. Verschiedene Wurzeln, wie z. B. Nr. 3, 6, 12, 14, 17, 21, 24 und 25 reagierten negativ, indem ihr Längenwuchs zunahm, während andere Wurzeln, oft an den gleichen Bäumen, positiv reagierten, indem ihre Wachstumsgeschwindigkeit bedeutend zurückging. Bei einer näheren Untersuchung der einzelnen Wurzeln zeigte es sich oft, dass es jene Wurzeln waren, die direkt aus dicken, vertikalen, tiefergehenden Hauptwurzeln oder aus dicken Seitenwurzeln entsprangen, die negativ reagierten, während die Wurzeln, die positiv reagierten, überwiegend aus mehr peripherisch wachsenden, horizontalen, dünnen Seitenwurzeln entsprangen (siehe Seite 56).

Die unterschiedliche Wuchsgeschwindigkeit während der Trockenperiode kann so erklärt werden, dass die erstgenannten Wurzeln von unten durch die tiefergehenden, wasserzuführenden Hauptwurzeln genügend mit Wasser versorgt worden sind. Die zunehmende Wuchsgeschwindigkeit kann dann als Folge der steigenden Temperatur betrachtet werden. Dagegen haben die letztgenannten Wurzeln sicher nicht in gleicher Weise mit Wasser versorgt werden können, eben deshalb, weil sie keine direkte Verbindung zu den tiefergehenden Wurzeln hatten.

Die frische, helle Zone hinter der Wurzelspitze der untersuchten Buchenwurzeln war im allgemeinen in den Sommer-

monaten oft ungewöhnlich kurz, im Gegensatz zu den Wintermonaten (siehe Seite 67), häufig nicht mehr als 3—5 cm lang, von der Wurzelspitze ab gerechnet, so dass man nach einer direkten äusseren Beurteilung des Längenwuchses der Wurzeln geneigt sein könnte, ihn für gering zu halten, obwohl er umgekehrt, wie aus den Messungen hervorgeht, sehr lebhaft war, viel lebhafter als in den Wintermonaten. Die Erklärung für die kurze, frische Wurzelzone ist offenbar die, dass die Wurzelrindenbildung hinter der Wurzelspitze im Sommer weit schneller und unmittelbarer vor sich geht als im Winter. Vermutlich ist es die hohe Bodentemperatur in Verbindung mit der geringen Bodenfeuchtigkeit, die hier fördernd wirkt. Wie später genauer gezeigt werden wird (siehe Seite 209), kann die kürzere frische Wurzelzone im Sommer verursacht haben, dass verschiedene der früheren Forscher (FR. RESA, O. G. PETERSEN und andere), gerade auf Grund der direkten äusseren Beurteilung des Wurzelwachstums einen ganz falschen Eindruck bekommen haben.

Beim ausgraben und näheren untersuchen von Wurzeln, die in strengen Lehmböden wuchsen, fand ich im trockenen Teil des August überhaupt kein Wurzelwachstum, dahingegen eine ausserordentlich lebhafte und ausgebreitete Mykorrhizabildung. Wenn das Wurzelwachstum hier still stand, kann die Erklärung vermutlich zu allererst in der zunehmenden Härte des Lehm Bodens liegen, der nach und nach austrocknete (siehe jedoch MILLER 1931, Seite 98). Der Boden war so hart, dass es ganz unmöglich war, auf gewöhnliche Weise einen Spaten hineinzustechen. Gegen Anfang der Trockenperioden 1936 und 1937 beobachtete ich, dass die frischen Wurzelspitzen im Lehm Boden an den äussersten 10—15 cm ein stark gekrümmtes Aussehen zu erhalten begannen. Die Wurzelspitze wurde dünner, zugespitzter oder umgekehrt etwas dick. Gleichzeitig damit erfolgte eine lebhafte Bildung von Kurzwurzeln (siehe Seite 179 und BÜSGEN 1901, Seite 274), die jedoch schnell wieder eingingen oder vollständig von Mykorrhizamycelium umgeben wurden.

Wenn die Buchenwurzeln nach einigen Beobachtungen oft in Lehmböden ein stark gekrümmtes Aussehen haben, liegt die Erklärung vermutlich darin, dass diese Böden während der Trockenperiode häufig den oben erwähnten Einflüssen auf das Wurzelwachstum ausgesetzt waren.

Das Wurzelwachstum im Herbst.

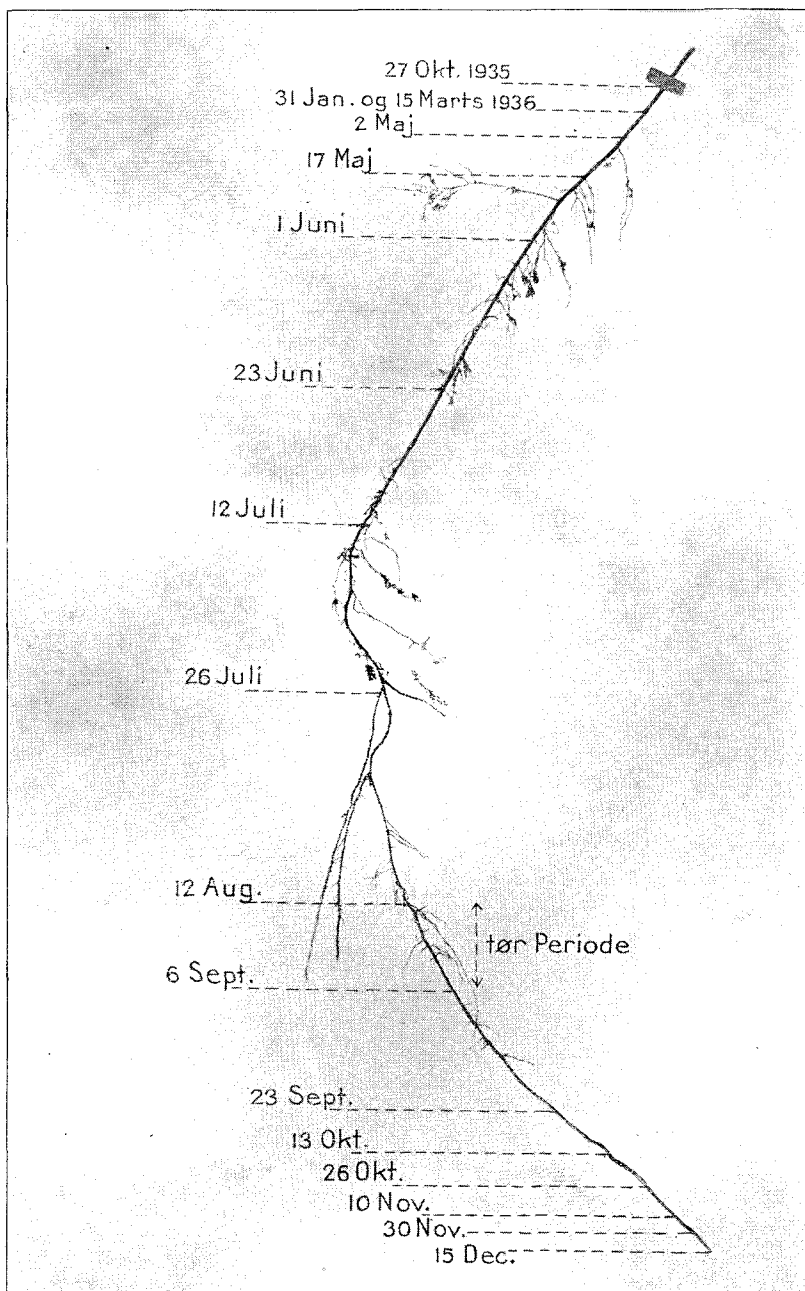
So wie die Bodentemperatur allmählich im Laufe der Herbstmonate abnahm, ging auch das Längenwachstum in den untersuchten Buchenwurzeln entsprechend zurück. Im Vergleich mit dem Wurzelwachstum in den Frühjahrsmonaten war das Wurzelwachstum in den Herbstmonaten lebhafter. So wuchsen in beiden Jahren im September die Wurzeln um ebensoviel wie im Juni, im Oktober wie im Mai und im November wie im April. Doch lag die Geschwindigkeit des Wurzelwachstums ungefähr Ende Oktober und im November, verglichen mit der Bodentemperatur, unter der entsprechenden Geschwindigkeit bei der gleichen Temperatur in den Frühjahrsmonaten.

Die Neubildung von Seitenwurzeln war in den ersten Herbstmonaten lebhafter als in den Frühjahrsmonaten.

1936 (siehe Tabelle Nr. X und Figur Nr. 8). Von der Periode vom 6.—23. September und bis 30. November—15. Dezember nahm die durchschnittliche tägliche mittlere Geschwindigkeit des Wurzelwachstums von 3.42 ± 0.44 mm bis auf 0.59 ± 0.10 mm ab. In der erstgenannten Periode wurde noch eine absolute maximale Wachstumsgeschwindigkeit an der Wurzel Nr. 12 von durchschnittlich 7.88 mm täglich gemessen, während die absolute maximale Wachstumsgeschwindigkeit in der letztgenannten Periode durchschnittlich 1.27 mm täglich bei derselben Wurzel betrug. In einer einzigen Wurzel Nr. 3 wurde nach dem 13. Oktober kein Längenwuchs konstatiert, und bei drei anderen Wurzeln Nr. 2, 16 und 30 keiner mehr nach dem 10. November.

1937 (siehe Tabelle Nr. XI und Figur Nr. 9). In diesem Herbst nahm die mittlere Wachstumsgeschwindigkeit von durchschnittlich 3.14 ± 0.30 mm täglich in der Periode vom 4.—17. September bis durchschnittlich 0.61 ± 0.07 mm täglich in der Periode vom 7.—21. November ab. Keine der untersuchten Wurzeln hatte beim Abschluss der Untersuchungen am 5. Dezember zu wachsen aufgehört.

In der Periode zwischen dem 6.—23. September 1936 erreichte der Boden den minimalen Wassergehalt des Jahres von nicht mehr als 17.3 % und 17.4 % in 1—20 cm Tiefe und



1:4.4

Fig. 10. Buchenwurzel Nr. 4 (siehe Tabelle X) vom Sandboden im Herbst 1936 nach Abschluss der Wachstumsmessungen ausgegraben und photographiert. Auf der Photographie ist das Längenwachstum in den einzelnen untersuchten Perioden angegeben. *tør Periode* = trockene Periode.

Bøgerod Nr. 4 (jvf. Tabel X) opgravet og fotograferet efter Afslutningen af Vækstmaalingerne i Efteraaret 1936. Paa Fotografiet er angivet Længdevæksten i de enkelte Perioder.

8.3 ‰ und 9.4 ‰ in 50 cm Tiefe im Sandboden (1) bzw. im Lehm Boden (2). Dieser niedrige Wassergehalt hatte jedoch nicht den gleichen hervorragenden wachstumshemmenden Einfluss auf die Wurzeln, wie der ungefähr ebenso niedrige Wassergehalt während der Trockenperioden im Juni—Juli 1936 oder in der zweiten Hälfte des August 1937. Die Erklärung hierfür ist wahrscheinlich in einer etwas geringeren Verdampfung der über der Erde liegenden Organe zu diesem späten Zeitpunkt zu suchen, teils als Folge der etwas niedrigeren Temperatur, der verminderten Sonnenscheinstunden usw. in Verbindung mit den härter gewordenen Blattflächen.

2. *Das Wurzelwachstum im Moorboden.*

Das periodische Wachstum von Buchenwurzeln, die in feuchtem, klebrigem Moorboden wuchsen, wurde während des Frühjahrs, Sommers und Herbstes des Jahres 1937 untersucht. Die gewonnenen Resultate gehen aus Tabelle Nr. XIV hervor, und in Figur Nr. 11 ist der periodische Verlauf des Wurzelwachstums graphisch illustriert, zusammen mit entsprechenden Kurven für die Bodenfeuchtigkeit in 1—20 cm und 50 cm Tiefe in der untersuchten moorhaltigen Bodenörtlichkeit, Moorboden (4)¹⁾ und der mittleren Bodentemperatur in Moorboden (3).

Wie aus dieser Tabelle und der graphischen Figur hervorgeht, gelang es nicht, das Wurzelwachstum während des Sommers mit Messungen bei den ersten, beim Beginn der Untersuchungen ausgesuchten Wurzeln zu verfolgen. Viermal im Laufe des Sommers, bis ungefähr Mitte September, mussten neue Wurzeln für die weiteren Messungen ausgesucht werden, da alle Wurzelspitzen an den Wurzeln, deren Wachstum in der vorangegangenen Periode mit Messungen verfolgt worden war, abgestorben waren.

Dadurch, dass auf diese Art das Längenwachstum an ständig verschiedenen Wurzeln festgestellt wurde, verloren die Messungen für einen wechselseitigen Vergleich zwischen dem Wachstum der untersuchten Wurzeln in den einzelnen Perioden sehr viel von ihrem Wert, ebenso wie für einen Vergleich zwischen diesen und der entsprechenden Temperatur und Bodenfeuchtigkeit. Einige Vorstellung geben die Zahlen jedoch darüber, so z. B.,

¹⁾ Hier sind die Kurven für die Bodenfeuchtigkeit im Moorboden (4) angegeben, an Stelle für die im Moorboden (3), da der Boden in (3) nicht so feucht war wie in (4).

Tabelle XIV. Buche (*Fagus silvatica* L.).
Bøg.

Der Baum <i>Træet</i>			Bodenbeschreibung <i>Jordbundsbeskrivelse</i>		Die Wurzel <i>Roden</i>	$\frac{15}{4}$ -	$\frac{1}{5}$ -
A.	H.	D.	Obere Bodenschicht <i>Overgrund</i>	Untergrund <i>Undergrund</i>		$\frac{1}{5}$	$\frac{17}{5}$
ca.	m	cm			Nr.	15	16
150	30.2	78			1	0.33	1.75
»	»	»			2	2.60	2.69
»	»	»			3	0.93	2.44
150	30.0	66			4	1.67	2.63
»	»	»			5	0.47	2.31
»	»	»			6	0.67	1.56
30	11.4	12			7	1.27	3.25
25	8.2	10			8	1.67	2.37
»	»	»			9	0.33	2.31
150	30.1	70	Stark lehmiger und klebriger Moorboden	Strenger Lehm	10	2.13	1.88
»	»	»		Stift Ler	11	0.33	1.06
»	»	»	Stærk lerholdig		12	2.67	3.69
»	»	»	og klæbrig Mosejord		13	3.00	4.69
»	»	»			14	1.67	2.44
150	30.0	64			15	2.47	3.25
»	»	»			16	2.33	2.69
»	»	»			17	1.67	2.13
»	»	»			18	1.33	1.19
»	»	»			19	0.73	1.19
»	»	»			20	2.13	5.00
»	»	»			21	1.20	2.06
»	»	»			22	0.80	0.69
»	»	»			23	1.13	5.31
A = Alter, <i>Alder</i> . H = Höhe, <i>Højde</i> . D = Durchmesser, <i>Diameter</i> .						1.46	2.55

Das tägliche Längenwachstum der Wurzel im unten angeführten Zeitraum 1937
Rodens daglige Længdevækst i nedenfor anførte Tidsrum 1937

	17/5- 1/6	1/6- 13/6	13/6- 1/7	1/7- 15/7	15/7- 31/7	1/8- 15/8	15/8- 4/9	4/9- 17/9	17/9- 8/10	8/10- 23/10	23/10- 7/11	7/11- 21/11	21/11- 5/12
Anzahl Tage Antal Dage													
	15	12	18	14	16	14	20	13	21	15	15	14	14
— 0.53	4.59	1.00	6.64	3.56	3.21	5.00	0.92	1.05	1.07	1.80	1.36	1.07	
0.13	5.25	2.44	5.00	4.31	4.29	3.60	2.69	0.76	1.53	2.27	1.93	1.29	
— 1.73	3.75	4.22	5.93	2.69	4.36	3.25	3.08	1.05	1.13	2.00	2.50	1.21	
3.40	6.17	6.11	1.57	6.38	4.64	3.80	1.46	1.52	1.67	1.93	1.50	2.77	
— 1.13	2.42	3.94	7.29	1.31	8.43	3.05	1.31	1.19	1.00	2.33	1.93	1.21	
— 1.07	3.08	3.78	3.57	5.38	10.93	5.60	2.46	1.57	1.53	1.40	2.07	—	
0.20	—	—	—	3.00	2.86	11.05	2.23	1.43	1.87	1.93	1.71	0.50	
— 0.87	0.25	2.33	5.64	3.06	3.71	2.05	1.46	1.62	1.67	1.13	2.86	2.29	
— 0.73	3.42	2.67	3.64	3.56	4.14	6.10	1.00	1.71	1.53	1.33	1.64	2.43	
0.27	3.00	5.22	5.43	4.31	6.64	3.65	0.23	—	—	—	—	—	
— 0.33	3.17	4.72	10.86	4.25	11.50	5.95	0.77	1.48	1.13	0.93	1.36	2.07	
— 1.93	2.00	6.22	3.86	6.81	8.36	4.70	1.77	1.10	2.20	—	—	—	
0.80	1.75	4.78	4.86	2.94	—	—	—	1.57	1.27	1.33	1.57	1.79	
— 0.80	3.75	3.28	4.86	4.25	2.64	2.75	1.23	1.19	2.27	1.27	2.00	2.00	
0.07	3.00	1.78	2.43	3.12	2.93	6.40	1.23	1.14	1.40	2.27	1.50	1.93	
— 1.07	4.84	4.22	2.50	4.25	—	—	—	1.57	2.00	1.33	1.64	2.14	
— 1.20	5.09	2.72	3.29	3.31	5.50	5.90	1.31	1.29	2.93	1.20	1.07	1.36	
0.13	4.92	4.50	5.00	3.12	6.29	3.05	2.54	1.62	2.40	1.47	1.57	1.43	
— 0.27	5.00	5.56	3.57	3.69	7.50	2.75	0.15	1.48	3.20	1.93	1.71	1.50	
0.00	2.25	1.39	5.50	2.56	4.64	3.85	1.38	1.81	2.33	1.47	1.64	1.07	
— 0.53	3.17	3.39	11.50	1.06	6.07	2.65	4.15	2.00	1.80	1.20	2.50	1.00	
— 0.40	1.75	5.06	4.36	0.94	4.86	1.75	2.00	0.95	1.67	1.33	1.86	1.57	
— 0.60	2.58	1.44	1.86	1.62	4.79	4.50	0.31	—	—	—	—	—	

Das durchschnittliche tägliche Längenwachstum der Wurzeln in Millimeter
Røddernes gennemsnitlige daglige Længdevækst i Millimeter

)	3.42	3.67	4.96)	3.46*)	5.63	4.35	1.60*)	1.39	1.79	1.59	1.79	1.61
----	------	------	--------	--------	------	------	--------	------	------	------	------	------

dass das Wurzelwachstum während des Frühjahrs, Sommers und Herbstes anscheinend den ungefähr gleichen Verlauf nahm wie in den untersuchten Sand- und Lehmböden, und dass die periodischen Wachstumsleistungen der einzelnen Wurzeln nicht hinter den Wachstumsleistungen der einzelnen Wurzeln in den letztgenannten Böden zurückstanden.

Es waren nicht nur die untersuchten Wurzeln, deren Wurzelspitzen innerhalb des in der Tabelle angegebenen Zeitraumes abstarben. Beim Graben in der Erde fand man zahlreiche andere Wurzeln mit gleichen schwarzen, halb- oder ganz abgefaulten, toten Wurzelspitzen.

Die Erklärung für dieses Phänomen, das man offenbar am häufigsten in Moorböden oder anderen stark humushaltigen Böden findet, (siehe jedoch die Versumpfungsphänomene, LADEFOGED 1938), so z. B. nach Beobachtungen in schweren Moorschichten, ist, wie ich vermute, ein kurz andauernder, vielleicht nur mehr lokaler Sauerstoffmangel im Erdboden (siehe EHRENBURG 1918, ROMELL 1922, KOKKONEN 1923, CANNON 1915, 1916, 1918, 1924, TAMM 1925, STOKLASA und DOERELL 1926, HARDY 1927, MALMSTRÖM 1931, MILLER 1931, CHOLODNY 1932 und andere). Diese Annahme wird dadurch bestärkt, dass 1) die Wurzelspitzen innerhalb von Perioden mit relativ hoher Temperatur und beträchtlicher Bodenfeuchtigkeit abstarben, was zusammen für kürzere oder längere Zeit fördernd auf die sauerstoffverbrauchenden Prozesse im Boden gewirkt haben kann, und 2) aus den vorgenommenen Untersuchungen geschlossen werden konnte, dass die Wurzelspitzen am häufigsten zu einem Zeitpunkt abstarben, als sie im Begriff waren, grössere oder kleinere Klumpen stark humushaltigen Erdbodens zu durchwachsen.

Ad 1: Die erste Periode, in der die Wurzelspitzen abstarben, lag zwischen dem 17. Mai und dem 1. Juni. Der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens war sehr hoch, durchschnittlich etwa 50%, und die mittlere Bodentemperatur stieg im gleichen Zeitraum im Moorboden (3) von etwa 9.2° auf 10.7°.

Die andere Periode, in der die Wurzelspitzen abstarben, lag zwischen dem 1. und 15. Juli. Wie aus den Zahlen der Tabelle hervorgeht, müssen sie vermutlich wenige Tage vor dem 15. Juli abgestorben sein. Gerade am 11. Juli fiel ein reichlicher Niederschlag von 15.1 mm. Dieser kann einen kurzen Sauerstoffmangel im Boden hervorgerufen haben.

Jordtemperatur = Bodentemperatur, Jordfugtighed = Bodenfeuchtigkeit.

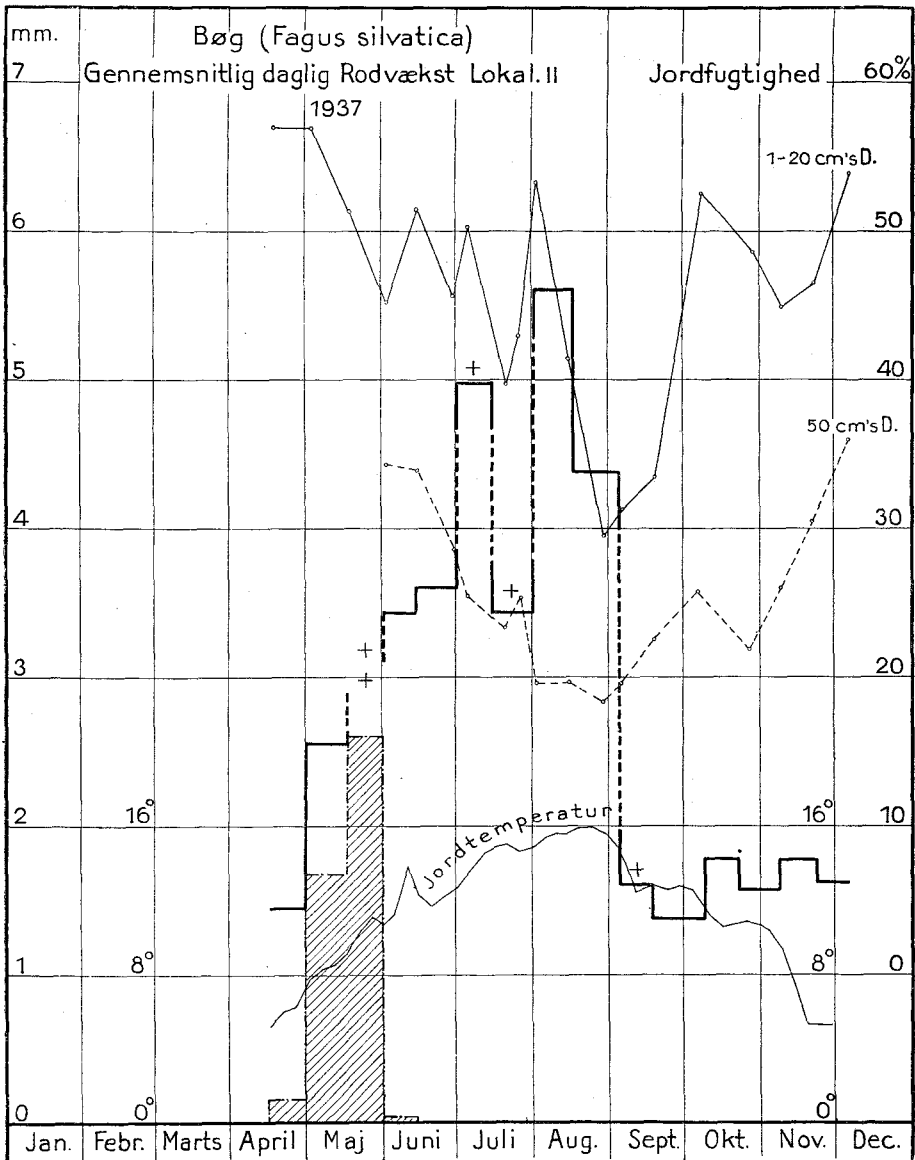


Fig. 11. Graphische Darstellung des periodischen Längenwachstums der Buchenwurzeln in Moorboden im Jahre 1937 (siehe Tabelle Nr. XIV). Es sind die Kurven der Bodentemperatur in 20 cm Tiefe in Moorboden (3) und der Bodenfeuchtigkeit in 1—20 und 50 cm Tiefe in Moorboden (4) dazugesetzt. + gibt lebhaftige Seitenwurzelbildung an. Die schraffierte Fläche gibt die Wachstumsgeschwindigkeit auf dem Gipfel im Verhältnis von 1:10 zum Wurzelwachstum an.

Grafisk Fremstilling af Bøgerøddernes periodiske Længdevækst i Mosejord i 1937 (jvf. Tabel XIV). Indlagt Kurver for Jordtemperaturen i 20 cm's Dybde i Mosejord (3) og Jordfugtigheden i 1—20 og 50 cm's Dybde i Mosejord (4). + angiver livlig Siderodsdannelse. Det skraverede Areal angiver Topskuddets Væksthastighed i Maalestoksforholdet $\frac{1}{10}$ i Sammenligning med Rodvæksten.

Die dritte Periode lag zwischen dem 15.—31. Juli. Auch hier kann man annehmen, dass die Wurzeln wenige Tage vor den Messungen am 31. Juli abgestorben sind. Gerade der letzte Teil des Juli war besonders regenreich, mit 37.3 mm in der Zeit zwischen dem 22.—31. Juli, wovon 9.3 mm auf den 30. Juli fielen. Hier sind also auch in diesem Zeitraum Möglichkeiten für stark sauerstoffverbrauchende Prozesse im Boden vorhanden gewesen.

Die vierte Periode lag zwischen dem 4.—17. September. Auch diese Periode war besonders regenreich mit insgesamt 35.4 mm und ständig hoher Temperatur. Wie aus den Zahlen der Tabelle hervorgeht, besteht Grund anzunehmen, dass die Wurzeln unmittelbar nach dem starken Wolkenbruch am 10. September mit 15.9 mm abstarben.

Dass nicht andere Wurzelspitzen in den Herbstmonaten nach dem 17. September, mit Ausnahme der drei Wurzeln Nr. 10, 12 und 23 (Nr. 6 wurde beim Messen am 21. November beschädigt) abgestorben sind, mag so zu erklären sein, dass die sauerstoffverbrauchenden Prozesse, trotz des steigenden Wassergehalts zu diesem Zeitpunkt, auf Grund der niedrigeren Temperatur bedeutend herabgesetzt gewesen sein können (siehe CANNON 1923 und 1924).

Ad 2: Die Wurzeln im Moorboden kamen, nachdem der Boden im Laufe des Sommers allmählich austrocknete, oft in stark humushaltige, lehmige Erdballen, die zu durchwachsen sie sehr lange Zeit brauchten. Die meisten Wurzelspitzen gingen gerade in diesen Erdballen zugrunde, vermutlich deshalb, weil der Sauerstoffmangel in ihnen besonders gross war.

Sobald die Wurzelspitzen oder lokale Teile der dahinterliegenden frischen Zone tot waren, bildete die Wurzel augenblicklich, oft im Laufe ganz weniger Tage, zahlreiche kurze oder längere Seitenwurzeln in der äussersten 10—20 cm langen Zone unmittelbar hinter der toten Stelle (siehe Tafel II). Die meisten dieser Seitenwurzeln gingen jedoch sehr schnell wieder zugrunde, während einzelne kräftige, namentlich die äussersten, längere Zeit weiter wuchsen. Eine einzelne Wurzel übernahm in der Regel die Führung für die Hauptwurzel, genau auf die gleiche Weise, wie wenn ein Gipfelspross aus dem einen oder anderen Grunde zerstört wird, ein Zweig aus dem obersten Quirl sich nach oben streckt und den Führerplatz des früheren

Quirles einnimmt (siehe O. G. PETERSEN 1908, Seite 151). Damit erhielten die Wurzeln ein sehr zickzackförmiges Aussehen, was fast überall in stark humushaltigen Moorböden zu beobachten ist, aber merkwürdigerweise nicht in humushaltigen Morschichten.

Das ganze oben erwähnte Problem über das Wachstum der Wurzeln in moor- und humushaltigem Boden berührt sehr nahe das Versumpfungsphänomen.

b) Das Wurzelwachstum der Buchenpflanzen.

Gleichzeitig mit den oben besprochenen Untersuchungen über das Wurzelwachstum älterer Buchenbäume während des Jahres wurden mit gleichen periodischen Zwischenräumen auch Untersuchungen über das Wurzelwachstum selbst ausgesäter Buchenpflanzen im Walde auf verschiedenen Örtlichkeiten vorgenommen, vom trockenen, wind- und sonnenausgesetzten, podsolierten Sandboden bis zum humusreichen, optimalen Boden mit guten Umsetzungsverhältnissen usw. Ausser an selbst ausgesäten Pflanzen wurde das Wurzelwachstum gleichzeitig an Buchenpflanzen untersucht, die im umgegrabenen Boden an einer offenen, sonnenausgesetzten Stelle gepflanzt worden waren.

Einleitend sei gesagt, dass, wie bei den älteren Bäumen, bestimmte Pflanzen auf verschiedenartigen Böden ausgesucht wurden. Die Absicht ging dahin, dem Wurzelwachstum dieser Pflanzen durch auswählen einzelner Wurzeln und messen ihres periodischen Längenwuchses zu folgen, ebenso wie bei den ausgewählten Wurzeln der älteren Bäume. Es glückte jedoch nicht, die Messungen in zufriedenstellender Weise durchzuführen. Die Wurzeln der Buchenpflanzen waren teils zu dünn, teils war das Wachstum zu unregelmässig, um zuverlässige Resultate ergeben zu können. Es wurde daher das viel leichter zugängliche, gleichzeitig aber weniger aufschlussreiche Verfahren gewählt, in gewissen Zwischenräumen direkt auf jeder Örtlichkeit etwa zwanzig bis dreissig Buchenpflanzen auszugraben und durch eine rein äussere Betrachtung sich eine Meinung über ihr Wurzelwachstum zu bilden, in der gleichen Weise, wie sie unter anderem von FR. RESA und O. G. PETERSEN angewandt worden ist (siehe Seite 5 und 6).

Wie vorher erwähnt (Seite 74), kann dieses Verfahren leicht zu fehlerhaften Resultaten führen, da die Buchenwurzeln

nicht immer, namentlich nicht in der kälteren Jahreszeit, braune Wurzelrinde an der und rings um die Wurzelspitze bilden, selbst wenn es nicht gelang, irgend ein Längenwachstum zu messen. Um als Folge davon, jeden Fehler, zu vermeiden, wurde nur die Bezeichnung »kein Wurzelwachstum« für jene Pflanzen benutzt, bei denen man überhaupt keine frischen Wurzelspitzen fand.

Im Gegensatz zu den Wurzeln der älteren Bäume sind die Wurzeln aller Pflanzen wegen ihrer geringen Länge allein darauf angewiesen, die für die Transpiration usw. notwendige Feuchtigkeit aus der allerobersten Bodenschicht zu saugen, was zur Folge hat, dass die Pflanzen von dem Wassergehalt und seinen Schwankungen gerade in dieser Bodenschicht viel abhängiger werden, als die älteren Bäume mit den tiefergehenden, wasserholenden Wurzeln. Es ist daher verständlich, dass dieser Zustand das Wurzelwachstum der untersuchten Pflanzen zum grössten Teil prägte.

Da nun die Bodenfeuchtigkeit und gleichzeitig die Bodentemperatur in dieser Erdschicht sehr grosse Verschiedenheiten, je nach der Lage des Ortes, aufweist, — ob es trockener, der Sonne ausgesetzter Waldboden, Baumschulboden oder feuchter, schattiger Moorrind usw. usw. ist — sind die Bedingungen, die dem Wurzelwachstum der Pflanzen geboten werden, auf den einzelnen Orten äusserst unterschiedlich. Infolgedessen sind die Zeitpunkte, innerhalb welcher die Wurzeln wachsen, stark verschieden.

Es würde zu umfangreich und sehr unübersichtlich werden, hier genauer alle die einzelnen beobachteten Fälle durchzugehen. Nachfolgend sollen nur die hauptsächlichsten Ergebnisse der Untersuchungen wiedergegeben werden:

1. Selbstausesäte Pflanzen unter alten Bäumen, auf optimalem, humusreichem Boden. Es gelang auf diesen Örtlichkeiten, während des ganzen Jahres Pflanzen mit frischen Wurzelspitzen zu finden, ebenso wie es während des ganzen Jahres gelang, Pflanzen ohne Wurzelwachstum zu finden. Im Winter waren es jedoch nur verhältnismässig wenig Pflanzen, die frische Wurzelspitzen hatten. Im Juni, September und Oktober fand anscheinend das lebhafteste Wurzelwachstum statt. Während der Trockenperioden wurde Wurzelwachstum nur in Sandböden, nicht in den harten, lehmhaltigen Böden beobachtet.

Es war äusserst schwierig, die Ursachen für dieses verstreute und ungleichmässige Wachstum bei diesen Buchenpflanzen zu erklären. Dass es sich nicht immer um äussere Ursachen handelte, scheint daraus hervorzugehen, dass es sehr oft gelang, sehr dichtstehende Pflanzen zu finden, von denen einige mehrere frische Wurzelspitzen hatten, während man bei anderen absolut keine fand.

2. Selbstaugesäte Pflanzen unter alten Bäumen auf wind- und sonnenausgesetztem, podsoliertem Sandboden. Diese Pflanzen hatten in den Sommermonaten überhaupt kein Wurzelwachstum, mit Ausnahme der sehr regenreichen Monate Juli und August 1936. Das Wurzelwachstum fand in den Frühjahrs- und Herbstmonaten mit relativ hohem Wassergehalt des Bodens statt.

Die quantitative Wuchsleistung war auf diesen Örtlichkeiten im grossen und ganzen äusserst gering.

3. In dem sonnenausgesetzten, durchgearbeiteten Erdboden, wie man ihn überall in Baumschulen usw. antrifft, hatten die Wurzeln aller untersuchten Buchenpflanzen anscheinend die gleiche Wachstumsperiodizität. Das Wachstum begann langsam Ende April und Mai und war im Juni am lebhaftesten. Während der Trockenperioden trat ein teilweiser oder vollständiger Wachstumsstillstand ein. In den Herbstmonaten gab es wieder eine Wurzelwachstumsperiode, in den Wintermonaten hörte das Wurzelwachstum vollständig auf.

4. Selbstaugesäte Pflanzen auf feuchten Moorrändern. Die Wurzeln dieser Pflanzen begannen nicht vor ungefähr Mitte Juli zu wachsen. Im August fand das lebhafteste Wurzelwachstum statt. Im Laufe des Oktober hörte das Wurzelwachstum wieder auf, gewöhnlich auf die Art, dass die Wurzelspitzen an den Wurzeln, die wuchsen, in der gleichen Weise zerstört wurden wie vorher bei Besprechung des Wurzelwachstums der alten Bäume in Moorböden geschildert (siehe Seite 77).

Das Wurzelwachstum der Esche.

Material, Örtlichkeit usw.

Die für die Wachstumsmessungen ausgesuchten Eschenwurzeln gehörten zu Bäumen, die unter folgenden Verhältnissen wuchsen:

Untersuchungen 1935/36.

a) Die älteren Eschen (siehe Tabelle XV).

Wurzel Nr. 1—5: Zwei etwa 45jährige Eschen in einer kleinen, gleichaltrigen Eschengruppe auf einem tiefliegenden, gut entwässerten Terrain, mitten im Walde.

Obere Bodenschicht: etwa 40 cm frischer, humushaltiger Sandboden.

Untergrund: Feuchter, grobkörniger Sand.

Flora: *Anemone nemorosa* L., *Asperula odorata* L., *Lamium galeobdolon* L., *Mercurialis perennis* L.

Wurzel Nr. 6—13: Vier etwa 16, bzw. 20 und 30jährige Eschen, die zwischen einem sehr grossen, etwas ungleichaltrigen 20—30jährigen Buchenbestand auf einem ebenen Terrain mitten im Walde stehen.

Obere Bodenschicht: Etwa 30 cm trockener Sand.

Untergrund: Gelber Sand.

Flora: *Anemone nemorosa* L., *Asperula odorata* L., *Mercurialis perennis* L.

Wurzel Nr. 14—19: Drei etwa 90jährige Eschen am Rande eines grossen ungleichaltrigen Eschenbestandes auf Moorboden unter günstigen Windschutzverhältnissen an der Nordseite des Waldes.

Obere Bodenschicht: Etwa 40 cm schwach lehmiger, feuchter und stark humusgefärbter Sandboden.

Untergrund; Grobkörniger Sand. Es wurden Wurzeln bis zu etwa 1 m Tiefe festgestellt. Entwässerungsverhältnisse sind gut, da innerhalb eines Abstandes von 15 m von den untersuchten Wurzeln ein etwa 1 m tiefer Graben läuft.

Flora: *Anemone nemorosa* L., *Asperula odorata* L., *Aira flexuosa* L.

Wurzel Nr. 20—23: Zwei etwa 45 bzw. 60jährige Eschen am Rande zweier kleiner, tiefliegender Eschenmoore, von älteren Buchen umgeben.

Obere Bodenschicht: Beide Stellen etwa 45 cm feuchter Moorboden.

Untergrund: Lehmiger Sand. Entwässerungsverhältnisse gut, da beide Moore gut drainiert sind.

Flora: *Urtica dioeca* L.

b) Die Eschenpflanzen (siehe Tabelle XVI).

Die jungen Eschenpflanzen, deren Wurzelwachstum mit Messungen im Jahre 1936 verfolgt wurde, wurden alle von gewöhnlichen, jungen Naturverjüngungen ausgewählt. Die Pflanzen zu den Wurzeln Nr. 1—9 unter etwa 100jährigen Buchen auf einem schwach lehmigen, frischen Sandboden. Flora: *Asperula odorata* L., *Lamium galeobdolon* L. Die Pflanzen zu den Wurzeln Nr. 10—15 unter alten Eschen auf einem Moorrand. Flora: *Asperula odorata* L., *Urtica dioeca* L. Die Pflanzen zu den Wurzeln Nr. 16—19 unter alten Buchen auf einem trockenen, etwas windausgesetzten Sandboden. Flora: *Anemone nemorosa* L., *Asperula odorata* L.

Untersuchungen im Jahre 1937.

a) Die Wurzeln in lehmigem Sandboden (siehe Tabelle Nr. XVII).

Wurzel Nr. 1—6: Eine etwa 45jährige Esche am Rande eines kleinen Moores, von alten Buchen umgeben. Die Wurzeln wurden auf der Landseite auf einem stark gegen das Moor neigenden Abhang ausgesucht (siehe Seite 88).

Obere Bodenschicht: Etwa 35 cm lehmiger Sand bis reiner Sand.

Untergrund: Gelber Sand.

Flora: *Anemone nemorosa* L., *Asperula odorata* L.

Wurzel Nr. 7—10: Zwei etwa 20jährige Eschen zwischen einem kleinen gleichaltrigen Buchenbestand, auf einem hochliegenden, gleichmässigen Terrain mitten im Walde.

Obere Bodenschicht: Etwa 35 cm lehmiger Sand.

Untergrund: Feuchter lehmiger Sand. Es wurden verschiedene tiefergehende Wurzeln beobachtet.

Flora: *Anemone nemorosa* L., *Asperula odorata* L.

Wurzel Nr. 11—14: Vier etwa 18, bzw. 25, 70 und 40jährige Eschen, verstreut zwischen dem unter Buchen Seite 54 näher beschriebenen, etwa 46jährigen Buchenbestand.

Flora: *Asperula odorata* L.

Wurzel Nr. 15—21: Sechs etwa 25—30jährige Eschen, verstreut zwischen einem grossen, gleichaltrigen Buchenbestand, auf einem tiefliegenden Terrain im östlichen Teil des Waldes.

Obere Bodenschicht: Etwa 25 cm schwach lehmiger, trockener Sandboden.

Untergrund: Sandiger Lehm. Es wurden viele tiefergehende Wurzeln festgestellt.

Flora: *Anemone nemorosa* L., *Asperula odorata* L., *Mercurialis perennis* L.

b) Die Wurzeln im Moorboden (siehe Tabelle Nr. XVIII).

Alle Wurzeln wurden von der vorher besprochenen Esche unter den Wurzeln Nr. 1—6 ausgesucht (siehe Tabelle Nr. XVII), aber im Gegensatz zu diesen sechs Wurzeln im Moorboden. Sie sind auf Seite 14, unter Ort III näher beschrieben.

Die Platzbestimmung der einzelnen Wurzeln in den Wurzelsystemen der Bäume.

Die Wurzeln bei den älteren Eschenbäumen wurden alle innerhalb eines Abstandes vom Stamme von unter fünf Metern ausgewählt. Die Wurzeln Nr. 2, 3, 4, 6, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21 und 23 (siehe Tabelle Nr. XV) und die Wurzeln Nr. 3, 7, 8, 9, 11, 16, 17, 18, 19, 20 und 21 (siehe Tabelle Nr. XVII) sowie alle im Moorboden im Jahre 1937 untersuchten Wurzeln (siehe Tabelle Nr. XVIII) entsprangen als Seitenwurzeln aus verhältnismässig dicken horizontalen Wurzeln, während die Wurzeln Nr. 1, 5, 7, 10, 12, 18 und 22 (siehe Tabelle Nr. XV) und die Wurzeln Nr. 1, 2, 4, 5, 6, 10, 12, 13, 14 und 15 (siehe Tabelle Nr. XVII) aus dünnen, unter 1 cm dicken, horizontalen Wurzeln entsprangen.

Die bei den Eschenpflanzen untersuchten Wurzeln (siehe Tabelle Nr. XVI) wurden alle unter den kräftigsten Langwurzeln ausgewählt.

Tabelle XV. Esche (*Fraxinus excelsior* L.).
Ask.

Der Baum <i>Træet</i>			Bodenbeschreibung <i>Jordbundsbeskrivelse</i>		Die Wurzel <i>Roden</i>		
A.	H.	D.	Obere Bodenschicht <i>Overgrund</i>	Untergrund <i>Undergrund</i>	Nr.	D. ca. mm	Tiefe unter der Erd- oberfläche <i>Dybde under Jord- overfladen</i> cm
ca.	m	cm					
45	21.6	29			1	3.0	6—12
»	»	»	Sand	Sand	2	2.2	9—15
45	20.8	29	Sand	Sand	3	2.4	18—18
»	»	»			4	2.2	6— 8
»	»	»			5	3.2	4— 7
16	6.2	8			6	3.2	18—29
»	»	»			7	2.0	2— 3
20	10.0	8			8	4.0	14—20
»	»	»	Sand	Sand	9	3.2	8—10
30	14.4	18	Sand	Sand	10	2.8	4—11
»	»	»			11	1.6	6— 6
16	7.4	6			12	1.8	16—20
»	»	»			13	3.0	8—11
90	24.0	55			14	3.4	18—22
»	»	»			15	3.0	9—14
»	»	»	Lehmiger Sand	Sand	16	3.6	11—13
90	26.0	44	<i>Leret Sand</i>	<i>Sand</i>	17	2.8	7— 9
90	25.4	48			18	3.0	10—19
»	»	»			19	2.2	4— 8
45	22.0	25			20	2.0	3— 5
»	»	»	Moorboden	Lehmiger Sand	21	2.2	4— 4
60	17.8	36	<i>Mosejord</i>	<i>Leret Sand</i>	22	2.8	3— 4
»	»	»			23	3.0	3— 6

A = Alter, *Alder*. H = Höhe, *Højde*. D = Durchmesser, *Diameter*.

im unten angeführten Zeitraum 1935 und 1936.

i nedenfor anførte Tidsrum 1935 og 1936.

$\frac{1}{6}$ - $\frac{24}{6}$	$\frac{24}{6}$ - $\frac{13}{7}$	$\frac{13}{7}$ - $\frac{26}{7}$	$\frac{26}{7}$ - $\frac{10}{8}$	$\frac{10}{8}$ - $\frac{5}{9}$	$\frac{5}{9}$ - $\frac{22}{9}$	$\frac{22}{9}$ - $\frac{13}{10}$	$\frac{13}{10}$ - $\frac{26}{10}$	$\frac{26}{10}$ - $\frac{10}{11}$	$\frac{10}{11}$ - $\frac{30}{11}$
Tage									
Dage									
23	19	13	15	26	17	21	13	15	20
0.26	1.47	9.38	12.20	3.23	1.59	1.48	0.85	0.20	0.00
0.00	0.47	7.38	9.00	2.54	0.59	0.38	0.23	0.00	0.00
0.00	1.00	17.54	8.93	5.15	1.59	1.91	0.77	0.00	0.00
1.22	2.00	15.54	17.33	8.08	0.24	0.57	0.15	-0.07	0.00
1.57	2.16	4.92	5.27	1.42	0.24	0.48	0.31	0.13	0.00
0.35	0.74	2.15	3.07	1.69	1.00	0.43	0.46	—	—
0.00	1.11	6.00	6.80	4.58	0.06	—	—	—	—
0.00	0.74	6.77	6.20	4.15	1.88	1.95	1.00	0.20	0.00
0.00	0.37	1.08	1.40	1.12	1.12	1.24	0.62	0.13	0.00
0.00	0.63	2.77	2.87	2.77	3.35	2.95	1.31	0.40	0.00
0.00	0.21	0.85	1.27	1.15	0.82	0.19	0.00	0.00	0.00
0.70	1.63	2.85	2.73	5.15	3.24	3.52	1.54	0.33	0.00
0.00	0.16	1.08	1.20	3.85	0.18	0.90	0.46	0.07	0.00
0.00	1.63	5.15	3.40	4.88	1.12	1.14	0.54	0.27	0.00
0.39	1.11	1.85	1.20	1.35	1.24	—	—	—	—
0.00	2.11	2.92	4.33	1.08	0.76	0.86	0.77	0.20	0.00
1.09	1.63	10.92	7.27	2.85	1.47	0.43	0.23	0.00	0.00
0.61	1.00	7.54	8.87	1.38	0.24	0.19	0.08	—	—
0.00	0.42	3.46	5.93	1.31	1.18	1.52	1.08	0.13	0.00
0.00	0.11	2.15	4.87	2.27	2.24	1.43	1.69	0.00	0.00
0.00	0.84	2.77	3.87	1.62	—	—	—	—	—
0.00	0.00	4.62	3.20	2.19	1.41	1.81	0.92	-0.13	0.00
0.09	0.95	7.15	4.80	3.81	2.71	2.57	1.31	0.27	0.00
wachstum der Wurzeln in Millimeter									
Længdevækst i Millimeter									
0.27	0.98	5.51	5.48	2.94	1.28	1.30	0.72	0.12	0.00
± 0.10	± 0.14	± 0.93	± 0.81	± 0.37	± 0.20	± 0.21	± 0.11	± 0.03	—

Tabelle XVI. Esche (*Fraxinus excelsior* L.).
Ask. Planter

Pflanze Plante		Bodenbeschreibung Jordbundsbeskrivelse	Die Wurzel Roden		
A.	H.	Obere Bodenschicht <i>Overgrund</i>	Nr.	D.	Tiefe unter der Erd- oberfläche <i>Dybde under Jord- overfladen</i>
ca.	cm			ca. mm	cm
4	22	Schwach lehmiger, frischer Sandboden <i>Svagt leret, frisk Sandjord</i>	1	1.0	4-4
4	28		2	1.8	2-3
6	37		3	1.4	5-4
6	33		4	1.6	3-5
4	18		5	1.4	6-6
5	25		6	1.2	3-5
5	30		7	1.2	5-4
7	43		8	1.4	7-6
7	58		9	1.8	6-8
4	24	Mooriger Boden, Moorrand <i>Moseagtig Jord, Moserand</i>	10	1.4	4-5
4	34		11	1.6	5-5
4	39		12	1.8	4-7
6	50		13	1.6	7-5
9	73		14	2.0	6-9
8	79		15	1.8	7-8
6	67	Trockener, windausgesetzter Sandboden <i>Tør, vindudsat Sandjord</i>	16	2.0	4-6
6	89		17	1.8	3-3
6	66		18	2.2	4-7
6	85		19	2.0	5-5
<p>A = Alter, <i>Alder</i>. H = Höhe, <i>Højde</i>. D = Durchmesser, <i>Diameter</i></p>					

Pflanzen von Naturverjüngungen.
fra Selvsaaninger.

Das tägl. Längenwachstum der Wurzel in Millimeter im unten angef. Zeitraum 1936 <i>Rodens daglige Længdevækst i Millimeter i nedenfor anførte Tidsrum 1936</i>														
Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	24/6- 13/7	18/7- 26/7	26/7- 10/8	10/8- 5/9	5/9- 22/9	22/9- 13/10	13/10- 26/10	26/10- 10/11	10/11- 30/11
Anzahl Tage <i>Antal Dage</i>														
31	29	31	30	31	30	19	13	15	26	17	21	13	15	20
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.15	3.60	1.65	0.94	0.10	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	1.62	2.73	2.00	0.53	0.14	-0.08	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.92	3.20	0.65	0.59	-0.10	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	2.27	2.00	1.24	0.19	0.08	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.26	0.23	2.80	1.46	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.87	0.69	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.46	2.00	—	—	—	—	—	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	2.08	2.53	1.77	0.24	-0.10	0.15	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.92	1.87	—	—	—	—	—	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	3.15	3.27	2.31	0.41	0.00	0.31	0.07	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08	2.93	1.54	0.12	-0.05	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.62	4.13	2.23	1.00	0.14	0.08	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08	4.13	2.62	0.12	0.00	0.23	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.46	1.60	1.62	1.24	0.19	0.31	0.13	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	2.40	—	—	—	—	—	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	1.87	1.19	1.53	0.14	0.31	0.07	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	1.00	—	—	—	—	—	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85	1.93	3.00	0.94	0.33	0.54	0.07	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	2.27	3.62	0.82	0.14	0.85	0.20	0.00
Das durchschnittliche tägliche Längenwachstum der Wurzeln in Millimeter <i>Røddernes gennemsnitlige daglige Længdevækst i Millimeter</i>														
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	1.22	2.49	1.89	0.66	0.07	0.18	0.04	0.00
—	—	—	—	—	—	+0.09	+0.21	+0.21	+0.21	+0.13	+0.03	+0.06	+0.02	—

Tabelle XVII. Esche (*Fraxinus excelsior* L.)
Ask.

Der Baum <i>Træet</i>			Bodenbeschreibung <i>Jordbundsbeskrivelse</i>		Die Wurzel <i>Roden</i>		
A.	H.	D.	Obere Bodenschicht <i>Overgrund</i>	Untergrund <i>Undergrund</i>	Nr.	D. ca. cm	Tiefe unter der Erd- oberfläche <i>Dybde under Jord- overfladen</i> cm
ca.	m	cm					
45	19	26	Lehmiger Sand bis reiner Sand <i>Leret indtil rent Sand</i>	Sand <i>Sand</i>	1	2.6	Die Tiefe der Wurzeln variiert zwischen 4—22 cm <i>Røddernes Dybde varierer mellem 4—22 cm</i>
»	»	»			2	2.0	
»	»	»			3	1.4	
»	»	»			4	1.8	
»	»	»			5	3.0	
»	»	»			6	2.2	
20	9	10	Lehmiger Sand <i>Leret Sand</i>	Lehmiger Sand <i>Leret Sand</i>	7	2.0	
»	»	»			8	2.0	
»	»	»			9	1.8	
»	10	11			10	2.6	
18	8	8	Lehmiger Sand, stellenweise sandiger Lehm. <i>Leret Sand, pletvis sandet Ler</i>	Lehmiger Sand bis sandiger Lehm <i>Leret Sand indtil sandet Ler</i>	11	2.4	
25	10	12			12	2.6	
70	24	44			13	2.6	
40	20	26			14	2.6	
30	14	18	Schwach lehmiger trockner Sandboden <i>Svagt leret, tør Sandjord</i>	Sandiger Lehm <i>Sandet Ler</i>	15	3.2	
25	10	15			16	3.4	
»	11	13			17	3.0	
»	11	14			18	2.0	
»	12	11			19	2.4	
»	11	14			20	2.0	
»	»	»			21	2.2	

A = Alter, Alder. H = Höhe, Højde. D = Durchmesser, Diameter.

Das tägl. Längenwachstum der Wurzel in Millimeter im unten angef. Zeitraum 1937
Rodens daglige Længdevækst i Millimeter i nedenfor anførte Tidsrum 1937

$\frac{2}{5}$ - 17/5	$\frac{17}{5}$ - 2/6	$\frac{2}{6}$ - 13/6	$\frac{13}{6}$ - 4/7	$\frac{4}{7}$ - 20/7	$\frac{20}{7}$ - 31/7	$\frac{31}{7}$ - 15/8	$\frac{15}{8}$ - 5/9	$\frac{5}{9}$ - 18/9	$\frac{18}{9}$ - 7/10	$\frac{7}{10}$ - 22/10	$\frac{22}{10}$ - 7/11	$\frac{7}{11}$ - 21/11	$\frac{21}{11}$ - 5/12
Anzahl Tage Antal Dage													
15	16	11	21	16	11	15	21	13	19	15	16	14	14
0.00	0.00	0.73	3.71	0.75	3.55	2.73	1.24	2.85	1.00	0.60	-0.19	0.00	0.00
0.00	0.88	2.64	1.95	1.44	5.36	1.73	0.48	2.31	1.11	0.40	0.25	0.00	0.00
0.00	0.00	0.55	3.76	3.06	4.91	5.20	1.76	1.62	0.58	0.93	0.31	0.00	0.00
0.00	2.13	3.09	4.76	4.50	2.73	1.67	0.71	2.23	1.00	1.00	0.38	0.00	0.00
0.00	1.13	3.45	2.09	3.44	5.45	1.67	1.24	2.00	0.74	0.67	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	2.45	1.00	3.00	4.82	4.40	0.90	1.39	1.74	1.40	0.75	0.29	0.00
0.00	0.00	5.00	4.10	1.81	5.82	1.53	0.43	0.54	0.89	0.53	0.19	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	1.33	2.50	13.73	3.33	1.14	2.15	1.58	1.13	0.62	-0.14	0.00
0.00	0.00	3.55	2.81	4.38	4.45	8.73	1.67	1.46	1.32	0.87	-0.06	0.00	0.00
0.00	3.88	6.27	5.24	4.13	5.73	4.87	1.38	2.38	1.58	1.47	0.94	0.14	0.00
0.00	0.00	0.00	4.29	1.00	3.91	2.67	1.29	1.69	1.63	0.53	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	1.09	4.71	1.50	6.82	4.07	2.14	2.23	1.58	0.93	-0.06	0.00	0.00
0.00	1.50	6.55	3.48	5.38	10.73	1.53	1.71	3.92	—	—	—	—	—
0.00	0.00	0.73	2.38	4.19	8.55	1.53	1.76	2.54	2.42	1.53	0.88	0.36	0.00
0.00	0.00	0.82	3.00	3.06	6.82	1.67	0.19	1.23	1.58	0.93	0.38	0.00	0.00
0.00	1.81	4.09	4.57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.00	1.50	1.09	3.05	2.50	5.27	1.87	1.38	1.62	1.63	1.20	0.94	0.00	0.00
0.00	0.00	0.18	1.33	2.13	5.82	3.07	0.57	1.31	2.26	1.47	0.38	0.00	0.00
0.00	0.00	2.18	1.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.00	0.00	1.27	1.90	2.00	4.45	3.80	0.33	1.08	1.95	1.67	0.56	0.00	0.00
0.00	0.00	2.00	3.95	2.06	3.82	3.60	0.52	2.08	1.16	1.93	0.81	0.07	0.00

Das durchschnittl. tägl. Längenwachstum der Wurzeln in Millim. Alle Wurzeln
Røddernes gennemsnitlige daglige Længdevækst i Millimeter. Alle Rødderne.

0.00	0.61	2.27	3.11	2.78	5.93	3.14	1.10	1.93	1.43	1.07	0.39	0.04	0.00
—	+0.23	+0.43	+0.28	+0.30	+0.60	+0.42	+0.13	+0.17	+0.12	+0.10	+0.09	+0.03	—

Wurzeln Nr. 1—6. Rødderne Nr. 1—6.

0.00	0.69	2.15	2.88	2.70	4.47	2.90	1.06	2.07	1.03	0.83	0.25	0.05	0.00
—	+0.35	+0.50	+0.58	+0.56	+0.45	+0.63	+0.19	+0.21	+0.16	+0.14	+0.13	+0.05	—

Tabelle XVIII. Esche
Ask.

Der Baum <i>Træet</i>			Bodenbeschreibung <i>Jordbundsbeskrivelse</i>	Die Wurzel <i>Roden</i>		
A.	H.	D.	Obere Bodenschicht <i>Overgrund</i>	Nr.	D.	Tiefe unter der Erd- oberfläche <i>Dybde under Jord- overfladen</i>
ca.	m	cm			ca. mm	cm
45	19	26	Sehr wasserhaltiger Moorboden <i>Meget vandholdig Mosejord</i>	1	2.2	Zwischen 2—6 cm <i>Mellem 2—6 cm</i>
»	»	»		2	2.2	
»	»	»		3	3.0	
»	»	»		4	2.8	
»	»	»		5	2.6	
»	»	»		6	3.2	
»	»	»		7	3.0	
»	»	»		8	2.8	
»	»	»		9	2.4	
»	»	»		10	3.4	

A = Alter, *Alder*. H = Höhe, *Højde*.
D = Durchmesser, *Diameter*.

Das Wurzelwachstum.

1. In Sand- und Lehmböden.

Das periodische Längenwachstum der untersuchten Eschenwurzeln bei älteren Eschen und Eschenpflanzen, die in Sand- und Lehmböden wuchsen, geht aus den Tabellen Nr. XV, XVI und Nr. XVII hervor und ist in den Tabellen Nr. XIX und Nr. XX direkt mit der entsprechenden periodischen bzw. absoluten maximalen und minimalen Bodentemperatur verglichen, mit der berechneten mittleren Bodentemperatur in 20 cm Tiefe im Sandboden (1) und der Bodenfeuchtigkeit, berechnet als Mittel des im Laufe der einzelnen Perioden festgestellten Wassergehaltes in 1—20 cm Tiefe im Lehmboden (2) für 1935 und 1936, und im Sandboden (1) für 1937.

(*Fraxinus excelsior* L.).

Das tägl. Längenwachstum der Wurzel im unten angeführten Zeitraum 1937 <i>Rodens daglige Længdevækst i nedenfor anførte Tidsrum 1937</i>				
31/7- 15/8	15/8- 5/9	5/9- 18/9	18/9- 7/10	7/10- 22/10
Anzahl Tage <i>Antal Dage</i>				
15	21	13	19	
0.80	4.14	3.77	0.84	Alle Wurzelspitzen waren am 22/10 abgestorben <i>Alle Rodspidserne var dræbt d. 22/10</i>
1.60	1.67	3.15	1.26	
1.07	3.04	1.69	1.21	
2.53	5.52	2.38	1.26	
1.60	4.29	2.77	1.53	
2.67	5.00	3.46	1.32	
0.00	4.43	2.00	1.63	
0.93	3.19	2.54	1.68	
2.07	2.29	2.31	1.32	
1.53	4.00	3.00	1.74	
Das durchschnittl. tägliche Längenwachstum der Wurzeln in Millimeter <i>Røddernes gennemsnitlige daglige Længdevækst i Millimeter</i>				
1.48	3.76	2.71	1.38	
± 0.26	± 0.38	± 0.21	± 0.09	

In den Figuren Nr. 12, 13 und 14 ist das berechnete periodische mittlere Wachstum der Wurzeln in den beiden Jahren graphisch illustriert und mit den Kurven für die Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit verglichen.

Wie aus diesen Tabellen und graphischen Figuren hervorgeht, war das Wachstum der Eschenwurzeln in den beiden untersuchten Jahren ausgeprägt periodisch, mit einer Ruhepause in den Wintermonaten und den beiden ersten Frühjahrsmonaten, und einer Wuchsperiode in der Zeit von Anfang Mai bis ungefähr Mitte November.

Das Längenwachstum der Langwurzeln begann erst etwa vierzehn Tage bis einen Monat später als das Wachstum der Kurzwurzeln, in beiden Jahren bei ungefähr der gleichen mitt-

Tabelle XIX. Das durchschnittliche tägliche Längenwachstum der Eschenwurzeln in Sand- und Lehm Boden in den 1935/36 untersuchten Perioden, mit den entsprechenden Werten für Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur verglichen.

Askerøddernes gennemsnitlige daglige Længdevækst i Sand- og Lerjorder i de undersøgte Perioder i 1935/36 sammenlignet med de tilsvarende Værdier for Jordfugtighed og Jordtemperatur.

Periode	Durchschnittl. tägliches Längenwachstum Gennemsnitlig dagl. Længdevækst				Bodentemperatur ¹⁾ Jordtemperatur			Mittlere Bodenfeuchtigkeit ²⁾ Middel Jordfugtighed ‰
	Ältere Bäume Ældre Træer		Junge Pflanzen Unge Planter		abs. Max. C°	abs. Min. C°	Mittel Middel C°	
	mm	g	mm	g				
Herbst, Efteraar 1935:								
14/10—30/10	1.35 ± 0.36	1.75	—	—	—	—	—	—
30/10—14/11	0.26 ± 0.05	0.24	—	—	—	—	—	—
14/11—29/11	0.01 ± 0.02	0.09	—	—	—	—	—	—
Winter 19 ³⁵ / ₃₆ und Frühjahr 1936, Vinter 19 ³⁵ / ₃₆ og Foraar 1936:								
29/11—2/5	0.00	—	0.00	—	—	—	—	—
2/5—1/6	*)	—	0.00	—	10.8	6.5	8.7	28.7
Sommer, Sommer 1936:								
1/6—24/6	0.27 ± 0.10	0.46	0.00	—	16.4	8.0	11.6	25.4
24/6—13/7	0.98 ± 0.14	0.65	0.18 ± 0.09	0.37	17.2	14.1	15.5	22.3
13/7—26/7	5.51 ± 0.93	4.44	1.22 ± 0.21	0.90	16.6	14.0	15.1	27.9
26/7—10/8	5.48 ± 0.81	3.89	2.49 ± 0.21	0.98	16.4	12.0	14.4	27.0
10/8—5/9	2.94 ± 0.37	1.79	1.89 ± 0.21	0.59	16.9	11.8	14.5	19.0
Herbst, Efteraar 1936:								
5/9—22/9	1.28 ± 0.20	0.94	0.66 ± 0.13	0.49	15.2	11.0	13.2	14.1
22/9—13/10	1.30 ± 0.21	0.94	0.07 ± 0.03	0.12	15.0	5.5	9.3	16.9
13/10—26/10	0.72 ± 0.11	0.50	0.18 ± 0.06	0.25	10.1	6.0	8.1	21.2
26/10—10/11	0.12 ± 0.03	0.15	0.04 ± 0.02	0.07	10.3	6.2	7.8	27.1
10/11—30/11	0.00	—	0.00	—	8.7	3.2	6.1	—
<p>1) In Sandboden (1), i Sandjord (1). 2) In Lehm Boden (2), i Lerjord (2).</p>								

*) Kurzwurzeln.

Tabelle XX. Das durchschnittliche tägliche Längenwachstum der Eschenwurzeln in lehmigem Sand und in Moorboden in den 1937 untersuchten Perioden, mit den entsprechenden Werten für Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur verglichen.

Askerøddernes gennemsnitlige daglige Længdevækst i leret Sand og i Mosejord i de undersøgte Perioder i 1937 sammenlignet med de tilsvarende Værdier for Jordfugtighed og Jordtemperatur.

Periode	Durchschnittl. tägliches Längenwachstum Gennemsnitlig daglig Længdevækst						Boden- temperatur ¹⁾ Jord- temperatur			Mittl. Boden- feuchtigkeit Middel Jordfugtighed	
	In lehmigem Sand I leret Sand				In Moorboden I Mosejord		abs. Max. C°	abs. Min. C°	Mittel Middel C°	In Sand- boden (1) I Sand- jord (1) %	In Moor- boden (3) I Mose- jord (3) %
	Alle Wurzeln Alle Rødder		Die Wurzeln 1-6 Rødderne 1-6								
	mm	ϕ	mm	ϕ	mm	ϕ					
Frühjahr, Foraar 1937:											
2/5—17/5	0.00	—	0.00	—	0.00	—	10.6	7.0	8.9	20.5	95.1
17/5—2/6	0.61 ± 0.23	1.04	0.69 ± 0.35	0.86	0.00	—	13.5	8.0	11.1	21.2	62.3
Sommer, Sommer 1937:											
2/6—18/6	2.27 ± 0.43	2.00	2.15 ± 0.50	1.22	0.00	—	15.2	9.7	12.4	19.3	52.8
18/6—4/7	3.11 ± 0.28	1.28	2.88 ± 0.58	1.42	0.00	—	14.6	11.1	12.7	18.6	67.8
4/7—20/7	2.78 ± 0.30	1.29	2.70 ± 0.56	1.37	0.00	—	16.0	11.2	13.7	17.9	68.6
20/7—31/7	5.93 ± 0.60	2.63	4.47 ± 0.45	1.09	0.00	—	16.0	13.5	14.9	17.9	97.9
31/7—15/8	3.14 ± 0.42	1.82	2.90 ± 0.63	1.55	1.48 ± 0.26	0.82	16.7	13.8	15.6	15.2	103.8
15/8—5/9	1.10 ± 0.13	0.57	1.06 ± 0.19	0.46	3.76 ± 0.38	1.20	16.6	13.3	15.7	12.3	76.9
Herbst, Efteraar 1937:											
5/9—18/9	1.93 ± 0.17	0.75	2.07 ± 0.21	0.52	2.71 ± 0.21	0.65	16.4	11.0	13.1	14.1	67.9
18/9—7/10	1.43 ± 0.12	0.50	1.03 ± 0.16	0.40	1.38 ± 0.09	0.27	14.2	11.0	12.4	16.9	65.7
7/10—22/10	1.07 ± 0.10	0.44	0.83 ± 0.14	0.35	—	—	12.8	9.7	11.0	19.9	72.9
22/10—7/11	0.39 ± 0.09	0.37	0.25 ± 0.13	0.32	0.00	—	11.7	8.5	9.9	23.1	94.4
7/11—21/11	0.04 ± 0.03	0.12	0.05 ± 0.05	0.12	0.00	—	7.8	3.0	6.1	25.5	114.6
21/11—5/12	0.00	—	0.00	—	0.00	—	(5.8)	(2.9)	(4.4)	27.2	129.8
1) In Sandboden (1), i Sandjord (1).											

leren Bodentemperatur¹⁾ zwischen 11—12°; so 1936 bei neun der mit Messungen verfolgten 23 Wurzeln in der Periode vom 1.—24. Juni mit der mittleren Bodentemperatur von 11.6°, und 1937 bei sieben der in diesem Jahr untersuchten 21 Wurzeln etwa vierzehn Tage früher, in der Periode vom 17. Mai—2. Juni mit einer mittleren Bodentemperatur von 11.1°.

In beiden Jahren dauerte es verhältnismässig lange, bis alle untersuchten Wurzeln im Wachsen waren; 1936 begannen sie nicht eher als in der Periode vom 13.—26. Juli und 1937 in der Periode vom 13. Juni—4. Juli zu wachsen.

Das Wachstum und die Neubildung der dünnen Kurzwurzeln hörte in beiden Jahren schon im Juli auf und in den Langwurzeln in der Zeit von Anfang Oktober bis Mitte November. Die letzte Periode, in der noch ein Längenwachstum in einzelnen Langwurzeln konstatiert wurde, war 1936 die Zeit vom 26. Oktober—10. November mit einer mittleren Bodentemperatur von 7.8° und 1937 vom 7.—21. November mit einer mittleren Bodentemperatur von 6.1°.

Dass die mittlere Bodentemperatur in den beiden Jahren in der Periode, in der das Wachstum begann, beziehungsweise in der Periode, in der das Wachstum wieder aufhörte, ungefähr die gleiche war, und dass die ganze Wachstumsperiode 1937 mit dem warmen Frühling und Herbst ungefähr einen Monat länger dauerte als 1936 mit einem verhältnismässig kalten Frühling und Herbst, deutet daraufhin, dass der Zeitpunkt für Beginn und Abschluss des Wurzelwachstums in nicht geringem Grad durch die Frühjahrs- und Herbsttemperatur bestimmt wird.

Innerhalb der Wachstumsperiode selbst scheint das Wurzelwachstum, wie aus den Tabellen und den graphischen Figuren hervorgeht, in gewissem Grade der Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit zu folgen. Da die Bodentemperatur in der Hauptwachstumsperiode der Eschenwurzeln von Juni—September verhältnismässig hoch und teils von einem Monat zum anderen, teils von einem Jahr zum anderen einigermassen konstant ist, will das wiederum besagen, dass es hier im Lande hauptsächlich die Niederschlagsverhältnisse in diesen Sommermonaten sind, die den entscheidenden Einfluss auf das Wachstum der Eschenwurzeln ausüben.

¹⁾ Sandboden (1).

Ældre Træer = Ältere Bäume.
 Planter = Pflanzen.

Jordtemperatur = Bodentemperatur.
 Jordfugtighed = Bodenfeuchtigkeit.
 Lerjord = Lehm Boden.

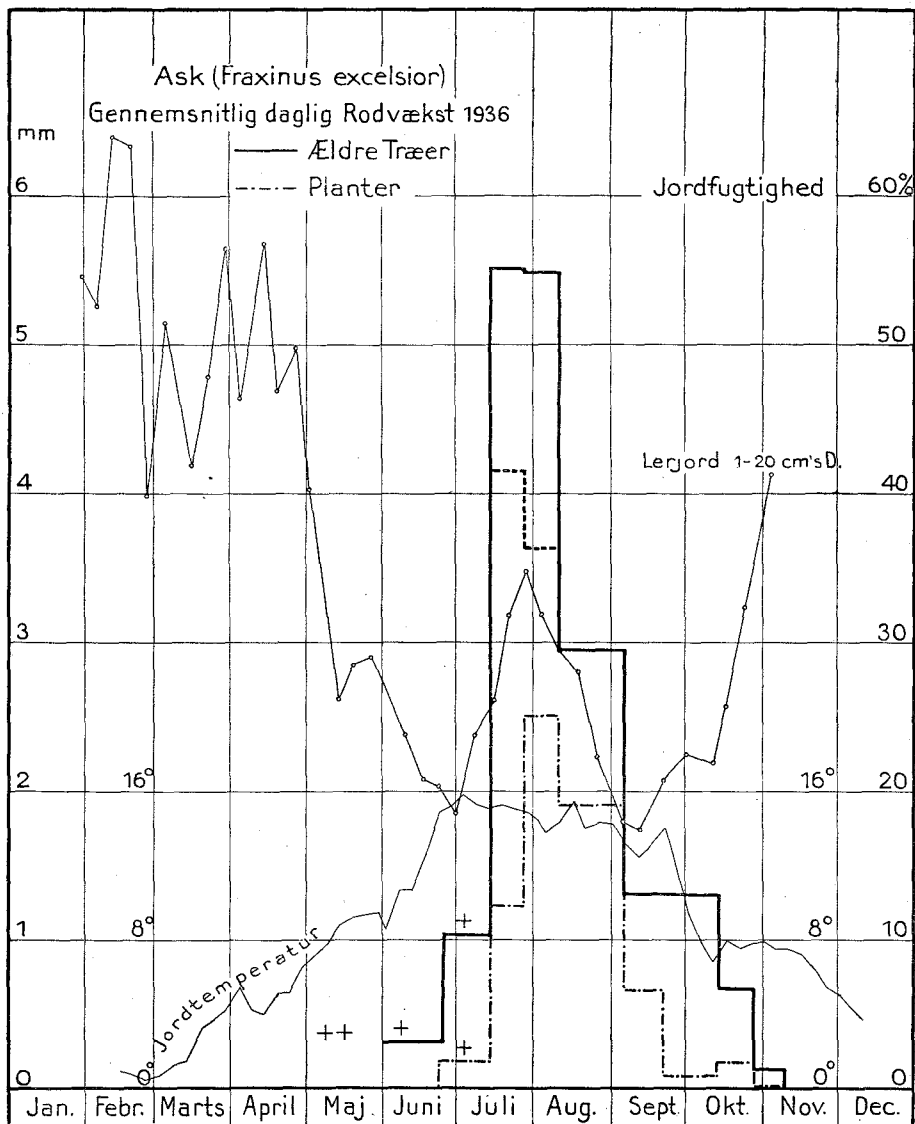


Fig. 12. Graphische Darstellung des periodischen Längenwachstums der Eschenwurzeln im Jahre 1936 (siehe Tabelle Nr. XV und Nr. XVI). Es sind die Kurven der Bodentemperatur in 20 cm Tiefe und der Bodenfeuchtigkeit in 1—20 cm Tiefe im Lehm Boden (2) dazugesetzt. + gibt lebhaftige Kurzwurzelbildung an.

Grafisk Fremstilling af Askerøddernes periodiske Længdevækst i 1936 (jvf. Tabellerne XV og XVI). Indlagt Kurver for Jordtemperaturen i 20 cm's Dybde og Jordfugtigheden i 1—20 cm's Dybde i Lerjorden (2). + angiver livlig Kortrodsdannelse.

— Alle Wurzeln.
 - - - - - Wurzeln Nr. 1-6.

Jordtemperatur = Bodentemperatur.
 Jordfugtighed = Bodenfeuchtigkeit.

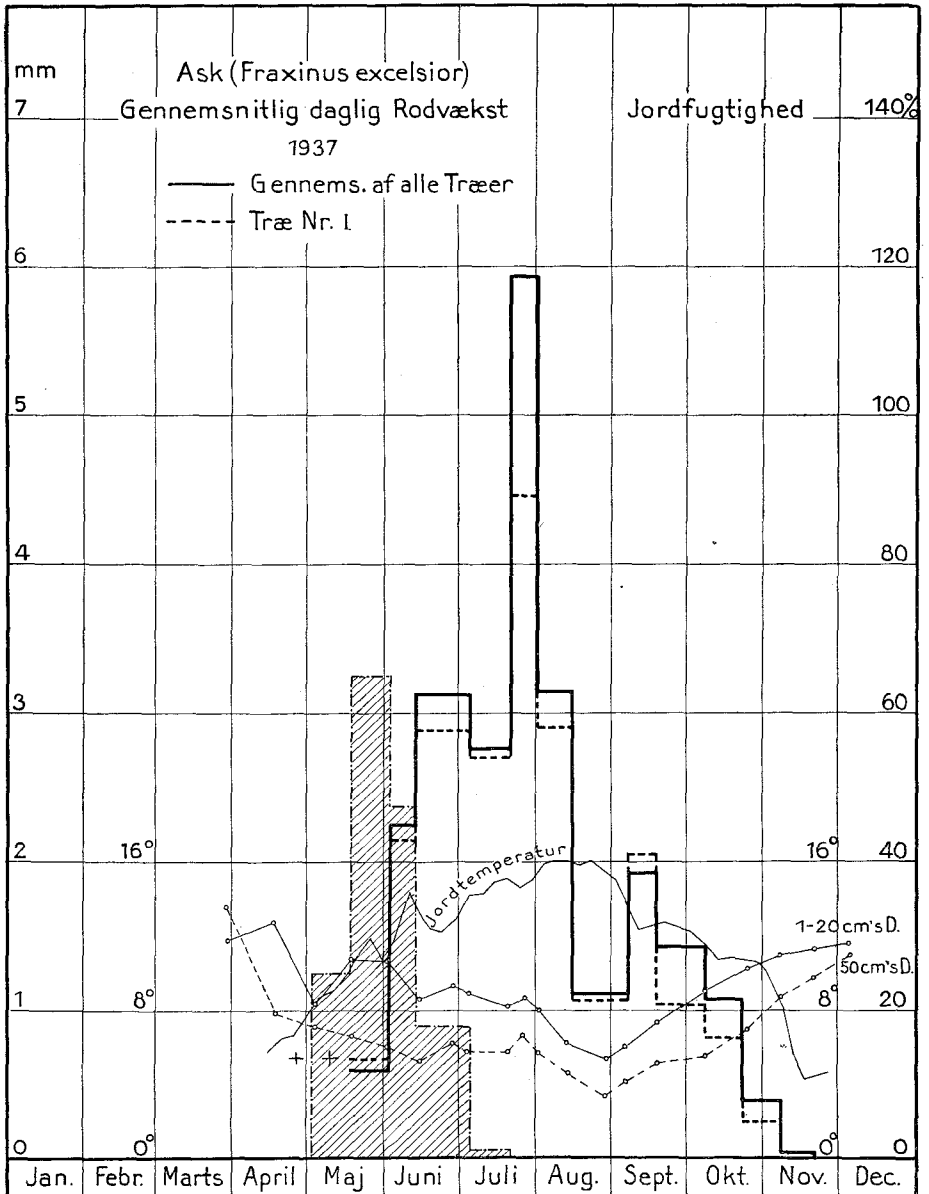


Fig. 13. Graphische Darstellung des periodischen Längenwachstums der Eschenwurzeln in sandigem und lehmigem Boden im Jahre 1937. (Siehe Tabelle Nr. XVII). Es sind die Kurven der Bodentemperatur in 20 cm Tiefe und der Bodenfeuchtigkeit in 1-20 bzw. 50 cm Tiefe im Sandboden (1) dazugesetzt. + gibt lebhaftige Kurzwurzelbildung an. Die schraffierte Fläche gibt die Wachstumsgeschwindigkeit auf dem Gipfel im Verhältnis von 1:10 zum Wurzelwachstum an.

Grafisk Fremstilling af Askerøddernes periodiske Længdevækst i 1937 i sandet og leret Jord (jof. Tabel XVII). Indlagt Kurver for Jordtemperaturen i 20 cm's Dybde og Jordfugtigheden i 1-20 og i 50 cm's Dybde i Sandjorden (1). + angiver livlig Kortrodsdannelse. Det skraverede Areal angiver Topskuddets Væksthastighed i Maalestoksforholdet 1:10 i Sammenligning med Rodvæksten.

Jordtemperatur = Bodentemperatur, Jordfugtighed = Bodenfeuchtigkeit.

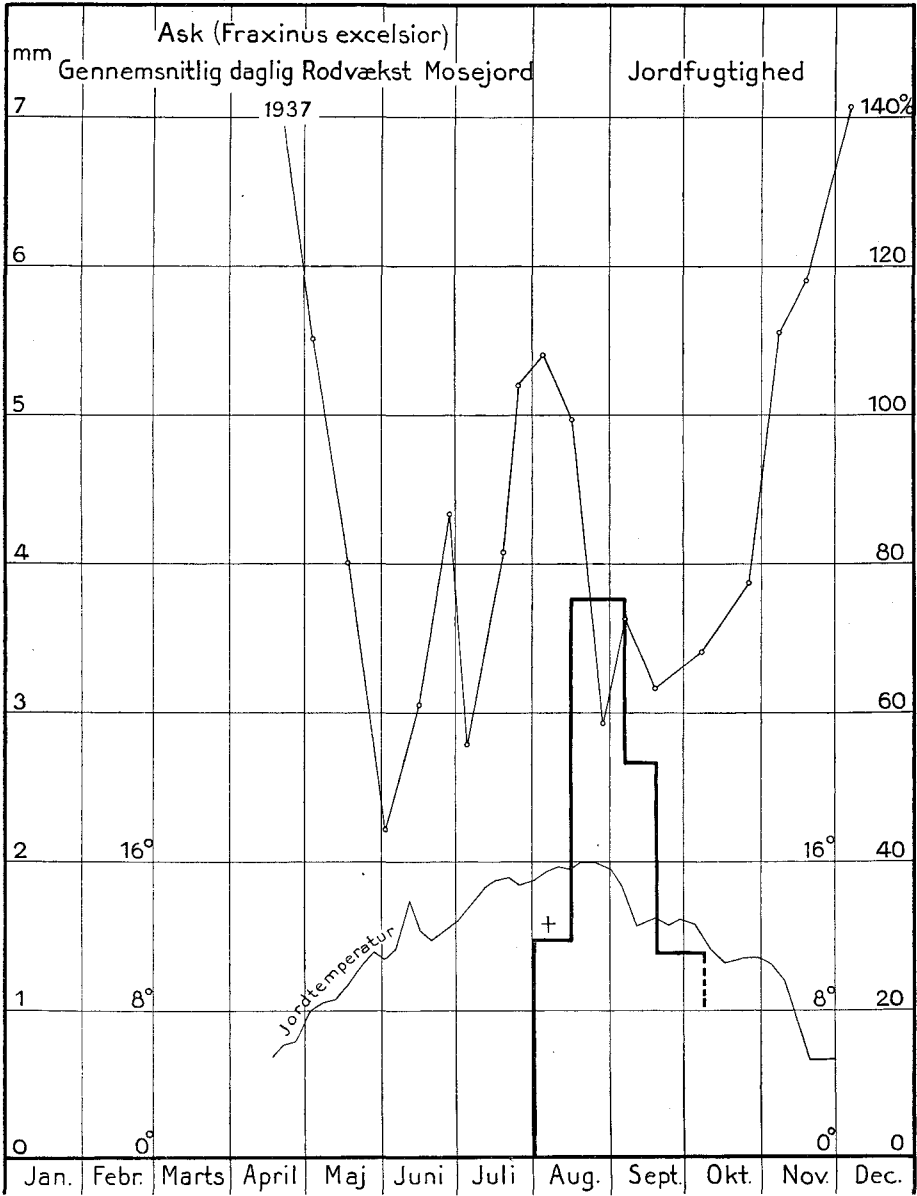


Fig. 14. Graphische Darstellung des periodischen Längenwachstums der Eschenwurzeln im Moorboden im Jahre 1937. (Siehe Tabelle Nr. XVIII). Es sind die Kurven der Bodentemperatur in 20 cm und der Bodenfeuchtigkeit in 1—20 cm Tiefe im Moorboden (3) dazugesetzt. + gibt lebhaftige Seitenwurzelbildung an.

Grafisk Fremstilling af Askerøddernes periodiske Længdevækst i 1937 i Mosejorden (jvf. Tabel XVIII). Indlagt Kurver for Jordtemperatur i 20 cm's Dybde og Jordfugtigheden i 1—20 cm's Dybde i Mosejorden (3). + angiver livlig Siderodsdannelse.

Die Unterschiede zwischen dem Verlauf des Wurzelwachstums während der Sommermonate 1936 und 1937 können in Übereinstimmung damit durch die so sehr verschiedenen Niederschlagsverhältnisse der beiden Jahre erklärt werden.

Im Jahre 1936, mit den ausserordentlich reichlichen Niederschlägen in den Sommermonaten, hatten die Wurzeln eine Periode mit ausgeprägt maximalem Wachstum. Das Wurzelwachstum stieg stark, durch die berechnete Mittelzahl ausgedrückt, von durchschnittlich 0.27 ± 0.10 und 0.98 ± 0.14 mm täglich zu Beginn in den Perioden vom 1.—24. Juni bzw. 24. Juni—13. Juli bis zu den Maxima des Jahres von durchschnittlich 5.51 ± 0.93 und 5.48 ± 0.81 mm täglich in den Perioden vom 13.—26. Juli bzw. 26. Juli—10. August. Danach fiel es stark bis durchschnittlich 2.94 ± 0.37 , 1.28 ± 0.20 und 1.30 ± 0.21 mm täglich in den Perioden vom 10. August—5. September bzw. 5.—22. September und 22. September—13. Oktober, und dann etwas langsamer bis durchschnittlich 0.72 ± 0.11 bzw. 0.12 ± 0.03 mm täglich in den zwei letzten Perioden vom 13.—26. Oktober und vom 26. Oktober—10. November.

Wie aus einem Vergleich zwischen dem Wurzelwachstum in den einzelnen Perioden und der entsprechenden Bodentemperatur und mittleren Bodenfeuchtigkeit hervorgeht, fand das maximale Wurzelwachstum gerade in den ausserordentlich niederschlagsreichen Perioden vom 13.—26. Juli und 26. Juli—10. August statt, mit einer mittleren Bodentemperatur von 15.1° bzw. 14.4° und einer entsprechenden mittleren Bodenfeuchtigkeit¹⁾ von etwa 28%. Der schroffe Fall in der Geschwindigkeit des Wurzelwachstums fand dagegen gerade in den beiden trockenen Perioden vom 10. August—5. September und 5.—22. September statt, mit einer mittleren Bodentemperatur, die ständig hoch bei 14.5° bzw. 13.2° lag, aber mit einer mittleren Bodenfeuchtigkeit von nur 19.0% bzw. 14.1%.

Bemerkenswert ist das geringe Wachstum in der Periode vom 24. Juni—13. Juli, trotz der maximalen mittleren Bodentemperatur des Jahres von 15.5° , und einer trotz der Trockenheit doch nicht unbedeutenden mittleren Bodenfeuchtigkeit von 22.3%. Wahrscheinlich wurde das Längenwachstum der Langwurzeln in dieser Periode, teils wegen der noch lebhaften Neubildung von Kurzwurzeln, teils wegen der durch die Tempe-

¹⁾ Sandboden (1) 1—20 cm Tiefe.

ratur sehr verstärkten Transpiration der noch nicht ganz verhärteten Blattflächen, etwas gehemmt.

Im niederschlagsarmen Jahr 1937 nahm das Wurzelwachstum nicht den gleichen regelmässig-periodischen Verlauf. Die Wachstumsgeschwindigkeit stieg verhältnismässig stark von durchschnittlich 0.61 ± 0.23 bis 3.11 ± 0.28 mm täglich in den Perioden vom 17. Maj—2. Juni bzw. 13. Juni—4. Juli, nahm aber danach in der Periode vom 4.—20. Juli bis durchschnittlich 2.78 ± 0.30 mm täglich ab. In der folgenden Periode vom 20.—31. Juli stieg die Wachstumsgeschwindigkeit stark bis zum Maximalwert des Jahres auf durchschnittlich 5.93 ± 0.60 mm täglich, nahm jedoch danach ebenso stark bis durchschnittlich 3.14 ± 0.42 und 1.10 ± 0.13 mm täglich in den Perioden vom 31. Juli bis 15. August bzw. 15. August—5. September ab. Nach diesem Rückgang folgte wieder eine kleine Steigerung bis durchschnittlich 1.93 ± 0.17 mm täglich in der Periode vom 5.—18. September, worauf die Wachstumsgeschwindigkeit gleichmässig im restlichen Teil des Herbstes bis durchschnittlich 0.04 ± 0.03 mm täglich in der letzten Periode vom 7.—21. November abnahm.

Der starke Rückgang in der Wachstumsgeschwindigkeit fand in den warmen und trockenen Perioden statt, so im Zeitraum vom 31. Juli—15. August und 15. August—5. September, mit einer mittleren Bodentemperatur von 15.6° bzw. 15.7° und einer mittleren Bodenfeuchtigkeit von 15.2% bzw. 12.3% . Bemerkenswert ist aber, dass das maximale Wurzelwachstum auch in einer verhältnismässig trockenen Periode vom 20.—31. Juli vor sich ging, mit einer mittleren Bodentemperatur von 14.9° und einer mittleren Bodenfeuchtigkeit von nur 17.9% . Dies ist um so merkwürdiger, als das Wurzelwachstum in der vorhergehenden Periode vom 4.—20. Juli, trotz der verhältnismässig hohen mittleren Bodentemperatur von 13.7° und der selben mittleren Bodenfeuchtigkeit von 17.9% einen bemerkenswerten Rückgang aufwies. Dieser Umstand deutet daraufhin, dass auch andere Faktoren einen wesentlichen Einfluss gehabt haben.

Die Steigerung des Wurzelwachstums in der Periode vom 5.—18. September kann allein mit der steigenden Bodenfeuchtigkeit erklärt werden, wahrscheinlich in Verbindung mit einer zu diesem späten Zeitpunkt herabgesetzten Verdampfung.

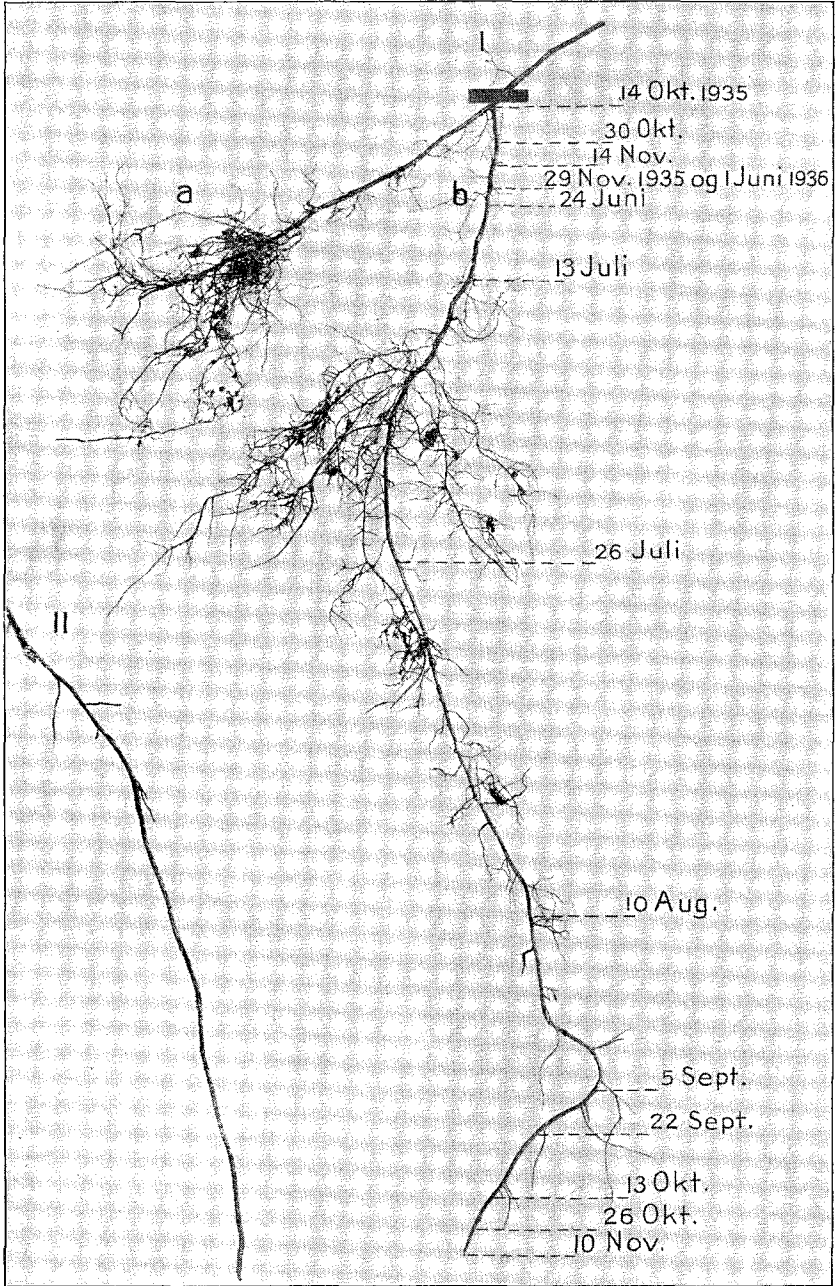


Fig. 15.

Das absolut maximale Längenwachstum von durchschnittlich $17.54 =$ etwa 1.8 cm täglich wurde 1936 in der Periode vom 13. Juli—26. Juli an der Wurzel Nr. 3 gemessen.

Wie aus den Tabellen hervorgeht, war im Jahre 1936 der Unterschied zwischen dem periodischen Längenwachstum der einzelnen Wurzeln sehr gross. Die Standardabweichung war so in den beiden Perioden mit dem maximalen Wuchs ganz hoch bei 4.44 bzw. 3.89 mm.

1937 war die Abweichung, vielleicht wegen der etwas gleichartiger gewählten Wurzeln, mit einer maximalen Standardabweichung von 2.63 mm bedeutend geringer.

b) Junge Eschenpflanzen.

Gleichzeitig mit den vorher besprochenen Untersuchungen über das Wurzelwachstum der älteren Eschenbäume wurden 1936 gleiche Messungen des periodischen Längenwuchses der kräftigsten Langwurzeln an neunzehn jungen Eschenpflanzen im Alter von 4—9 Jahren vorgenommen (siehe Tabelle Nr. XVI), und 1937 wurde eine äussere Beurteilung des Wuchszustandes der Wurzeln an einer grossen Anzahl Pflanzen vorgenommen, die im gleichen Zwischenraum ausgegraben wurden wie zwischen den einzelnen Messungen des Wurzelwachstums bei den älteren Eschenbäumen.

Wenn man von den Moorbodenörtlichkeiten und von den trockenen, sonnen- und windausgesetzten Bodenörtlichkeiten

Fig. 15. Eschenwurzel Nr. 1 (I) vom Sandboden (siehe Tabelle Nr. XV) im Herbst 1936 nach Abschluss der Wachstumsmessungen ausgegraben und photographiert. Auf der Photographie ist das Längenwachstum in den einzelnen untersuchten Perioden angegeben. Die in Frage kommende Wurzel teilte sich zu dem Zeitpunkt, da die Messungen ihres Längenwachstums begonnen wurden, in zwei Zweige *a* und *b*. Der eine Zweig *a* hörte verhältnismässig schnell auf in die Länge zu wachsen, weil die Wurzelspitze aus dem einen oder anderen Grunde abstarb. Hinter der toten Spitze kam ein ganzes Bündel von Seitenwurzeln hervor (bei *a*). — Auf der gleichen Photographie ist eine zufällig ausgegrabene typische Eschenwurzel vom Moorboden beigefügt (II). An dieser Wurzel sind nur wenige Seitenwurzeln zu sehen.

Askerod Nr. 1 (I) fra Sandjord (jvf. Tabel XV) opgravet og fotograferet efter Vækstmaalingernes Afslutning i Efteraaret 1936. Paa Fotografiet er angivet Længdevæksten i de enkelte undersøgte Perioder. Den paagældende Rod delte sig i to Tveger a og b paa det Tidspunkt, da Maalingerne af dens Længdevækst blev paabegyndt. Den ene Tvege a ophørte forholdsvis hurtigt at vokse i Længden, idet dens Rodspids af en eller anden Aarsag blev dræbt. Bag den dræbte Spids fremkom et helt Knippe af Siderødder (ved a). — Paa samme Fotografi er indlagt en tilfældig opgravet, typisk Askerod fra Mosejord (II). Paa denne Rod ses kun faa Siderødder.

absieht, nahm das periodische Wachstum der Pflanzenwurzeln im Jahre 1936, wie aus Tabelle Nr. XIX und noch deutlicher aus Figur Nr. 12 hervorgeht, in grossen Zügen den gleichen Verlauf wie das Wurzelwachstum bei den älteren Bäumen.

Im Anfang stieg das Wachstum stark von durchschnittlich 0.18 ± 0.09 mm täglich in der Periode vom 24. Juni—13. Juli bis zu einem ausgeprägten Maximum von durchschnittlich 2.49 ± 0.21 mm täglich in der Periode vom 26. Juli—10. August. Danach nahm das Wurzelwachstum gleichmässig bis durchschnittlich 0.04 ± 0.02 mm täglich in der letzten Periode vom 26. Oktober—10. November ab.

Das absolut maximale Längenwachstum von durchschnittlich 4.13 mm täglich wurde in der Periode vom 26. Juli—10. August an den Wurzeln Nr. 12 und 13 gemessen.

Bemerkenswert ist, dass das Wurzelwachstum bei den Eschenpflanzen auf den untersuchten Örtlichkeiten etwa einen Monat später begann als das Wurzelwachstum bei den älteren Eschen, und dass das Wurzelwachstum bei einigen Pflanzen schon ungefähr Anfang September aufhörte. Ausserdem war der relative Rückgang in der Wachstumsgeschwindigkeit der Wurzeln während der Trockenperiode im August—September, verglichen mit dem Wachstum in der Maximumperiode, bei den Eschenpflanzen nicht annähernd so gross wie bei den älteren Eschenbäumen. Dieser letzte Umstand kann damit erklärt werden, dass die jungen Eschenpflanzen mit ihrem auf der Oberfläche liegenden Wurzelsystem während der Trockenperiode eine relativ höhere Bodenfeuchtigkeit zur Verfügung gehabt haben als die älteren Eschenbäume, deren Wurzelsysteme bedeutend tiefer in die Erde bis zu den während der Trockenperiode stark ausgetrockneten Bodenschichten in 50 cm Tiefe gehen (siehe Tabelle Nr. I), aber nicht so tief wie z. B. das Wurzelsystem der Buchen, sodass die Wurzeln Verbindung mit der mehr wasserspendenden, tieferliegenden Bodenschicht bekamen.

Das Wurzelwachstum bei den Eschenpflanzen, die auf trockenen sonnen- und windausgesetzten Bodenörtlichkeiten wuchsen, so wie sie an manchen Stellen an den Aussenkanten unserer Wälder, am Rande von Reinabtrieben usw. vorkommen, nahm einen ganz anderen Verlauf, der augenscheinlich genau der besonderen Bodenfeuchtigkeit und vielleicht auch der Boden-

temperatur dieser Örtlichkeiten entsprach. Hier hatten die Wurzeln eine Wachstumsperiode im Juni—Juli, wonach bei der Mehrzahl der Pflanzen während der Trockenperiode August—September das Wachstum vollständig aufhörte, um ungefähr Mitte September wieder neu zu beginnen, ja, bei einigen der untersuchten Pflanzen war das Wachstum zu diesem späten Zeitpunkt so lebhaft, dass augenscheinlich die Hauptwachstumsperiode Ende September und Anfang Oktober stattfand.

Die Ruheperiode.

Es ist ausserordentlich schwer, die Ursachen für den völligen Stillstand des Wurzelwachstums bei den Eschen in den Wintermonaten und während des grössten Teiles der Frühjahrsmonate klar zu bestimmen. Aber vieles deutet doch darauf hin, dass die Ruheperiode in überwiegendem Grad auf endonome Verhältnisse zurückzuführen ist.

So gelang es z. B. nicht, während der Wintermonate ein Wurzelwachstum bei jungen Eschenpflanzen zu erzeugen, die in einem Kasten gepflanzt waren, der während dieser Monate in einem Zimmer mit einer mittleren Temperatur von ungefähr 14° angebracht war.

Umgekehrt war die Temperatur in der Zeit, da das Wachstum begann und aufhörte, nicht ohne Einfluss, was bereits in dem vorher gesagten hervorgehoben worden ist.

2. Das Wurzelwachstum im Moorboden.

Zur Beleuchtung der Wachstumsperiodizität der Eschenwurzeln in ausgeprägtem Moorboden mit stehendem Wasser, so wie man ihn ringsumher in vielen unserer schlecht entwässerten Waldmoore vorfindet, wurde im Jahre 1937, gleichzeitig mit den Untersuchungen über das Wurzelwachstum in lehmigen Sandböden, eine Untersuchung über das periodische Wurzelwachstum in Moorböden vorgenommen. Die Untersuchungen wurden in der Hauptsache ausgeführt, durch den Wachstumszustand an den ausgegrabenen Wurzeln zu beurteilen, aber auch, durch zehn Wurzeln mit periodischen Messungen zu verfolgen. Der Wachstumsverlauf dieser zehn Wurzeln fiel augenscheinlich ganz mit dem Wachstumsverlauf in Moorböden im allgemeinen zusammen und soll deshalb hier als Illustration für diesen benutzt werden.

Die zehn Wurzeln wurden alle an dem gleichen Baum als Wurzeln Nr. 1—6 (siehe Tabelle Nr. XV) bezeichnet und ermöglichen daher einen genauen Vergleich zwischen dem Wurzelwachstum des gleichen Baumes in Sand- und Lehmböden und in Moorböden.

Wie aus Tabelle Nr. XVIII und der graphischen Figur Nr. 14 hervorgeht, begann das Wachstum im Moorboden erst in der Periode vom 31. Juli—15. August und hörte schon wieder in der Periode vom 7.—22. Oktober auf. Das durchschnittliche maximale tägliche Längenwachstum von 3.76 ± 0.38 mm fand in der Periode vom 15. August—5. September statt; das absolut maximale Längenwachstum von durchschnittlich 5.52 mm täglich wurde in der gleichen Periode an Wurzel Nr. 4 gemessen.

Im Gegensatz zu den Wurzeln in Sand- und Lehmböden hatten die Eschenwurzeln in Moorböden nur ganz wenige kurze, dünne Seitenwurzeln. Der grösste Teil der zu Beginn der Wachstumsperioden gebildeten Wurzeln waren Langwurzeln.

Das Wurzelwachstum hörte im Moorboden dadurch auf, dass alle Wurzelspitzen schwarz wurden und nach und nach, zusammen mit nicht unbeträchtlichen Teilen der Wurzeln, die sich im Laufe der Wachstumsperiode neu gebildet hatten, abfaulten.

Wie aus Tabelle Nr. XX hervorgeht, begann das Wurzelwachstum des Baumes im Moorboden merkwürdigerweise zu einem Zeitpunkt, da dieser sehr wasserhaltig war, im Durchschnitt 103.8 ‰, gleichzeitig damit, dass die Feuchtigkeit im Sandboden (1) verhältnismässig gering war, im Durchschnitt 15.2 ‰. Bemerkenswert ist auch, dass das Wurzelwachstum im Moorboden gerade in einer Periode begann, in der das Wurzelwachstum im Sandboden stark zurückging, von durchschnittlich 4.47 ± 0.45 bis 2.90 ± 0.63 mm täglich in den am gleichen Baum untersuchten sechs Wurzeln in Sandboden (1).

Die äussere Ursache für die kurze Wachstumsperiode im Moorboden geht weder aus der Bodentemperatur, noch aus der Bodenfeuchtigkeit deutlich hervor. Wahrscheinlich handelt es sich um eine Sauerstofffrage. In der Mitte des Moores (Örtlichkeit III, siehe Seite 14) stand ungefähr Anfang Juli noch Wasser über dem Boden, es verschwand aber im Laufe dieses Monats, woraufhin, da das Moor nach der Mitte zu gleichmässig abfiel, mehr »Zug« in das Oberflächenwasser kam und

infolgedessen ein grösserer Sauerstoffgehalt hineingekommen sein mag.

Das Wurzelwachstum der Roterle.

Material, Örtlichkeit usw.

Die für die Wachstumsmessungen ausgewählten Erlenwurzeln gehörten elf Roterlen im Alter von 18 bis 35 Jahren an. Die Bäume wurden alle auf ausgeprägtem Moorboden ausgesucht, wie er in den tiefliegenden Erlenmooren des Waldes vorkommt. Um feststellen zu können, ob zwischen dem Wurzelwachstum in den gut drainierten, und umgekehrt in den nichtdrainierten Moorböden ein Unterschied war, wurden Bäume dieser beiden Örtlichkeiten gewählt. Die Wurzeln Nr. 1—29 (siehe Tabelle Nr. XXI) wuchsen in einem gut drainierten Moorboden, wo das überschüssende Wasser der obersten Bodenschicht ständig in die Gräben sickerte, während die Wurzeln Nr. 1—13 (siehe Tabelle Nr. XXII) in einem nichtdrainierten Moorboden mit stehendem Wasser wuchsen, das den grössten Teil des Jahres, mit Ausnahme der Zeit von Anfang Juli bis Anfang November, etwas über dem Boden stand. Die Erlen auf diesem Ort wuchsen auf sehr hohen, breiten Hügeln, in denen ein Teil des Wurzelsystems ausgebreitet war. Die untersuchten Wurzeln wurden jedoch alle unten im eigentlichen Moorboden, nicht oben im Hügel ausgewählt. Auf beiden Örtlichkeiten kamen die Erlenwurzeln nicht unter eine Tiefe von etwa 30 cm im Boden.

Über die Art der Wurzeln in den Wurzelsystemen ist zu sagen, dass es kräftige Langwurzeln waren, die in einem Abstand vom Stamme von nicht mehr als etwa $2\frac{1}{2}$ m ausgesucht wurden.

Das Wurzelwachstum.

Das periodische Längenwachstum der untersuchten Erlenwurzeln, die im Moorboden wuchsen, geht aus den Tabellen Nr. XXI und XXII hervor und ist in Tabelle Nr. XXIII direkt mit der entsprechenden Bodenfeuchtigkeit in 1—20 cm Tiefe und der mittleren Bodentemperatur in 20 cm Tiefe in Moorboden (3) verglichen.

In Figur Nr. 16 ist der periodische Verlauf des Wurzelwachstums mit der entsprechenden Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit graphisch dargestellt.

1. Im drainierten Moorboden.

Wie aus diesen Tabellen und graphischen Figuren hervorgeht, war das Wachstum der Erlenwurzeln ausgeprägt periodisch, ebenso wie das Wachstum der Eschenwurzeln, mit einer Ruheperiode im Winter und den ersten Frühjahrsmonaten, und einer Wachstumsperiode von Anfang Mai bis ungefähr Anfang Dezember.

Die Wachstumsperiode.

Das Längenwachstum in den untersuchten Wurzeln nahm sehr stark zu, von durchschnittlich 0.87 ± 0.11 bis 4.51 ± 0.34 mm täglich in den Perioden vom 17. Mai—1. Juni bzw. 23. Juni—13. Juli. Danach nahm die Wachstumsgeschwindigkeit vorübergehend bis durchschnittlich 4.11 ± 0.37 und 3.92 ± 0.33 mm täglich in den beiden folgenden Perioden vom 13.—26. Juli bzw. 26. Juli—14. August ab, stieg aber wieder bis zum Maximalwert des Jahres auf durchschnittlich 5.24 ± 0.45 mm täglich in der Periode vom 14. August—5. September. Ob das Wurzelwachstum im allgemeinen in der letztgenannten Periode oder in einer der drei vorhergehenden Perioden seinen Maximalwert erreichten, lässt sich jedoch nicht mit Bestimmtheit sagen, dazu ist der Unterschied zwischen dem berechneten mittleren Längenwachstum während der einzelnen der vier Perioden im Vergleich zum Mittelfehler zu klein.

In der folgenden Periode vom 5.—22. September nahm die Wachstumsgeschwindigkeit bedeutend ab, bis auf durchschnittlich 2.37 ± 0.24 mm täglich, gleichzeitig damit, dass eine sehr lebhaftete Neubildung von Kurzwurzeln in einer etwa 10—20 cm langen Zone im Abschnitt von 10—15 cm von der Wurzelspitze eintrat.

Nach diesem schroffen Fall folgte ein regelmässiger, periodischer Rückgang der Wachstumsgeschwindigkeit bis durchschnittlich 0.10 ± 0.02 mm täglich in der letzten Periode vom 10.—30. November.

Das Wurzelwachstum begann und hörte, im Gegensatz zu dem der Esche (siehe Tabelle XV), überall gleichzeitig in den

Tabelle XXI. *Roterle (Alnus glutinosa GÄRTN.)*
Rødæl.

Der Baum <i>Træet</i>			Bodenbeschreibung <i>Jordbundsbeskrivelse</i>		Die Wurzel <i>Roden</i>		
A.	H.	D.	Obere Bodenschicht <i>Overgrund</i>	Untergrund <i>Undergrund</i>	Nr.	D. ca. mm	Tiefe unter der Erd- oberfläche <i>Dybde under Jord- overfladen</i> cm
ca.	m	cm					
35	12	22			1	1.4	4—12
»	»	»			2	0.8	6—10
»	»	»			3	1.8	6—8
»	»	»			4	1.2	4—12
»	»	»			5	1.0	2—6
»	»	»			6	2.2	3—4
30	11	18			7	2.4	6—14
»	»	»			8	1.4	5—4
»	»	»			9	2.0	2—2
»	»	»			10	3.0	6—4
»	»	»			11	2.4	4—4
»	»	»			12	1.2	8—5
30	10	14	Etwa 30 cm gut entwässerter Moorboden.	Sehr wasserhaltiger Moorboden.	13	1.2	7—7
»	»	»			14	2.0	2—4
»	»	»			15	2.0	2—3
35	12	17	<i>Ca. 30 cm vel afvandet Mosejord.</i>	<i>Meget vandholdig Mosejord.</i>	16	1.4	3—2
»	»	»			17	1.8	6—3
»	»	»			18	1.2	5—5
20	7	9			19	1.4	3—3
18	9	10			20	3.6	8—9
»	»	»			21	3.0	5—3
»	»	»			22	1.2	4—8
35	16	16			23	2.0	3—5
»	»	»			24	1.0	5—8
»	»	»			25	1.0	4—4
30	16	14			26	1.6	7—9
»	»	»			27	3.2	6—10
30	15	20			28	2.0	18—22
»	»	»			29	1.8	6—4

A = Alter, *Alder*. H = Höhe, *Højde*. D = Durchmesser, *Diameter*.

Das tägliche Längenwachstum der Wurzel in Milli- Rodens daglige Lændgevækst i Millimeter									
$\frac{3}{11}$ - $\frac{18}{11}$	$\frac{18}{11}$ - $\frac{2}{12}$	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	$\frac{2}{5}$ - $\frac{17}{5}$	$\frac{17}{5}$ - $\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$ - $\frac{23}{6}$
Anzahl Antal									
15	14	29	31	29	31	30	15	15	22
0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	3.59
0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	2.18
0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.13	1.73
1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.07	5.00
0.27	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.68
0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.27	2.91
0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	2.00
0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.73
0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	2.18
0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	2.23
0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33	2.91
0.20	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	1.86
0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.27	4.36
0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.87	3.68
0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	4.23
0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	1.77
0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	4.09
0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	1.86
0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73
0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—
0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	2.05
0.53	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.55
0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	3.91
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	1.09
0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.27	0.64
0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—
0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53	2.23
0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.07	2.50
0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	1.55
Das durchschnittliche tägliche Längen- Røddernes gennemsnitlige dag-									
0.37 ±0.06	0.01 ±0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87 ±0.11	2.49 ±0.22

meter im unten angeführten Zeitraum 1935 und 1936
i nedenfor anførte Tidsrum 1935 og 1936

23/6- 13/7	13/7- 26/7	26/7- 14/8	14/8- 5/9	5/9- 22/9	22/9- 13/10	13/10- 26/10	26/10- 10/11	10/11- 30/11	30/11- 15/12
Tage									
Dage									
20	13	19	22	17	21	13	15	20	15
5.15	4.38	4.89	7.27	2.00	1.95	2.92	1.33	0.10	0.00
7.05	3.77	2.58	3.05	1.65	1.10	1.54	1.07	0.15	0.00
6.60	7.77	7.95	9.73	2.82	1.33	1.23	0.93	0.00	—
5.35	3.54	4.21	6.91	2.12	2.29	1.54	0.80	0.00	0.00
5.70	9.23	7.42	1.59	2.29	1.24	1.23	1.13	0.20	—
4.50	4.31	1.11	3.23	—	—	—	—	—	—
4.65	5.69	5.00	3.82	3.00	3.05	2.15	1.33	0.20	0.00
2.60	2.38	2.32	5.27	3.65	2.29	1.69	1.40	0.10	0.00
1.25	1.38	1.37	6.55	2.06	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00
4.85	5.08	3.00	2.95	4.00	0.62	0.31	0.00	0.00	0.00
1.90	2.15	1.63	3.91	0.82	—	—	—	—	—
4.35	4.38	2.26	4.77	1.12	1.00	0.85	0.47	0.00	0.00
7.45	5.08	5.16	6.59	1.00	1.52	1.85	1.27	0.35	0.00
5.90	6.77	4.42	4.00	2.35	1.38	1.46	0.87	—	—
6.45	5.69	4.84	16.95	2.53	3.14	3.08	1.40	0.15	0.00
1.90	2.92	3.05	3.82	1.82	1.81	1.38	0.60	0.00	0.00
5.90	5.54	4.84	4.73	0.82	0.71	0.62	0.40	0.00	—
3.35	3.31	3.74	5.73	1.65	1.95	1.85	1.00	0.10	0.00
2.30	1.62	1.53	1.05	1.24	1.33	1.46	0.53	0.00	0.00
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.95	4.69	4.37	9.68	4.29	4.19	2.31	1.13	0.30	0.00
2.65	2.38	3.21	8.14	4.71	3.81	3.08	1.40	0.25	—
5.45	4.92	4.79	9.00	0.53	—	—	—	—	—
3.45	2.15	3.79	3.68	2.18	2.48	1.85	0.73	0.10	0.00
2.60	1.23	3.42	5.36	2.00	1.81	1.23	0.80	0.20	0.00
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.70	3.69	5.21	5.86	3.47	3.67	1.46	0.53	0.00	—
6.70	4.08	5.68	6.09	5.12	0.62	0.54	0.00	0.00	0.00
4.10	2.85	4.05	3.41	2.29	0.48	0.31	0.00	0.00	0.00

wachstum der Wurzeln in Millimeter

lige Længdevækst i Millimeter

4.51	4.11	3.92	5.24	2.37	1.83	1.50	0.80	0.10	0.00
±0.34	±0.37	±0.33	±0.45	±0.24	±0.23	±0.17	±0.10	±0.02	—

Tabelle XXII. Roterle (*Alnus glutinosa* GÄRTN.)
Rødæl.

Der Baum <i>Træet</i>			Bodenbeschreibung <i>Jordbundsbeskrivelse</i>		Die Wurzel <i>Roden</i>		
A.	H.	D.	Obere Bodenschicht <i>Overgrund</i>	Untergrund <i>Undergrund</i>		D.	Tiefe unter der Erdoberfläche <i>Dybde under Jordoverfladen</i>
ca.	m	cm			Nr.	ca. mm	cm
30	11	18	Ein sehr wasserhaltiger, nicht entwässerter Moorboden. <i>En meget vandholdig, ikke afgrøftet Mosejord.</i>		1	1.2	4—5
»	»	»		2	2.0	3—4	
»	»	»		3	1.8	3—3	
»	»	»		4	2.0	3—6	
»	»	»		5	1.8	4—4	
»	»	»		6	1.2	2—3	
»	»	»		7	1.8	3—3	
35	12	22		8	2.2	3—5	
»	»	»		9	2.0	4—3	
»	»	»		10	2.0	2—2	
»	»	»		11	2.0	1—2	
»	»	»		12	1.8	3—2	
»	»	»		13	2.4	2—4	

A = Alter, *Alder*. H = Höhe, *Højde*. D = Durchmesser, *Diameter*.

untersuchten Wurzelsystemen auf, sowohl in den kurzen, dünnen Seitenwurzeln wie in den Langwurzeln.

Die Abweichungen zwischen dem Längenwachstum der einzelnen Wurzeln innerhalb der gleichen Periode waren beträchtlich, am grössten in der Maximumperiode, in der die Standardabweichung 2.30 mm betrug.

Wie aus Tabelle Nr. XXIII hervorgeht, scheint das Wachstum der Erlenwurzeln in überwiegendem Grad mit der Bodentemperatur mitgegangen zu sein. Das Wurzelwachstum begann

Das tägl. Längenwachstum der Wurzel in Millimeter im unten angef. Zeitraum 1936 <i>Rodens daglige Længdevækst i Millimeter i nedenfor anførte Tidsrum 1936</i>							
Jan.— 14. Aug.	14/8- 5/9	5/9- 22/9	22/9- 13/10	13/10- 26/10	26/10- 10/11	10/11- 30/11	30/11- 15/12
Anzahl Tage <i>Antal Dage</i>							
227	22	17	21	13	15	20	20
0.00	0.82	4.18	4.81	6.46	1.87	0.10	—
0.00	0.95	4.12	3.86	2.15	1.27	0.00	—
0.00	0.41	4.24	3.90	3.46	2.13	0.30	—
0.00	0.73	3.94	2.81	4.54	2.73	0.20	—
0.00	1.41	4.18	3.43	6.00	2.87	0.40	—
0.00	0.91	6.12	3.52	2.92	1.60	0.00	—
0.00	0.18	4.41	6.14	7.85	3.47	0.15	—
0.00	0.86	4.71	3.19	2.15	1.73	0.10	0.00
0.00	1.27	8.59	6.19	4.54	1.93	0.00	0.00
0.00	1.09	4.47	4.90	8.00	2.27	0.10	—
0.00	1.64	6.88	2.52	6.31	2.80	0.05	0.00
0.00	0.50	5.12	4.10	7.38	2.67	0.05	0.00
0.00	0.86	3.06	5.00	3.54	2.40	0.00	0.00
Das durchschnittliche tägliche Längenwachstum der Wurzeln in Millimeter <i>Røddernes gennemsnitlige daglige Længdevækst i Millimeter</i>							
0.00	0.89	4.92	4.18	5.02	2.29	0.11	0.00
—	± 0.11	± 0.41	± 0.32	± 0.58	± 0.17	± 0.03	—

in einer Periode mit einer mittleren Bodentemperatur¹⁾ von 8.9° und einer absoluten Minimaltemperatur von 8.0°. Das Maximalwachstum fand innerhalb der vier wärmsten Perioden mit einer mittleren Bodentemperatur zwischen 14.5—15.1° statt. In den Herbstmonaten nahm die Wachstumsgeschwindigkeit in sehr genauer Übereinstimmung mit der Temperatur ab, um in einer Periode mit einer mittleren Bodentemperatur von 6.7° und einer absoluten Minimaltemperatur von 4.6° vollständig aufzuhören.

¹⁾ Moorboden (3).

Tabelle XXIII. Das durchschnittliche tägliche Längenwachstum der Rot-erlenwurzeln in entwässertem und in nicht entwässertem Moorboden in den 1935/36 untersuchten Perioden, mit den entsprechenden Werten für Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur verglichen.

Rødællerøddernes gennemsnitlige daglige Længdevækst i afgroftet og i ikke afgroftet Mosejord i de undersøgte Perioder i 1935/36 sammenlignet med de tilsvarende Værdier for Jordfugtighed og Jordtemperatur.

Periode	Durchschnittl. tägliches Längenwachstum Gennemsnitlig dagl. Længdevækst				Bodentemperatur ¹⁾ Jordtemperatur			Mittlere Bodenfeuchtigkeit ²⁾ Middel Jordfugtighed
	In entwässertem Moorboden I afgroftet Mosejord		In nicht entwässertem Moorboden I ikke afgroftet Mosejord		abs. Max.	abs. Min.	Mittel Middel	
	mm	ϕ	mm	ϕ	C ^o	C ^o	C ^o	%
Herbst, Efteraar 1935:								
3/11—13/11	0.37 ± 0.06	0.33	0.00	—	—	—	—	—
13/11—2/12	0.01 ± 0.00	0.02	0.00	—	—	—	—	—
Winter 19 ³⁵ / ₃₆ und Frühjahr 1936, Vinter 19 ³⁵ / ₃₆ og Foraar 1936:								
2/12—17/5	0.00	—	0.00	—	—	—	—	—
17/5—1/6	0.87 ± 0.11	0.58	0.00	—	10.0	8.0	8.9	93.2
Sommer, Sommer 1936:								
1/6—23/6	2.49 ± 0.22	1.16	0.00	—	14.5	8.2	11.2	95.5
23/6—13/7	4.51 ± 0.34	1.75	0.00	—	17.0	13.9	15.1	92.4
13/7—26/7	4.11 ± 0.37	1.93	0.00	—	16.6	14.0	15.1	100.4
26/7—14/8	3.92 ± 0.33	1.70	0.00	—	15.8	13.0	14.5	89.1
14/8—5/9	5.24 ± 0.45	2.30	0.89 ± 0.11	0.40	16.8	11.8	14.5	54.8
Herbst, Efteraar 1936:								
5/9—22/9	2.37 ± 0.24	1.23	4.92 ± 0.41	1.47	15.0	11.0	13.2	54.2
22/9—13/10	1.83 ± 0.23	1.10	4.18 ± 0.32	1.16	14.5	5.4	9.6	74.6
13/10—26/10	1.50 ± 0.17	0.83	5.02 ± 0.58	2.10	9.6	6.0	8.0	85.3
26/10—10/11	0.80 ± 0.10	0.48	2.29 ± 0.17	0.61	10.0	6.5	8.2	108.1
10/11—30/11	0.10 ± 0.02	0.11	0.11 ± 0.03	0.12	8.6	4.6	6.7	—
30/11—15/12	0.00	—	0.00	—	—	—	—	—
¹⁾ Im Moorboden (3). I Mosejord (3). ²⁾ » » » »								

— Äldre Bäume I
 - - - - - " " II

Jordtemperatur = Bodentemperatur
 Jordfugtighed = Bodenfeuchtigkeit

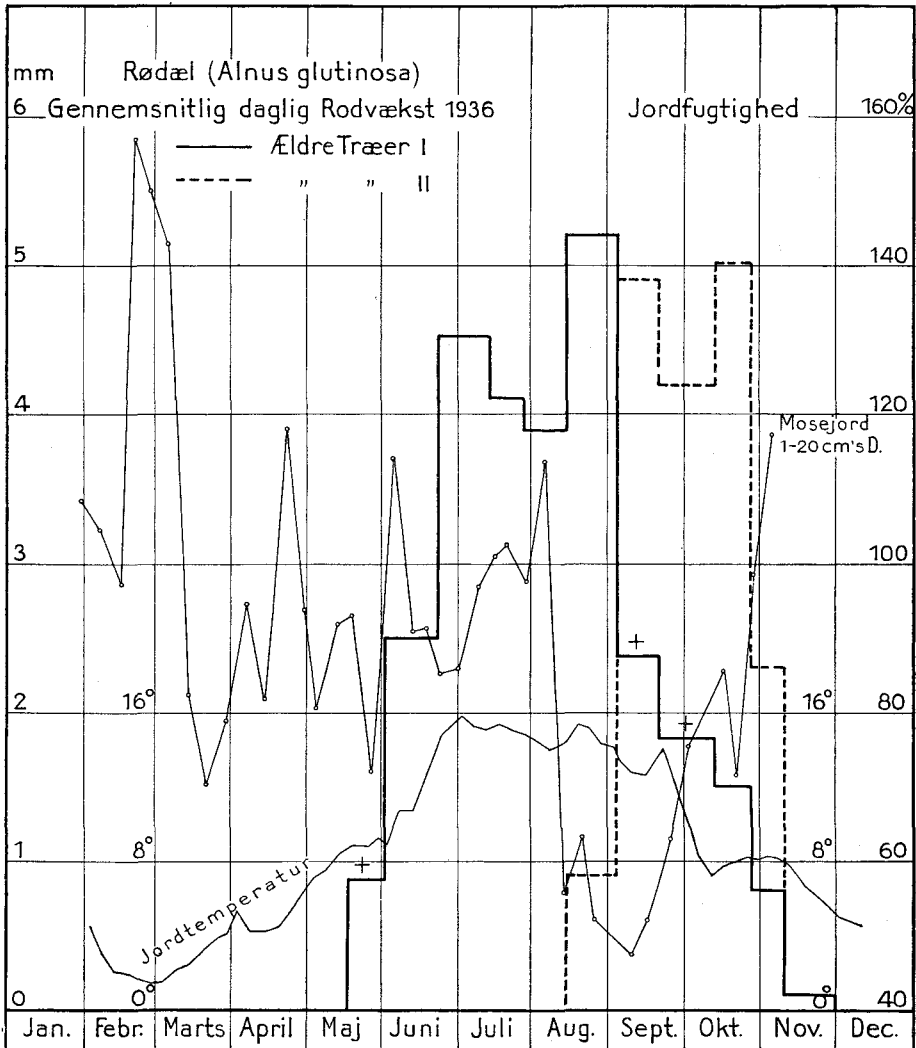


Fig. 16. Graphische Darstellung des periodischen Längenwachstums der Erlenwurzeln in gut entwässertem (ältere Bäume I) und in nicht entwässertem (ältere Bäume II) Moorboden im Jahre 1936. (siehe Tabelle Nr. XXI und Nr. XXII). Es sind die Kurven der Bodentemperatur in 20 cm Tiefe und der Bodenfeuchtigkeit in 1—20 cm Tiefe im Moorboden (3) dazugesetzt. + gibt lebhaftige Seitenwurzelbildung an.

Grafisk Fremstilling af Ællerøddernes periodiske Længdevækst i 1936 i vel afvandet (ældre Træer I) og ikke afvandet (ældre Træer II) Mosejord (jvf. Tabellerne XXI og XXII). Indlagt Kurver for Jordtemperaturen i 20 cm's Dybde og Jordfugtigheden i 1—20 cm's Dybde i Mosejorden (3). + angiver livlig Siderodsdannelse.

Wenn die Bodenfeuchtigkeit anscheinend keinen besonderen Einfluss auf das Wachstum der Wurzeln hatte, kann die Erklärung auf der einen Seite in dem hohen Wassergehalt des Moorbodens zu suchen sein, der selbst während der trockensten Periode nicht unter 54 % im Mittel kam, mit einem Minimum von 47 % (siehe Tabelle Nr. I), sodass absolut kein für das Wurzelwachstum hemmender Wassermangel eintrat. Auf der anderen Seite scheint der Wassergehalt auch nicht so gross gewesen zu sein, obwohl das Maximum bestimmt auf 100 % im Mittel in der besonders regenreichen Periode vom 13.—26. Juli kam, dass aus diesem Grunde auffällige hemmende Wirkungen eintraten. Das hat vermutlich seine Ursachen darin, dass das Wasser infolge der guten Drainage im Boden ständig in Bewegung war (siehe das Wurzelwachstum in nicht entwässertem Moorboden).

Die Ruheperiode.

Die tiefsten Ursachen für den völligen Stillstand des Wachstums der Erlenwurzeln in den Winter- und ersten Frühlingsmonaten kann man sicher, ebenso bei den Eschen, in endonomen Verhältnissen suchen. Besondere Untersuchungen darüber wurden jedoch nicht durchgeführt.

2. Im nicht entwässerten Moorboden.

Auf dieser Örtlichkeit, wo das Wasser während des ganzen Winters über dem Boden stand und erst im Laufe des Juni ganz verschwand, begann das Wachstum der Erlenwurzeln erst etwa drei Monate später als im drainierten Moorboden, in der zweiten Hälfte des August. Aus allen dickeren, oberflächlich liegenden und, nach dem Äusseren zu urteilen, anscheinend toten Wurzeln, schossen in diesem Zeitraum plötzlich und gleichzeitig und überall im Wurzelsystem, kräftigere, relativ dicke Langwurzeln in grosser Zahl hervor. Zumeist schossen die Wurzeln bündelförmig aus den Enden der anscheinend toten Wurzeln hervor, sodass sie aus diesen entprangen wie Finger an einer Hand (siehe Fig. Nr. 18).

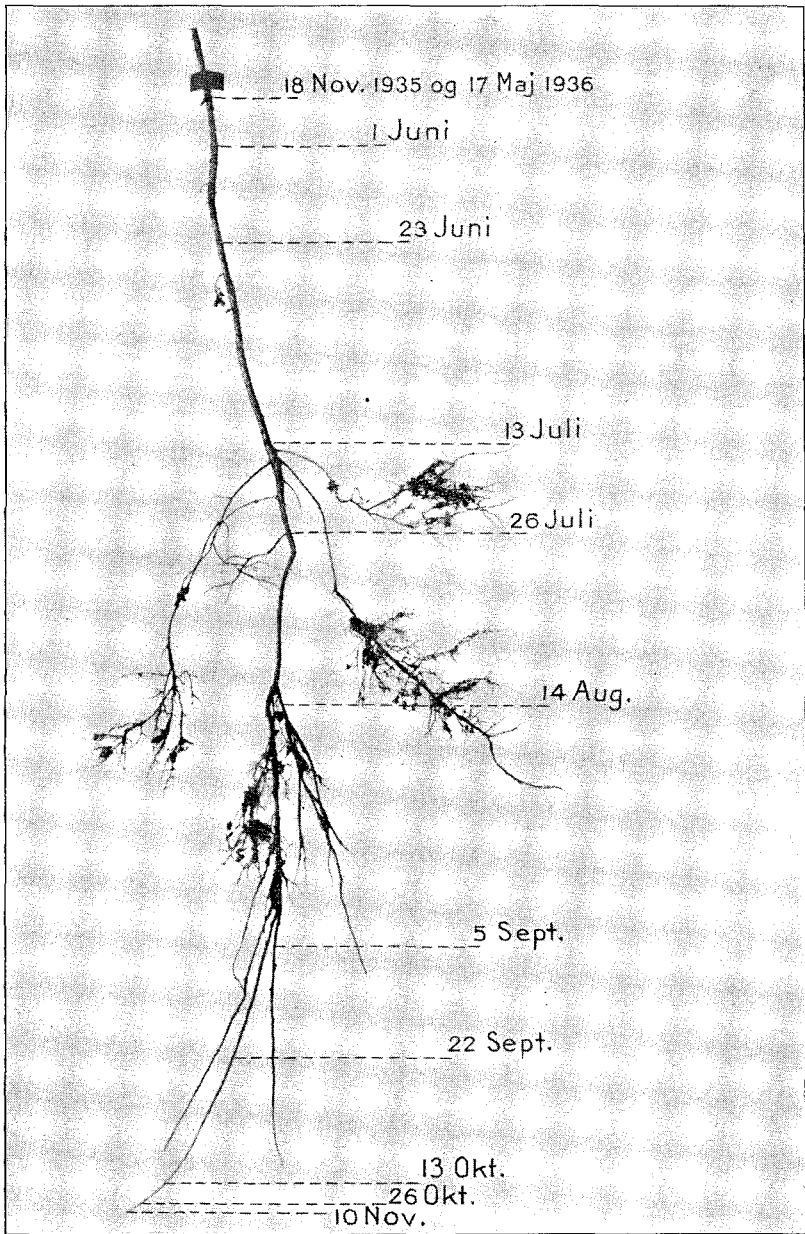
Die Wachstumsgeschwindigkeit dieser Langwurzeln war, verglichen mit der entsprechenden periodischen Wachstumsgeschwindigkeit der Erlenwurzeln in entwässertem Moorboden, sehr bedeutend und stieg stark; so in den untersuchten Wurzeln

von durchschnittlich 0.89 ± 0.11 mm täglich in der Periode vom 14. August bis 5. September bis zu den Maximalwerten von durchschnittlich 4.92 ± 0.41 , 4.18 ± 0.32 und 5.02 ± 0.58 mm täglich in den Perioden vom 5.—22. September, 22. September—13. Oktober, bzw. 13.—26. Oktober. Danach nahm die Wachstumsgeschwindigkeit bis durchschnittlich 2.29 ± 0.17 mm täglich in der Periode vom 26. Oktober—10. November und bis nur durchschnittlich 0.11 ± 0.03 mm täglich in der letzten Periode vom 10. November—30. November ab.

Während der ganzen Wachstumsperiode fand eine besonders lebhaft Wurzelhaarbildung an den Langwurzeln in einem Abstand von der Wurzelspitze von etwa 5—8 cm statt. Diese Wurzelhaare sassen ausserordentlich dicht und hatten eine Länge von ungefähr 1 cm.

In der letzten Periode, in der das Wachstum aufhörte, wurden alle Wurzelspitzen schwarz und schrumpften ein, um danach allmählich abzufaulen. Gleichzeitig wurde die Wurzelrinde am hinteren, im Laufe der Wachstumsperiode gebildeten Teil der Langwurzel schwarz, und zuletzt schälte sich entweder auf diesem Stück die Wurzelrinde ab, indem sie an verschiedenen Stellen brach, oder sie sass wie eine lose Hülle um einen verholzten inneren Wurzelstrang (siehe Fig. Nr. 18). Die im Laufe der Wachstumsperiode entstandenen Langwurzeln gingen so im Laufe der Wintermonate fast alle wieder zugrunde.

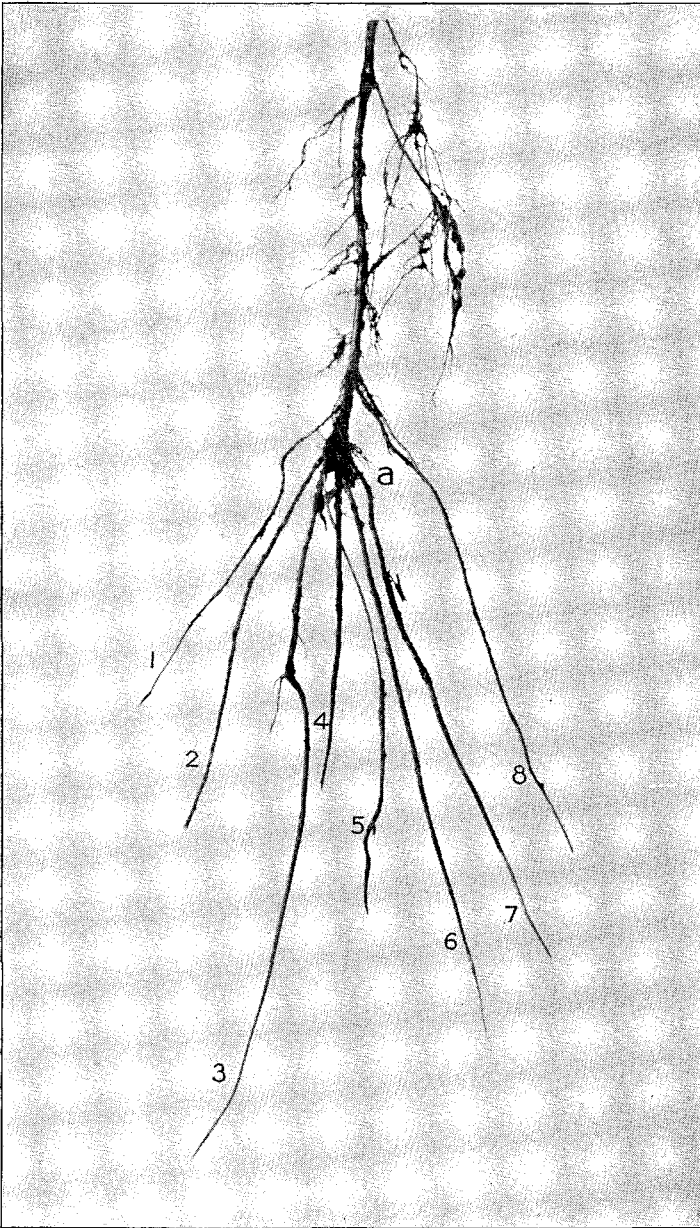
Die Ursache für die eigentümliche Wachstumsperiodizität der Erlenwurzeln auf dieser Örtlichkeit, im Vergleich mit der Wachstumsperiodizität im gut drainierten Moorboden, ist vermutlich die, dass der Sauerstoffgehalt in der obersten Bodenschicht, im Gegensatz zu der letztgenannten Örtlichkeit, im Vorsommer wegen des überschüssigen stehender Wassers (siehe Seite 110) besonders gering gewesen ist. Charakteristisch ist in jedem Fall, dass die Wachstumsperiode, wie aus Tabelle Nr. XXIII hervorgeht, in diese Zeit des Jahres fiel, da der Wassergehalt des Bodens am niedrigsten war, indem sie in der trockensten Periode mit einer mittleren Bodenfeuchtigkeit von etwa 50 %₀ begann, und das Maximalwachstum in Perioden stattfand, in denen der Wassergehalt zwischen 54 und 85 %₀ lag.



1:3.9

Fig. 17. Roterlenwurzel Nr. 27 (siehe Tabelle Nr. XXI), im Herbst 1936 nach Abschluss der Wachstumsmessungen ausgegraben und photographiert. Die dunklen Partien auf den stark verzweigten Kurzwurzeln sind überwiegend Mykorrhizabildungen. Kurz nach dem 26. Juli teilte sich die Wurzel in zwei Zweige, der eine wurde abgeschnitten und ist auf dem Bilde nicht zu sehen.

Ællerod Nr. 27 (jvf. Tabel XXI) opgravet og fotograferet efter Vækstmaalinger-nes Afslutning i Efteraaret 1936. De mørke Partier paa de stærkt grenede Kort-rødder er overvejende Mykorrhizadannelser. Kort efter den 26. Juli delte Roden sig i to Tveger, hvoraf den ene er skaaret af og ikke ses paa Billedet.



1:2

Fig. 18. Eine typische Roterlenwurzel vom Moorboden. Alle neugebildeten Wurzeln 1—8 sitzen bündelförmig an der Spitze der älteren Wurzel (a). Die abgebildete Wurzel wurde Anfang November 1936, nachdem das Längenwachstum aufgehört hatte, ausgegraben. Bei den neugebildeten Wurzeln 1—8 waren zu diesem Zeitpunkt alle Wurzelspitzen abgestorben und vollständig eingeschrumpft (siehe Seite 121).

En typisk Ællerod fra Mosejord. Alle de nydannede Rødder 1—8 sidder knippeformet i Spidsen af den ældre Rod (a). Den afbildede Rod blev opgravet i Begyndelsen af November 1936 efter at Længdevæksten var ophørt. Alle Rodspidserne paa de nydannede Rødder 1—8 var paa dette Tidspunkt døde og helt indskrumpede (jvf. Side 121).

Das Wurzelwachstum der Birke.

Material, Örtlichkeit usw.

Die für die Wachstumsmessungen bezeichneten Birkenwurzeln gehörten zu fünf Birken im Alter von etwa 30—40 Jahren (siehe Fig. 19). Die Bäume wuchsen in einem Mischbestand von Birken, Eschen und Roterlen auf einem hochliegenden Moor mit starker Senkung nach Nordost. Trotz der augenscheinlich guten Entwässerungsverhältnisse war der Moorboden das ganze Jahr sehr wasserhaltig, selbst während der trockensten Perioden. Die Wurzelsysteme der Birken waren ausgeprägt horizontal verbreitet und gingen nicht tiefer als höchstens 25 cm in die Erde.

Was die Bestimmung der einzelnen Wurzeln im Wurzelsystem betrifft, kann man nur sagen, dass es kräftige Langwurzeln innerhalb eines Abstandes von etwa 3 m vom Stamme waren.



Fig. 19.

Das Wurzelwachstum.

Das periodische Längenwachstum der untersuchten Birkenwurzeln geht aus Tabelle Nr. XXIV hervor und ist in Tabelle Nr. XXV mit der entsprechenden periodischen mittleren Bodenfeuchtigkeit in 1—20 cm Tiefe und mit der mittleren Bodentemperatur in 20 cm Tiefe im Moorboden (3) verglichen.

In Figur Nr. 20 ist der periodische Verlauf des Wurzelwachstums zusammen mit der entsprechenden Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit graphisch illustriert.

Wie aus diesen Tabellen und der graphischen Figur hervorgeht, entsprach die Wachstumsperiodizität der Birkenwurzeln im untersuchten Jahr ziemlich genau der weiter oben besprochenen Wachstumsperiodizität der Eschenwurzeln (siehe Seite 98), mit

einer Ruheperiode in den Winter- und Frühjahrsmonaten und einer Wachstumsperiode von Anfang Juni bis ungefähr Anfang November.

Die Wachstumsperiode.

Innerhalb der Wachstumsperiode stieg das periodische mittlere Längenwachstum der Wurzeln gleichmässig aber relativ langsam von durchschnittlich 0.15 ± 0.05 bis 1.56 ± 0.13 mm täglich in den Perioden vom 1.—23. Juni bzw. 26. Juli—14. August. Dann nahm plötzlich die Wachstumsgeschwindigkeit sehr stark zu und erreichte in der folgenden Periode vom 14. August—15. September den Maximalwert des Jahres von durchschnittlich 5.17 ± 0.46 mm täglich. Nach dieser plötzlichen Steigerung folgte in der Periode vom 5.—22. September ein beinahe ebenso plötzlicher Fall auf nur durchschnittlich 2.05 ± 0.27 mm täglich, danach sank das Wurzelwachstum während des Restes der Wachstumsperiode in der letzten Periode vom 26. Oktober—10. November verhältnismässig gleichmässig auf durchschnittlich 0.02 ± 0.01 mm täglich.

Das absolute maximale Längenwachstum von durchschnittlich 8.95 mm = etwa 0.9 cm täglich wurde in der Periode vom 14. August—5. September an der Wurzel Nr. 8 gemessen.

Ebenso wie bei den Eschen (siehe Seite 91) war zwischen den Zeitpunkten des Beginnes des Längenwachstums der einzelnen untersuchten Birkenwurzeln ein bedeutender Unterschied. In der ersten Periode vom 1.—23. Juni waren nur sieben der zwanzig Wurzeln im Wachstum, und erst etwa zwei Monate später, in der Periode vom 26. Juli—14. August, wuchsen alle Wurzeln.

Demgegenüber hörte das Längenwachstum mit Ausnahme von drei Wurzeln in der gleichen Periode vom 13.—26. Oktober auf, vermutlich infolge eines in dieser Periode plötzlich eintretenden Sauerstoffmangels. Alle Wurzeln wurden schwarz und faulten ab, ebenso wie an den Erlenwurzeln im nicht entwässerte Moorboden.

Wie aus dem Vergleich zwischen dem periodischen Längenwachstum der Wurzeln und der entsprechenden mittleren Bodenfeuchtigkeit (siehe Tabelle Nr. XXV, Seite 128) hervorgeht, war das Längenwachstum im ausserordentlich niederschlagsreichen Zeitraum vom 23. Juni—14. August mit einer sehr hohen mittleren Bodenfeuchtigkeit zwischen 89—100 %

Tabelle XXIV. Birke. (*Betula verrucosa* EHRH.)

Birk.

Der Baum <i>Træet</i>			Bodenbeschreibung <i>Jorbundsbeskrivelse</i>		Die Wurzel <i>Roden</i>		
A.	H.	D.	Obere Bodenschicht <i>Overgrund</i>	Untergrund <i>Undergrund</i>	Nr.	D. ca. mm	Tiefe unter der Erd- oberfläche <i>Dybde under Jord- overfladen</i> cm
ca.	m	cm					
40	15.2	20			1	3.2	3— 2
»	»	»			2	3.0	4— 6
»	»	»			3	2.0	2— 4
»	»	»			4	2.6	5— 5
»	»	»			5	3.4	9—11
»	»	»			6	2.2	3— 3
»	»	»			7	3.0	1— 1
30	13.8	16	Moorboden. Sehr nass.	Moorerde.	8	2.8	7— 5
»	»	»	<i>Mosejord.</i>	<i>Mosejord.</i>	9	2.0	5— 6
»	»	»	<i>Meget fugtig.</i>		10	3.0	6—16
»	»	»			11	2.6	2— 5
35	14.0	16			12	3.4	4— 4
»	»	»			13	2.8	2— 6
35	15.6	14			14	3.2	4— 8
»	»	»			15	2.2	3— 4
»	»	»			16	2.0	4— 1
»	»	»			17	4.0	5— 9
35	16.2	22			18	2.6	2— 7
»	»	»			19	2.0	3— 5
»	»	»			20	2.0	6— 8

A = Alter, *Alder*. H = Höhe, *Højde*. D = Durchmesser, *Diameter*.

Das tägl. Längenwachstum der Wurzel in Millim. im unten angef. Zeitraum 1935 u. 1936
Rodens daglige Længdevækst i Millimeter i nedenfor anførte Tidsrum 1935 og 1936

Jan.	Feb.	März	April	Maj	1/6- 23/6	23/6- 13/7	13/7- 26/7	26/7- 14/8	14/8- 5/9	5/9- 22/9	22/9- 13/10	13/10- 26/10	26/10- 10/11	10/11- 30/11
Anzahl Tage														
Antal Dage														
31	29	31	30	31	22	20	13	19	22	17	21	13	15	20
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.37	6.32	2.18	1.95	0.69	0.00	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.90	1.38	2.16	5.27	1.82	1.71	0.38	0.00	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.40	0.46	1.53	5.50	1.53	1.14	0.23	0.00	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.46	0.74	2.86	1.12	0.95	0.62	0.00	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.77	1.89	3.59	1.53	0.62	0.00	0.00	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.70	1.38	0.84	4.50	1.18	1.48	0.31	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	1.11	2.64	2.53	2.57	1.08	—	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	8.95	2.35	1.81	0.69	0.00	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	1.00	2.23	2.21	6.18	1.18	1.38	0.23	0.00	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	1.60	4.46	2.68	7.09	1.41	0.67	0.77	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	1.38	1.00	1.50	1.00	0.38	0.15	0.00	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08	2.00	7.59	3.53	3.52	1.31	0.13	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.77	1.47	9.05	—	—	—	—	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.62	2.16	5.82	4.12	4.38	1.69	0.13	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	1.89	4.36	4.71	2.38	0.69	—	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.85	1.53	3.95	—	—	—	—	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	1.00	2.08	2.53	6.55	2.24	1.71	0.38	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.92	1.37	3.09	0.94	1.05	0.69	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.45	0.62	0.89	4.09	—	—	—	—	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.79	4.55	1.41	0.86	0.54	—	—

Das durchschnittliche tägliche Längenwachstum der Wurzeln in Millimeter
Røddernes gennemsnitlige daglige Længdevækst i Millimeter

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.38	1.08	1.56	5.17	2.05	1.68	0.61	0.02	0.00
—	—	—	—	—	+0.05	+0.10	+0.23	+0.13	+0.46	+0.27	+0.26	+0.11	+0.01	—

Tabelle XXV. Das durchschnittliche tägliche Längenwachstum der Birkenwurzeln in Moorboden in den 1936 untersuchten Perioden, mit den entsprechenden Werten für Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur verglichen.

Birkerøddernes gennemsnitlige daglige Længdevækst i Mosejord i de undersøgte Perioder i 1936 sammenlignet med de tilsvarende Værdier for Jordfugtighed og Jordtemperatur.

Periode	Durchschnittl. tägliches Längenwachstum Gennemsnitlig daglig Længdevækst		Bodentemperatur Jordtemperatur			Mittlere Bodenfeuchtigkeit Middel Jordfugtighed
			abs. Max.	abs. Min.	Mittel Middel	
	mm	ϕ	C ^o	C ^o	C ^o	%
Winter, <i>Vinter</i> 1936:						
Jan.-März:	0.00	—	—	—	—	—
Frühjahr, <i>Foraar</i> 1936:						
März-Juni:	0.00	—	—	—	—	—
Sommer, <i>Sommer</i> 1936:						
1/6—23/6	0.15 ± 0.05	0.24	14.5	8.2	11.2	95.5
23/6—13/7	0.38 ± 0.10	0.44	17.0	13.9	15.1	92.4
13/7—26/7	1.08 ± 0.23	1.01	16.6	14.0	15.1	100.4
26/7—14/8	1.56 ± 0.13	0.60	15.8	13.0	14.5	89.1
14/8—5/9	5.17 ± 0.46	2.05	16.8	11.8	14.5	54.8
Herbst, <i>Efteraar</i> 1936:						
5/9—22/9	2.05 ± 0.27	1.12	15.0	11.0	13.2	54.2
22/9—13/10	1.68 ± 0.26	1.06	14.5	5.4	9.6	74.6
13/10—26/10	0.61 ± 0.11	0.43	9.6	6.0	8.0	85.3
26/10—10/11	0.02 ± 0.01	0.05	10.0	6.5	8.2	108.1
10/11—30/11	0.00	—	8.6	4.6	6.7	—

Jordtemperatur = Bodentemperatur.
 Jordfugtighed = Bodenfeuchtigkeit.
 Mosejord 1-20 cm's D. = Moorboden 1-20 cm Tiefe.

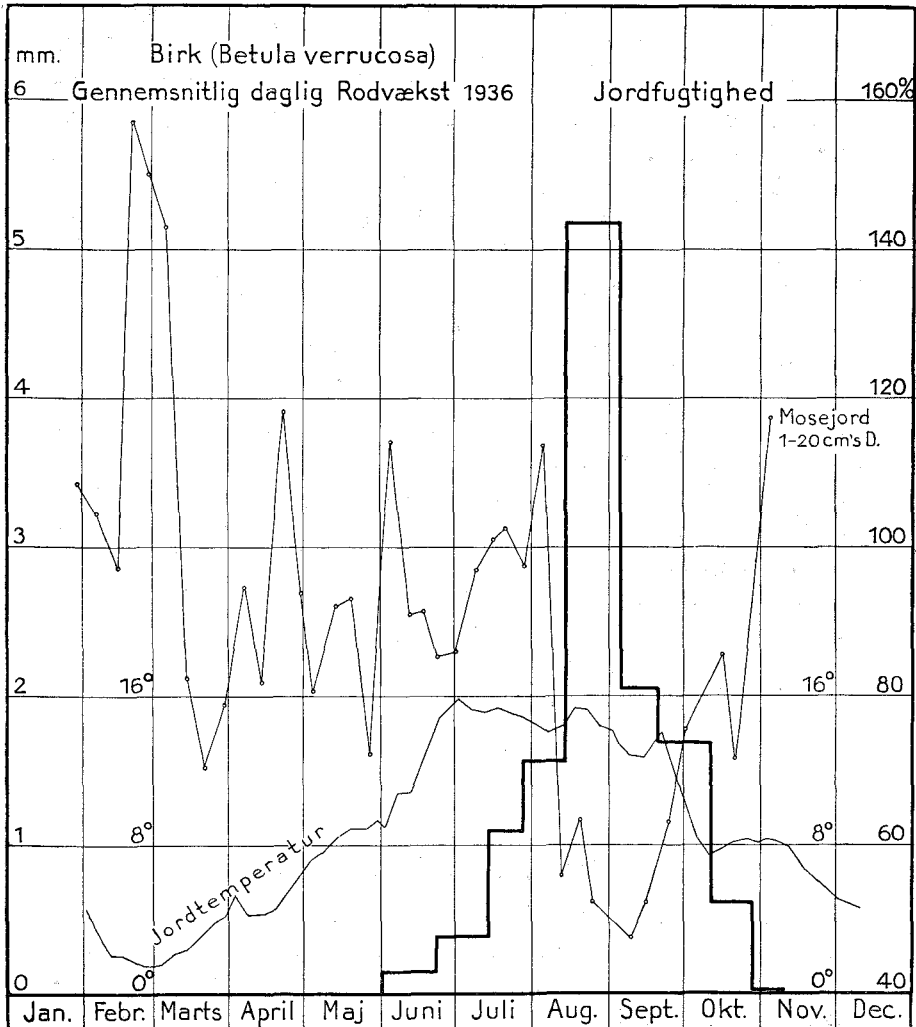


Fig. 20. Graphische Darstellung des periodischen Längenwachstums der Birkenwurzeln im Moorboden im Jahre 1936. (Siehe Tabelle Nr. XXIV). Es sind die Kurven der Bodentemperatur in 20 cm Tiefe und der Bodenfeuchtigkeit in 1-20 cm Tiefe im Moorboden (3) dazugesetzt.

Grafisk Fremstilling af Birkerøddernes periodiske Længdevækst i Mosejord i 1936 (jvf. Tabel XXIV). Indlagt Kurver for Jordtemperaturen i 20 cm's Dybde og Jordfugtigheden i 1-20 cm's Dybde i Mosejorden (3).

und der maximalen, mittleren Bodentemperatur des Jahres zwischen $14.5-15.1^{\circ}$ verhältnismässig gering. Dagegen fand das maximale Wachstum der Wurzeln in der folgenden Periode vom 14. August—5. September mit einer mittleren Bodentemperatur von 14.5° und einer mittleren Bodenfeuchtigkeit von nur 54.8% statt.

Dieser Umstand deutet sehr darauf hin, dass der hohe Wassergehalt des Bodens in der oben erwähnten niederschlagsreichen Periode auf das Wurzelwachstum hemmend gewirkt hat, vermutlich wegen des durch den hohen Wassergehalt eingetretenen Sauerstoffmangels.

Nach dem Maximalwachstum folgte in der Periode vom 5.—22. September, trotz des ständig niedrigen Bodenwassergehalts von 54.2% und einer noch verhältnismässig hohen Bodentemperatur von 13.2° , dennoch ein sehr starker Rückgang der Wachstumsgeschwindigkeit. Die Ursache hierfür war vermutlich die ausserordentlich lebhafte Bildung von Mykorrhiza, die gerade in dieser Zeit stattfand. Wie später bei der Erörterung der Wachstumsperiodizität der Fichtenwurzeln (siehe Seite 155) besprochen werden wird, scheint nämlich die Mykorrhizabildung in hohem Grade hemmend auf das Wachstum der Wurzeln zu wirken.

Das Wurzelwachstum der Fichte.

Material, Örtlichkeiten usw.

Die Untersuchungen in den Jahren 1935 und 1936 wurden mit dem Ziel ausgeführt, das periodische Wurzelwachstum der Fichte in gewöhnlichen, guten, wohlgepflegten Fichtenbeständen auf Örtlichkeiten ohne extreme Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse zu beleuchten. Die Wurzeln wurden in Übereinstimmung hiermit von den folgenden Bäumen ausgesucht:

Wurzel Nr. 1—14: Sechs 16 jährige kräftige Fichten, in einem grossen, von alten Buchen und Eichen umgebenen Fichtenbestand, auf einem hochliegenden, schwach gegen Süden abfallenden Terrain im nordwestlichen Teil des Waldes.

Obere Bodenschicht: Etwa 25—40 cm trockener, lehmiger Sand. Viele oberflächlich in der Erde liegende Wurzeln.

Untergrund: Wechselt von reinem Sand bis zu sandigem Lehm. Wurzeln wurden bis etwa 40 cm Tiefe festgestellt.

Flora: Keine.



Fig. 21.

Wurzel Nr. 15—19: Zwei etwa 45jährige, kräftige Fichten mitten in einem grossen Fichtenbestand auf einem etwas tiefliegenden, flachen aber entwässertem Terrain im südlichen Teil des Waldes.

Obere Bodenschicht: Etwa 35 cm lehmiger Sand.

Untergrund: Sandiger Lehm. Wurzeln wurden bis etwa 60 cm Tiefe festgestellt.

Flora: *Urtica dioeca* L., *Oxalis acetocella* L.

Wurzel Nr. 20: Eine etwa 18jährige Fichte in einem kleinen Fichtenbestand auf einem flachen Terrain im südlichen Teil des Waldes.

Obere Bodenschicht: Etwa 30 cm sehr trockener Sandboden mit einer erheblichen Nadelschicht.

Untergrund: Trockener, gelber Sand. Wurzeln wurden bis etwa 50 cm Tiefe festgestellt.

Flora: Keine.

Wurzel Nr. 21—25: Drei etwa 45 jährige Fichten in einem kleinen, nach einem Sturm etwas offenen Fichtenbestand, auf einem tiefliegenden aber gut entwässerten Areal längs der nördlichen Aussenkante des Waldes. (Siehe Fig. 21).

Obere Bodenschicht: Etwa 30 cm trockener Sandboden. Viele oberflächlich im Boden liegende kräftige Wurzeln.

Untergrund: Feuchter, lehmiger, grobkörniger Sand. Wurzeln wurden bis etwa 50 cm Tiefe festgestellt.

Flora: *Oxalis acetosella* L.

Die Fichtenpflanzen wurden sämtlich aus einem Pflanzbeet auf lehmigem, kalkhaltigem, feuchten Boden, auf einem tiefliegenden Areal unter starkem Schatten in der damaligen Baumschule des Waldes ausgewählt.

Die Untersuchungen im Jahre 1937 wurden alle an sechszehn bzw. dreizehn etwa 8 jährigen Fichten auf den beiden mit Feuchtigkeitsmessungen untersuchten Örtlichkeiten IV und V (siehe Seite 15) ausgeführt. Sie hatten das Hauptziel, zu beleuchten, welcher Unterschied zwischen dem periodischen Längenwachstum der Fichtenwurzeln auf zwei so sehr verschiedenen Bodenörtlichkeiten bestand, um dadurch genauere Kenntnisse über die Abhängigkeit des Wurzelwachstums von den äusseren Verhältnissen zu erlangen.

Das Wurzelwachstum.

Das periodische Längenwachstum der einzelnen Wurzeln und das berechnete periodische mittlere Längenwachstum geht aus den Tabellen Nr. XXVI—XXIX hervor. In den Tabellen Nr. XXX und Nr. XXXI ist das periodische mittlere Längenwachstum direkt mit der entsprechenden periodischen mittleren Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit verglichen; für die Untersuchungen im Jahre 1936 ist die Temperatur in 20 cm Tiefe und die Bodenfeuchtigkeit im Mittel von 1—20 und 50 cm Tiefe im Sandboden (1), für die Untersuchungen im Jahre 1937

Tabelle XXVI. Fichte (*Picea abies* KARST.)
Rødgran.

Der Baum <i>Træet</i>			Bodenbeschreibung <i>Jordbundsbeskrivelse</i>		Die Wurzel <i>Roden</i>		
A.	H.	D.	Obere Bodenschicht <i>Overgrund</i>	Untergrund <i>Undergrund</i>		D.	Tiefe unter der Erd- oberfläche <i>Dybde under Jord- overfladen</i>
ca.	m	cm			Nr.	ca. mm	cm
16	5.7	7	Etwa 25—40 cm lehmiger Sand. <i>Ca. 25—40 cm leret Sand.</i>	Sand bis zu sandigem Lehm. <i>Sand indtil sandet Ler.</i>	1	1.4	4—8
»	»	»			2	2.0	5—9
»	»	»			3	1.6	3—2
16	5.4	6			4	2.0	3—6
»	»	»			5	1.6	4—4
»	»	»			6	1.8	4—8
16	6.3	10			7	1.0	5—3
»	»	»			8	1.4	4—6
»	»	»			9	1.6	3—11
16	7.8	10			10	2.2	4—2
16	6.0	9			11	1.8	6—4
16	10.4	17			12	2.0	3—4
»	»	»			13	2.0	2—6
»	»	»			14	1.0	4—9
45	16.2	20	Etwa 35 cm lehmiger Sand. <i>Ca. 35 cm leret Sand.</i>	Sandiger Lehm. <i>Sandet Ler.</i>	15	1.6	9—7
»	»	»			16	1.6	8—8
45	16.0	15			17	0.8	3—6
»	»	»			18	3.2	4—9
»	»	»			19	1.6	5—3
18	8.2	8	Etwa 30 cm Sand. <i>Ca. 30 cm Sand.</i>	Sand. <i>Sand.</i>	20	4.0	6—10
45	16.0	24			21	2.6	14—18
»	»	»	Etwa 30 cm Sand. <i>Ca. 30 cm Sand.</i>	Lehmiger Sand. <i>Leret Sand.</i>	22	2.8	6—6
45	16.4	24			23	3.0	2—3
»	»	»			24	3.2	4—13
45	14.2	23			25	4.4	8—18

A = Alter, *Alder*. H = Höhe, *Højde*. D = Durchmesser, *Diameter*.

Das tägliche Längenwachstum der Wurzel in Milli-											
<i>Rodens daglige Længdevækst i Millimeter</i>											
$\frac{5}{10}$ - $\frac{20}{10}$	$\frac{20}{10}$ - $\frac{4}{11}$	$\frac{4}{11}$ - $\frac{19}{11}$	$\frac{19}{11}$ - $\frac{3}{12}$	$\frac{3}{12}$ - $\frac{1}{1}$	Jan.	Febr.	März	$\frac{31}{3}$ - $\frac{13}{4}$	$\frac{13}{4}$ - $\frac{2}{5}$	$\frac{2}{5}$ - $\frac{17}{5}$	$\frac{17}{5}$ - $\frac{31}{5}$
											Anzahl
											Ante.
15	15	15	14	28	31	28	31	13	19	15	14
0.93	0.60	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79	2.27	3.36
1.47	0.80	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	1.71
2.93	0.20	-0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.80	2.00
0.80	0.80	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	1.33	2.57
1.00	0.00	-0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	1.53	2.73	4.29
2.93	0.47	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.79	2.27	3.79
1.60	1.13	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	1.40	2.57
1.40	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	1.27	2.29
3.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	1.87	2.79
2.93	1.27	0.33	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	1.13	2.21
0.80	0.73	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	1.29
1.00	0.33	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
0.53	0.13	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.93	1.64
1.20	0.27	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.73	1.29
1.53	1.80	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	1.29
1.07	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	1.27	2.07
1.80	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.07	1.86
1.93	1.53	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	1.00
1.27	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	1.20	2.36
1.60	1.07	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79	2.60	3.36
1.27	0.33	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	1.33	2.07
2.20	1.27	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	1.00	2.79
1.53	0.67	-0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	1.29
0.47	0.33	-0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	2.00	3.93
6.07	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	1.87	3.29
Das durchschnittliche tägliche Längen-											
<i>Røddernes gennemsnitlige dag-</i>											
1.73	0.81	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.41	1.33	2.29
± 0.23	± 0.15	± 0.04	—	—	—	—	—	± 0.01	± 0.08	± 0.14	± 0.20

meter im unten angeführten Zeitraum 1935 und 1936

i nedenfor anførte Tidsrum 1935 og 1936

	31/5- 23/6	23/6- 13/7	13/7- 28/7	28/7- 11/8	11/8- 6/9	6/9- 23/9	23/9- 13/10	13/10- 26/10	26/10- 10/11	10/11- 30/11	30/11- 15/12
Tage											
Dage											
	23	20	13	16	26	17	20	13	15	20	15
	3.57	4.35	7.69	12.00	5.42	2.94	0.20	0.23	0.00	0.00	0.00
	2.78	1.35	3.00	5.50	2.42	2.00	0.30	0.62	0.27	0.00	0.00
	1.96	1.20	3.15	5.25	3.04	0.65	-0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
	3.70	3.30	7.85	6.88	4.73	1.47	0.20	0.54	0.00	0.00	0.00
	3.70	3.10	6.15	8.88	4.65	1.71	—	—	—	—	—
	3.83	2.95	6.00	10.00	5.15	1.12	1.55	1.69	0.47	0.10	0.00
	4.52	4.70	11.54	11.25	5.46	0.88	4.20	3.31	0.60	0.10	0.00
	3.83	3.05	8.00	9.19	3.62	1.00	0.25	0.15	0.00	0.00	0.00
	4.61	2.55	10.00	13.56	3.46	4.29	0.40	0.31	0.00	0.00	0.00
	3.70	0.80	6.23	9.81	1.54	2.12	0.70	1.46	0.40	0.20	0.00
	3.74	4.35	8.46	7.25	4.12	0.29	0.10	0.54	0.00	0.00	0.00
	1.65	3.00	3.92	3.00	7.31	3.82	0.40	0.15	-0.07	0.00	0.00
	4.61	3.20	8.00	10.13	3.58	1.59	1.05	0.31	0.20	0.00	0.00
	3.96	2.80	6.69	7.69	4.50	2.06	0.50	0.85	0.27	0.05	0.00
	3.17	2.00	5.08	9.00	3.46	1.65	0.35	0.23	0.00	0.00	0.00
	1.09	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4.74	4.15	7.54	6.75	2.92	2.53	0.60	0.00	-0.07	0.00	0.00
	2.78	3.10	9.54	10.56	3.92	3.00	1.15	0.85	0.13	0.00	0.00
	2.57	2.00	6.46	6.25	3.92	—	—	—	—	—	—
	4.96	2.80	12.31	10.19	3.04	0.65	0.45	0.62	0.33	0.10	0.00
	7.30	4.20	9.31	14.87	8.08	0.35	0.65	1.08	0.00	0.00	0.00
	3.35	1.70	6.23	6.44	2.38	1.12	1.55	0.23	0.40	0.00	0.00
	2.91	2.05	4.85	5.13	5.11	3.53	0.60	0.77	0.60	0.15	0.00
	5.74	3.00	12.46	10.81	4.77	1.71	0.85	1.38	0.27	0.20	0.00
	4.65	6.20	10.08	10.94	6.42	1.41	0.90	1.23	0.00	0.00	0.00
wachstum der Wurzeln in Millimeter											
lige Længdevækst i Millimeter											
	3.74	3.00	7.52	8.81	4.29	1.82	0.76	0.75	0.17	0.04	0.00
	±0.26	±0.25	±0.54	±0.58	±0.32	±0.23	±0.19	±0.16	±0.05	±0.01	—

ist die Temperatur im Sandboden (1) und die Bodenfeuchtigkeit im Mittel von 1—20 und 50 cm Tiefe im Sandboden (5) und Moorboden (4) angegeben.

In den Figuren Nr. 22, 23 und 24 ist der Verlauf des Wurzelwachstums graphisch, zusammen mit den entsprechenden Kurven für Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit, sowohl in 1—20 und in 50 cm Tiefe, illustriert.

In beiden Jahren und auf allen untersuchten Örtlichkeiten begannen die Fichtenwurzeln Ende März und in der ersten Hälfte des April bei einer mittleren Bodentemperatur von 4—5⁰ zu wachsen; 1936 in der Periode vom 31. März—13. April mit einer mittleren Bodentemperatur¹⁾ von 4,6⁰, und 1937 in der Periode vom 28. März—16. April mit einer mittleren Bodentemperatur von etwa 5,0⁰ ²⁾.

Der Wurzelausbruch umfasste bei dem einzelnen Baum beinahe sofort das ganze Wurzelsystem. Er begann in den Spitzen der kräftigsten Langwurzeln und etwa sechs bis acht Tage später in den dünneren Seitenwurzeln der Langwurzeln. Auf den sonnenausgesetzten Rändern des Bestandes begannen die Wurzeln der gleichen Bäume auf der sonnenausgesetzten Seite etwa zehn Tage früher zu wachsen als innen im Schatten des Bestandes.

Der Unterschied zwischen dem Beginn des Wurzelausbruchs bei den einzelnen Bäumen innerhalb des gleichen Bestandes war in einzelnen Fällen ziemlich bedeutend. Mehrere Male wurden so Seite an Seite stehende Bäume beobachtet, bei denen die Wurzeln des einen Baumes beinahe einen Monat früher sehr lebhaft zu wachsen begannen als die Wurzeln des anderen Baumes, ohne dass dies als Folge äusserer Ursachen erklärt werden konnte. Wahrscheinlich handelte es sich in diesen Fällen um eine für das einzelne Individuum spezifisch endonome Anlage. Bemerkenswert war, dass die Bäume, die den späten Wurzelausbruch und deswegen die kürzeste Wachstumsperiode hatten, in dem Bestand sämtlich starke und derbe Bäume waren.

In beiden Jahren hörte das Wurzelwachstum im November

1) Mittlere Bodentemperatur im Sandboden.

2) Nach der Lufttemperatur auf der Grundlage gewonnener Erfahrungen über das Verhältnis zwischen der Lufttemperatur und der entsprechenden Bodentemperatur in 20 cm Tiefe berechnet.

Tabelle XXVII. Fichte (*Picea abies* KARST). Örtl. IV.
Rødgran.

Der Baum Træet			Das durchschnittliche tägliche Längenwachstum des Haupt- triebtes T. und des obersten Quirl G. <i>Den gennemsnitlige daglige Længdevækst af Topskuddet T. og øverste Grenkrans G.</i>													
Nr.	A.	H.	$\frac{16}{4}-\frac{2}{5}$		$\frac{2}{5}-\frac{17}{5}$		$\frac{17}{5}-\frac{31}{5}$		$\frac{31}{5}-\frac{13}{6}$		$\frac{13}{6}-\frac{28}{6}$		$\frac{28}{6}-\frac{19}{7}$		$\frac{19}{7}-\frac{31}{7}$	
			T.	G.	T.	G.	T.	G.	T.	G.	T.	G.	T.	G.	T.	G.
ca.	m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	8	1.29	0	0	0	0	0.2	2	6	16	8	11	4	1	0	0
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	8	1.22	0	0	0	0	0	1	2	39	9	39	3	11	0	0
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	8	1.49	0	0	0	5	1	31	8	55	6	17	4	5	0	0
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	8	1.38	0	1	1	5	3	15	11	36	6	7	4	0	0	0
5	8	0.99	0	0	0	0	0	3	5	33	7	7	4	4	0	0
6	8	1.30	0	0	0	0	0	3	1	29	9	20	2	7	0	0
7	8	1.18	0	0	1	3	2	13	10	25	5	4	0	0	0	0
8	8	1.19	0	0	0	0	0	1	3	14	6	12	3	6	0	0
9	8	1.20	0	0	0	3	2	19	8	24	5	14	2	1	0	0
10	8	1.08	0	0	0	0	0	2	2	28	4	22	3	5	0	0
11	8	1.30	0	0	0	0	0	6	3	24	8	26	2	11	0	0
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	8	1.17	0	0	0	0	1	15	8	38	6	31	2	1	0	0
13	8	1.28	0.2	1	1	12	5	32	13	40	9	11	3	0	0	0
14	8	1.71	0	0	0	0	0	0	3	22	9	19	6	12	0	0
15	8	0.76	0	0	1	4	2	11	8	34	6	5	0	0	0	0
16	8	1.41	0	0	1	3	3	12	15	58	7	19	2	8	0	0
Die Durchschnittszahl umgerechnet nach der Anzahl von gemessenen Wurzeln an jedem Baume																
<i>Middeltal omregnet efter Antal af maatte Rødder paa hvert Træ.</i>																
			0	0	0.2	1.7	0.9	9.4	5.9	31.6	7.2	18.8	2.9	5.4	0	0

A = Alter, Alder. H = Höhe, Højde.

Der Baum <i>Træet</i>		Die Wurzel <i>Roden</i>		Das tägliche Längenwachstum <i>Rodens daglige Længdevækst</i>					
Nr.	Nr.	D. ca. mm	Tiefe unter der Erd- oberfläche <i>Dybde</i> under Jord- overfladen cm	März	$\frac{28}{16}$ / $\frac{3}{4}$	$\frac{18}{2}$ / $\frac{4}{5}$	$\frac{2}{17}$ / $\frac{5}{5}$	$\frac{17}{31}$ / $\frac{5}{5}$	$\frac{31}{13}$ / $\frac{5}{6}$
				—	19	16	15	14	13
1	1	2.2	6—11	0.00	0.00	0.94	1.87	2.86	4.54
1	2	2.5	9—9	0.00	0.42	1.50	1.87	3.71	4.54
1	3	1.8	7—10	0.00	0.26	1.25	1.47	4.00	6.00
2	4	2.8	16—11	0.00	0.21	0.75	1.47	5.21	5.62
2	5	1.9	24—17	0.00	0.42	0.75	0.53	6.57	4.15
2	6	2.4	8—14	0.00	0.37	1.00	1.67	3.29	5.08
3	7	3.0	4—9	0.00	0.00	0.69	1.87	2.29	3.69
3	8	2.4	11—7	0.00	0.74	2.00	2.67	3.86	6.00
4	9	2.0	5—15	0.00	0.11	0.63	1.93	4.50	7.69
5	10	2.0	7—4	0.00	0.32	0.88	1.67	3.93	4.15
6	11	2.2	11—19	0.00	0.00	0.88	3.60	3.86	4.62
7	12	1.7	6—3	0.00	0.00	0.69	2.00	3.93	6.08
8	13	2.1	7—0	0.00	0.21	1.31	2.47	2.00	4.23
9	14	2.4	8—16	0.00	0.00	0.44	1.93	3.29	3.08
10	15	2.5	13—8	0.00	0.00	1.25	2.80	4.86	4.00
11	16	2.5	18—14	0.00	0.11	0.88	2.80	2.79	2.62
11	17	2.1	9—11	0.00	0.16	0.56	2.33	2.50	6.62
11	18	2.6	3—10	0.00	0.21	0.69	3.93	3.57	5.31
12	19	1.6	7—7	0.00	0.00	0.50	2.53	3.21	7.31
13	20	2.3	4—10	0.00	0.26	1.25	3.00	3.21	4.62
14	21	2.7	15—23	0.00	0.32	0.75	2.33	2.36	1.23
15	22	2.0	12—18	0.00	0.00	0.56	2.00	3.21	2.31
16	23	1.9	9—14	0.00	0.00	1.00	1.93	2.50	5.69
				Das durchschnittliche tägliche Längen- <i>Røddernes gennemsnitlige daglige</i>					
				0.00	0.18	0.92	2.20	3.54	4.75
				—	± 0.04	± 0.08	± 0.15	± 0.22	± 0.33

der Wurzel in Millimeter im unten angeführten Zeitraum 1937.

i Millimeter i nedenfor anførte Tidsrum 1937.

$\frac{13}{6}$ - $\frac{28}{6}$	$\frac{28}{6}$ - $\frac{19}{7}$	$\frac{19}{7}$ - $\frac{31}{7}$	$\frac{31}{7}$ - $\frac{15}{8}$	$\frac{15}{8}$ - $\frac{4}{9}$	$\frac{4}{9}$ - $\frac{18}{9}$	$\frac{18}{9}$ - $\frac{7}{10}$	$\frac{7}{10}$ - $\frac{24}{10}$	$\frac{24}{10}$ - $\frac{7}{11}$	$\frac{7}{11}$ - $\frac{21}{11}$	$\frac{21}{11}$ - $\frac{6}{12}$
Anzahl Tage Antal Dage										
15	21	12	15	20	14	19	17	14	14	15
4.73	6.24	8.17	4.00	1.45	1.43	2.21	2.88	1.14	1.14	0.00
5.00	3.10	5.50	3.40	1.05	1.14	2.95	4.29	2.07	0.71	0.00
5.93	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.73	7.62	8.08	5.73	1.70	1.71	2.89	3.00	1.21	0.79	0.00
4.47	3.52	6.25	3.80	2.55	2.00	2.32	2.76	1.07	0.57	0.00
5.80	4.86	5.92	4.27	2.20	1.43	2.53	0.94	0.86	0.00	0.00
2.47	2.14	4.42	4.20	2.50	1.50	2.68	2.71	1.43	0.50	0.00
6.67	8.24	9.83	4.67	2.65	1.43	3.21	—	—	—	—
10.00	7.14	12.50	3.33	2.40	2.14	2.37	3.88	1.36	0.86	0.00
8.07	9.33	7.17	4.33	2.65	3.14	2.68	2.29	0.43	0.64	0.00
4.47	5.00	6.67	3.27	3.00	0.71	3.37	3.65	0.79	0.36	0.00
6.67	4.05	5.08	1.53	0.50	0.57	2.21	3.76	1.36	1.64	0.00
3.67	6.19	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.00	3.29	4.50	1.00	1.55	0.64	2.05	1.29	0.64	0.21	0.00
7.33	3.96	4.83	2.07	1.55	0.93	2.79	2.65	1.36	0.50	0.00
2.73	2.62	3.92	2.40	2.05	4.64	2.47	2.94	1.36	0.86	0.00
6.60	10.38	13.00	4.73	1.50	1.43	3.32	2.82	1.57	1.71	0.00
5.67	6.38	4.33	3.47	1.55	0.57	2.53	1.24	1.93	1.29	0.00
4.33	3.52	4.58	4.27	1.20	1.57	2.47	3.47	1.64	0.29	0.00
4.60	5.14	6.16	3.20	1.35	1.21	2.16	1.71	1.43	1.00	0.00
3.67	6.90	6.58	4.80	2.15	1.57	2.53	2.88	1.93	1.14	0.00
2.73	3.14	4.17	2.33	2.75	1.50	2.32	3.59	1.07	0.43	0.00
6.07	6.19	8.33	5.47	2.25	1.00	2.84	3.82	2.57	1.21	0.00

wachstum der Wurzeln in Millimeter.

Længdevækst i Millimeter.

5.37	5.40	6.67	3.63	1.93	1.54	2.61	2.83	1.36	0.79	0.00
± 0.37	± 0.48	± 0.56	± 0.27	± 0.14	± 0.20	± 0.08	± 0.21	± 0.11	± 0.10	—

auf, auch bei ungefähr gleicher mittlerer Bodentemperatur von etwa $6-7^{\circ}$; 1936 in der Periode vom 10.—30. November, mit einer mittleren Bodentemperatur von etwa 6.1° , und 1937 in der Periode vom 7.—21. November bei einer mittleren Bodentemperatur von auch 6.1° .

Im Gegensatz zum Wurzelausbruch hörte das Wurzelwachstum, wenn man von den extremen Bodenörtlichkeiten absieht, stufenweise auf, was aus den Messungen von 1935 und 1936 deutlich hervorgeht. 1935 hörte eine einzelne Wurzel in der Periode vom 5.—20. Oktober zu wachsen auf, während eine andere Wurzel noch in der Periode vom 19. November—13. Dezember wuchs. 1936 war der Unterschied noch grösser, indem eine einzelne Wurzel bereits in der Periode vom 6.—23. September aufhörte, und die letzten sieben Wurzeln etwa zwei Monate später, in der Periode vom 10.—30. November, zu wachsen aufhörten.

Da die Wurzeln auf so sehr verschiedenen Bodenörtlichkeiten ausgesucht worden waren, kann der periodische Verlauf des Wurzelwachstum innerhalb der ganzen Wachtumsperiode in den beiden Jahren nicht direkt verglichen werden, und die Verschiedenheiten in dem periodischen mittleren Wurzelwachstum können nicht allein aus den unterschiedlichen klimatischen Verhältnissen der beiden Jahre erklärt werden.

1936. In diesem Jahr stieg das periodische mittlere Längenwachstum der Wurzeln regelmässig von durchschnittlich 0.02 ± 0.01 mm täglich in der Wurzelausbruchsperiode vom 31. März—13. April bis durchschnittlich 3.74 ± 0.26 mm täglich in der Periode vom 31. Mai—23. Juni. Danach folgte ein gewisser Rückgang in der Wachstumsgeschwindigkeit bis durchschnittlich nur 3.00 ± 0.25 mm täglich in der folgenden trockenen Periode vom 23. Juni—13. Juli, und vom 13. Juli—11. August erreichte das mittlere Längenwachstum die maximalen Werte des Jahres mit durchschnittlich 7.52 ± 0.54 bzw. 8.81 ± 0.58 mm täglich, wonach die Wachstumsgeschwindigkeit abnahm, im Beginn besonders stark bis durchschnittlich 4.29 ± 0.32 , 1.82 ± 0.23 und 0.76 ± 0.19 mm täglich in den Perioden vom 11. August—6. September, bzw. 6.—23. September und 23. September—13. Oktober und danach etwas langsamer bis durchschnittlich 0.04 ± 0.01 mm täglich in der letzten Periode vom 10.—30. November.

Tabelle XXVIII. Fichte (*Picea abies* KARST.) Örtl. V.
Rødgran.

Der Baum Træet			Das durchschnittliche tägliche Längenwachstum des Haupttriebes T. und des obersten Quirl G. Den gennemsnitlige daglige Længdevækst af Topskuddet T. og øverste Grenkrans G.													
Nr.	A. ca.	H. m	16/4- 2/5		2/5- 17/5		17/5- 31/5		31/5- 13/6		13/6- 28/6		28/6- 19/7		19/7- 31/7	
			T. mm	G. mm	T. mm	G. mm	T. mm	G. mm	T. mm	G. mm	T. mm	G. mm	T. mm	G. mm	T. mm	G. mm
1	8	1.29	0.4	2	2	7	4	17	11	7	9	5	1	0	0	0
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	8	1.47	0	0	0	0	0	0	7	41	10	31	10	4	0	0
3	8	1.55	0	1	1	4	5	21	11	25	13	14	13	2	0	0
4	8	1.41	0	0	0	1	1	7	10	35	9	23	6	15	0	0
5	8	1.03	1	4	3	15	5	33	15	40	8	12	3	0	0	0
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	8	1.52	0	0	0	2	2	11	11	41	7	12	7	4	0	0
7	8	1.44	0	0	0	0	0	3	8	28	11	39	10	8	0	0
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	8	1.67	0	0	0	3	3	17	12	39	10	11	6	0	0	0
9	7	1.32	0	2	2	6	8	31	11	16	11	9	4	10	0	0
10	8	1.49	0	0	0	4	3	19	11	46	7	12	2	2	0	0
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	8	1.18	0	2	2	10	5	31	7	37	1	7	1	1	0	0
12	8	1.33	0.3	2	2	8	6	31	14	33	11	21	2	0	0	0
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	8	1.65	1	3	2	4	5	8	17	108	12	6	6	8	0	0
Die Durchschnittszahl umgerechnet nach der Anzahl von gemessenen Wurzeln an jedem Baume.																
Middeltal omregnet efter Antal af maalte Rødder paa hvert Træ.																
			0.3	1.3	1.1	5.7	3.6	19.1	11.4	36.3	8.8	15.0	4.3	3.0	0	0

A = Alter, Alder. H = Höhe, Højde.

Der Baum <i>Træet</i>		Die Wurzel <i>Roden</i>		Das tägliche Längenwachstum <i>Rodens daglige Længdevækst</i>					
Nr.	Nr.	D. ca. mm	Tiefe unter der Erd- oberfläche <i>Dybde</i> under <i>Jord-</i> <i>overfladen</i> cm	März	$\frac{28}{3}$ - $\frac{16}{4}$	$\frac{16}{4}$ - $\frac{2}{5}$	$\frac{2}{5}$ - $\frac{17}{5}$	$\frac{17}{5}$ - $\frac{31}{5}$	$\frac{31}{5}$ - $\frac{13}{6}$
				—	19	16	15	14	13
				1	1	2.1	9—16	0.00	0.32	0.75	2.00	2.86	9.31
1	2	3.0	2—2	0.00	0.00	0.81	1.67	2.00	2.15
1	3	2.2	14—20	0.00	0.00	1.38	2.73	5.79	2.69
2	4	2.5	9—13	0.00	0.00	0.00	2.00	6.43	4.62
3	5	2.1	10—8	0.00	0.26	1.06	4.53	6.64	4.00
4	6	1.7	11—16	0.00	0.00	0.38	0.53	2.86	3.62
5	7	2.2	10—12	0.00	0.00	0.56	2.53	2.14	2.62
5	8	2.6	14—20	0.00	0.11	0.38	1.47	4.29	2.46
5	9	2.0	10—14	0.00	0.00	0.75	1.87	4.43	4.46
6	10	2.3	9—11	0.00	0.26	1.13	0.47	3.50	4.46
7	11	1.9	3—9	0.00	0.00	0.38	2.47	4.07	2.54
7	12	2.1	12—12	0.00	0.32	1.13	1.87	6.71	1.92
8	13	2.5	14—11	0.00	0.11	1.13	1.73	4.64	2.15
9	14	2.3	21—23	0.00	0.58	1.25	0.67	2.14	7.85
10	15	2.2	17—14	0.00	0.00	0.88	2.53	2.86	3.38
10	16	1.9	16—12	0.00	0.00	1.00	2.13	3.57	2.31
10	17	2.2	13—19	0.00	0.00	1.13	3.80	6.21	2.62
10	18	2.0	11—9	0.00	0.16	1.19	0.47	5.36	1.54
10	19	2.7	15—13	0.00	0.26	0.75	4.53	6.79	3.69
11	20	2.6	21—17	0.00	0.21	1.50	1.60	8.93	2.69
12	21	2.0	15—17	0.00	0.16	1.13	3.13	8.21	1.92
12	22	2.1	13—15	0.00	0.00	1.25	2.00	4.29	2.62
13	23	2.5	11—13	0.00	0.16	0.94	1.67	2.50	4.15
				Das durchschnittliche tägliche Längen- <i>Røddernes gennemsnitlige daglige</i>					
				0.00	0.13	0.91	2.10	4.66	3.47
				—	± 0.03	± 0.08	± 0.23	± 0.42	± 0.39

der Wurzel in Millimeter im unten angeführten Zeitraum 1937.
i Millimeter i nedenfor anførte Tidsrum 1937.

$\frac{13}{6}$ - $\frac{28}{6}$	$\frac{28}{6}$ - $\frac{19}{7}$	$\frac{19}{7}$ - $\frac{31}{7}$	$\frac{31}{7}$ - $\frac{15}{8}$	$\frac{15}{8}$ - $\frac{4}{9}$	$\frac{4}{9}$ - $\frac{18}{9}$	$\frac{18}{9}$ - $\frac{7}{10}$	$\frac{7}{10}$ - $\frac{24}{10}$	$\frac{24}{10}$ - $\frac{7}{11}$	$\frac{7}{11}$ - $\frac{21}{11}$	$\frac{21}{11}$ - $\frac{6}{12}$
Anzahl Tage Antal Dage										
15	21	12	15	20	14	19	17	14	14	15
6.00	5.24	9.58	6.40	4.40	5.21	3.58	3.53	2.43	0.21	0.00
3.27	2.90	4.25	4.00	—	—	—	—	—	—	—
3.67	3.38	4.58	4.20	2.90	4.93	3.95	4.06	1.00	2.57	0.00
5.67	4.76	6.25	6.13	4.55	5.50	5.21	3.06	0.93	0.36	0.00
3.20	4.43	6.50	5.80	2.30	—	—	—	—	—	—
2.93	2.76	4.33	4.40	3.15	5.43	4.47	4.12	1.07	0.36	0.00
3.20	4.76	6.42	5.40	3.35	4.93	5.00	4.41	0.29	0.00	0.00
3.33	4.43	5.67	5.20	2.50	2.00	2.53	1.88	1.64	0.79	0.00
3.20	2.76	4.83	3.93	2.60	4.64	3.00	3.53	2.57	0.29	0.00
4.47	4.43	6.58	5.60	4.25	7.14	3.42	2.53	0.86	0.64	0.00
2.47	2.14	3.92	2.93	1.00	2.29	1.84	1.00	1.71	0.71	0.00
2.13	4.10	5.50	4.87	3.30	3.86	3.11	2.76	1.36	0.86	0.00
4.73	4.71	5.67	4.93	1.25	2.21	2.53	2.35	1.21	0.14	0.00
6.53	5.00	6.83	5.47	3.65	5.36	3.21	3.12	1.43	0.57	0.00
3.73	3.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.67	3.33	3.75	3.33	1.05	2.14	2.11	2.18	1.07	0.43	0.00
4.80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.00	3.33	4.83	3.87	2.65	2.93	1.32	1.24	1.00	0.43	0.00
2.33	3.00	4.75	4.80	2.75	3.50	1.79	1.06	0.50	0.07	0.00
2.07	1.90	4.17	3.80	4.00	7.07	4.47	2.00	1.86	1.00	0.00
6.33	2.14	5.08	4.33	3.05	2.93	3.00	2.88	1.93	0.43	0.00
1.47	1.19	3.92	2.73	2.00	3.36	3.47	2.94	1.64	0.64	0.00
2.80	2.29	4.92	3.80	4.15	6.14	4.05	4.71	1.29	0.71	0.00

wachstum der Wurzeln in Millimeter.

Længdevækst i Millimeter.

3.74	3.46	5.35	4.57	2.94	4.29	3.27	2.81	1.36	0.59	0.00
± 0.29	± 0.25	± 0.30	± 0.22	± 0.24	± 0.38	± 0.25	± 0.25	± 0.14	± 0.13	—

Tabelle XXIX. Fichte
Rød

Die Pflanze Planten		Bodenbeschreibung Jordbundsbeskrivelse	Die Wurzel Roden			Das tägliche Län Roden		
A.	H.		Nr.	D. mm	Tiefe unter der Erd- oberfläche Dybde under Jord- overfladen cm	Jan.	Febr.	März
ca.	m	31				28	31	
		Obere Bodenschicht Overgrund						
4	0.20	Junge Pflanzen in einem Pflanzbeet. Lehmiger, kalkhaltiger Sand. <i>Unge Planter i et Planteskolebed. Leret, kalkholdigt Sand.</i>	1	1.4	3— 5	0.00	0.00	0.00
»	»		2	1.0	2— 7	0.00	0.00	0.00
4	0.26		3	2.0	4— 6	0.00	0.00	0.00
4	0.36		4	1.4	3— 5	0.00	0.00	0.00
4	0.22		5	1.0	2— 5	0.00	0.00	0.00
4	0.30		6	2.2	3— 4	0.00	0.00	0.00
4	0.25		7	1.8	2— 4	0.00	0.00	0.00
4	0.28		8	1.2	4— 9	0.00	0.00	0.00
4	0.23		9	1.0	3— 8	0.00	0.00	0.00
4	0.34		10	2.2	5—12	0.00	0.00	0.00
A = Alter, Alder. H = Höhe, Højde. D = Durchmesser, Diameter.						Das durch- Rød-		
						0.00	0.00	0.00
						—	—	—

Wie aus einem Vergleich zwischen dem Wurzelwachstum in den einzelnen Perioden und der entsprechenden Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit hervorgeht, scheint das Wachstum der Fichtenwurzeln in der warmen Jahreszeit, d. h. in der Hauptwachstumsperiode, hauptsächlich vom Bodenwassergehalt beeinflusst zu sein. So ist charakteristisch, 1) dass die Unterbrechung der sonst von Periode zu Periode gleichmässig steigenden Wachstumsgeschwindigkeit vom Wurzelausbruch bis zum Maximum in die trockene Periode vom 23. Juni—13. Juli mit der maximalen Bodentemperatur von 15.5° im Mittel, aber mit einer Bodenfeuchtigkeit von nur 19.1% fiel, 2) dass das maximale Wachstum des Jahres in den beiden ausserordentlich

(*Picea abies* KARST.)
gran.

genwachstum der Wurzel in Millimeter im unten angeführten Zeitraum 1936
daglige Længdevækst i Millimeter i nedenfor anførte Tidsrum 1936

31/3- 13/4	13/4- 2/5	2/5- 17/5	17/5- 31/5	31/5- 23/6	23/6- 13/7	13/7- 26/7	26/7- 11/8	11/8- 6/9	6/9- 23/9	23/9- 13/10	13/10- 26/10	26/10- 10/11
Anzahl Tage Antal Dage												
13	19	15	14	23	20	13	16	26	17	20	13	15
0.00	0.21	0.60	0.93	1.09	1.00	3.15	2.75	0.50	0.41	0.70	0.15	0.00
0.46	0.95	1.33	1.36	1.35	0.85	4.00	3.81	0.73	0.53	1.65	0.38	0.00
0.00	0.47	0.93	1.71	1.96	0.65	3.77	2.50	0.42	0.53	0.40	0.00	0.00
0.00	0.00	0.27	0.64	1.13	0.45	2.77	3.31	0.54	0.12	0.05	-0.15	0.00
0.00	0.74	0.40	1.14	0.61	0.65	3.15	2.81	0.62	-0.12	0.00	0.00	0.00
0.23	1.00	1.40	1.36	1.65	0.60	3.69	1.25	0.27	0.00	-0.05	0.00	0.00
0.00	0.00	0.53	1.29	1.87	0.35	1.31	1.69	0.46	0.53	0.70	0.23	0.00
0.00	0.32	0.87	1.71	1.48	0.20	1.77	1.12	0.19	0.00	-0.05	0.08	0.00
0.00	0.00	0.00	0.57	1.09	0.30	2.62	2.62	—	—	—	—	—
0.00	0.00	0.00	0.00	1.78	0.80	2.15	2.75	0.54	0.35	0.40	0.00	0.00

schnittliche, tägliche Längenwachstum der Wurzeln in Millimeter
dernes gennemsnitlige daglige Længdevækst i Millimeter

0.07	0.37	0.63	1.07	1.40	0.59	2.84	2.46	0.47	0.26	0.42	0.08	0.00
±0.05	±0.13	±0.16	±0.17	±0.13	±0.08	±0.28	±0.27	±0.06	±0.09	±0.18	±0.05	—

niederschlagsreichen Perioden in der zweiten Hälfte des Juli und der ersten Hälfte des August mit einer mittleren Bodentemperatur von 15.1° bzw. 14.4° und einer entsprechenden mittleren Bodenfeuchtigkeit von 24.9% bzw. 24.0% stattfand und 3) dass der starke Rückgang in der Wachstumsgeschwindigkeit in der zweiten Hälfte des August und im September genau mit der Austrocknung des Bodens zum geringsten periodischen Wassergehalt des Jahres von nur 13.6% in der Periode vom 6.—23. September zusammentraf.

Der Unterschied zwischen dem periodischen Längenwachstum der einzelnen Wurzeln innerhalb der gleichen Periode war, wie aus Tabelle Nr. XXVI hervorgeht, ebenso wie bei den vor-

Tabelle XXX. Das durchschnittliche tägliche Längenwachstum der Fichtenwurzeln in Sand- und Lehmböden in den 1935/36 untersuchten Perioden, mit den entsprechenden Werten für Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur verglichen.

Rødgranrøddernes gennemsnitlige Længdevækst i Sand- og Lerjorder i de undersøgte Perioder i 1935/36 sammenlignet med de tilsvarende Værdier for Jordfugtighed og Jordtemperatur.

Periode	Durchschnittl. tägliches Längenwachstum <i>Gennemsnitlig daglig Længdevækst</i>				Bodentemperatur ¹⁾ <i>Jordtemperatur</i>			Mittlere Bodenfeuchtigkeit ²⁾ <i>Middel Jordfugtighed</i>
	Ältere Bäume <i>Ældre Træer</i>		Junge Pflanzen <i>Unge Planter</i>		abs. Max.	abs. Min.	Mittel <i>Middel</i>	
	mm	ø	mm	ø	C°	C°	C°	%
Herbst, Efteraar 1935:								
5/10—20/10	1.73 ± 0.23	1.17	—	—	—	—	—	—
20/10—4/11	0.81 ± 0.15	0.76	—	—	—	—	—	—
4/11—19/11	0.10 ± 0.04	0.18	—	—	—	—	—	—
19/11—3/12	0.00	—	—	—	—	—	—	—
Winter, Vinter 1935—36:								
Dez.—März	0.00	—	0.00	—	—	—	—	—
Frühjahr, Foraar 1936:								
März	0.00	—	0.00	—	—	—	—	—
31/3—13/4	0.02 ± 0.01	0.07	0.07 ± 0.05	0.16	7.2	2.0	4.6	26.7
13/4—2/5	0.41 ± 0.08	0.41	0.37 ± 0.13	0.40	8.5	2.0	5.7	25.7
2/5—17/5	1.33 ± 0.14	0.68	0.63 ± 0.16	0.50	10.7	6.5	8.0	22.7
17/5—31/5	2.29 ± 0.20	1.01	1.07 ± 0.17	0.54	10.8	8.2	9.4	23.3
Sommer, Sommer 1936:								
31/5—23/6	3.74 ± 0.26	1.31	1.40 ± 0.13	0.43	16.4	8.0	11.6	22.2
23/6—13/7	3.00 ± 0.25	1.24	0.59 ± 0.08	0.26	17.2	14.1	15.5	19.1
13/7—26/7	7.52 ± 0.54	2.64	2.84 ± 0.28	0.89	16.6	14.0	15.1	24.9
26/7—11/8	8.81 ± 0.58	2.86	2.46 ± 0.27	0.86	16.4	12.0	14.4	24.0
11/8—6/9	4.29 ± 0.32	1.55	0.47 ± 0.06	0.17	16.9	11.8	14.5	17.6
Herbst, Efteraar 1936:								
6/9—23/9	1.82 ± 0.23	1.10	0.26 ± 0.09	0.26	15.2	11.0	13.2	13.6
23/9—13/10	0.76 ± 0.19	0.88	0.42 ± 0.18	0.55	15.0	5.5	9.3	15.9
13/10—26/10	0.75 ± 0.16	0.75	0.08 ± 0.05	0.16	10.1	6.0	8.1	20.0
26/10—10/11	0.17 ± 0.05	0.22	0.00	—	10.3	6.2	7.8	—
10/11—30/11	0.04 ± 0.01	0.07	0.00	—	8.7	3.2	6.1	—

1) Im Sandboden (1) 20 cm Tiefe.

I Sandjord (1) 20 cm's Dybde.

2) Im Sandboden (1), Mittel von 1—20 und 50 cm Tiefe.

I Sandjord (1), Middel af 1—20 og 50 cm's Dybde.

Tabelle XXXI. Das durchschnittliche tägliche Längenwachstum der Fichtenwurzeln im Moorboden und im Sandboden in den 1937 untersuchten Perioden, mit den entsprechenden Werten für Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur verglichen.

Rødgranrøddernes gennemsnitlige daglige Længdevækst i Mosejord og i Sandjord i de undersøgte Perioder, i 1937 sammenlignet med de tilsvarende Værdier for Jordfugtighed og Jordtemperatur.

Periode	Durchschnittl. tägliches Längenwachstum Gennemsnitlig dagl. Længdevækst				Bodentemperatur ¹⁾ Jordtemperatur			Mittlere Bodenfeuchtigkeit Middel Jordfugtighed	
	Örtlichkeit V (Sandboden) Lokalitet V (Sandjord)		Örtlichkeit IV (Moorboden) Lokalitet IV (Mosejord)		abs. Max.	abs. Min.	Mittel Middel	In Moor- boden (4) I Mose- jord (4) ‰	In Sand- boden (5) I Sand- jord (5) ‰
	mm	g	mm	g					
Frühjahr, Foraar 1937:									
März	0.00	—	0.00	—	—	—	—	—	—
28/3—16/4	0.13 ± 0.03	0.15	0.18 ± 0.04	0.19	—	—	—	(57.1)	(20.1)
16/4—2/5	0.91 ± 0.08	0.37	0.92 ± 0.08	0.37	8.2	5.2	6.3	(57.1)	(19.7)
2/5—17/5	2.10 ± 0.23	1.12	2.20 ± 0.15	0.73	10.6	7.0	8.9	(54.2)	(20.8)
17/5—31/5	4.66 ± 0.42	2.00	3.54 ± 0.22	1.05	13.5	8.0	11.1	43.7	20.4
Sommer, Sommer 1937:									
31/5—13/6	3.47 ± 0.39	1.86	4.75 ± 0.33	1.57	15.2	9.7	12.4	41.3	18.3
13/6—28/6	3.74 ± 0.29	1.40	5.37 ± 0.37	1.80	14.6	11.1	12.7	39.9	16.5
28/6—19/7	3.46 ± 0.25	1.15	5.40 ± 0.48	2.25	16.0	11.2	13.7	35.4	15.4
19/7—31/7	5.35 ± 0.30	1.33	6.67 ± 0.56	2.58	16.0	13.5	14.9	35.7	16.3
31/7—15/8	4.57 ± 0.22	1.02	3.63 ± 0.27	1.24	16.7	13.8	15.6	33.5	14.7
15/8—4/9	2.94 ± 0.24	1.07	1.93 ± 0.14	0.66	16.6	13.3	15.7	26.6	13.0
Herbst, Efteraar 1937:									
4/9—18/9	4.29 ± 0.38	1.64	1.54 ± 0.20	0.93	16.4	11.0	13.1	26.6	16.4
18/9—7/10	3.27 ± 0.25	1.09	2.61 ± 0.08	0.38	14.2	11.0	12.4	33.5	19.2
7/10—24/10	2.81 ± 0.25	1.10	2.83 ± 0.21	0.94	12.8	9.7	11.0	37.2	17.8
24/10—7/11	1.36 ± 0.14	0.59	1.36 ± 0.11	0.51	11.7	8.5	9.9	35.4	15.4
7/11—21/11	0.59 ± 0.13	0.55	0.79 ± 0.10	0.46	7.8	3.0	6.1	37.0	17.2
21/11—6/12	0.00	—	0.00	—	(5.8)	(2.9)	(4.4)	41.8	19.6

¹⁾ Im Sandboden (1) 20 cm Tiefe.
I Sandjord (1) 20 cm's Dybde.

her besprochenen Baumarten, sehr bedeutend; die Standardabweichung variierte von 0.07 bis 2.86 mm.

Das maximale Längenwachstum des Jahres von durchschnittlich 14.87 mm = etwa 1.5 cm täglich wurde in der Zeit vom 26. Juli—11. August an der Wurzel Nr. 21 gemessen.

1937. Wie aus einem Vergleich zwischen den beiden graphischen Figuren Nr. 23 und Nr. 24 deutlich hervorgeht, bestand, mit Ausnahme der ersten drei Perioden bei Beginn des Wachstums und den drei letzten Perioden bei dessen Abschluss, zwischen dem periodischen Längenwachstum der Wurzeln ein ganz bedeutender und charakteristischer Unterschied in den beiden in diesem Jahr untersuchten, sehr verschiedenen extremen Bodenörtlichkeiten Sandboden (5) und Moorboden (4).

Da es sich nach vorgenommenen Stichproben zeigte, dass die mittlere Bodentemperatur unter den untersuchten Fichten während des ganzen Sommers ungefähr die gleiche war, mit Ausnahme einzelner Tage mit sehr starkem Sonnenschein, muss der Unterschied zwischen dem Wurzelwachstum der beiden Stellen hauptsächlich in der verschiedenen Art des Bodens, in enger Verbindung mit einem sehr verschiedenem Wassergehalt gesucht werden (siehe Tabelle II).

In dem trockenen, sonnen- und windausgesetzten, podsolierten Sandboden (5) scheint das Wurzelwachstum in den Sommermonaten, wie aus Tabelle Nr. XXXI hervorgeht, durch ständigen Feuchtigkeitsmangel gehemmt worden zu sein. Das kann so einmal den unregelmässigen Verlauf der Wachstumskurve in diesem Zeitraum und zum anderen den Umstand erklären, dass das Wurzelwachstum nicht die gleiche ausgeprägte optimale Phase wie im vorangegangenen Jahr 1936 hatte.

Zu Beginn der Wachstumsperiode, als der Bodenwassergehalt dieser Örtlichkeit relativ gross, zwischen etwa 21—22% war und die mittlere Temperatur zwischen 6—12°, stieg die Geschwindigkeit des Wurzelwachstums stark und regelmässig mit der Temperatur von durchschnittlich 0.13 ± 0.03 mm bis 4.66 ± 0.42 mm täglich in den Perioden vom 28. März—16. April, bzw. 17.—31. Mai. Darauf folgte in der Wachstumsgeschwindigkeit ein gewisser Rückgang bis zu den ungefähr gleichen Werten von durchschnittlich 3.47 ± 0.39 , 3.74 ± 0.29 und 3.46 ± 0.25 mm täglich in den folgenden drei verhältnismässig trockenen und

Jordtemperatur = Bodentemperatur.
 Jordfugtighed = Bodenfeuchtigkeit.

— Äldre Bäume.
 - - - - - Planter.

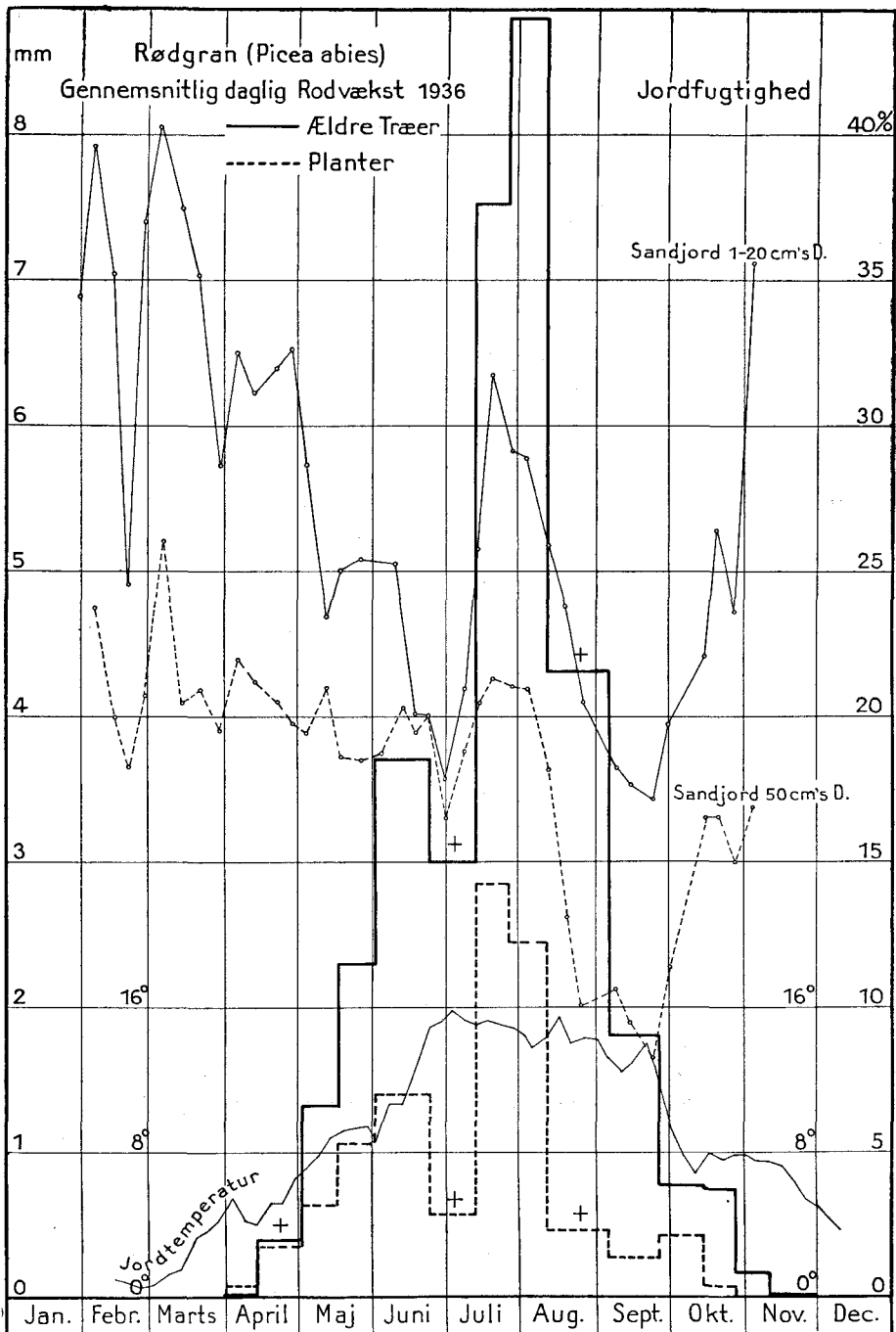


Fig. 22. Graphische Darstellung des periodischen Längenwachstums der Fichtenwurzeln im Sandboden im Jahre 1936. (Siehe Tabelle Nr. XXVI und Nr. XXIX). Es sind die Kurven der Bodentemperatur in 20 cm Tiefe und der Bodenfeuchtigkeit in 1—20 bzw. 50 cm Tiefe im Sandboden (1) dazugesetzt. + gibt lebhaftige Seitenwurzelsbildung an.

Grafisk Fremstilling af Rødgranrøddernes periodiske Længdevækst i Sandjord i 1936 (jvf. Tabellerne XXVI og XXIX). Indlagt Kurver for Jordtemperaturen i 20 cm's Dybde og Jordfugtigheden i 1—20 og 50 cm's Dybde i Sandjorden (1).
 + angiver livlig Siderodsdannelse.

Jordtemperatur = Bodentemperatur. Jordfugtighed = Bodenfeuchtigkeit.

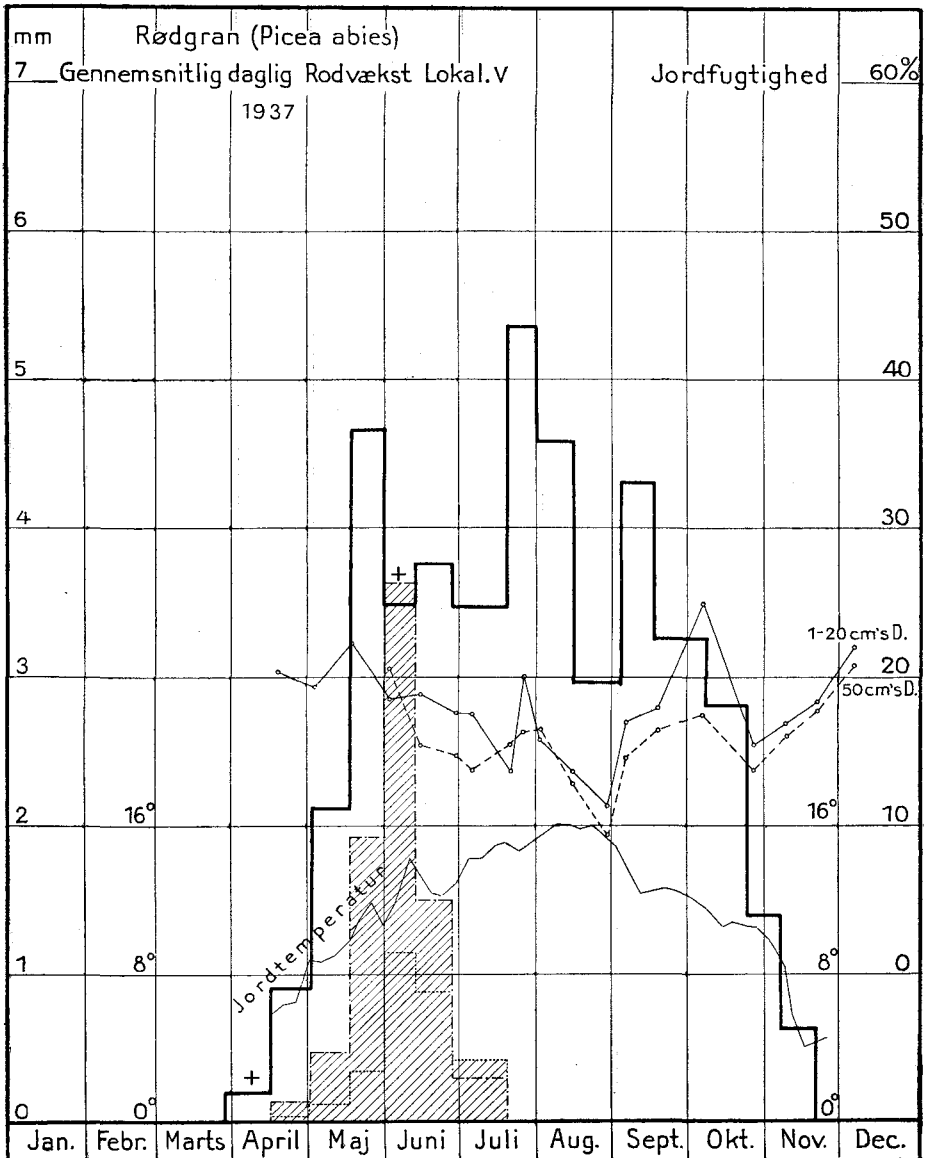


Fig. 23. Graphische Darstellung des periodischen Längenwachstums der Fichtenwurzeln in wind- und sonnenausgesetztem, trockenem Sandboden im Jahre 1937. (Siehe Tabelle Nr. XXVIII). Es sind die Kurven der Bodentemperatur in 20 cm Tiefe im Sandboden (1) und der Bodenfeuchtigkeit in 1—20 bzw. 50 cm Tiefe im Sandboden (5) dazugesetzt. + gibt lebhaftige Seitenwurzelbildung an. Die schraffierte Fläche gibt die Wachstumsgeschwindigkeit des Gipfels und des obersten Quirls im Verhältnis von 1:10 zum Wurzelwachstum an.

Grafisk Fremstilling af Rødgranrøddernes periodiske Længdevækst i vind- og soludsat, tør Sandjord i 1937. (Jvf. Tabel XXVIII). Indlagt Kurver for Jordtemperaturen i 20 cm's Dybde i Sandjorden (1) og for Jordfugtigheden i 1—20 og i 50 cm's Dybde i Sandjorden (5). + angiver livlig Siderodsdannelse. Det skraverede Areal angiver Væksthastigheden i Topskud og øverste Grenkrans i Maalestoksforholdet 1:10 i Sammenligning med Rodvæksten.

Jordtemperatur = Bodentemperatur. Jordfugtighed = Bodenfeuchtigkeit.

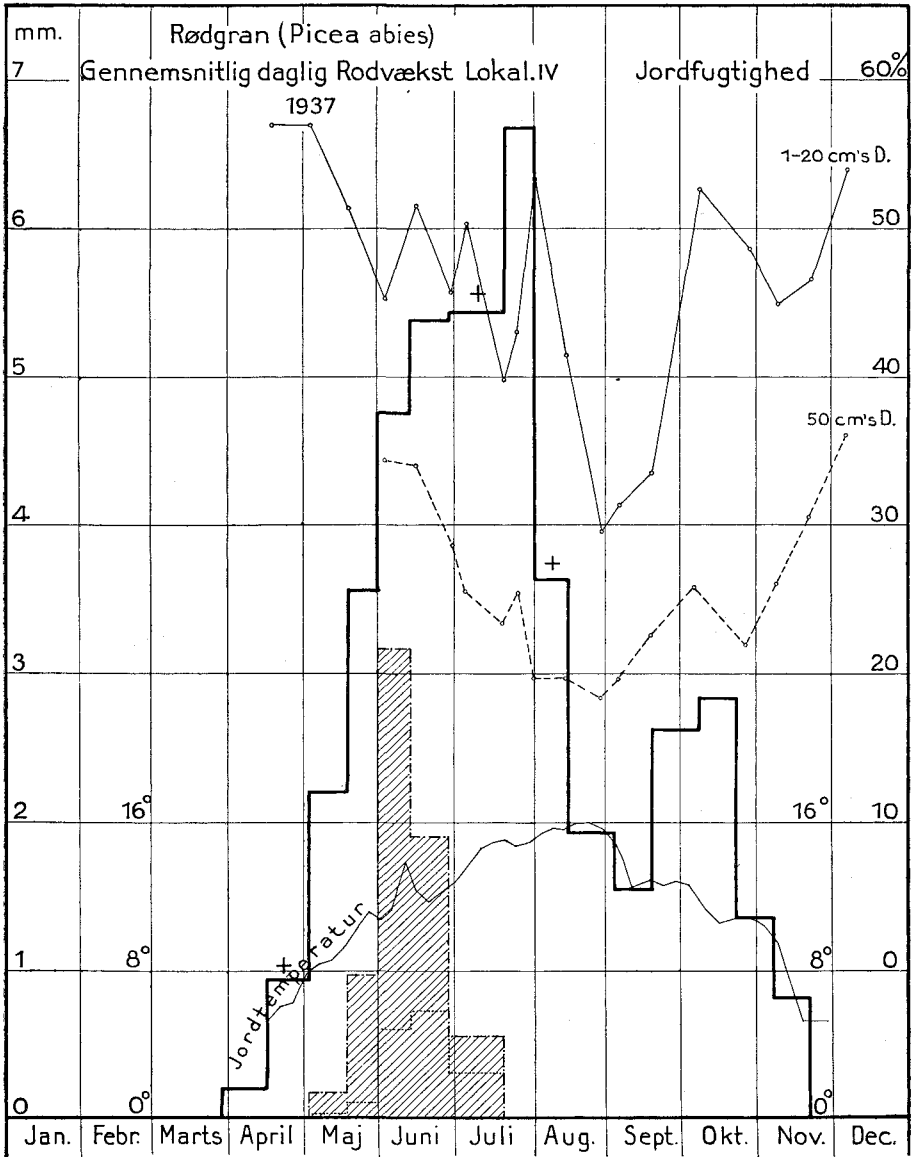
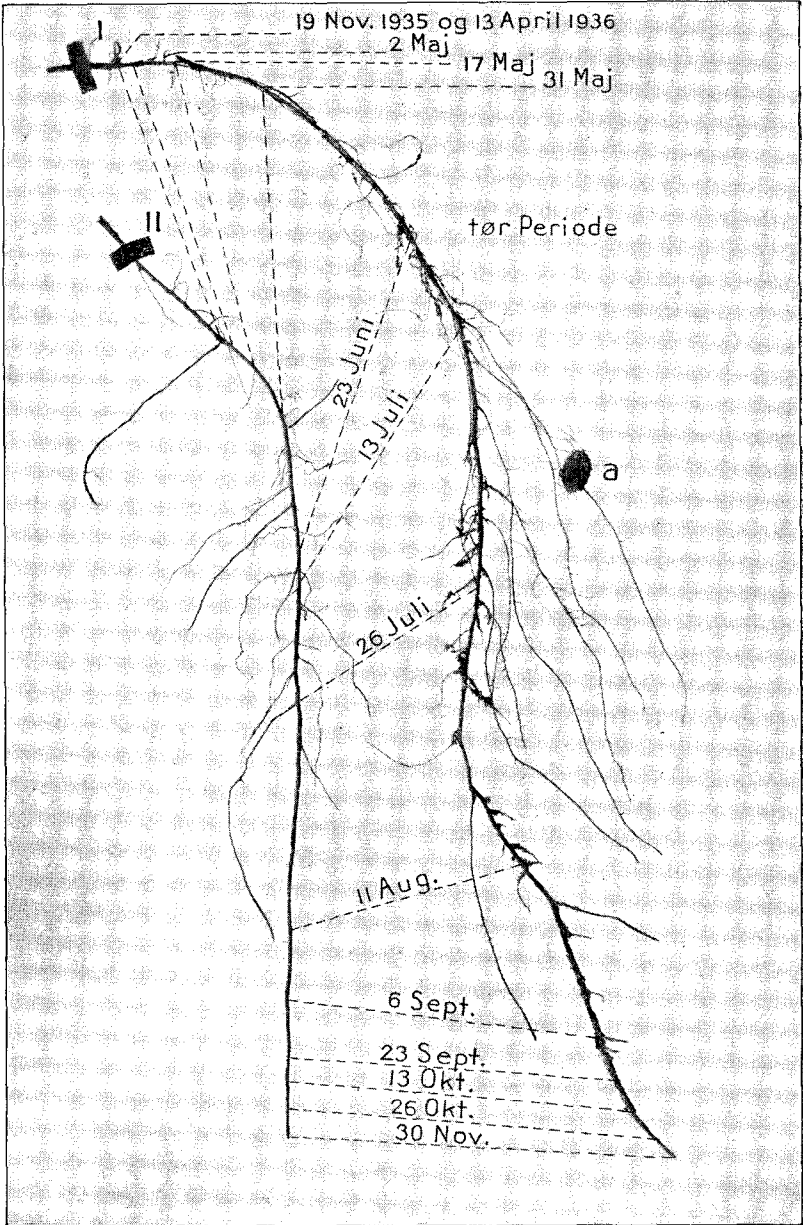


Fig. 24. Graphische Darstellung des periodischen Längenwachstums der Fichtenwurzeln in tiefliegendem, moorartigen Waldboden im Jahre 1937. (Siehe Tabelle Nr. XXVII). Es sind die Kurven der Bodentemperatur in 20 cm Tiefe im Moorboden (3) und der Bodenfeuchtigkeit in 1—20 bzw. 50 cm Tiefe im Moorboden (4) dazugesetzt. + gibt lebhaftige Seitenwurzelbildung an. Die schraffierte Fläche gibt die Wachstumsgeschwindigkeit des Gipfels und des obersten Quirls im Verhältnis von 1:10 zum Wurzelwachstum an.

Grafisk Fremstilling af Rødgranrøddernes periodiske Længdevækst i lavtliggende, moseagtig Jordbund i 1937 (jvf. Tabel XXVII). Indlagt Kurver for Jordtemperatur i 20 cm's Dybde i Mosejorden (3) og Jordfugtigheden i 1—20 og i 50 cm's Dybde i Mosejorden (4). + angiver livlig Siderødsdannelse. Det skraverede Areal angiver Væksthastigheden i Topskud og øverste Grenkrans i Maalestoksforholdet 1:10 i Sammenligning med Rodvæksten.



1:4.8

Fig. 25. Die beiden untersuchten Fichtenwurzeln Nr. 24 (I) und Nr. 10 (II) (siehe Tabelle Nr. XXVI) im Herbst 1936 nach Abschluss der Wachstumsmessungen ausgegraben und photographiert. Auf der Photographie ist das periodische Längenwachstum der Wurzeln für die ganze Untersuchungszeitpanne angegeben. *a* auf der Wurzel I ist eine Fruchthülle (Buchecker) von einer dünnen Seitenwurzel durchwachsen. Die Wurzel Nr. I hat eine Strecke lang an einem

warmen Perioden vom 31. Mai—13. Juni, 13. Juni—28. Juni und 28. Juni—19. Juli, wo die mittlere Bodentemperatur zwischen 12.4 und 13.7° lag, und die mittlere Bodenfeuchtigkeit 18.3% bzw. 16.5% und 15.4% war.

Das Maximalwachstum der Wurzeln von durchschnittlich 5.35 ± 0.30 bzw. 4.57 ± 0.22 mm täglich fiel in die zwei folgenden warmen und trockenen Perioden vom 19. Juli—31. Juli bzw. 31. Juli—15. August, wo die Bodentemperatur bei 14.9° bzw. 15.6° und die mittlere Bodenfeuchtigkeit bei 16.3% und 14.7% lag. Es ist bemerkenswert, dass diese Maximumperiode genau in den gleichen Zeitraum wie im vorangegangenen Jahr 1936 fiel (siehe Tabelle Nr. XXVI). Das könnte daraufhin deuten, dass die endonom bestimmte grosse Periode des Längenwachstums der Fichtenwurzeln wie gewöhnlich in dieser Zeitspanne Ende Juli und Anfang August eintreffen würde. Insoweit das richtig ist, erklärt es, warum das Längenwachstum der Wurzeln in den beiden Perioden dieses Zeitraumes im Jahre 1937 grösser war als in den vorangegangenen Perioden, trotz einer geringeren mittleren Bodenfeuchtigkeit in Verbindung mit höherer Temperatur.

Nach dem maximalen Wachstum folgte in der trockenen und warmen Periode vom 15. August—4. September, mit der maximalen mittleren Bodentemperatur des Jahres von 15.7° und einer minimalen Bodenfeuchtigkeit von nur 13.0% ein starker Rückgang in der Wachstumsgeschwindigkeit auf nur durchschnittlich 2.94 ± 0.24 mm täglich.

Mit der Steigerung der Bodenfeuchtigkeit auf 16.4% in der folgenden Periode vom 4.—18. September folgte trotz einer auf 13.1° abnehmenden mittleren Bodentemperatur eine recht bedeutende Wachstumssteigerung auf durchschnittlich 4.29 ± 0.38 mm

Hohlraum in der Erde gefolgt, der dadurch entstand, dass eine früher gebildete Wurzel abfaulte. Es sind noch Rindenreste jener Wurzel zu sehen, die die Wurzel Nr. I ein kürzeres Stück hinter der Wurzelspitze wie eine Hülle umgeben. Die kleinen dunklen Partien an den Kurzwurzeln auf der Wurzel Nr. I sind Mykorrhizabildungen.

De to undersøgte Rødgranrødder Nr. 24 (I) og Nr. 10 (II) (jvf. Tabel XXVI) opgravet og fotograferet efter Vækstmaalingernes Afslutning i Efteraaret 1936. Paa Fotografiet er angivet Røddernes periodiske Længdevækst indenfor hele Undersøgelsestidsrummet. a paa Rod Nr. I er et Oldenhylster, der er gennemvokset af en tynd Siderod. Roden Nr. I har paa en Strækning fulgt et Hulrum i Jorden opstaaet derved, at en tidligere dannet Rod er raadnet bort. Endnu ses Rester af denne Rods Rodbark, der som et Hylster omgiver Roden Nr. I paa et kortere Stykke lidt bag Rodspidsen. De smaa mørke Partier omkring Kortrødderne paa Rod Nr. I er Mykorrhizadannelser.

täglich, danach nahm das Wurzelwachstum gleichmässig mit der Temperatur bis auf durchschnittlich 0.59 ± 0.13 mm täglich in der letzten Periode vom 7.—21. November ab.

In dem feuchten, tiefliegenden Moorboden (4) könnte man erwartet haben, dass das Wurzelwachstum in genauer Abhängigkeit von der Bodentemperatur regelmässig verlaufen würde, da anscheinend von einem direkten Wassermangel keine Rede sein konnte.

Im Anfang bis zum Juli folgte das Wurzelwachstum auch genau der Temperatur, indem es regelmässig von durchschnittlich 0.18 ± 0.04 mm täglich in der Wurzelausbruchsperiode vom 28. März—16. April bis auf durchschnittlich 5.37 ± 0.37 mm täglich in der Periode vom 13.—28. Juni stieg. Aber in den folgenden Perioden vom 28. Juni—19. Juli nahm die Wachstumsgeschwindigkeit dagegen nicht mehr zu als bis durchschnittlich 5.40 ± 0.48 mm täglich, obwohl die mittlere Bodentemperatur von der vorangegangenen bis zu dieser Periode von 12.7 auf 13.7° stieg.

Zugleich mit dieser geringen Wachstumssteigerung fand gerade in dieser Periode eine sehr lebhaftere Neubildung von kurzen Seitenwurzeln an den Langwurzeln in Verbindung mit einer besonders lebhaften Bildung von Mykorrhiza statt.

In der folgenden Periode nahm die Kurzwurzelbildung und Mykorrhizabildung etwas ab, zugleich nahm das Längenwachstum bis zum Maximalwert des Jahres von durchschnittlich 6.67 ± 0.56 mm täglich zu.

Nach dieser kurzen Wachstumssteigerung folgte in den trockenen Perioden vom 31. Juli—15. August, 15. August—4. September und 4.—18. September ein recht plötzlicher Fall der Wachstumsgeschwindigkeit auf durchschnittlich 3.63 ± 0.27 , 1.93 ± 0.14 und 1.54 ± 0.20 mm täglich, während gleichzeitig die Kurzwurzel- und Mykorrhizabildung ausserordentlich stark zunahm. Besonders lebhaft war namentlich die Mykorrhizabildung. Die weissen Mykorrhizafäden durchwoben die oberste 20—30 cm dicke Bodenschicht vollständig, sie bedeckten jede einzelne Langwurzel fast ganz bis auf nur 2—3 cm der äussersten frischen Wurzelspitze, ja oft beobachtete ich, dass sie die weisse Wurzelspitze geradezu vollständig umspinnen hatten und die Wurzel zum vollständigen Wachstumsstillstand zwangen (?).

Mykorrhizabildung wurde nicht nur auf dieser Moorboden-örtlichkeit, sondern überall in den Fichtenbeständen des Waldes auf stark humushaltigem Boden beobachtet.

In den Perioden vom 18. September—7. Oktober und 7.—24. Oktober nahm die Wachstumsgeschwindigkeit erneut zu bis auf durchschnittlich 2.61 ± 0.08 bzw. 2.83 ± 0.21 mm täglich, gleichzeitig damit dass, jedenfalls nach dem Äusseren zu urteilen, die Mykorrhizabildung stark abnahm. An vielen dünnen Wurzeln, die in den vorangegangenen Perioden bis zur äussersten Wurzelspitze vollständig von Mykorrhiza umgeben worden waren, schossen im Laufe dieser beiden Perioden wieder neue, frische Wurzelspitzen in genau der gleichen Weise hervor wie beim Wurzelausbruch im Frühjahr.

In den drei letzten Perioden verlief das Wachstum in der gleichen Weise wie im Sandboden (5), das Wurzelwachstum nahm in der letzten Periode vom 7.—21. November gleichmässig mit der Temperatur um durchschnittlich bis zu 0.79 ± 0.10 mm täglich ab.

Wie aus dem Vorangegangenen hervorgeht, war die Geschwindigkeit des Wurzelwachstums im Verhältnis zur Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit in den Perioden relativ gering, in denen die Kurzwurzel- und Mykorrhizabildung besonders lebhaft war. Die Frage ist naheliegend, ob die Bildung der Kurzwurzeln und der Mykorrhiza die primäre Ursache dieses relativ geringen Längenwachstums der Langwurzeln war, oder umgekehrt, ob eine Abnahme der Wachstumsgeschwindigkeit das Primäre und die Bildung von Kurzwurzeln und Mykorrhiza das sekundäre Phänomen gewesen ist. Diese Frage hat für ein näheres Verständnis der allgemeinen Verhältnisse zwischen der Mykorrhizabildung und dem Wachstum der Bäume grosses Interesse. Leider kann das auf Grund der ausgeführten Untersuchungen nicht klar entschieden werden, das erfordert sehr sorgfältige experimentelle Untersuchungen. (Viel deutet jedoch daraufhin, dass die Mykorrhizabildung die direkte primäre Ursache sowohl der lebhaften Kurzwurzelbildung wie des abnehmenden Längenwachstums war).

b) Das Wurzelwachstum der jungen Fichtenpflanzen.

Die Wurzelwachstumsperiode der jungen Fichtenpflanzen wechselte von Örtlichkeit zu Örtlichkeit ausserordentlich stark.

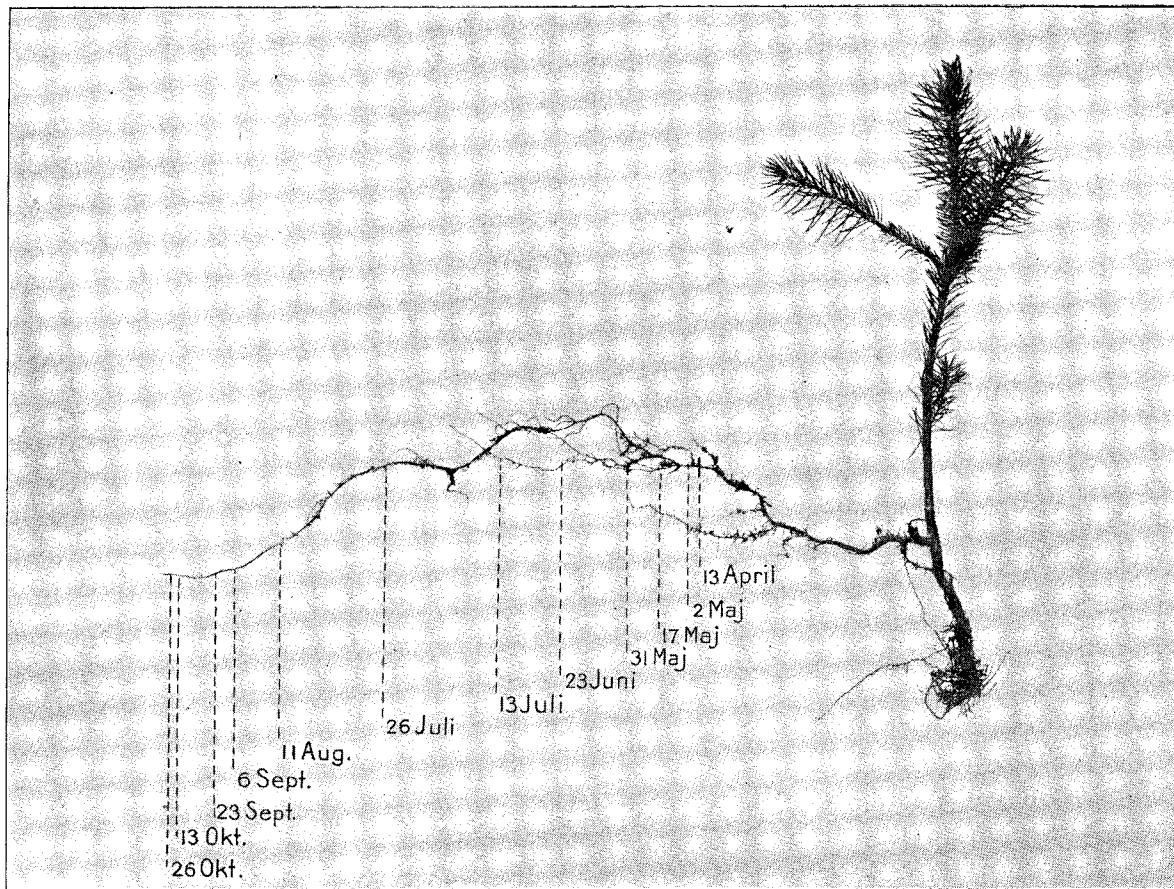
Auf Wuchsplätzen, wo der Boden sandig und tagsüber dem Sonnenlicht direkt ausgesetzt war, auch ohne Bodenvegetation, wie z. B. in Baumschulen usw., hatten alle beobachteten Fichtenpflanzen in den Frühjahrsmonaten März oder April einen sehr lebhaften und das ganze Wurzelsystem umfassenden Wurzelausbruch. Die Seitenwurzelbildung und das Längenwachstum der Langwurzeln konnte in diesen Monaten besonders lebhaft sein.

In der Periode der Triebstreckung im Mai und Juni hörte das Wurzelwachstum nahezu vollständig auf, um ungefähr Anfang Juli erneut zu beginnen. Das lebhafteste Wachstum fand augenscheinlich Ende Juli und Anfang August zum gleichen Zeitpunkt statt wie bei den älteren Bäumen. Ende August und Anfang September, als der Bodenwassergehalt das Jahresminimum erreichte, hörte das Wurzelwachstum bei den meisten Fichtenpflanzen nahezu vollständig auf, begann aber wieder ungefähr Mitte September, als der Bodenwassergehalt gestiegen war, und setzte sich bis zum vollständigen Stillstand Ende Oktober fort. Das Wachstum war in dieser letzten Wachstumsperiode im Jahre 1936 nicht besonders lebhaft, dagegen 1937 besonders lebhaft, ein Umstand, den man vielleicht den unterschiedlichen Niederschlagsverhältnissen in den Sommermonaten der beiden Jahre zuschreiben kann:

Das Wurzelwachstum der Fichtenpflanzen in den sonnen- ausgesetzten, festen Lehmböden hatte ungefähr die gleiche Periodizität wie soeben bei den leichteren Böden erörtert, nur mit der Ausnahme, dass das Wurzelwachstum in den genannten Lehmbodenplätzen während der Trockenperioden vollständig aufhörte.

In den feuchteren, schattigen Bodenörtlichkeiten, wie sie überall im Walde unter Fichtenpflanzungen auf tiefliegendem, feuchtem Erdboden unter einem Schirm entweder bei Überständigen oder bei einer Vorkultur und mit reicher Vegetation von breitblättrigen Kräutern vorkommen, begannen die Wurzeln der jungen Fichtenpflanzen im Laufe des April zu wachsen, sie setzten ihr Wachstum den ganzen Sommer hindurch bis Ende Oktober fort. Das maximale Wachstum fand augenscheinlich auch hier Ende Juli und Anfang August statt.

1936 wurde das Längenwachstum der Wurzeln mit periodischen Messungen bei zehn jungen Fichtenpflanzen auf einer



1:2.6

Fig. 26. Fichtenpflanze mit der untersuchten Wurzel Nr. 1 (siehe Tabelle Nr. XXIX), im Herbst 1936 nach Abschluss der Wachstumsmessungen ausgegraben und photographiert. Auf der Photographie ist das Längenwachstum der Wurzel in den einzelnen Perioden im Jahre 1936 angegeben.

Rødgranplante med den undersøgte Rod Nr. 1 (jvf. Tabel XXIX) opgravet og fotograferet efter Vækstmaalingernes Afslutning i Efteraaret 1936. Paa Fotografiet er angivet Rodens Længdevækst i de enkelte undersøgte Perioder i 1936.

Bodenörtlichkeit verfolgt, die ungefähr der letztgenannten entsprach. Wie aus Tabelle Nr. XXIX und Figur Nr. 22 zu ersehen ist, folgte das mittlere Wachstum dieser Pflanzenwurzeln genau dem mittleren Wurzelwachstum der älteren Fichten. Charakteristisch ist jedoch, dass das Wurzelwachstum der Pflanzen in den Trockenperioden relativ stärker zurückging als das Wurzelwachstum der älteren Fichten (siehe Seite 108).

Das Wurzelwachstum der Weisstanne.

Material, Örtlichkeit usw.

Die für die Wurzelmessungen ausgesuchten Weisstannenwurzeln gehörten zu Bäumen und jungen Pflanzen, die unter folgenden Verhältnissen wuchsen:

a) Die ältere Bäume.

Wurzel Nr. 1—18: Acht etwa 44jährige Weisstannen in einem reinen Weisstannenbestand auf einem tiefliegenden, gut drainierten Areal, das gegen Osten und Norden von älteren Fichten und gegen Süden und Westen von altem Buchenwald umgeben war.

Obere Bodenschicht: 28 cm lehmiger Sandboden mit vorzüglicher Krümelstruktur. Nur verhältnismässig wenige, oberflächlich liegende Wurzeln.

Untergrund: Strenger, sehr kalkhaltiger, feuchter Lehm. Bis etwa 60 cm Tiefe viele Wurzeln festgestellt.

Flora: *Urtica dioeca* L., *Asperula odorata* L., *Oxalis acetocella* L.

Wurzel Nr. 19—22: Drei etwa 10jährige Weisstannen in einer schmalen Windschutzgürtelpflanzung unter alten Eichen längs der nordwestlichen Aussenkante des Waldes.

Obere Bodenschicht: 32 cm schwach lehmiger, trockener Sandboden.

Untergrund: Feuchter, sandiger Lehm. Wurzeln wurden bis 50 cm Tiefe festgestellt.

Flora: Keine.

b) Die jungen Pflanzen.

Sämtliche jungen Pflanzen wurden aus 2—7jährigen, selbstausgesäten Weisstannen unter den älteren Fichten und alten

Tabelle XXXII. Weisstanne (*Abies pectinata* D. C. (*A. alba* MILL.))
Edelgran.

Der Baum <i>Træet</i>			Bodenbeschreibung <i>Jordbundsbeskrivelse</i>		Die Wurzel <i>Roden</i>		
A.	H.	D.	Obere Bodenschicht <i>Overgrund</i>	Untergrund <i>Undergrund</i>	Nr.	D. ca. mm	Tiefe unter der Erd- oberfläche <i>Dybde under Jord- overfladen</i> cm
ca.	m	cm					
44	14.5	25	Etwa 28 cm lehmiger Sand. Probe mit Säure ergibt einen recht ansehnlichen Kalkinhalt. <i>Ca. 28 cm leret Sand. Prøve med Syre giver et ret betydeligt Kalkindhold.</i>	Strenger Lehm mit Charakter von Mergel. <i>Stift Ler med Karakter af Mergel.</i>	1	1.0	5—15
»	»	»			2	1.2	8—24
»	»	»			3	1.8	16—30
»	»	»			4	1.8	7—12
44	16.0	22			5	2.4	11—34
»	»	»			6	3.0	19—27
»	»	»			7	2.4	8—14
44	7.4	14			8	1.8	4—19
44	17.5	25			9	1.6	6—10
44	14.2	22			10	2.8	18—26
»	»	»			11	2.0	10—30
44	18.4	31			12	1.4	12—20
»	»	»			13	1.8	18—40
»	»	»			14	0.8	14—28
44	17.8	26			15	1.8	6—30
44	17.2	30			16	1.2	4—18
»	»	»			17	2.0	8—24
»	»	»			18	2.0	14—16
10	3.2	8	Etwa 32 cm lehmiger Sand. Ein recht trockener Waldboden. <i>Ca. 32 cm leret Sand. En ret tør Skovbund.</i>	Sandiger Lehm. <i>Sandet Ler.</i>	19	1.6	2—18
»	»	»			20	2.0	8—24
10	2.8	7			21	1.8	10—16
10	2.2	6			22	2.2	18—31

A = Alter, *Alder*. H = Höhe, *Højde*. D = Durchmesser, *Diameter*.

Das tägliche Längenwachstum der Wurzel in Milli- Rodens daglige Længdevækst i Millimeter											
21/10- 4/11	4/11- 19/11	19/11- 2/12	2/12- 18/12	18/12- 1/1	Jan.	Febr.	März	1/4- 13/4	13/4- 2/5	2/5- 17/5	17/5- 31/5
											Anzahl Antal
14	15	13	16	14	31	29	31	12	19	15	14
0.29	0.27	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	1.00	1.93
0.43	0.27	0.23	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.42	0.73	0.50
0.86	0.80	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.29
0.86	0.27	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.42	0.80	2.14
2.79	2.40	1.31	0.38	0.14	0.06	0.00	0.00	0.67	0.74	2.33	2.57
1.29	1.07	0.46	0.19	0.14	0.13	0.00	0.00	0.25	1.11	2.67	3.50
1.36	0.93	0.15	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	2.07	1.14
0.50	0.93	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	1.20	1.29
1.79	1.27	0.62	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.63	1.13	0.86
0.64	0.40	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	1.00	0.93
1.21	0.87	0.77	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.27	1.36
0.57	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.42	1.13	2.14
0.14	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.95	1.73	4.29
0.07	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.73	1.71
0.79	0.27	0.08	0.12	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	1.80	2.36
1.14	0.93	0.23	0.06	0.07	0.00	0.00	0.00	0.17	0.95	1.40	2.07
1.00	0.73	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.11	2.40	2.86
0.50	0.33	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.95	2.73	2.21
0.29	0.47	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	1.07	1.57
0.50	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.84	1.87	3.14
0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.53	1.40	2.36
0.43	0.47	0.23	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.42	1.07	2.64
Das durchschnittliche tägliche Längen- Røddernes gennemsnitlige daglige											
0.81	0.60	0.23	0.06	0.01	0.01	0.00	0.00	0.17	0.58	1.39	1.99
± 0.13	± 0.12	± 0.07	± 0.02	± 0.01	± 0.01	—	—	± 0.04	± 0.07	± 0.15	± 0.21

meter im unten angeführten Zeitraum 1935 und 1936.
i nedenfor anførte Tidsrum 1935 og 1936.

31/5- 23/6	23/6- 12/7	12/7- 26/7	26/7- 10/8	13/8- 5/9	5/9- 22/9	22/9- 13/10	13/10- 26/10	26/10- 10/11	10/11- 30/11	30/11- 15/12
Tage										
Dage										
23	19	14	15	26	17	21	13	15	20	15
2.52	3.58	0.57	0.80	0.54	0.24	0.52	1.23	0.93	0.75	0.93
0.74	0.16	0.93	1.13	3.38	0.59	0.38	0.31	0.33	0.90	1.60
1.00	0.63	0.57	1.93	1.92	0.94	0.90	1.92	1.73	0.90	1.33
3.74	4.21	3.57	4.40	5.42	0.24	0.95	2.15	1.53	1.00	0.87
3.43	1.26	3.36	3.40	2.69	0.65	0.05	1.15	0.80	0.70	0.67
3.57	4.05	1.43	3.20	3.54	1.18	1.00	2.00	0.80	0.80	0.53
2.43	2.16	8.57	8.80	5.35	2.00	0.86	1.54	1.47	1.10	0.73
1.78	1.53	0.71	1.40	2.04	1.24	0.43	0.54	0.27	0.15	0.20
2.35	1.37	2.21	2.60	2.27	2.94	0.95	2.38	1.07	0.50	0.33
3.00	1.89	1.43	4.20	2.27	1.53	0.38	0.31	0.27	0.10	0.13
2.96	3.11	4.36	7.93	2.19	3.18	—	—	—	—	—
2.52	2.63	1.36	1.67	4.27	2.47	1.62	0.69	1.20	0.50	0.40
3.96	0.47	3.50	5.07	3.77	0.47	0.48	0.31	0.27	0.50	0.40
3.65	3.21	5.14	4.73	3.92	0.24	—	—	—	—	—
2.39	3.58	1.21	2.67	5.00	0.88	0.14	0.38	0.60	0.55	0.33
2.91	2.53	3.36	4.87	2.62	0.41	0.33	0.62	0.40	0.15	0.20
2.09	1.47	2.93	4.00	2.31	3.24	0.19	0.77	1.60	0.70	0.47
3.30	1.58	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.83	2.95	3.07	3.07	1.81	0.71	0.90	0.69	1.60	1.00	0.80
14.56*)	5.47	7.79	4.53	2.54	0.94	0.38	1.54	1.87	0.90	0.67
3.43	0.89	0.21	2.07	2.58	1.12	1.10	0.46	1.07	1.45	1.33
4.26	1.11	1.50	2.13	1.54	1.06	1.95	3.46	2.27	1.60	1.40

wachstum der Wurzeln in Millimeter.

Længdevækst i Millimeter.

2.80	2.27	2.75	3.55	2.95	1.25	0.71	1.18	1.06	0.75	0.70
± 0.20	± 0.29	± 0.49	± 0.45	± 0.28	± 0.21	± 0.11	± 0.20	± 0.14	± 0.09	± 0.10

*) ausgeschlossen (siehe Seite 174).

Buchen um den oben erwähnten 44jährigen Weisstannenbestand herum ausgewählt. Die Pflanzen standen alle in starkem Schatten, weswegen sie nur ganz geringen Höhenzuwachs hatten.

Das Wurzelwachstum.

Das durchschnittliche tägliche periodische Längenwachstum der einzelnen untersuchten Wurzeln geht für die jungen Pflanzen aus den Tabellen Nr. XXXIII und, was die älteren Bäume betrifft, aus Tabelle Nr. XXXII hervor.

In Tabelle Nr. XXXIV ist das berechnete periodische mittlere Längenwachstum direkt mit der entsprechenden Bodentemperatur in 20 cm Tiefe im Sandboden (1) und der mittleren Bodenfeuchtigkeit von 1—20 und 50 cm Tiefe im Lehmboden (2) verglichen. Der periodische Verlauf des Wurzelwachstums, verglichen mit der Bodenfeuchtigkeit und der Bodentemperatur, ist in Figur Nr. 27 illustriert.

Wie aus den genannten Tabellen und graphischen Figuren hervorgeht, scheint das Wurzelwachstum der Weisstanne in der kälteren Jahreszeit von der Bodentemperatur abhängig zu sein, und im wärmeren Teil des Jahres, das heisst in der Hauptwachstumsperiode in den Sommermonaten, von der Bodenfeuchtigkeit (siehe die anderen Baumarten).

1936 begannen die Wurzeln der älteren Weisstannen in der Periode vom 1.—13. April bei einer mittleren Bodentemperatur von 4.6° , und die der jungen Weisstannenpflanzen etwa vierzehn Tage später, in der Periode vom 13. April—2. Mai bei einer mittleren Bodentemperatur von 5.7° zu wachsen. Die periodische Wachstumsgeschwindigkeit der Wurzeln stieg in der ersten Periode regelmässig aber verhältnismässig langsam bis durchschnittlich 2.80 ± 0.20 und 1.10 ± 0.09 mm täglich bei den älteren Bäumen, bzw. bei den jungen Pflanzen in der Periode vom 31. Mai—23. Juni. Die Steigerung folgte ziemlich genau der Temperatursteigerung.

In der kurzen Dürreperiode vom 23. Juni—12. Juli mit einer mittleren Bodentemperatur von 15.5° und einer mittleren Bodenfeuchtigkeit von 22.3% nahm die Wachstumsgeschwindigkeit bei den älteren Bäumen und den jungen Pflanzen bis zu durchschnittlich 2.27 ± 0.29 bzw. 0.59 ± 0.07 mm täglich ab; der relative Rückgang war bei den jungen Pflanzen am grössten.

Tabelle XXXIII. Weisstanne (*Abies pectinata* D. C. (*A. alba* MILL.))
Edelgran.

Die Pflanze Planten		Bodenbeschreibung Jordbundsbeskrivelse	Die Wurzel Roden		
A. ca. Jahre	H. m	Obere Bodenschicht <i>Overgrund</i>	Nr.	D. ca. mm	Tiefe unter der Erd- oberfläche <i>Dybde under Jord- overfladen</i> cm
4	0.37					Zerstreute Pflanzen in einer jungen Naturverjüngung von Buchen unter alten Buchen. Lehmiger Sand. Sprede Planter i en ung Naturforyngelse af Bøg under gamle Bøge. Leret Sand.	1	0.6	5—10
5	0.32	2	1.0	4—14	
»	»	3	1.0	4— 6	
3	0.28	4	1.0	5— 5	
4	0.40	5	1.2	10—15	
6	0.44	6	1.0	8— 9	
»	»	7	0.8	6—10	
5	0.37	8	1.0	11—18	
»	»	9	0.6	5— 5	
4	0.28	10	0.7	9—10	
7	0.52	<p>Naturverjüngung unter alten Fichten. Ein mooriger Boden mit Morbildung. <i>Naturforyngelse under gammel Rødgran. En moseagtig Jordbund med Mordannelse.</i></p>	11	1.4	7—13
6	0.47		12	2.0	4— 7
»	»		13	1.4	3—12
2	0.22		14	0.8	8—20
5	0.34		15	1.2	6—14
5	0.39		16	0.6	4— 4
2	0.16		17	1.4	6— 6
4	0.33		18	0.8	6—16
2	0.23		19	0.8	4— 5
6	0.35		20	1.4	8—14
<p>A = Alter, <i>Alder</i>. H = Höhe, <i>Højde</i>. D = Durchmesser, <i>Diameter</i>.</p>					

Das tägliche Längenwachstum der Wurzel in <i>Rodens daglige Længdevækst i Millimeter</i>							
Jan. Febr.	März	$\frac{1}{4}$ — $\frac{13}{4}$	$\frac{13}{4}$ — $\frac{2}{5}$	$\frac{2}{5}$ — $\frac{17}{5}$	$\frac{17}{5}$ — $\frac{31}{5}$	$\frac{31}{5}$ — $\frac{23}{6}$	$\frac{23}{6}$ — $\frac{13}{7}$
Anzahl Antal							
31 29	31	12	19	15	14	23	20
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.43	0.40
0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.57	1.00	0.50
0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	1.00	1.39	0.95
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	1.48	0.95
0.00	0.00	0.00	0.11	0.40	0.86	1.70	0.70
0.00	0.00	0.00	0.42	0.80	1.21	1.04	0.55
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	1.04	0.30
0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.71	0.74	0.10
0.00	0.00	0.00	0.32	0.67	1.00	1.22	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	1.07	0.91	0.80
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.78	0.55
0.00	0.00	0.00	0.47	0.93	1.21	1.04	0.45
0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	1.14	1.26	1.20
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	1.22	0.60
0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.64	0.26	0.10
0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	1.43	1.78	0.75
0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	—	—	—
0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	1.21	1.13	0.70
0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	1.64	—	—
0.00	0.00	0.00	0.11	0.80	1.36	1.35	0.45
Das durchschnittliche tägliche Längen- <i>Røddernes gennemsnitlige daglige</i>							
0.00	0.00	0.00	0.07	0.40	0.96	1.10	0.59
—	—	—	± 0.03	± 0.07	± 0.09	± 0.09	± 0.07

Millimeter im unten angeführten Zeitraum 1936.
i nedenfor anførte Tidsrum 1936.

	13/7— 26/7	26/7— 10/8	10/8— 5/9	5/9— 22/9	22/9— 13/10	13/10— 26/10	26/10— 10/11	10/11— 30/11
Tage								
Dage								
	13	15	26	17	21	13	15	20
	0.31	—	—	—	—	—	—	—
	2.15	1.93	0.38	0.06	0.14	0.08	0.00	0.00
	1.85	1.87	0.15	0.00	—	—	—	—
	1.23	1.20	0.38	0.24	0.33	0.23	0.07	0.00
	0.85	0.67	0.65	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.23	1.27	0.46	0.00	—0.05	0.00	0.00	0.00
	1.54	0.87	0.35	0.35	0.57	0.23	0.13	0.00
	1.08	1.60	0.50	0.24	0.43	0.15	0.13	0.00
	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
	1.46	0.93	0.54	0.35	0.10	0.00	0.00	0.00
	0.62	0.73	0.23	0.47	0.48	0.31	0.13	0.00
	2.23	—	—	—	—	—	—	—
	2.00	1.73	0.19	0.12	0.10	0.00	0.00	0.00
	2.31	0.80	—	—	—	—	—	—
	1.31	1.47	0.31	0.71	0.19	0.00	0.00	0.00
	—	—	—	—	—	—	—	—
	1.54	1.60	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	—	—	—	—	—	—	—	—
	2.77	1.87	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

wachstum der Wurzeln in Millimeter.
Længdevækst i Millimeter.

	1.53	1.32	0.36	0.20	0.19	0.08	0.04	0.00
	± 0.17	± 0.12	± 0.04	± 0.06	± 0.06	± 0.03	± 0.02	—

Tabelle XXXIV. Das durchschnittliche tägliche Längenwachstum der Weisstannenzwurzeln in lehmigem Sandboden in den 1935/36 untersuchten Perioden, mit den entsprechenden Werten für Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur verglichen.

Ædelgranrøddernes gennemsnitlige daglige Længdevækst i lerede Sandjorder i de undersøgte Perioder i 1935/36 sammenlignet med de tilsvarende Værdier for Jordfugtighed og Jordtemperatur.

Periode	Durchschnittl. tägliches Längenwachstum Gennemsnitlig dagl. Længdevækst				Bodentemperatur ¹⁾ Jordtemperatur			Mittlere Bodenfeuchtigkeit ²⁾ Middel Jordfugtighed
	Ältere Bäume Ældre Træer		Junge Pflanzen Unge Planter		abs. Max.	abs. Min.	Mittel Middel	
	mm	g	mm	g	C°	C°	C°	%
Herbst, Efteraar 1935:								
21/10—4/11	0.81 ± 0.13	0.62	—	—	—	—	—	—
4/11—19/11	0.60 ± 0.12	0.54	—	—	—	—	—	—
19/11—2/12	0.23 ± 0.07	0.31	—	—	—	—	—	—
Winter, Vinter 1935/36:								
2/12—18/12	0.06 ± 0.02	0.10	—	—	—	—	—	—
18/12—1/1	0.01 ± 0.01	0.05	—	—	—	—	—	—
Januar	0.01 ± 0.01	0.03	—	—	—	—	—	—
Februar	0.00	—	—	—	—	—	—	—
Frühjahr, Foraar 1936:								
März	0.00	—	—	—	—	—	—	—
1/4—18/4	0.17 ± 0.04	0.20	0.00	—	7.2	2.0	4.6	38.2
18/4—2/5	0.58 ± 0.07	0.33	0.07 ± 0.03	0.15	8.5	2.0	5.7	35.5
2/5—17/5	1.39 ± 0.15	0.73	0.40 ± 0.07	0.31	10.7	6.5	8.0	27.1
17/5—31/5	1.99 ± 0.21	0.98	0.96 ± 0.09	0.38	10.8	8.2	9.4	29.2
Sommer, Sommer 1936:								
31/5—23/6	2.80 ± 0.20	0.91	1.10 ± 0.09	0.40	16.4	8.0	11.6	25.4
23/6—12/7*)	2.27 ± 0.29	1.38	0.59 ± 0.07	0.29	17.2	14.1	15.5	22.3
12/7*)—26/7	2.75 ± 0.49	2.27	1.53 ± 0.17	0.66	16.6	14.0	15.1	27.9
26/7—10/8	3.55 ± 0.45	2.06	1.32 ± 0.12	0.46	16.4	12.0	14.4	27.0
10/8—5/9	2.95 ± 0.28	1.29	0.36 ± 0.04	0.15	16.9	11.8	14.5	19.0
Herbst, Efteraar 1936:								
5/9—22/9	1.25 ± 0.21	0.96	0.20 ± 0.06	0.22	15.2	11.0	13.2	14.1
22/9—13/10	0.71 ± 0.11	0.50	0.19 ± 0.06	0.21	15.0	5.5	9.3	17.0
13/10—26/10	1.18 ± 0.20	0.88	0.08 ± 0.03	0.12	10.1	6.0	8.1	21.2
26/10—10/11	1.06 ± 0.14	0.61	0.04 ± 0.02	0.06	10.3	6.2	7.8	(27.1)
10/11—30/11	0.75 ± 0.09	0.40	0.00	—	8.7	3.2	6.1	
30/11—15/12	0.70 ± 0.10	0.44	0.00	—	(6.0)	(3.0)	(4.0)	

1) Im Sandboden 20 cm Tiefe.

I Sandjord 20 cm's Dybde.

2) Im Lehmboden, Mittel von 1—20 und 50 cm Tiefe.

I Lerjord, Middel af 1—20 og 50 cm's Dybde.

*) Pflanzen: 12/7. — Planter: 13/7.

Jordtemperatur = Bodentemperatur.
 Jordfugtighed = Bodenfeuchtigkeit.

Lerjord 1-20 cm's D. = Lehmboden 1-20 cm Tiefe.
 - 50 - - - = - 50 - - -

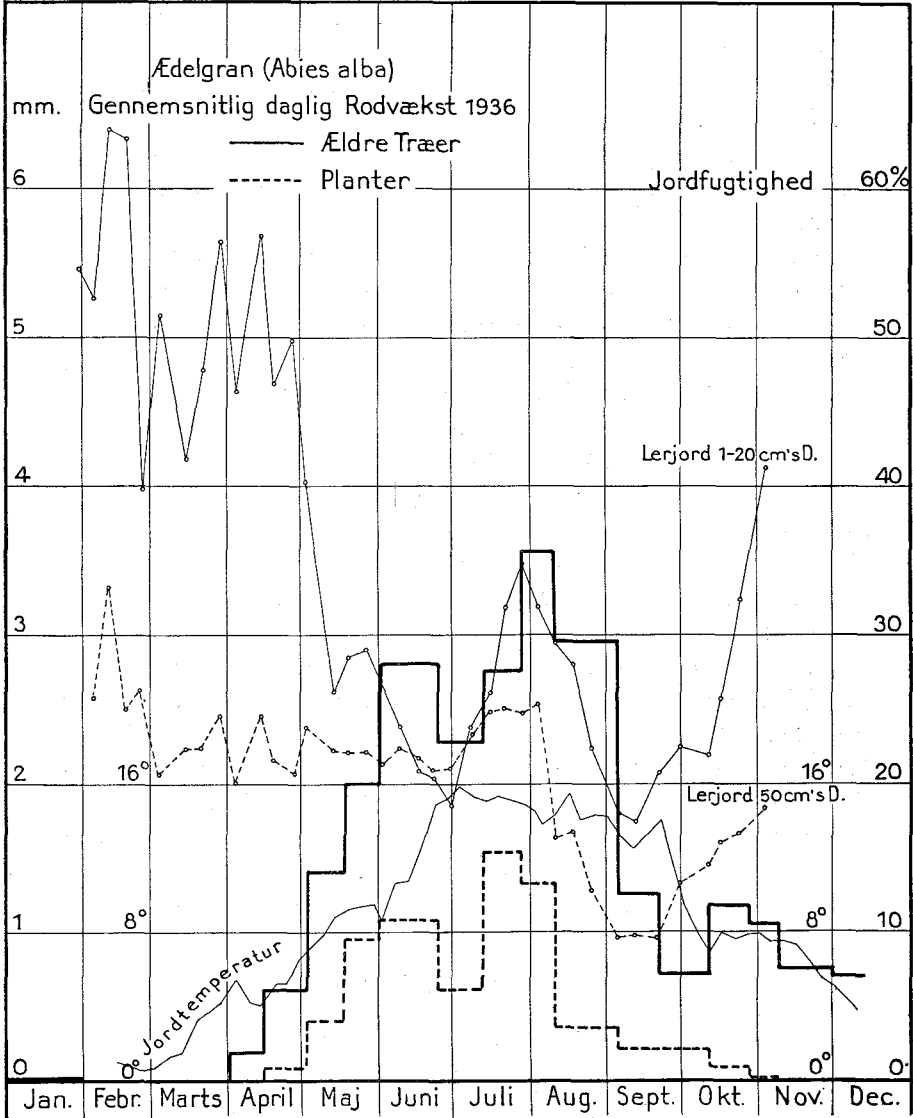


Fig. 27. Graphische Darstellung des periodischen Längenwachstums der Weissstannenwurzeln im Jahre 1936 in lehmigem Sandboden. (Siehe Tabelle Nr. XXXII und Nr. XXXIII). Es sind die Kurven der Bodentemperatur in 20 cm Tiefe im Sandboden (1) und der Bodenfeuchtigkeit in 1-20 bzw. 50 cm Tiefe im Lehm Boden (2) dazugesetzt.
 + gibt lebhaftige Kurzwurzelbildung an.

Grafisk Fremstilling af Ædelgranrøddernes periodiske Længdevækst i 1936 (jvf. Tabellerne Nr. XXXII og Nr. XXXIII). Indlagt Kurver for Jordtemperaturer i 20 cm's Dybde i Sandjorden (1) og Jordfugtigheden i henholdsvis 1-20 og 50 cm's Dybde i Lerjorden (2).
 + angiver livlig Kortrodsdannelse.

Das maximale Wachstum des Jahres, bei den älteren Bäumen 3.55 ± 0.45 mm und bei den jungen Pflanzen 1.53 ± 0.17 mm durchschnittlich täglich, fand innerhalb der beiden besonders regenreichen Perioden vom 26. Juli—10. August bzw. 12.—26. Juli statt.

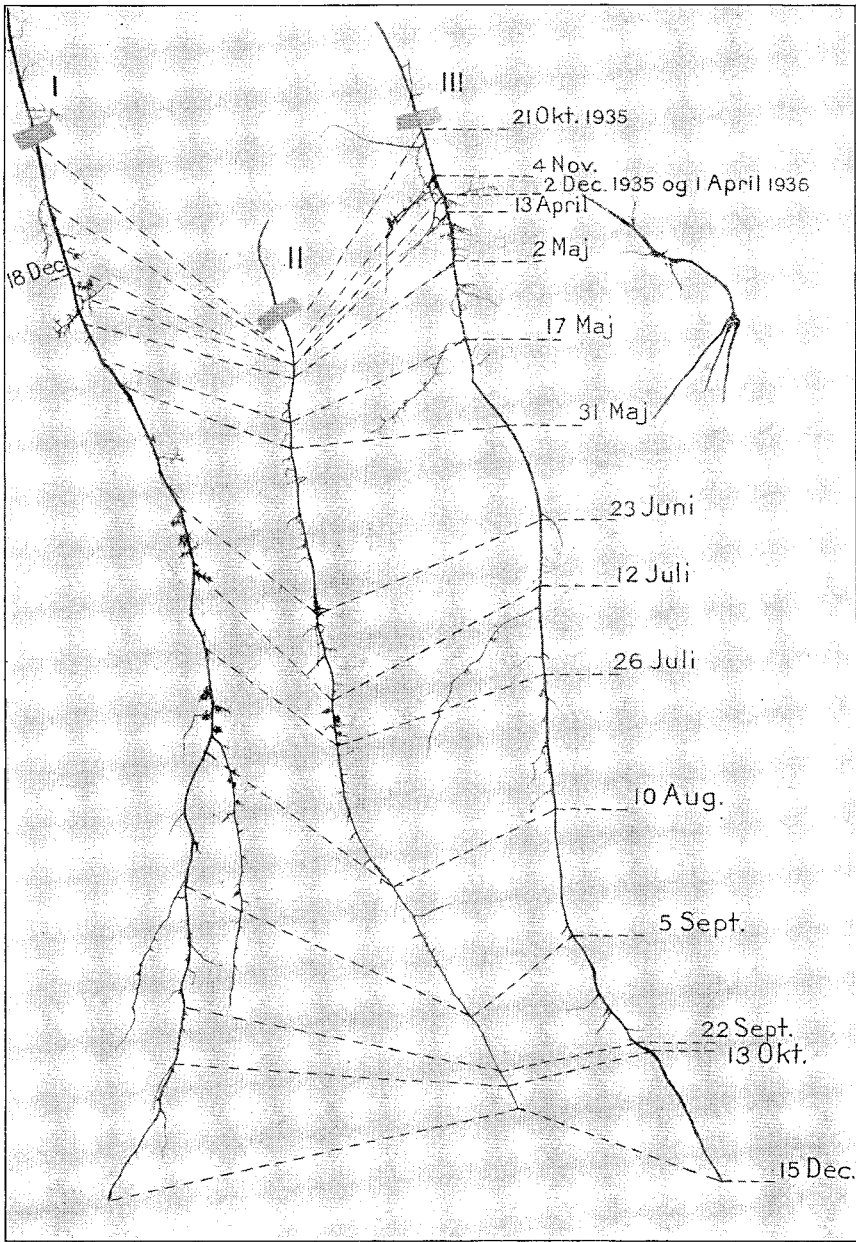
Während der Dürreperiode Ende August und Anfang September, als der Bodenwassergehalt das Minimum von 14.1% im Mittel der Periode vom 5.—22. September erreichte, nahm die Wachstumsgeschwindigkeit ausserordentlich stark ab, bei den jungen Pflanzen bereits auf nur durchschnittlich 0.36 ± 0.04 mm täglich in der Periode vom 10. August—5. September und bei den älteren Bäumen etwas langsamer, etwa vierzehn Tage später, bis 1.25 ± 0.21 und weiter bis durchschnittlich 0.71 ± 0.11 mm täglich in den Perioden vom 5.—22. September bzw. 22. September—13. Oktober. Zugleich mit diesem Rückgang der Wachstumsgeschwindigkeit erfolgte eine verhältnismässig lebhaft Mykorrhizabildung, die bei den jungen Pflanzen beinahe alle Wurzeln umfasste, bei den älteren Bäumen dagegen nur mehr lokal begrenzte Teile der Langwurzeln und die dünneren Kurzwurzeln.

Bei den älteren Weisstannen stieg nach diesem Rückgang das Wurzelwachstum in den Perioden vom 13.—26. Oktober und 26. Oktober—10. November wieder auf durchschnittlich 1.18 ± 0.20 bzw. 1.06 ± 0.14 mm täglich, wobei die Bodenfeuchtigkeit entsprechend auf 21.2% bzw. 27.1% stieg.

Eine gleiche Wachstumssteigerung blieb bei den jungen Weisstannenpflanzen aus, vielleicht wegen der umfassenderen Mykorrhizabildung. Das Wurzelwachstum nahm nach dem oben erwähnten schroffen Rückgang im August langsam ab, bis es in der Periode vom 26. Oktober—10. November vollständig aufhörte.

Bei den älteren Weisstannen war die Wachstumsgeschwindigkeit der Wurzeln noch in der Periode vom 30. November—15. Dezember, als die Untersuchungen abgeschlossen wurden, bei durchschnittlich 0.70 ± 0.10 mm täglich. Das Wachstum hörte sicherlich, auf jeden Fall bei einzelnen Wurzeln, wie im vergangenen Winter 1935—36, erst im Laufe des Januar auf.

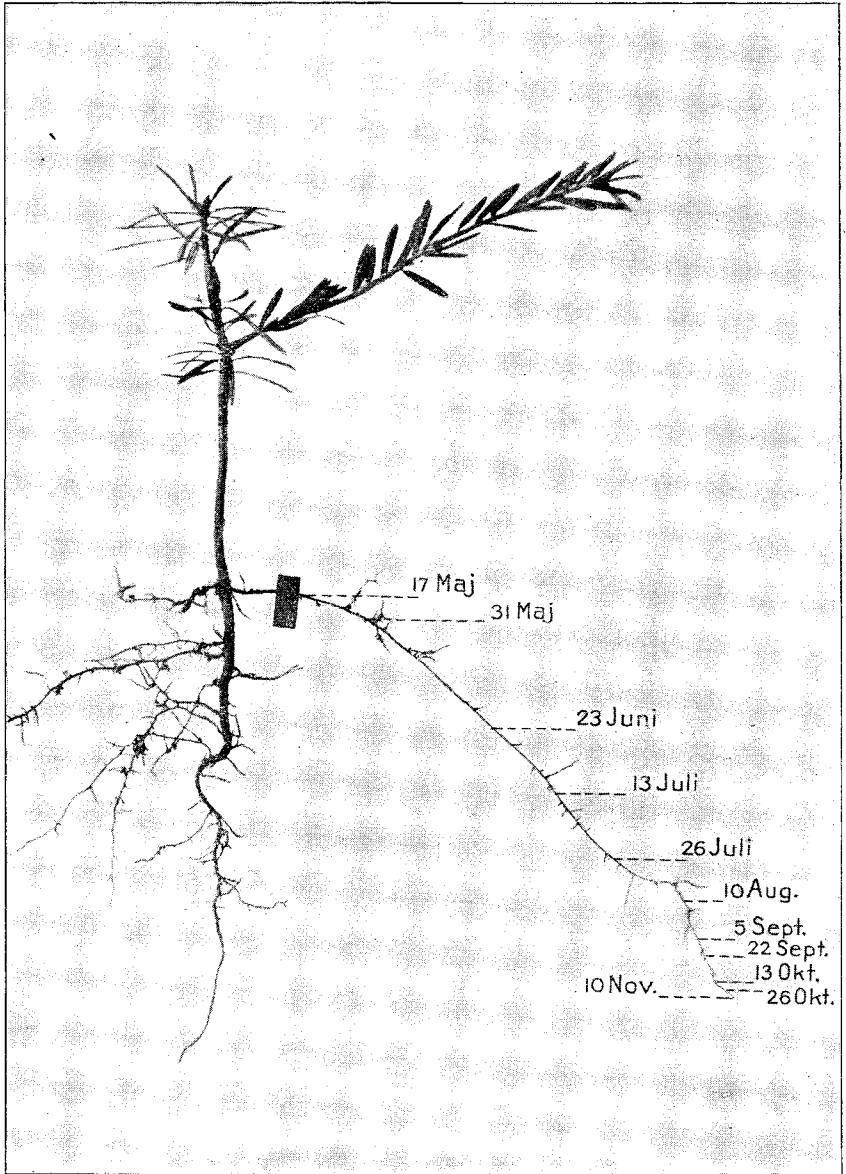
Der Unterschied zwischen den periodischen Wachstumsleistungen der einzelnen Wurzeln war ebenso gross wie bei den anderen Baumarten; die Standardabweichung von der Mittel-



1:2.9

Fig. 28. Die untersuchten Weisstannenwurzeln Nr. 9 (I), 10 (II) und 17 (III) von lehmigem Sandboden (siehe Tabelle Nr. XXXII) im Herbst 1936 nach Abschluss der Wachstumsmessungen ausgegraben und photographiert. Auf der Photographie ist das Längenwachstum in den einzelnen untersuchten Perioden angegeben.

De undersøgte Ædelgranrødder Nr. 9 (I), 10 (II) og 17 (III) fra leret Sandjord (jvf. Tabel XXXII) opgravet og fotograferet efter Vækstmaalingernes Afslutning i Efteraaret 1936. Paa Fotografiet er angivet Længdevæksten i de enkelte undersøgte Perioder.



1:1.6

Fig. 29. Weisstannenplanzen mit Wurzel Nr. 4 von lehmigem Sandboden (siehe Tabelle Nr. XXXIII) im Herbst 1936 nach Abschluss der Wachstumsmessungen ausgegraben und photographiert. Auf der Photographie ist das Längenwachstum in den einzelnen untersuchten Perioden angegeben.

Ædelgranplante med Rod Nr. 4 fra leret Sandjord (jvf. Tabel XXXIII) opgravet og fotograferet efter Vækstmaalingernes Afslutning i Efteraaret 1936. Paa Fotografiet er angivet Længdevæksten i de enkelte undersøgte Perioder.

zahl variierte bei den älteren Bäumen zwischen 0.03 und 2.27 mm, und bei den jungen Pflanzen zwischen 0.06 und 0.66 mm.

Das absolute maximale Wachstum des Jahres war, wie die Tabellen ausweisen, durchschnittlich 14.56 mm = etwa 1.5 cm täglich bei der Wurzel Nr. 20 in der Periode vom 31. Mai bis 23. Juni. Die Wurzel wuchs zu dieser Zeit längs eines Maulwurfsganges.

Bei einer anderen, in der Tabelle nicht mit aufgenommenen Wurzel ist die grösste aller periodischen Längenwuchsleistungen festgestellt worden, die je bei einer Wurzel der untersuchten Baumarten gefunden wurde. Diese Wurzel wuchs in der Periode vom 12.—26. Juli durchschnittlich 33.36 mm = etwa $3\frac{1}{3}$ cm täglich. Diese extreme Wachstumsgeschwindigkeit kann nur daran liegen, dass die Wurzel in jener Zeitspanne in einer ganz dünnen Nadel-schicht wuchs, die ihrem Vordringen keinen nennenswerten Widerstand leistete.

Die Ruheperiode des Wurzelwachstums während der Wintermonate ist wahrscheinlich hauptsächlich durch autonome Verhältnisse verursacht. Auf jeden Fall glückte es den ganzen Winter (1936/37) hindurch, ganz vereinzelte kurze frische Wurzelspitzen zu finden.

Das Wurzelwachstum der Lärche.

Material, Örtlichkeiten usw.

Alle mit Messungen verfolgten Lärchenwurzeln wurden von sieben etwa 35 jährigen Lärchen ausgesucht, die zwischen dem auf Seite 54 erwähnten grossen 46 jährigen Buchenbestand vereinzelt mitten im Wald wuchsen (siehe Fig. 30).

Das periodische Längenwachstum der Wurzeln geht aus Tabelle Nr. XXXV hervor, und in Tabelle Nr. XXXVI ist das berechnete periodische mittlere Längenwachstum mit der entsprechenden periodischen mittleren Bodentemperatur und mittleren Bodenfeuchtigkeit im Sandboden (1) zusammengestellt.

In Figur Nr. 31 ist der Verlauf des Wurzelwachstums graphisch illustriert und mit den Kurven für die Bodentemperatur in 20 cm Tiefe und für die Bodenfeuchtigkeit in 1—20 cm und 50 cm Tiefe im Sandboden (1) verglichen.

Wie aus den Tabellen hervorgeht, wuchsen die Lärchenwurzeln ununterbrochen in der Zeit von etwa Mitte April bis

Ende November. In den Wintermonaten und im März fand absolut kein Wachstum statt.

Innerhalb der Wachstumsperiode scheint das Wachstum der Lärchenwurzeln in gewissem Grade von der Bodenfeuchtigkeit abhängig zu sein. Der Wurzelausbruch begann in der Periode vom 13. April—2. Mai sehr vereinzelt in ganz wenigen Wurzeln. Nur zwei der untersuchten vierundreissig Wurzeln begannen inner-



Fig. 30.

halb dieser Zeitspanne zu wachsen. In der folgenden Periode vom 2.—17. Mai wuchsen nur dreizehn der vierundreissig Wurzeln, und erst in der Periode vom 17. Mai—1. Juni waren alle Wurzeln im Wachstum. Mit Ausnahme der beiden ersten Perioden stieg die Wachstumsgeschwindigkeit der Wurzeln im Anfang ausserordentlich stark von durchschnittlich 0.20 ± 0.07 auf 4.67 ± 0.39 mm täglich in den Perioden vom 2.—17. Mai bzw. 1.—23. Juni.

Während der kurzen Dürreperiode vom 23. Juni—13. Juli mit einer Bodenfeuchtigkeit von 19.1% ging die Wachstumsgeschwindigkeit stark auf nur durchschnittlich 2.75 ± 0.34 mm täglich zurück, zugleich trat aber eine lebhaftige Kurzwurzel-

Tabelle XXXV. Lärche (*Larix europaea* D. C. = *decidua* MILL).
Lærk.

Der Baum <i>Træet</i>			Bodenbeschreibung <i>Jordbundsbeskrivelse</i>		Die Wurzel <i>Roden</i>				
A.	H.	D.	Obere Bodenschicht <i>Overgrund</i>	Untergrund <i>Undergrund</i>	Nr.	D. ca. mm	Tiefe unter der Erd- oberfläche		
ca. Jahre	m	cm					<i>Dybde under Jord- overfladen</i>		
							cm		
35	18.6	30	Etwa 35 cm Sand. Ein sehr frischer Waldboden. Ca. 35 cm Sand. En meget frisk Skovjord.	Lehmiger Sand. Leret Sand.	1	2.0	12—11		
»	»	»			2	1.4	18—22		
»	»	»			3	2.2	8—24		
»	»	»			4	1.8	4—4		
35	20.0	26					5	2.0	9—8
»	»	»					6	1.6	18—15
»	»	»					7	2.4	9—20
»	»	»					8	1.6	9—3
»	»	»					9	2.0	3—4
35	19.0	30					10	1.4	2—8
»	»	»					11	3.0	26—17
»	»	»					12	2.6	4—4
»	»	»					13	4.2	8—21
»	»	»					14	3.0	11—30
»	»	»					15	0.8	3—3
35	19.4	21					16	1.4	9—7
»	»	»					17	2.8	10—16
35	20.8	22					18	3.4	20—18
»	»	»					19	1.8	2—5
»	»	»					20	2.4	11—18
»	»	»					21	2.0	4—4
35	19.0	26					22	2.0	13—13
»	»	»					23	3.3	8—3
»	»	»					24	3.0	16—18
»	»	»					25	2.0	9—10
»	»	»					26	2.2	3—2
»	»	»					27	1.4	4—4
»	»	»					28	1.8	3—4
»	»	»					29	3.0	11—28
»	»	»					30	1.6	6—10
35	23.2	31	Etwa 30 cm lehm. Sand. Ca. 30 cm leret Sand.	Lehmiger Sand. Leret Sand.	31	4.0	19—29		
»	»	»			32	2.6	18—11		
»	»	»			33	2.0	4—2		
»	»	»			34	2.0	2—2		

A = Alter, Alder. H = Höhe, Højde. D = Durchmesser, Diameter.

Das tägliche Längenwachstum der Wurzel in Milli- Rodens daglige Længdevækst i Millimeter											
$\frac{10}{10}$ - $\frac{25}{10}$	$\frac{25}{10}$ - $\frac{9}{11}$	$\frac{9}{11}$ - $\frac{25}{11}$	$\frac{25}{11}$ - $\frac{10}{12}$	$\frac{10}{12}$ - $\frac{1}{1}$	Jan.	Febr.	März	$\frac{31}{3}$ - $\frac{13}{4}$	$\frac{18}{4}$ - $\frac{2}{5}$	$\frac{2}{5}$ - $\frac{17}{5}$	$\frac{17}{5}$ - $\frac{1}{6}$
Anzahl Antal											
15	15	16	15	21	31	29	31	13	19	15	15
1.07	0.80	0.44	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13
1.53	0.13	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.93	2.20
1.13	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	1.33
0.67	0.20	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	1.20
0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.07
3.80	0.87	0.63	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.40
1.73	0.47	-0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	5.87
0.53	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80
1.13	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.33
1.13	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53	1.93	2.40
1.20	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	2.53
1.93	1.20	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	1.60
1.07	0.27	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53
2.60	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.93
0.40	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—
0.27	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	4.13
0.53	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
0.20	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	2.27
0.80	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	3.73
0.33	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53
0.60	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—
0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
0.60	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.07
0.13	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.27
0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	1.93
0.67	0.27	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93
0.53	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.33
0.87	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.13
2.73	1.00	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.20
0.73	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27
4.20	3.00	1.19	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.07	10.07
0.53	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	3.00
0.80	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.93
0.33	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.27
Das durchschnittliche tägliche Längen- Røddernes gennemsnitlige daglige											
1.04	0.35	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.20	2.55
+ 0.17	+ 0.09	+ 0.04	+ 0.01	—	—	—	—	—	+ 0.04	+ 0.07	+ 0.35

meter im unten angeführten Zeitraum 1935 und 1936.

i nedenfor anførte Tidsrum 1935 og 1936.

	1/6- 23/6	23/6- 13/7	13/7- 26/7	26/7- 11/8	11/8- 6/9	6/9- 24/9	24/9- 13/10	13/10- 26/10	26/10- 10/11	10/11- 30/11	30/11- 15/12
Tage											
Dage											
	22	20	13	16	26	18	19	13	15	20	15
	6.64	5.10	11.08	10.81	7.27	2.56	2.68	2.38	0.67	0.10	0.00
	3.68	0.70	2.77	5.75	1.88	1.33	1.68	1.54	0.27	0.00	0.00
	4.64	2.15	5.08	6.25	5.12	3.06	1.47	1.23	0.13	0.00	0.00
	3.68	0.50	1.46	2.63	2.62	0.61	2.21	1.85	0.53	0.00	0.00
	6.95	2.90	6.85	7.63	2.73	1.11	0.32	0.15	0.00	0.00	0.00
	10.91	7.60	12.62	10.13	7.54	3.33	3.37	2.15	0.13	— 0.05	0.00
	8.68	5.20	9.08	8.69	9.35	2.66	0.74	0.69	0.00	0.00	0.00
	3.14	1.70	1.46	2.88	3.12	0.89	—	—	—	—	—
	4.45	2.10	4.46	4.56	3.50	1.67	0.95	—	—	—	—
	2.82	1.70	3.69	5.50	1.00	1.00	0.95	0.46	0.27	0.00	0.00
	1.41	4.20	2.92	4.81	4.54	2.83	2.53	1.69	0.13	— 0.05	0.00
	3.05	2.45	4.08	3.94	1.31	0.33	0.53	0.31	0.00	0.00	0.00
	4.73	6.30	8.15	7.06	7.00	—	—	—	—	—	—
	4.45	5.40	6.62	4.44	3.88	1.28	2.32	1.54	1.13	0.15	0.00
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7.27	0.15	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4.00	1.70	4.38	4.94	0.88	0.22	0.74	0.15	0.00	0.00	0.00
	4.27	2.60	6.08	6.63	5.88	3.94	4.37	2.54	1.33	0.10	0.00
	3.36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2.64	1.45	3.15	4.00	3.42	1.56	2.95	1.85	1.20	0.00	0.00
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2.77	2.00	3.54	4.69	5.46	1.44	0.74	0.46	0.13	0.00	0.00
	5.00	2.10	4.23	4.06	3.35	1.06	0.42	0.31	0.07	0.00	0.00
	6.09	2.95	3.69	4.75	1.31	0.94	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00
	3.00	2.25	4.77	4.56	3.77	1.61	0.95	0.69	0.27	0.00	0.00
	1.77	0.30	1.62	2.44	2.00	1.89	0.63	0.62	0.20	0.00	0.00
	9.45	6.25	10.77	8.19	2.96	2.28	3.68	3.15	0.60	0.10	0.00
	4.27	1.35	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3.68	2.50	8.00	7.37	3.73	1.67	2.21	0.69	0.15	0.00	0.00
	3.18	0.75	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7.55	4.30	12.62	18.00	5.38	2.50	1.63	1.62	1.07	0.20	0.00
	4.55	2.05	5.23	4.81	7.12	2.50	0.68	0.62	0.27	0.00	0.00
	3.32	2.25	5.08	1.94	2.58	0.61	1.47	0.92	0.53	0.00	0.00
	4.09	2.35	5.62	5.50	1.15	0.67	0.95	1.08	0.40	0.05	0.00

wachstum der Wurzeln in Millimeter.

Længdevækst i Millimeter.

4.67	2.75	5.68	5.96	3.92	1.69	1.61	1.15	0.38	0.02	0.00
+ 0.39	+ 0.34	+ 0.60	+ 0.61	+ 0.43	+ 0.19	+ 0.22	+ 0.17	+ 0.08	+ 0.01	—

Tabelle XXXVI. Das durchschnittliche tägliche Längenwachstum der Lärchenwurzeln in sandigen und lehmigen Böden in den 1936 untersuchten Perioden, mit den entsprechenden Werten für Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur verglichen.

Lærkerøddernes gennemsnitlige daglige Længdevækst i sandede og lerede Jorder i de undersøgte Perioder i 1936 sammenlignet med de tilsvarende Værdier for Jordfugtighed og Jordtemperatur.

Periode	Durchschnittl. tägliches Längenwachstum Gennemsnitlig daglig Længdevækst		Bodentemperatur ¹⁾ Jordtemperatur			Mittlere Bodenfeuchtigkeit ²⁾ Middel Jordfugtighed
			abs. Max.	abs. Min.	Mittel Middel	
	mm	g	C°	C°	C°	%
Herbst, Efteraar 1935:						
10/10—25/10	1.04 ± 0.17	0.99	—	—	—	—
25/10—9/11	0.35 ± 0.09	0.55	—	—	—	—
9/11—25/11	0.06 ± 0.04	0.25	—	—	—	—
Winter, Vinter 1935—36:						
25/11—10/12	0.02 ± 0.01	0.07	—	—	—	—
10/12—März	0.00	—	—	—	—	—
Frühjahr, Foraar 1936:						
31/3—13/4	0.00	—	7.2	2.0	4.6	26.7
13/4—2/5	0.05 ± 0.04	0.26	8.5	2.0	5.7	25.7
2/5—17/5	0.20 ± 0.07	0.41	10.7	6.5	8.0	22.7
17/5—1/6	2.55 ± 0.35	1.98	10.8	8.2	9.4	23.3
Sommer, Sommer 1936:						
1/6—23/6	4.67 ± 0.39	2.21	16.4	8.0	11.6	22.2
23/6—13/7	2.75 ± 0.34	1.89	17.2	14.1	15.5	19.1
13/7—26/7	5.68 ± 0.60	3.18	16.6	14.0	15.1	24.9
26/7—11/8	5.96 ± 0.61	3.21	16.4	12.0	14.4	24.0
11/8—6/9	3.92 ± 0.43	2.26	16.9	11.8	14.5	17.6
Herbst, Efteraar 1936:						
6/9—24/9	1.69 ± 0.19	0.97	15.2	11.0	13.2	13.6
24/9—13/10	1.61 ± 0.22	1.11	15.0	5.5	9.3	15.9
13/10—26/10	1.15 ± 0.17	0.85	10.1	6.2	8.1	20.0
26/10—10/11	0.38 ± 0.08	0.41	10.3	6.2	7.8	—
10/11—30/11	0.02 ± 0.01	0.06	8.7	3.2	6.1	—
Winter, Vinter 1936:						
30/11—15/12	0.00	—	—	—	—	—

¹⁾ Im Sandboden (1) 20 cm Tiefe.

I Sandjord (1) 20 cm's Dybde.

²⁾ Im Sandboden (1), Mittel von 1—20 und 50 cm Tiefe.

I Sandjord (1), Middel af 1—20 og 50 cm's Dybde.

Jordtemperatur = Bodentemperatur.
 Jordfugtighed = Bodenfeuchtigkeit.

Sandjord 1-20 cm's D. = Sandboden 1-20 cm Tiefe.
 - 50 - - = - 50 - -

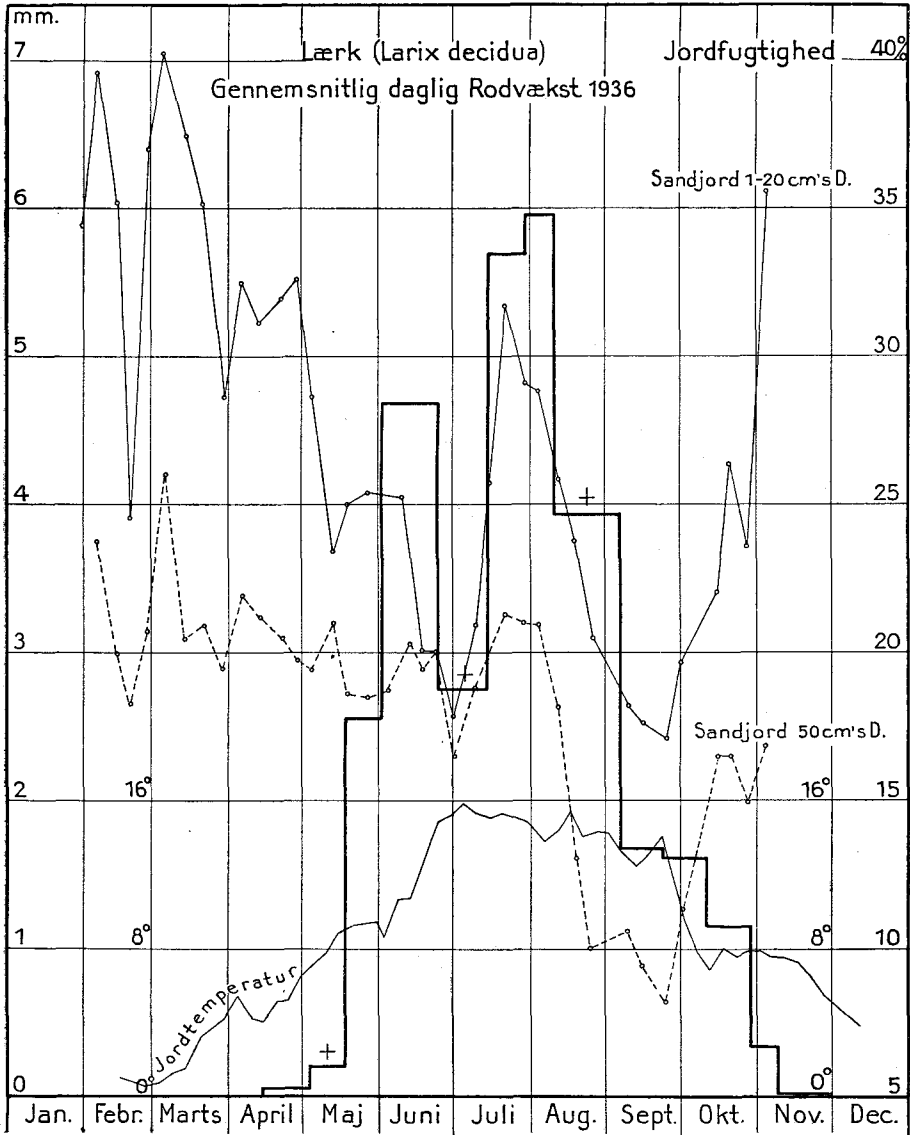


Fig. 31. Graphische Darstellung des periodischen Längenwachstums der Lärchenwurzeln im Jahre 1936 in sandigen und lehrigen Böden (siehe Tabelle Nr. XXXV). Es sind die Kurven der Bodentemperatur in 20 cm Tiefe und der Bodenfeuchtigkeit in 1-20 bzw. 50 cm Tiefe im Sandboden (1) dazugesetzt. + gibt lebhaftige Kurzwurzelbildung an.

Grafisk Fremstilling af Lærkerøddernes periodiske Længdevækst i sandede og lerede Jorder i 1936 (jvf. Tabel XXXV). Indlagt Kurver for Jordtemperaturen i 20 cm's Dybde og Jordfugtigheden i henholdsvis 1-20 og 50 cm's Dybde i Sandjorden (1). + angiver livlig Kortrodsdannelse.

bildung ein. Ebenso wie bei den anderen Baumarten fand das maximale Wachstum in den beiden warmen und besonders niederschlagsreichen Perioden vom 13.—26. Juli und 26. Juli—11. August statt, in denen die Lärchenwurzeln durchschnittlich 5.68 ± 0.60 bzw. 5.96 ± 0.61 mm täglich wuchsen.

In der Dürreperiode in der zweiten Hälfte des August und im September nahm die Wachstumsgeschwindigkeit bis auf durchschnittlich nur 1.69 ± 0.19 mm täglich in der trockensten Periode vom 6.—24. September mit einer mittleren Bodenfeuchtigkeit von nur 13.6% ab.

Im Gegensatz zur Fichte und Weisstanne stieg die Wachstumsgeschwindigkeit der Lärchenwurzeln nicht wieder mit der steigenden Bodenfeuchtigkeit im Oktober, nahm aber ziemlich regelmässig bis auf durchschnittlich nur 0.02 ± 0.01 mm täglich in der letzten Periode vom 10.—30. November ab. Eine einzelne Wurzel hörte bereits in der Periode vom 24. September—13. Oktober zu wachsen auf.

Der Unterschied im Wachstum der einzelnen Wurzeln war innerhalb der gleichen Periode ausserordentlich gross. Die Standardabweichung von der Mittelzahl variierte zwischen 0.06—3.21 mm.

Die Neubildung von Kurzwurzeln.

Die kurzen Wurzeln, die aus Langwurzeln entspringen und sich oft, je nach der Baumart, mehr oder weniger auf verschiedene Weise verzweigen (siehe BÜSGEN 1917 usw.), nennt man Kurzwurzeln oder Saugwurzeln. Ihre Aufgabe ist es, die im Wasser aufgelösten Nährstoffe usw. aufzunehmen. Sie leben nur verhältnismässig kurze Zeit, doch zumeist länger als eine einzige Wachstumsperiode. Sehr oft werden sie von Mykorrhizaschwamm angegriffen (siehe Tafel VIII).

Bei den Buchen, Birken und Roterlen sind die Kurzwurzeln dünn im Vergleich zu den Langwurzeln, auf denen sie sitzen, bei der Esche und den Nadelbäumen sind sie ungefähr ebenso dick wie die Langwurzeln. Bei der Esche ist es oft schwer, zwischen Kurzwurzeln und Langwurzeln genau zu unterscheiden. Auch von den Kurzwurzeln aus können sich Langwurzeln bilden; bei der Esche findet das häufig statt, bei den Nadelbäumen nur selten.

Eine Neubildung dieser für die Ernährungsversorgung der

Bäume so wichtigen Kurzwurzeln wurde bei sämtlichen untersuchten Baumarten während der ganzen Wurzelwachstumsperiode beobachtet, (siehe O. G. PETERSEN 1898); aber wie bei der Erörterung des Wurzelwuchses der einzelnen Baumarten schon erwähnt, gab es doch einzelne Perioden, in denen die Neubildung von Kurzwurzeln besonders lebhaft war und alle Langwurzeln gleichzeitig umfasste. Sieht man von den extremen Bodenörtlichkeiten ab, so geschah das in der Wurzelausbruchsperiode im April und Mai (mit Ausnahme der Buchen, siehe Seite 69) und während der Dürreperiode in den Sommer- und Herbstmonaten (mit Ausnahme der Esche). Die Kurzwurzelbildung der Esche fand bei den älteren Bäumen hauptsächlich im Mai und Juni statt (siehe Seite 100), bei den jungen Pflanzen Ende Juni und Anfang Juli (siehe Seite 108).

Der Grund dieser periodisch lebhafteren Neubildung von Kurzwurzeln entsteht, mit Ausnahme der Wurzelausbruchsperiode, sicher nicht aus einer endonom bestimmten Periodizität; man kann sie wahrscheinlich nur aus einer Wachstumsreaktion gegenüber des wegen der Austrocknung des Bodens usw. gehemmten Längenwuchses der Langwurzeln erklären (siehe u. a. Seite 74). Diese Auffassung wird durch die folgenden Umstände bestärkt:

1: Es gelang zu jedem beliebigen Zeitpunkt im Sommer und Herbst, eine lebhafte Kurzwurzelbildung an den Langwurzeln der untersuchten Baumarten (mit Ausnahme der Esche) durch abkneifen der Wurzelspitze hervorzurufen (siehe ZEHENDER 1924).

2: Die Kurzwurzelbildung war, ganz gleich zu welcher Zeit im Sommer oder Herbst, an jeder Langwurzel besonders lebhaft, sobald ihr Längenwuchs kürzere Zeit etwas gehemmt worden war, z. B. dadurch, dass sie auf einen Stein oder eine andere Wurzel usw. gestossen war.

3: Die Kurzwurzelbildung war während der Dürreperiode bei jenen Langwurzeln am lebhaftesten, die der Bodenoberfläche am nächsten lagen.

4: Die Kurzwurzelbildung war bei jenen Langwurzeln ausserordentlich lebhaft, bei denen die Mykorrhizabildung besonders ausgebreitet war (siehe Seite 155 und Tafel VIII).

Bei den Wurzeln der jungen Pflanzen bildeten sich verhältnismässig mehr Kurzwurzeln als bei den Wurzeln der älteren Bäume. Möglicherweise hängt das mit der grösseren Empfind-

lichkeit der Pflanzen gegenüber einer Austrocknung des Bodens zusammen (siehe Seite 83).

Die Vermutung, dass die Kurzwurzelbildung gefördert wird, wenn der Längenwuchs der Langwurzeln gehemmt wird, eröffnet weite Perspektiven, denn das will ja, wenn man den Gedanken weiter führt, wiederum sagen, dass kurze Trockenperioden (siehe oben) die Ernährungsmöglichkeiten der Bäume steigern.

Inwieweit dieser kühne Gedanke richtig ist oder nicht, werden neue Untersuchungen zeigen.

Die Wurzelhaarbildung.

O. G. PETERSEN (1898) stellt die Frage (Seite 39), ob sich innerhalb der Wurzelhaarbildung auf den Baumwurzeln nicht eine gewisse Periodizität geltend mache. Er schreibt unter anderem: »Hier ist sicher etwas, das man zum Gegenstand besonderer und sehr sorgfältiger Untersuchungen machen müsste, da die Möglichkeit mir nicht ausgeschlossen erscheint, dass der stark markierte Wurzelausbruch nicht unmittelbar aus einer verstärkten Wurzelwirksamkeit zu folgen braucht, dass dieser vielmehr aber später stattfinden könnte, wenn die Wurzelhaare sich auf der beim Wurzelausbruch entstandenen grössere Oberfläche entwickelt haben«.

ENGLER (1903), der eine Übersicht über die Wurzelhaarbildung der einzelnen Baumarten im allgemeinen gibt, stellte bei den Nadelbäumen, mit Ausnahme der Weisstanne, während des ganzen Jahres Wurzelhaare fest, jedoch meistens in den Herbst- und Wintermonaten.

BÜSGEN (1917) gibt an, dass eine Wurzelhaarbildung in trockenen Böden am stärksten ist und in sehr wasserhaltigen Böden völlig ausbleiben kann.

Von Untersuchungen über Wurzelhaarbildung an Wurzeln kräuterartiger Pflanzen können u. a. angeführt werden:

SCHWARZ (1883) fand, dass bei den Weizenpflanzen die absorbierende Oberfläche der Wurzeln etwa 5.5 mal grösser ist, wenn die Wurzeln mit Wurzelhaaren versehen sind, als wenn sie keine Wurzelhaare haben.

MER (1879 und 1925), HESSE (1904) und SNOW (1905) fanden sämtlich, dass Wurzelhaarbildung durch eine Verzögerung des Längenwachstumes der Langwurzeln gefördert wird.

HESSE fügt hinzu, dass hohe Temperatur und Feuchtigkeit hemmen, wogegen Sauerstoffmangel die Wurzelhaarbildung fördert.

JEFFS (1925) kam zu dem Resultat, dass die lebhafteste Wurzelhaarbildung bei *Zea Mays*, *Raphanus sativus* und *Sinapis alba* mit der grossen Periode des Wurzelwachstums als Ganzes zusammenfällt.

ADDOMS (1923) beobachtete im Wurzelhaar der Weizenkeimpflanzen eine vollständige Koagulation, sobald der p_H -Wert der Nahrungslösung unter 3.47 kam. Bereits ein p_H -Wert von 3.85—3.68 war schädlich.

WEAVER und CLEMENTS (1929) geben an, dass die Wurzelhaarbildung in Böden mit fliessendem Wasser lebhafter ist als in Böden mit stillstehendem Wasser, sie schreiben: »This is in accord with the fact that oxygen is necessary for the development of root hairs . . .« (Im Gegensatz zu HESSE).

WILSON (1938) hat die Wurzelhaarbildung und deren Ursachen untersucht. Er kam, im Gegensatz zu MER, HESSE und SNOW zu dem Resultat, dass die Wurzelhaarbildung durch Wachstumsverzögerung der Langwurzeln nicht gefördert wird sondern im Gegenteil am lebhaftesten ist, wenn das Wachstum der Langwurzeln am stärksten ist.

Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden auf den Wurzeln der Weisstanne keine Wurzelhaarbildungen beobachtet (siehe ENGLER 1903 und WHITAKER 1923). Bei der Buche war die Wurzelhaarbildung nicht besonders ausgebreitet, sie umfasste meistens nur vereinzelte kurze Wurzeln.

Bei Fichte, Lärche, Birke und namentlich bei Esche und Roterle war die Wurzelhaarbildung an den meisten Wurzeln allgemein, sobald diese Baumarten auf leichteren, trockenen Bodenörtlichkeiten wuchsen; bei Esche und Roterle doch zugleich auch in feuchteren und humushaltigen Böden. In strengen Lehmböden und in nassen Moorböden wurden durchgängig die wenigsten Wurzelhaare beobachtet.

Die lebhafteste Wurzelhaarbildung wurde in den Herbstmonaten von ungefähr Anfang September ab und in den Trockenperioden, in denen das Längenwachstum der Langwurzeln abnahm, festgestellt. Der zuletzt genannte Umstand deutet daraufhin, dass die Angaben von MER, HESSE und SNOW über die Förderung der Wurzelhaarbildung durch Verzögerung des Wurzelwachstums richtig sind.

An Stellen, an denen die Mykorrhizaangriffe besonders lebhaft waren, blieb die Bildung von Wurzelhaaren zumeist aus (siehe z. B. Fichte auf feuchtem Boden, Seite 155).

In der Wurzelausbruchsperiode wurden beinahe keine Wurzelhaare wahrgenommen.

Das Verhältnis zwischen dem Wurzelwachstum und dem Wachstum der Organe über der Erde.

Das Verhältnis zwischen dem Wachstum der Organe über dem Boden (Laubausschlag, Strecken der Triebe, Dickenwachstum usw.) und dem Wurzelwachstum ist in der Literatur nur sehr wenig beleuchtet, obgleich das ja für das Verständnis der wachstumsphysiologischen Gleichgewichtsverhältnisse der Bäume im allgemeinen von grosser Bedeutung ist.

BÜSGEN (1901) fand zwischen dem Ausschlagen der Bäume und dem Wurzelausbruch keinen direkten Zusammenhang. Er schreibt (Seite 308): »Ich habe, wie auch WIELER, Wurzeln sowohl vor, als mit und nach jenem Vorgang ihr Wachstum beginnen sehen«. Dagegen fand er, dass das lebhafteste Wurzelwachstum im Juni mit dem Höhepunkt des Wachstums der Organe über der Erde zusammenfiel, und dass die von ihm beobachteten Pausen des Wurzelwachstums im Juli und August mit einer Pause im Wachstum der Zweige zusammenfiel »einem schwachen Nachklang der sommerlichen Vegetationspause sommertrockener Klimate, und der Neubeginn der Wurzelentwicklung im September und Oktober lässt sich vielleicht der Johannistriebbildung vergleichen«. Er schliesst: »So lässt sich ein Parallelismus zwischen der vegetativen Tätigkeit in der Krone und im Wurzelsystem konstatieren, und man wird annehmen dürfen, dass die vorkommenden zeitlichen Differenzen beider mit den Verschiedenheiten in der Temperatur der Luft einerseits des Bodens andererseits zusammenhängen.«

ENGLER (1903), der diese Verhältnisse eingehender behandelt hat, führt aus:

» dass im allgemeinen die Wurzeln früher wachsen als die oberirdischen Organe, und zwar können der Beginn des Wurzelwachstums und die Zeit der Blattentwicklung nur wenige Tage, aber auch mehrere Wochen auseinanderliegen. Eine Ausnahme hiervon macht, wie es scheint, regelmässig die

Lärche, die ihre Knospen öffnet, bevor sich neue Wurzeln gebildet haben.«...»Bei den anderen Holzarten aber bedarf es einer längeren Wärmeeinwirkung, um die Blätter und jungen Triebe zur Entwicklung zu bringen, als das Wachstum der Wurzeln anzuregen.«

ROBERTSON und CROSSE (1913) haben auf experimentellem Weg bewiesen: »Root exhibit a daily periodicity, and this is correlated with that of the stem.«

STEVENS (1931) maass direkt den Höhenzuwachs an der gleichen Weimutskiefer, an welcher er den Wurzelzuwachs maass. Auf Grundlage dieser Messungen leitete er u. a. folgendes Resultat ab: »It is immediately apparent that the period of important height growth coincides with the early growth period of the roots. They start at approximately the same date in the spring, even though the rate during the first days are very low. ... The height growth is practically complete at about the same date on which most of the roots become dormant in midsummer.«

KIENHOLZ (1934) hat auf der Grundlage von STEVENS' und MAC DOUGAL'S Arbeiten, zusammen mit eigenen Untersuchungen, die Beziehung zwischen Triebwachstum, Kambiumwirksamkeit, Wachstum der Nadeln und Wurzelwachstum der Fichte untersucht. Er kam dabei zu dem Resultat: »The first organ to begin growth was the root, followed by the leader and the cambium, and considerably later by the needles« und weiter: »There is a certain interrelation between the activity of the different growing regions of the tree. In early June there is a great surge of growth in leader, roots and cambium at approximately the same time. This spurt of growth is made possible by the great amount of readily available reserve foods stored in the tree. There is probably a causal relation between these different growth activities having to do with the absorption, transportation, and utilization of water.«

Gleichzeitig mit den Messungen des periodischen Längenwachstums der Wurzeln wurde bei den vorliegenden Untersuchungen (1935) und 1936 notiert, innerhalb welcher der gewählten Wurzelmessperioden das Ausschlagen der Bäume eintrat, wann das Strecken der Triebe begann und aufhörte, und innerhalb welcher Periode der grösste Teil des Laubes abfiel. Eine Zusammenstellung dieser Aufzeichnungen findet sich in Tabelle Nr. XXXVII.

Tabelle Nr. XXXVII. Die Zeitpunkte für den Beginn und das Aufhören des Wurzelwachstums, mit den Zeitpunkten für den Laubausschlag, das Strecken der Triebe und den Laubfall zusammengestellt.

Tidspunkterne for Rodvækstens Begyndelse og Afslutning sammenlignet med Tidspunkterne for Løvspring, Skudstrækning og Løvfald.

Baumart <i>Træart</i>	Beginn des Wurzel- ausbruchs <i>Rodbruddets Begyndelse</i>	Beginn des Laub- ausschlags und des Streckens der Triebe <i>Løvspring og Skudstrækningens Begyndelse</i>	Aufhören des Streckens der Triebe <i>Skudstrækningens Ophør</i>	Laubfall <i>Løvfald</i>	Aufhören des Wurzel- wachstums <i>Rodvækstens Ophør</i>
Buchen (ältere)..... 1936 <i>Bøg (ældre)</i>	Die Wurzeln das ganze Jahr im Wachstum <i>Rodderne i Vækst hele Aaret</i>	$13/4-2/5$	$1/6-23/6$	$13/10-10/11$	—
Eschen (ältere)..... » <i>Ask (ældre)</i>	$2/5-1/6$	$15/5-1/6$	$13/7-26/7$	»	$26/10-10/11$
» (junge Pflanzen).... » <i>(unge Planter)</i>	$24/6-13/7$	$2/5-15/5$	»	»	»
Roterle (ältere)..... » <i>Rødæl (ældre)</i>	$17/5-1/6$	»	$1/6-23/6$	$13/10-26/10$	$10/11-30/11$
Birke (ältere)..... » <i>Birk (ældre)</i>	$1/6-23/6$	$13/4-2/5$	»	»	$26/10-10/11$
Fichte (ältere)..... » <i>Rødgran (ældre)</i>	$31/3-13/4$	$2/5-17/5$	$13/7-26/7$	—	$10/11-30/11$
» (junge Pflanzen).... » <i>(unge Planter)</i>	»	»	»	—	$13/10-26/10$
Weisstanne (ältere)..... » <i>Edelgran (ældre)</i>	$1/4-13/4$	»	$26/7-1/8$	—	im Januar
» (junge Pflanzen) » <i>(unge Planter)</i>	$13/4-2/5$	»	$13/7-26/7$	—	$26/10-10/11$
Lärche (ältere)..... » <i>Lærk (ældre)</i>	»	» ¹⁾	$1/6-23/6$ ²⁾	$13/10-10/11$	$10/11-30/11$

1) Kurztriebe, Kortskuddene. 2) Langtriebe, Langskuddene.

1937 wurden die Untersuchungen auf eine direkte Messung des periodischen Streckens der Triebe an den drei in diesem Jahre untersuchten Baumarten: Buche, Esche und Fichte ausgedehnt. Bei den beiden erstgenannten Baumarten wurde nur das periodische Wachstum des Spitzentriebes an etwa 10—12-jährigen Bäumen gemessen, die z. T. in offenen, sonnenausgesetzten Kulturen und zum Teil in Naturverjüngungen unter überstehenden Bäumen ausgewählt waren. Das periodische Längenwachstum des Spitzentriebes dieser beiden Baumarten geht aus den Figuren Nr. 9 bezw. Nr. 13 hervor.

Bei der Fichte wurde das periodische Strecken der Triebe am Spitzentrieb bezw. am obersten Quirl an den gleichen Bäumen gemessen, an denen die für die Wachstumsmessungen ausgewählten Wurzeln wuchsen. Das periodische Längenwachstum des Spitzentriebes und das des obersten Quirls wurde getrennt gehalten und geht für die Bäume auf feuchtem Moorboden (4) bezw. auf trockenem, sonnen- und windausgesetztem podsoliertem Sandboden (5) aus den Tabellen Nr. XXVII und Nr. XXVIII hervor.

Die Resultate stimmen in der Hauptsache mit den vorher erwähnten Literaturangaben überein.

Die Buche.

Da man bei der Buche das ganze Jahr hindurch Wurzeln fand, die im Wachstum waren, kann der Laubausschlag bei dieser Baumart nicht direkt mit einem eigentlichen Wurzelausbruch verglichen werden (siehe Seite 69). Im Jahre 1936 kam der Laubausschlag verhältnismässig normal in der Periode vom 13. April—2. Mai, als das entsprechende mittlere Wurzelwachstum bei täglich 0.68 mm lag. Das lebhafteste Strecken der Triebe fand im Mai statt; gleichzeitig stieg die Geschwindigkeit des Wurzelwachstums stark (siehe Tabelle Nr. X), weshalb in diesem Jahr anscheinend von irgend einer tiefergehenden Hemmung des Wurzelwachstum infolge des verstärkten Wachstums und der Transpiration der Organe über dem Boden nicht die Rede gewesen sein kann.

Bei den jungen Pflanzen beeinflussten Laubausschlag und Strecken der Triebe anscheinend auch nicht das Wachstum der Wurzeln. Es wurden Pflanzen beobachtet, bei welchen einzelne Wurzeln vor dem Laubausschlag wuchsen (siehe Seite 84),

ebenso wie viele Pflanzen beobachtet wurden, bei denen nach Abschluss des Streckens der Triebe das Wurzelwachstum noch nicht begonnen hatte.

Eine Steigerung des Wurzelwachstums nach dem Laubfall auf Grund der u. a.: »... mit dem Blattfall eintretenden Einschränkung der Wasserverdunstung...« (BÜSGEN 1901, Seite 308), wurde weder bei älteren noch bei ganz jungen Buchen konstatiert (siehe jedoch Seite 77). In der Laubfallperiode vom 13. Oktober—10. November nahm das mittlere Längenwachstum der Wurzeln bei den mit Messungen verfolgten älteren Bäumen von täglich 1.81 bis 0.60 mm in den Perioden vom 13.—26. Oktober bezw. 10.—30. November ab.

Es scheint, als ob im Jahre 1937 infolge der höheren Frühjahrstemperatur ein etwas lebhafteres Strecken der Triebe in diesem Jahre in gewissem Grad das Wurzelwachstum im Mai gehemmt habe (siehe Seite 71).

Die Esche.

Bei den älteren Eschen begann die lebhafteste Neubildung der Kurzwurzel vor dem Laubausschlag, wogegen das Längenwachstum der Langwurzeln etwa vierzehn Tage nach dem Laubausschlag begann. Bei den jungen Eschenpflanzen begann das Wurzelwachstum erst nach dem Laubausschlag. In beiden Jahren fand das lebhafteste Wurzelwachstum in der Periode statt, in der das Strecken der Triebe aufhörte oder in der Periode unmittelbar danach.

Die Roterle und die Birke.

Der Laubausschlag der Roterle begann etwa vierzehn Tage und der der Birke etwa einundeinhalb Monate vor dem Wurzelausbruch. Da beide Bäume nur auf feuchten Moorböden untersucht wurden, darf man diese Angaben nicht als allgemein gültig für alle Wachstumsörtlichkeiten betrachten.

Die Fichte.

Die Fichtenwurzeln begannen in beiden Jahren etwa vierzehn Tage früher zu wachsen als die Triebe. Irgend eine klare Beziehung zwischen dem Strecken der Triebe und der Wurzelwuchsgeschwindigkeit geht aus den Untersuchungen nicht hervor. Bemerkenswert ist, dass in beiden Jahren, ebenso wie

bei der Esche, das maximale Wurzelwachstum in der Periode eintrat, in der das Wachstum der Triebe aufhörte oder in der Periode unmittelbar danach.

Die Weisstanne.

Das Wurzelwachstum begann bei den älteren Weisstannen 1936 etwa einen Monat, und bei den jungen Edeltannenpflanzen etwa vierzehn Tage früher als das Wachstum der Triebe. Auch nicht bei dieser Baumart kann man in der Periode des Triebstreckens irgend einen hemmenden Einfluss auf die Wurzelwuchsgeschwindigkeit bemerken.

Die Lärche.

Infolge der verschiedenen Zeitpunkte für den Ausbruch und das Wachstum der Kurztriebe und Langtriebe der Lärche ist das Verhältnis zwischen Wurzelwachstum, »Laubausschlag« und Triebstrecken komplizierter als bei irgend einer der anderen Baumarten. Der Wurzelausbruch begann etwa vierzehn Tage früher als der Laubausschlag (im Gegensatz zu ENGLERS Angaben). Das Wachstum der Langtriebe hörte in der Periode vom 1.—23. Juni auf, gleichzeitig damit, dass das maximale Wurzelwachstum stattfand. Ein Einfluss des »Laubfalls« im Herbst auf dem Wurzelwachstum wurde, ebenso wie bei den Laubbäumen, nicht beobachtet.

Auf mehreren Stubben von Lärchen und Weisstannen, die im Februar 1936 gefällt wurden, begannen die Wurzeln »normal« zum gleichen Zeitpunkt wie die Wurzeln lebender Bäume zu wachsen. Das deutet sehr stark darauf hin, dass die Organe über der Erde, in jedem Fall bei diesen beiden Baumarten, keinerlei Einfluss auf den Zeitpunkt des Beginns des Wurzelwachstums ausüben.

ENGLER (1903) stellt die Frage (Seite 278): »... ob die früher eintretende Wachstumstätigkeit der Wurzeln ihren Grund nur etwa in den günstigeren Wärmeverhältnissen des Mediums hat, in welchem sie sich ausbreiten, oder ob die Wurzeln, wie wir angenommen haben, wirklich weniger Wärme brauchen, um wachsen zu können als die oberirdischen Pflanzenteile.« Er kommt zu dem Resultat: »... dass zur Zeit, wo die Wurzeln zu wachsen beginnen, die Temperatur des Bodens wirklich niedriger ist als jene der Luft zur Zeit, wo sich bei den oberirdischen Sprossen des Wachstum einstellt.«

Tabelle Nr. XXXVIII.

Baumart <i>Træart</i>	Wurzelausbruch <i>Rodbrud</i>				Laubausschlag oder Beginn des Triebstreckens <i>Løvspring el. Skududviklingens Begyndelse</i>			
	Periode	Bodentemperatur <i>Jordtemperatur</i>			Periode	Lufttemperatur		
		abs. Max. C°	abs. Min. C°	Mittel <i>Middel</i> C°		abs. Max. C°	abs. Min. C°	Mittel <i>Middel</i> C°
Esche (ältere)..... 1936 <i>Ask (ældre)</i>	2/5—1/6	10.8	6.5	8.8	15/5—1/6	18.0	4.8	10.6
» (junge Pflanzen) » <i>unge Planter</i>	24/6—13/7	17.2	14.1	15.5	2/5—15/5	17.8	4.7	9.8
Fichte (ältere) » <i>Rødgran (ældre)</i>	} 31/3—13/4	7.2	2.0	4.6	2/5—17/5	17.8	4.7	9.8
» (junge Pflanzen)..... » <i>unge Planter</i>								
Weisstanne (ältere) » <i>Ædelgran (ældre)</i>	1/4—13/4	7.2	2.0	4.6	2/5—17/5	17.8	4.7	9.8
» (junge Pflanzen) .. » <i>unge Planter</i>	13/4—2/5	8.5	2.0	5.7	»	»	»	»
Lärche (ältere)..... » <i>Lærk (ældre)</i>	13/4—2/5	8.5	2.0	5.7	2/5—17/5	17.8	4.7	9.8

Dass das Wurzelwachstum so bei einer niedrigen Temperatur beginnen kann, erklärt er damit: »... dass die höhere Bodenwärme im Winter in den Wurzeln innere physiologische Vorgänge, wie die Umwandlung und Wanderung von Baustoffen begünstigt und beschleunigt, so dass die Wurzeln beim Eintritt der ersten Frühlingswärme besser für das Wachstum vorbereitet sind als die oberirdischen Organe.«

In der vorstehenden Tabelle Nr. XXXVIII ist die absolute maximale und minimale Temperatur des Bodens und die berechnete Mitteltemperatur (siehe Tabellen Nr. V und VI) in der Wurzelausbruchperiode (1936) mit den entsprechenden Werten der Lufttemperatur in der Laubausschlagsperiode in Bezug auf Laubbäume und Lärche, und in der ersten Periode des Triebstreckens in Bezug auf Fichte und Weisstanne verglichen.¹⁾

Bei allen in den Tabellen genannten Baumarten, mit Ausnahme der jungen Eschenpflanzen, begann das Wurzelwachstum in einer Periode mit einer mittleren Bodentemperatur, die von 2.2° — 5.3° unter der mittleren Lufttemperatur der Periode lag, in der der Laubausschlag und das erste Triebstrecken stattfand (siehe BENECKE und JOST 1923, II, Seite 37). In diesem Punkt stimmen die Untersuchungen vollkommen mit ENGLERS Angaben überein, dass das Wurzelwachstum bei einer wesentlich niedrigeren Temperatur vor sich gehen kann als das Strecken der Triebe. Ob die Ursache die von ENGLER angenommene oder eine andere ist, das zu lösen mag die Aufgabe der Pflanzenphysiologie sein.

¹⁾ Buche, Roterle und Birke sind nicht mitgenommen.

III. EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

Als Ergänzung der bisher besprochenen Untersuchungen über das Wurzelwachstum im Walde hatte ich im Herbst 1937 und im Frühjahr 1938 Gelegenheit, bei einigen Baumarten die nähere Beziehung zwischen der Geschwindigkeit des Längenwachstums der Wurzeln und der Temperatur resp. der Bodenfeuchtigkeit rein experimentell zu untersuchen. Diese Untersuchungen wurden sämtlich im staatlichen Laboratorium für forstliches Versuchswesen ausgeführt.

Wurzelwachstum und Temperatur.

Methode und Material.

Die Untersuchungen wurden hauptsächlich an Wurzeln von 2—4jährigen Pflanzen ausgeführt, die der Baumschule für forstliches Versuchswesen entnommen waren. Die Pflanzen wurden alle in Zinkkästen, in einer Mischung von Sand- und Komposterde angebracht. Die Zinkkästen waren nach SACHS' Modell hergestellt, jedoch mit den Änderungen, dass die Kästen bedeutend schmaler waren, ohne Füße und an den Seiten und auf dem Boden vollständig wasserdicht; die Glaswände waren festgekittet.

Diese Kästen wurden mit den darin angebrachten Pflanzen in das Mistbeet der Versuchsanstalt gestellt, bis man längs der Innenseite der Glaswände frische Wurzelspitzen bemerken konnte. Sobald das der Fall war, wurden die Kästen im Laboratorium in ein mit Wasser gefülltes Aquarium gestellt, das Glaswände hatte, die nicht dicker waren als gewöhnliches Fensterglas. Die Kästen wurden im Aquarium so angebracht, dass diejenige Seitenfläche, an der man die meisten Wurzelspitzen beobachten konnte, nur 3—4 mm von der einen Glaswand des Aquariums entfernt war.

Die drei anderen Seitenflächen des Aquariums wurden mit einer verhältnismässig dicken Schicht Papierwatte bedeckt.

Durch das Wasser des Aquariums war ein spiralförmiges Zinnrohr gelegt, dessen eines Ende mit einem Wasserhahn auf die Weise in direkter Verbindung stand, dass zwischen Hahn und Zinnrohr ein Kolben eingesetzt war, durch den das Wasser des Hahnes hindurchlaufen musste, und in dem man dessen Temperatur nach Wunsch mit Hilfe einer darunter angebrachten Bunsenflamme erhöhen konnte. Das andere Ende des Zinnrohres hatte freien Ablauf zum Ausguss.

Durch diese Anordnung gelang es, die Temperatur im Aquariumswasser und damit auch im Zinkkasten auf jede beliebige über 10—12° Celsius liegende, für die Untersuchungen wünschenswerte Höhe zu bringen.

Alle gewünschten niedrigeren Temperaturen wurden durch Zusetzung passender Mengen kalten Wassers zum Aquariumswasser erreicht.

Die Temperatur, die durch umrühren im Aquariumswasser verteilt wurde, wurde teils von den im Aquariumswasser angebrachten Thermometern, teils von einem Thermometer abgelesen, das im Zinkkasten in unmittelbarer Nähe der frischen Wurzelspitzen angebracht war. Von diesen wurden die am besten geeigneten ausgesucht, d. h. die, deren Wurzelspitze genau festzustellen war, und deren Längenwuchsgeschwindigkeit danach bei den verschiedenen Temperaturen in einem Horizontalmikroskop mit Messokular direkt gemessen wurde.

In den Fällen, in denen die Untersuchungen das Wachstum der Keimwurzeln umfassten, wurde jene Untersuchungstechnik benutzt, die in »Vejledning ved praktiske Øvelser i fysiologisk Botanik« (FR. WEIS, 1925, Seite 60) näher beschrieben ist.

1. Die Wachstumskurven.

Die Beziehung zwischen dem Längenwuchs der Wurzeln und der Temperatur wurde in der vorerwähnten Weise bei Buchen, Eschen, Fichten und Weisstannen untersucht und geht aus den folgenden vier graphischen Figuren hervor.

Jede Figur ist durch Zusammenlegen der innerhalb jeder Baumart bei den verschiedenen untersuchten Wurzeln konsta-

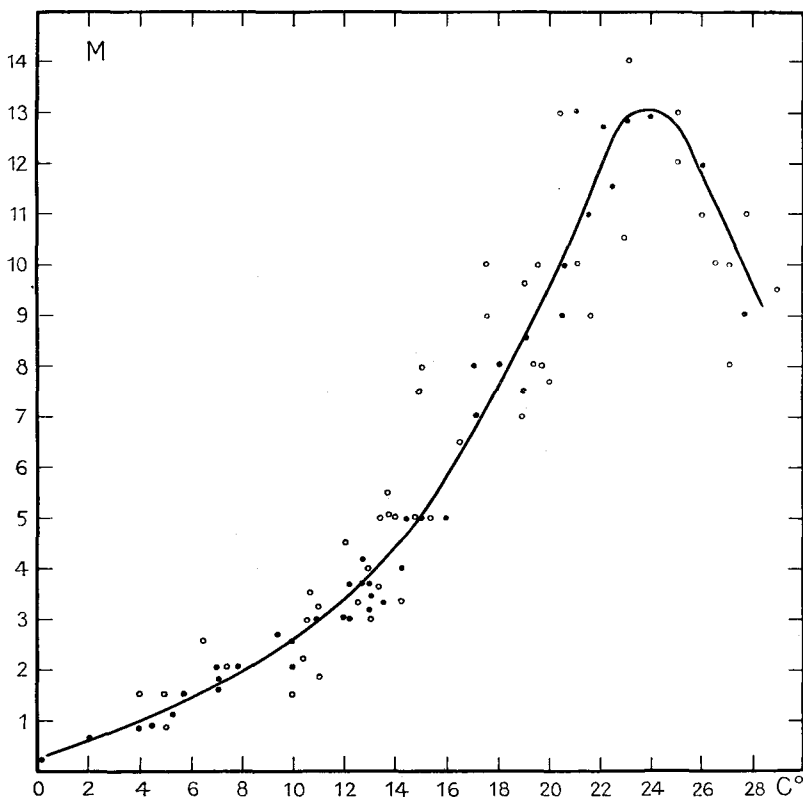


Fig. Nr. 32. Abhängigkeit des Längenwachstums der Buchenwurzeln von der Temperatur. Die Abszisse gibt die Temperatur, die Ordinate gibt den Zuwachs der Wurzeln in Messeinheiten: M. Zeitintervall = 20 Minuten.

○ = Pflanzenwurzeln. • = Keimwurzeln.

Forholdet mellem Bøgerøddernes Længdevækst og Temperaturer. Abscissen angiver Temperaturer, Ordinaten angiver Røddernes Tilvækst i Maaleenheder: M. Tidsinterval = 20 Minutter. ○ = Planterødder. • = Kimrødder.

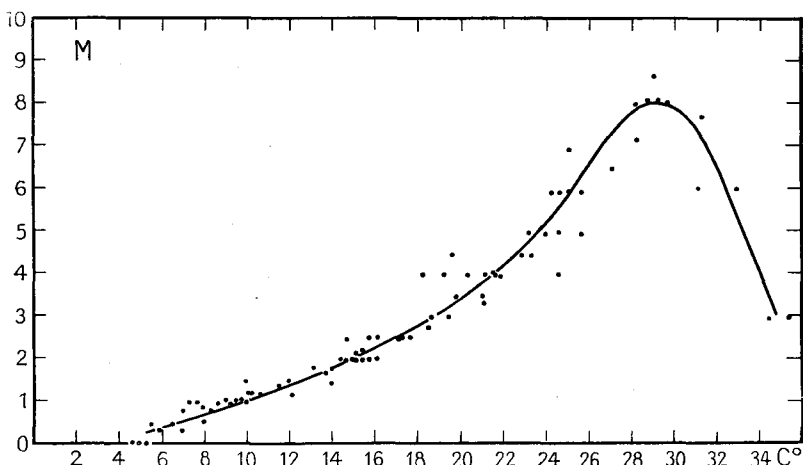


Fig. Nr. 33. Abhängigkeit des Längenwachstums der Eschenwurzeln von der Temperatur. Die Abszisse gibt die Temperatur, die Ordinate gibt den Zuwachs der Wurzeln in Messeinheiten: M. Zeitintervall = 20 Minuten.

Nur Pflanzenwurzeln wurden untersucht.

Forholdet mellem Askerøddernes Længdevækst og Temperaturer. Abscissen angiver Temperaturer, Ordinaten angiver Røddernes Tilvækst i Maaleenheder: M. Tidsinterval = 20 Minutter. Der blev kun undersøgt Planterødder.

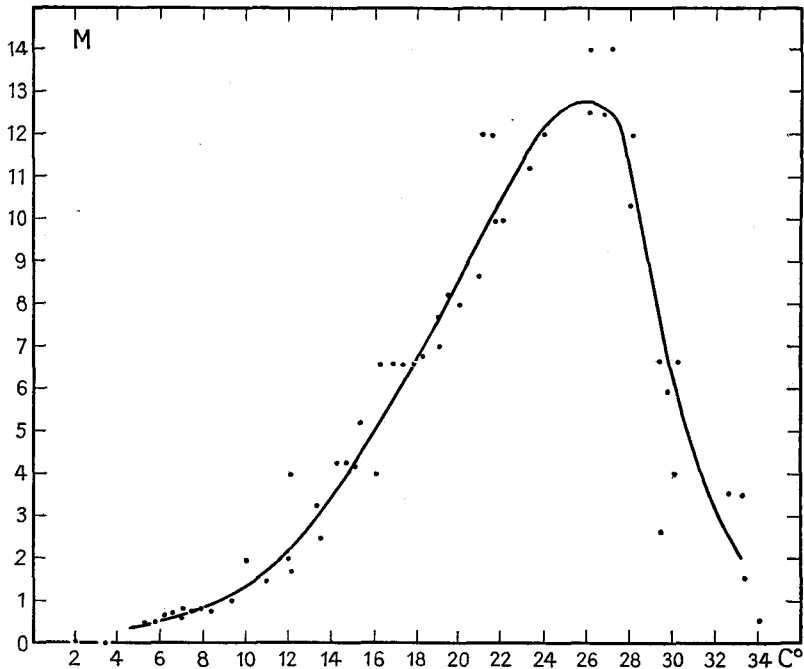


Fig. Nr. 34. Abhängigkeit des Längenwachstums der Fichtenwurzeln von der Temperatur. Die Abszisse gibt die Temperatur, die Ordinate gibt den Zuwachs der Wurzeln in Messeinheiten: M. Zeitintervall = 20 Minuten. Nur Pflanzenwurzeln wurden untersucht.

Forholdet mellem Rødgranrøddernes Længdevækst og Temperaturen. Abscissen angiver Temperaturen, Ordinaten angiver Røddernes Tilvækst i Maaleenheder: M. Tidsinterval = 20 Minutter. Der blev kun undersøgt Planterødder.

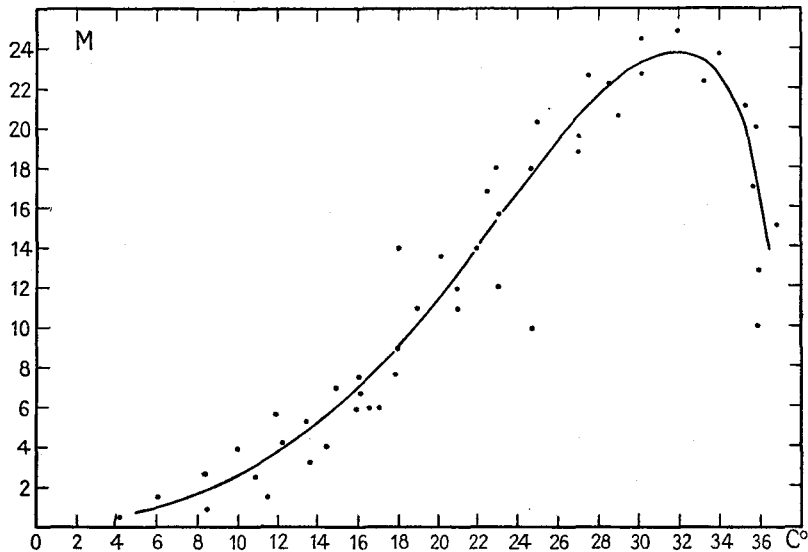


Fig. Nr. 35. Abhängigkeit des Längenwachstums der Weisstannenwurzeln von der Temperatur. Die Abszisse gibt die Temperatur, die Ordinate gibt den Zuwachs der Wurzeln in Messeinheiten: M. Zeitintervall = 20 Minuten. Nur Pflanzenwurzeln wurden untersucht.

Forholdet mellem Edelgranrøddernes Længdevækst og Temperaturen. Abscissen angiver Temperaturen, Ordinaten angiver Røddernes Tilvækst i Maaleenheder: M. Tidsinterval = 20 Minutter. Der blev kun undersøgt Planterødder.

tierten Wachstumskurven entstanden¹⁾. Als Grundlage für dieses Zusammenlegen ist von dem gesamten Längenzuwachs der einzelnen Wurzeln zwischen 10—25° und innerhalb des gleichen Zeitraumes ausgegangen worden. Die Punkte, die den einzelnen abgelesenen Wurzellängenwuchs angeben, sind auf den Figuren wiedergegeben.

Die verstreute und in verschiedenen Fällen unregelmässige Lage der einzelnen Punkte um die Kurven wurde in gewissem Grad durch diese Zusammenlegung der Wachstumskurven der einzelnen Wurzeln verursacht und zugleich dadurch, dass die Messungen an Wurzeln ausgeführt wurden, die in der Erde wuchsen, sodass sie bei ihrem Vorwärtswachsen auf einen grösseren oder kleineren mehr oder weniger anhaltenden Widerstand von Erdpartikeln gestossen sein können. Wie aus der Wachstumskurve der Buchenwurzeln hervorgeht, liegen die Punkte für das Wachstum der untersuchten Keimwurzeln bedeutend regelmässiger um die Kurve als die Punkte für das Wachstum der Pflanzenwurzeln in den Wuchskästen.

Eine der grössten Schwierigkeiten, auf die ich bei der Bestimmung der Wachstumskurven stiess, war, dass der gemessene Längenzuwachs in der einzelnen Wurzel beim Übergang von einer höheren zu einer niedrigeren Temperatur oder umgekehrt nicht genau ein entsprechendes wirkliches Längenzuwachstum der Wurzel in des Begriffes eigentlicher Bedeutung darstellte, sondern der Ausdruck für die eigentliche Wachstumsleistung der Wurzel und einer grösseren oder kleineren Längenausdehnung oder Zusammenziehung als Folge der veränderten Temperatur war. Jeder sehr plötzliche Fall der Temperatur mit z. B. 4°—5° führte in allen Fällen einen unverhältnismässig kleinen Längenzuwachs bei den ersten Ableisungen mit sich, ebenso wie eine plötzliche Temperatursteigerung einen unverhältnismässig grossen Längenzuwachs mit sich führte. Bei Temperaturen unter etwa 10° führte sehr plötzlicher Rückgang der Temperatur von oft nur wenigen Graden häufig einen geradezu negativen Längenzuwachs der Wurzeln mit sich (im Gegensatz zu LEICHT 1916).

Um als Folge davon fehlerhafte Resultate zu vermeiden, wurde die allergrösste Rücksicht darauf genommen, dass die

¹⁾ 12 Buchenwurzeln, 7 Fichtenwurzeln, 5 Eschenwurzeln und 4 Weisstannenwurzeln.

Temperaturänderungen sehr langsam, nicht über 2° in der Stunde, vor sich gingen, und dass der Verlauf des Wurzelwachstums dadurch bestimmt wurde, dass man sowohl von niedrigen auf hohe Temperaturen und umgekehrt ging.

Bei der Bestimmung der Kurven wurde das Hauptgewicht darauf gelegt, dass man den Verlauf des Wurzelwachstums bei den in der Natur am häufigsten vorkommenden Bodentemperaturen von $0-20^{\circ}$ feststellen konnte.

Wie aus allen vier Kurven hervorgeht, ist die Wachstumsgeschwindigkeit der Wurzeln bei den niedrigeren Temperaturen bis zu $10-14^{\circ}$ relativ langsam, erst danach nimmt die Wachstumsgeschwindigkeit stark bis zum Maximum zu, das für die einzelnen Baumarten bei dem angewandten Zeitintervall (siehe Text unter den graphischen Figuren) bei der Buche etwa 24° , bzw. etwa 29° bei der Esche, etwa 26° bei der Fichte und etwa 32° bei der Weisstanne lag. Nach dem Maximum fiel die Wachstumsgeschwindigkeit sehr schroff (siehe LEICHT 1916).

Wenn man von einer direkt der Sonne ausgesetzten Bodenörtlichkeit absieht, erreichen Esche, Fichte und Weisstanne im Wald nur etwa ein Drittel und die Buche nur etwa die Hälfte der für das Wurzelwachstum optimalen Bodentemperatur.¹⁾

In einem sonnenausgesetzten Erdboden wie z. B. im Baumschulboden, wo die Bodentemperatur in der etwa 10 cm dicken obersten Bodenschicht ganz hoch bis auf über 30° kommen kann, wird die für das Wurzelwachstum optimale Temperatur an besonders warmen Tagen überschritten. Für junge Samenbeetpflanzen, deren Wurzelnetz nur etwa 5 cm in die Erde hineingeht, kann die Bodentemperatur bis zu einem für die frischen Wurzelspitzen direkt zerstörenden Wert steigen.

Bei der Esche hörte bei den experimentellen Untersuchungen das Wurzelwachstum bei einer Temperatur von ungefähr $4-6^{\circ}$ auf, bei der Fichte und Weisstanne bei ungefähr $2-4^{\circ}$ und bei der Buche erst unter 0° . Die genaue Bestimmung der Minimaltemperatur für das Wurzelwachstum in den einzelnen Fällen war, teils wegen der vorher erwähnten Zusammenziehungen der Wurzel und teils wegen einer störenden Taubildung auf der Innenseite der Wuchskästen, sehr erschwert.

1) Rechnet über 0° .

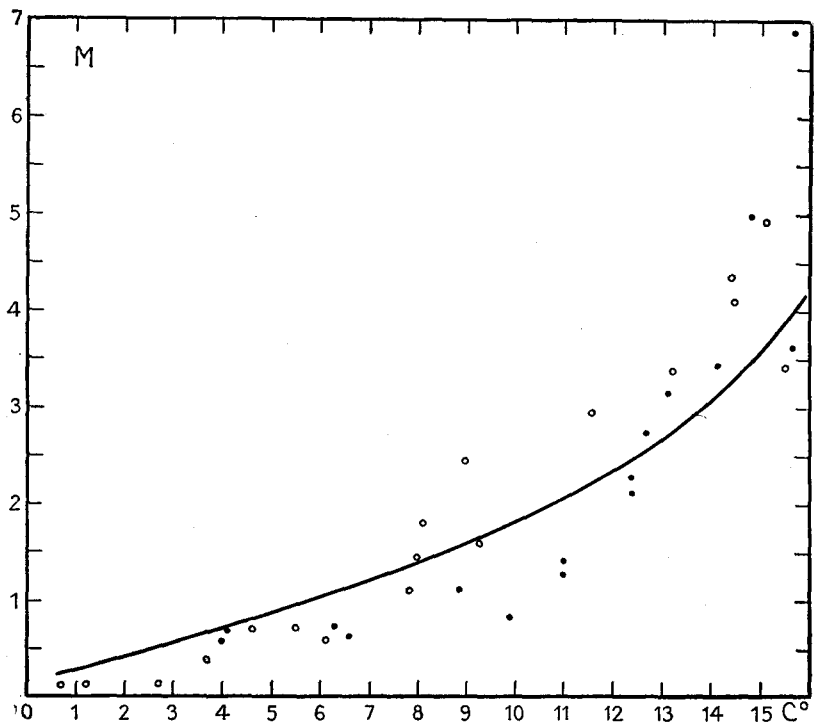


Fig. Nr. 36. Buche¹⁾. ○ = Periodisches Wurzelwachstum im Jahre 1935-36. (siehe Tabelle Nr. XII).

Bøg. Periodisk Rodvækst i 1935-36. (jvf. Tabel XII).

• = Periodisches Wurzelwachstum im Jahre 1937. (siehe Tabelle Nr. XIII).

Periodisk Rodvækst i 1937. (jvf. Tabel XIII).

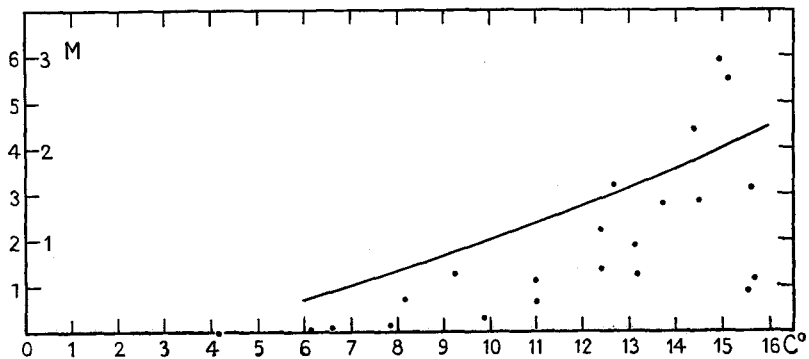


Fig. Nr. 37. Esche¹⁾. • = Periodisches Wurzelwachstum im Jahre 1936 und 1937 (siehe Tabellen Nr. XIX und XX).

Ask. Periodisk Rodvækst i 1936 og 1937 (jfr. Tabel XIX og XX).

¹⁾ Bilderklaring im Text Seite 198.

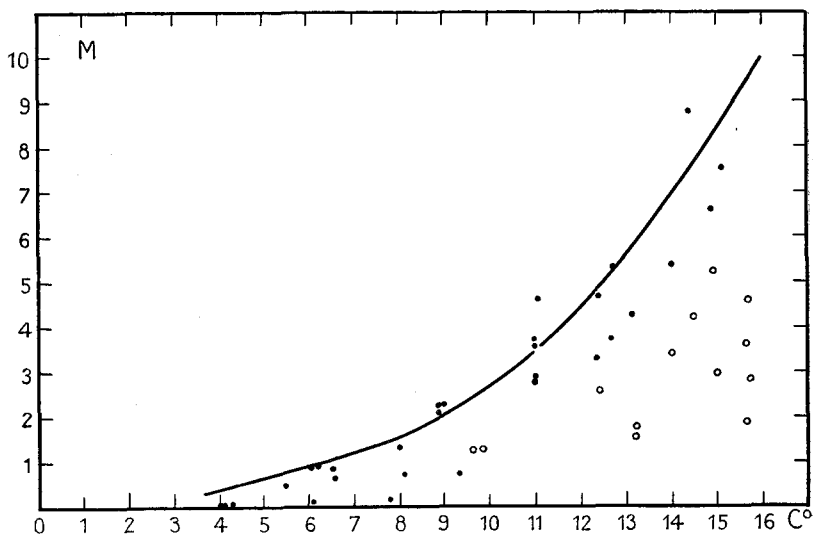


Fig. Nr. 38. Fichte¹⁾. • = Wurzelwachstum in feuchten Perioden 1935—36 und 1937 (siehe Tabellen Nr. XXX und XXXI).
Rødgran. Rodvækst i fugtige Perioder 1935—36 og 1937 (jvf. Tabellerne XXX og XXXI).
 ○ = Wurzelwachstum in trockenen Perioden 1935—36 und 1937 (siehe Tabellen Nr. XXX und XXXI).
Rødvækst i tørre Perioder 1935—36 og 1937 (jvf. Tabellerne XXX og XXXI).

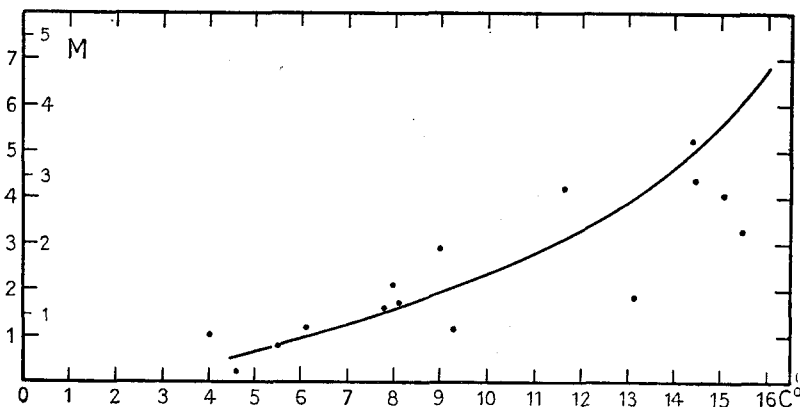


Fig. Nr. 39. Weisstanne¹⁾. • = Periodisches Wurzelwachstum im Jahre 1936 (siehe Tabelle Nr. XXXIV).
Ædelgran. Periodisk Rodvækst i 1936 (jfr. Tabel XXXIV).

¹⁾ Bilderklärung im Text Seite 198.

2. Vergleich zwischen den experimentellen Untersuchungen und den Untersuchungen im Walde.

In den vier Figuren Nr. 36, 37, 38 und 39 ist für die vier Baumarten ein direkter relativer Vergleich zwischen dem Verlauf der vorstehenden vier Wachstumskurven (Fig. 32, 33, 34 und 35) innerhalb des Temperaturintervalles von 0—16° und den entsprechenden Werten für das periodische mittlere Längenwachstum vorgenommen worden, die bei den Untersuchungen im Walde gefunden wurden, in Beziehung gesetzt zu der mittleren Bodentemperatur der Perioden.

Selbst wenn ein solcher Vergleich nur sehr grob sein kann, gibt er doch gewisse wertvolle Aufklärungen.

Wie man an den Figuren sieht, fallen die Punkte für das einzelne periodische mittlere Wurzelwachstum in der Natur, mit Ausnahme der Esche, recht genau um die experimentell abgeleiteten Wachstumskurven. Bei den Fichten und Weisstannen muss man jedoch, wie angenommen, von dem periodischen Wurzelwachstum absehen, das in besonders trockenen Perioden gefunden wurde.

Mit anderen Worten, das Wurzelwachstum der Buche, Fichte und Weisstanne im Walde zeigt, mit Ausnahme von Trockenperioden, die gleiche Abhängigkeit von der Temperatur wie bei kurzen experimentellen Untersuchungen im Laboratorium.

Dieser Umstand kann nur bekräftigend auf die weiter oben bei der Erörterung der einzelnen Baumarten ausgesprochenen Vermutungen über den Einfluss der Temperatur und der Bodenfeuchtigkeit auf die Geschwindigkeit des Wurzelwachstums wirken.

Bei der Esche ist die Übereinstimmung zwischen dem Verlauf des Wurzelwachstums mit steigender Temperatur bei den experimentellen Untersuchungen und denen im Walde nicht auffällig; das ist zum Teil verursacht durch die eigentümliche Periodizität des Wurzelwachstums der Esche, ihre grosse Empfindlichkeit gegenüber der Austrocknung des Bodens usw.

Wurzelwachstum und Bodenfeuchtigkeit.

Es ist äusserst schwierig, experimentelle Untersuchungen über die enge Abhängigkeit der Geschwindigkeit des Wurzelwachstums von der Bodenfeuchtigkeit vorzunehmen. Die Art des Bodens, die Temperaturverhältnisse, die Transpirationsverhältnisse, das Blattareal des einzelnen Individuums usw., jeder dieser

Umstände ist für einen gegebenen Einfluss der Bodenfeuchtigkeit auf die Geschwindigkeit des Wurzelwachstums bestimmend. (Siehe LOBANOV 1913).

Dies alles muss man genau im Gedächtnis haben, um die nachfolgenden experimentellen Untersuchungen richtig zu betrachten und zu beurteilen.

Die Untersuchungen, die nur die Baumarten Buche, Esche und Fichte umfassen, wurden auf folgende Weise ausgeführt;

In Reagensgläsern wurden fünf Samenbeetpflanzen 1/0 oder 2/0 von jeder Baumart angebracht, mit einer Pflanze in jedem Glas, in einer genau gleichen Mischung von reinem, feuchtem Sand und Komposterde. Das Gewicht der Pflanzen, des einzelnen Glases und der in jedem Glas enthaltenen Erdmenge sowie der darin enthaltene Feuchtigkeitsgehalt wurden genau bestimmt.

Die Gläser wurden danach in ein Mistbeet gesetzt, bis man an der Innenseite des Glases frische Wurzelspitzen beobachten konnte, wonach Glas und Pflanzen sowie Erde wieder sorgfältig gewogen und die Geschwindigkeit des Wurzelwachstums bei 14° und in einer halben Stunde unter dem Horizontalmikroskop gemessen wurden.

Die Gläser mit den Pflanzen wurden danach wieder in das Mistbeet zurückgesetzt. Da man die Erde nicht wässerte, trocknete sie nach und nach im Laufe von vier bis fünf Tagen so weit aus, dass das Wurzelwachstum aufzuhören im Begriff war. Im Laufe dieser vier bis fünf Tage wurden die Gläser jeden Tag sorgfältig gewogen und die Geschwindigkeit des Wurzelwachstums wurde bestimmt, immer bei 14° und in einer halben Stunde.

Als das Wurzelwachstum bei allen Wurzeln ganz aufzuhören im Begriff war, wurden die Pflanzen gewässert, was bewirkte, dass die Wurzeln im Laufe von drei bis vier Tagen wieder zu treiben anfangen. Die Wachstumsgeschwindigkeit wurde nun wieder durch eine entsprechende Austrocknung, wie vorher beschrieben, bestimmt. Diese Austrocknung wurde so lange fortgesetzt, bis das Wurzelwachstum vollkommen aufhörte.

Tafel XI zeigt zwei Mikrophotographie einer der untersuchten Wurzelspitzen der Fichte, die durch die Glaswand aufgenommen wurde. Das Bild links wurde zu dem Zeitpunkt aufgenommen, als die Austrocknung das erste Mal so weit fort-

geschritten war, dass die Wachstumsgeschwindigkeit bei den meisten Wurzeln ganz aufgehört hatte. Alle Wurzelspitzen in der oberen Hälfte der Gläser waren zu diesem Zeitpunkt ganz braun, während die tieferliegenden Wurzeln helle Wurzelspitzen hatten, die Fichte mit Wurzelhaar ganz bis an die Wurzelspitze, so wie es auf der Photographie zu sehen ist.

Vermutlich ist die Ursache der Wurzelhaarbildung an den Wurzelspitzen der tiefer liegenden Fichtenwurzeln, im Gegensatz zu den höher liegenden die, dass der Feuchtigkeitsmangel in der Erde im unteren Teil des Glases langsamer eingetreten ist als in den obersten Bodenschichten.

Das Bild rechts zeigt die gleiche Wurzel zwei Tage nachdem die Pflanze gewässert worden war. Auf dem Bild kann man deutlich sehen, dass eine »neue« Wurzelspitze ohne Wurzelhaarbildung hervorgeschossen ist.

Keines der Organe dieser Pflanzen, oberhalb der Erde wie Blätter, Nadeln usw. zeigte zu dem Zeitpunkt, da das Wurzelwachstum vollständig aufgehört hatte, irgend ein äusseres Zeichen von Feuchtigkeitsmangel, d. h. das Wurzelwachstum hört auf, ehe man an den Organen über der Erde sehen kann, dass die Bodenfeuchtigkeit im Minimum ist.

In Figur Nr. 40 sind die zusammengelegten Kurven über den Verlauf des Wurzelwachstums der verschiedenen untersuchten Wurzeln innerhalb jeder Pflanze der drei Baumarten graphisch wiedergegeben. Wie die Figur zeigt, nimmt die Wachstumsgeschwindigkeit der Fichtenwurzeln erst bei einer Bodenfeuchtigkeit von 16% lufttrocken = 24% absolut¹⁾ sehr stark ab, bei der Buche und Esche erst unter 20—22% lufttrocken = 28—30% absolut.

Bei allen drei Baumarten hörte das Wurzelwachstum bei einer Bodenfeuchtigkeit von 4—6% lufttrocken = 12—14% absolut vollständig auf.²⁾

Bei höheren Feuchtigkeitsprozenten als auf der Figur angegeben kann man annehmen, dass sich die Wachstumskurven einer wagerechten Linie nähern.

Aus dem unterschiedlichen Verlauf der Wachstumskurven bei den experimentellen Untersuchungen kann man keine direkten

¹⁾ In Prozent des absoluten Trockengewichts berechnet.

²⁾ Das wird infolge LOBANOW (1913) ungefähr dem »toten Vorrat« an Feuchtigkeit des Bodens entsprechen.

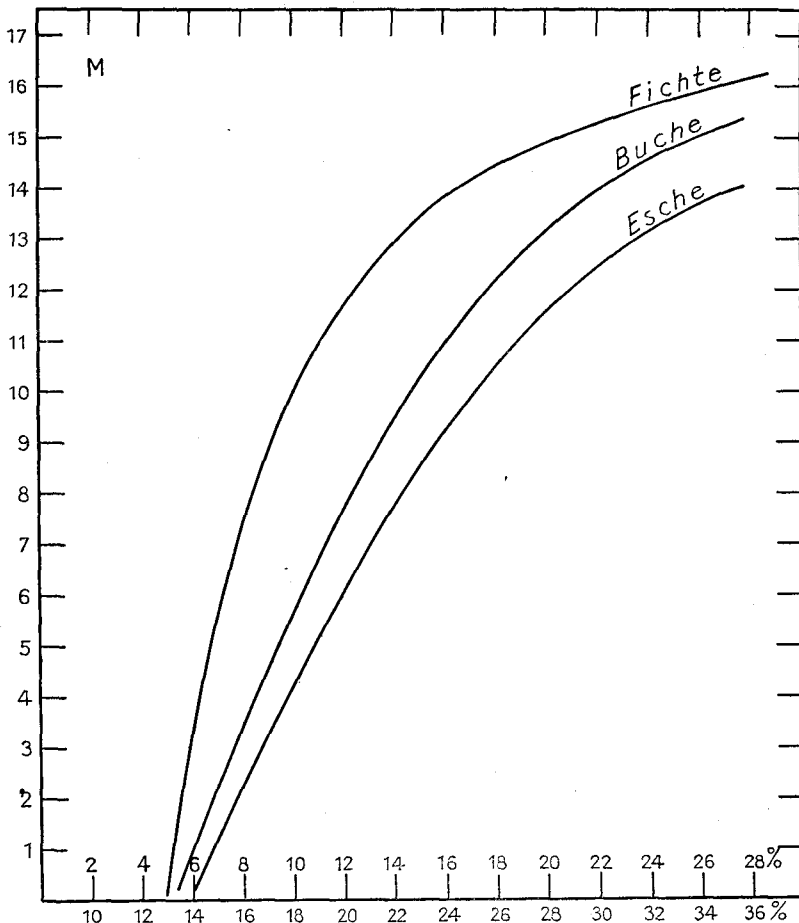


Fig. Nr. 40. Die Abhängigkeit des Längenwachstums der Wurzeln von der Bodenfeuchtigkeit. Die Abszisse gibt den Feuchtigkeitsgehalt im Boden an, berechnet teils als Feuchtigkeitsverlust des Bodens beim Übergang zu lufttrockenen und teils zu absolut trockenem Zustand. Die Ordinate gibt den Längenzuwachs in Messeinheiten: M.

Forholdet mellem Røddernes Lændevekst og Jordfugtigheden. Abscissen angiver Fugtighedsindholdet i Jorden beregnet dels som Fugtighedstab ved Jordens Overgang til lufttør Tilstand, dels som dens Fugtighedstab ved Overgang til absolut tør Tilstand. Ordinaten angiver Længdetilvækst i Maaleenheder: M.

Schlussfolgerungen über den Verlauf des Wurzelwachstums bei einer entsprechenden Bodenfeuchtigkeit in der Natur ziehen, auf jeden Fall kann man in Bezug auf grössere oder geringere Empfindlichkeit der Wurzeln bei den einzelnen Baumarten keinerlei Schlussfolgerungen ziehen. Ihre mehr oder weniger tiefgehenden Wurzelsysteme können das Verhältnis in entscheidendem Grad ändern. Nach den experimentellen Untersuchungen sind die Wurzeln der Buche empfindlicher als die der Fichte. Urteilt man nach den Untersuchungen im Walde, bekommt man den entgegengesetzten Eindruck.

Wie auf Seite 108 hingewiesen, erhält die Buche bei Dürreperioden unzweifelhaft den Hauptteil der für die Transpiration notwendigen Wassermenge durch die tiefgehenden Wurzeln. Da die Fichte nicht die gleichen tiefgehenden Wurzeln hatte (Scheibenwurzel), kann ihr Wurzelwachstum bei Trockenperioden natürlich relativ stärker beeinflusst werden als das Wurzelwachstum der Buche, selbst wenn die einzelnen Fichtenwurzeln vielleicht, worauf die experimentellen Untersuchungen hinweisen, eine grössere spezifische Widerstandskraft gegenüber einer Austrocknung besitzen als die Buchenwurzeln.

Die Wurzelhaarbildung war bei allen Baumarten bei den experimentellen Versuchen besonders lebhaft, sobald die Bodenfeuchtigkeit sich unter etwa 18—20% lufttrocken = 26—28% absolut näherte.

Gesamtüberblick und Vergleich der Wurzelwachstumsperiodizität usw. der einzelnen untersuchten Baumarten, mit früheren Untersuchungen zusammengestellt.

1. Wachstums- und Ruheperioden.

In den beiden untersuchten Jahren 1936 und 1937 wurde bei der Buche das ganze Jahr hindurch Wurzelwachstum konstatiert, wohingegen die Wurzeln der sechs anderen untersuchten Baumarten: Esche, Roterle, Birke, Fichte, Weissstanne und Lärche in der kälteren Jahreszeit eine kürzere oder längere, mehr oder weniger scharf abgegrenzte Ruheperiode hatten.

Da die Wintermonate in den beiden untersuchten Jahren im Vergleich zur normalen Temperatur durchgehend verhältnismässig warm waren, kann man auf Grund der Untersuchungen folgende Schlüsse ziehen:

a) Das Wurzelwachstum der Buche hört in verhältnismässig milden Wintern hier im Lande nicht vollkommen auf.

b) Das Wurzelwachstum der Esche, Roterle, Birke, Fichte, Weisstanne und Lärche hört, selbst in milden Wintern, hier im Lande vollständig auf.

Unter den gleichen äusseren Verhältnissen hatten die einzelnen Bäume und jungen Pflanzen, trotz einer gewissen individuellen Variation, in grossen Zügen innerhalb der gleichen Art die gleiche Periodizität des Wurzelwachstums. Eine Ausnahme davon bildeten die jungen Buchenpflanzen, die im Walde im Schatten der Mutterbäume standen. Selbst innerhalb ganz kleiner Gebiete hatten die einzelnen Individuen dieser jungen Buchenpflanzen eine völlig verschiedene Periodizität des Wurzelwachstums.

Innerhalb der einzelnen Baumart war der Zeitpunkt für den Beginn und das Ende des Wurzelwachstums und damit die Länge der Wachstums- und Ruheperioden beeinflusst von: a) den klimatischen Verhältnissen des einzelnen Jahres, b) dem Lokalklima, d. h. der Lage der Bodenörtlichkeit und c) der Art, dem Wassergehalt, dem Sauerstoffgehalt usw. der Bodenörtlichkeit. Diese äusseren Einflüsse waren offenbar bei den Laubbäumen viel grösser als bei den Nadelbäumen.

a) In einem verhältnismässig warmen Frühjahr beginnt der Wurzelausbruch früher als in einem kalten Frühjahr. In einem verhältnismässig warmen Herbst dauert das Wurzelwachstum länger als in einem kalten Herbst mit frühem Frost.

b) In einem sonnenausgesetzten, frühjahrswarmen Erdboden beginnt der Wurzelausbruch in Übereinstimmung mit dem vorher gesagten durchgehend früher als in einem kälteren, beschatteten Erdboden. In einem besonders »lauen« Boden (z. B. unter einer dicken Laubdecke) dauert im Herbst das Wurzelwachstum länger als in einem frostausgesetzten Erdboden.

c) In den gewöhnlichen, sandigen und lehmhaltigen Bodenörtlichkeiten im Walde, unter dem Schatten der Baumkronen, wie man sie in den Wäldern hier im Lande überall findet, und in den stark humushaltigen, feuchteren Erböden, wie man sie z. B. in den meisten der gut drainierten Waldmoore hierzulande findet, hatten die einzelnen Baumarten durchgehend die gleichen Wurzelwachstumsperioden; sie waren in den untersuchten Jahren die folgenden:

Buche: Bei den älteren Bäumen konnte man das ganze Jahr hindurch Wurzelwachstum beobachten. Die Wurzelwachstumsperioden der jungen Buchenpflanzen waren von Individuum zu Individuum besonders unregelmässig. Man konnte das ganze Jahr hindurch Buchenpflanzen beobachten, an denen einzelne Wurzeln im Wachstum waren, ebenso wie man das ganze Jahr Buchenpflanzen ohne Wurzelwachstum beobachten konnte.

Esche: Wurzelausbruch (Kurzurzeln) bei älteren Eschen im Mai (1936 und 1937) bei einer mittleren Bodentemperatur von $8-11^{\circ}$, bei den jungen Eschenpflanzen in der ersten Hälfte des Juli bei einer mittleren Bodentemperatur von 15.5° . Der Abschluss des Wurzelwachstums fiel bei den älteren wie bei den jungen Eschen in die ersten Hälfte des November bei einer mittleren Bodentemperatur von $6-8^{\circ}$.

Roterle: Wurzelausbruch in der zweiten Hälfte des Mai (1936) bei einer mittleren Bodentemperatur von $8-9^{\circ}$. Das Wurzelwachstum hörte in der zweiten Hälfte des November bei einer mittleren Bodentemperatur von $6-7^{\circ}$ auf.

Fichte: Wurzelausbruch in der ersten Hälfte des April (1936 und 1937) bei einer mittleren Bodentemperatur von $4-5^{\circ}$. Das Wurzelwachstum der älteren Bäume hörte in der zweiten Hälfte des November bei einer mittleren Bodentemperatur von $6-7^{\circ}$ auf, bei den jungen Fichtenpflanzen endete es in der zweiten Hälfte des Oktober (1936) bei einer mittleren Bodentemperatur von 8° .

Weisstanne: Wurzelausbruch bei den älteren Bäumen wie bei der Fichte in der erste Hälfte des April (1936) bei einer mittleren Bodentemperatur von 4.6° , bei den jungen Weisstannenpflanzen etwa 14 Tage später, in der zweiten Hälfte des April, bei einer mittleren Bodentemperatur von 5.7° . Das Wurzelwachstum der älteren Bäume hörte erst spät, im Laufe des Januar, auf, bei den jungen Weisstannenpflanzen in der ersten Hälfte des November, bei einer mittleren Bodentemperatur von 7.8° .

Lärche: Wurzelausbruch in der zweiten Hälfte des April (1936) bei einer mittleren Bodentemperatur von 5.7° . Wie bei den

älteren Fichten hörte das Wurzelwachstum in der zweiten Hälfte des November bei einer mittleren Bodentemperatur von 6.1° auf.

In den feuchten, schlecht entwässerten Moorböden ist die Wurzelwachstumsperiode ungewöhnlich kurz. Die an solchen Orten vorkommenden Bäume, wie Esche, Roterle und Birke hatten hier in den untersuchten Jahren die folgenden Wurzelwachstumsperioden:

Esche (1937): Wurzelausbruch in der ersten Hälfte des August.

Das Wurzelwachstum hörte in der ersten Hälfte des Oktober auf.

Roterle (1936): Wurzelausbruch in der zweiten Hälfte des August.

Das Wurzelwachstum hörte in der zweiten Hälfte des November auf.

Birke (1936): Wurzelausbruch in der ersten Hälfte des Juni bei einer mittleren Bodentemperatur von 11.2° . Das Wurzelwachstum hörte in der ersten Hälfte des November bei einer mittleren Bodentemperatur von 8.2° auf.

In einem sonnigen, durchgearbeiteten Erdboden, wie man ihn in den Baumschulen usw. hier im Lande findet, und in sonnenausgesetztem, trockenem, podsoliertem Erdboden, wie man ihn an Waldrändern, Reinabtrieben usw. findet, hatten alle jungen Pflanzen in der Regel im Laufe des Jahres mehrere Wachstums- und Ruheperioden, ohne dass man irgend eine grössere individuelle Variation innerhalb der gleichen Art an der gleichen Stelle feststellen konnte. Die Zeiten und die Länge dieser Wachstums- und Ruheperioden sind nach den Untersuchungen völlig von der Art des Erdbodens, der Lage, dem Wassergehalt, den Schattenverhältnissen, den Windschutzverhältnissen usw., sowie in weit höherem Grade von den klimatischen Verhältnissen des einzelnen Jahres abhängig, als bei den älteren Bäumen und den jungen Pflanzen im Wald auf frischem Erdboden.

Irgend welche allgemein gültigen Daten für den Beginn und das Ende der Wachstums- und Ruheperioden kann man infolgedessen nicht angeben, dazu sind die Unterschiede von Ort zu Ort und von Jahr zu Jahr zu gross. In der Regel

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Buche												
<i>Bog</i>												
Resa			+	+	?	?	?	+?	+	+		
P. { ä			0	0	0	+++?	+++?	0	+++	+++	+	
j		0	0	+++	+	+	+	+	+++	+	+	0
B. { F				+	+	+	+	+0	+	+		
s								0	+0	+		
E. 1899												Min. -2.1 ^o
» 1900	Min. Etw. 0 ^o	0 ^o										Etw. 1 ^o
L. 1936	Min. -4.0 ^o											Min. 1.6 ^o
Esche												
<i>Ask</i>												
Resa			0	0	0	0	0	+	+	+0		
P. { ä			0	0	++	+	+	0	+++	+		
j		0	0	0	0	0	0	0	+++	+	+	
B. s					+	+	+	+0	0	0		
E. 1899												Etw. 4 ^o
» 1900	Etw. 3 ^o	Etw. 5 ^o										1-4 ^o
L. 1936												6.5 ^o
» 1937												6.7 ^o
Erle												
<i>Äl</i>												
Resa			+	+	0	0	0	++	+	+	+	+
P. ä		0	0	0	0	++	+	+	+++	+	+	
B. F			+	+	+	+	+	+	+	+		
E. 1899												Min. -2.1 ^o
» 1900												2.4 ^o
L. 1936												3.5 ^o
Birke												
<i>Birk</i>												
W				+0	0	+		+	0	0		
P. { ä			0	0	++	++	+	0	+++	+	0	
j		0	0	+++	++	0		0	+++	+++	0+	
B. F			+0	+0	+	+	+	+	+	+		
E. 1899												Min. -2.1
» 1900	Etw. 5 ^o											Material fehlte
L. 1936												Moorboden 6.5 ^o

ä. = ältere Bäume. j. = junge Pflanzen.
F. = Freiland. S. = Schrägkasten.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Fichte												
<i>Rødgran</i>												
Resa		+	+	+	+0	0	0	0+	+	0		
P. { ä.....			0	0	++	+	+	++	++	+		
j.....		0	0	++	0	0	0	++	++	++	0+	
B. { F.....	0	0	+	+	+	+	+	0+	+	+		0
s.....					+	+	+	+	+	+0		
E. 1899.....					Etw. 10 ⁰					Etw. 4 ⁰		
» 1900.....				Etw. 3 ⁰					Etw. 5 ⁰			
Ro. { 1933..				2.5 ⁰					6-3.7 ⁰			
1934..												
L. 1936.....				Etw. 4.2 ⁰					3.5 ⁰			
» 1937.....				5.3 ⁰					6.7 ⁰			
Weisstanne												
<i>Ädelgran</i>												
W. 1890.....		0		+					0	+	0	0
» 1891.....	0	+	0	+	+0	+		+	+			
E. 1899.....				6.3 ⁰					4.4 ⁰			
» 1900.....				Etw. 3 ⁰					Etw. 6 ⁰			
L. 1936.....	Etw. 3 ⁰		3.8 ⁰									
Lärche												
<i>Lærk</i>												
P. ä.....			0	0	++	++	0	++	+	0		
B. { F.....		+0	+	+	+	+	+0	0	+	+0		0
F.....		0	0	0	+	+	+0	+0	+	+	0	0
E. 1899.....				Etw. 10 ⁰					4.4 ⁰			
» 1900.....				6 ⁰					Etw. 5 ⁰			
L. 1936.....				6.0 ⁰					3.5 ⁰			

Die einzelnen Untersuchungen sind an folgenden Orten durchgeführt:

De enkelte undersøgelser er udført følgende Steder:

Resa = In der Nähe von Bonn, 1875—77.

I Nærheden af Bonn, 1875—77.

W = WIELER: Braunschweig?

P = O. G. PETERSEN: An älteren Bäumen im Garten der landwirtschaftlichen Hochschule und an Pflanzen einer Baumschule in Frederiksværk Distrikt, 1895—97.

Paa ældre Træer i Landbohøjskolens Have og paa Planter fra en Planteskole paa Fr.værk Distr. 1895-97.

B = BÜSGEN: In den Wäldern um Eisenach, 1898—1901.

I Skovene omkring Eisenach, 1898—1901.

E = ENGLER: Forstwirtschaftlicher Versuchsgarten Adlisberg bei Zürich, 670 m. ü. M., jährl. Niederschlagsmenge: 1200 mm. 1899—1903.

Forstlige Forsøgshave, Adlisberg ved Zürich, 670 m o. Havel, aarl. Nedbør 1200 mm. 1899—1903.

R = ROZE: Lettland, 1933—35.

L = LADEFOGED.

findet jedoch das lebhafteste Wurzelwachstum in den Frühjahrsmonaten und im August—September statt. Während Trockenperioden und Triebstreckungsperioden kann das Wurzelwachstum vollständig aufhören.

In der vorstehenden Aufstellung sind die von früheren Forschern angegebenen Wurzelwachstumsperioden der einzelnen hier untersuchten Baumarten mit den vorher angegebenen Wurzelwachstumsperioden der älteren Bäume auf gewöhnlichen, guten Bodenörtlichkeiten im Walde direkt verglichen¹⁾.

- 0 bedeutet: weder Neubildung noch Wachstum der Wurzeln.
 + » : Neubildung und Wachstum oder allein Wachstum der Wurzeln.
 ++ » : Neubildung und Wachstum der Wurzeln.
 — » : Gibt die Länge der ganzen Wurzelwachstumsperiode an. Die genannten Temperaturen sind das Mittel der Lufttemperatur von vierzehn Tagen in der Zeit, in der der Wurzelausbruch begann und das Wurzelwachstum aufhörte.

Der unmittelbare Hauptindruck dieses Vergleiches ist, dass die Perioden des Wurzelwachstums an den verschiedenen untersuchten Orten keinesweg die gleichen gewesen sind (siehe die Besprechung der Literatur); namentlich gilt das für die Zeitpunkte des Beginns und des Abschlusses des Wurzelwachstums.

Diese Nichtübereinstimmung zwischen den festgestellten Wurzelwachstumsperioden kann damit erklärt werden:

a) dass die angegebenen Wurzelwachstumsperioden allein oder hauptsächlich auf Untersuchungen des Wurzelwuchses aufgebaut sind, die an Pflanzen in sonnenausgesetzten Baumschulen ausgeführt wurden. Wie vorher erwähnt, ist die Verschiedenheit der Wurzelwachstumsperiodizität innerhalb der gleichen Baumart gerade an solchen Orten besonders gross, weil sie von Jahr zu Jahr stark variiert, je nach den klimatischen Verhältnissen der einzelnen Jahre, der Art des Bodens usw. Eine genaue Übereinstimmung zwischen den einzelnen Angaben von Wurzelwachstumsperioden kann man daher nicht erwarten.

Eine Untersuchung im Walde an den natürlichen Wuchsplätzen der Bäume, ohne die extremen Temperatur- oder Trocken-

¹⁾ Siehe Büsgen 1901.

heitseinwirkungen usw., wie man sie in vielen Baumschulen findet, würde ohne Zweifel eine weit bessere Übereinstimmung ergeben haben.

b) Die Untersuchungstechnik ist nicht immer gleich gut gewesen. In den Fällen (RESA, O. G. PETERSEN usw.), in denen Untersuchungen des Wurzelwachstums durch eine äussere Beurteilung des Wachstumszustandes der Wurzeln an ausgegrabenen Pflanzen vorgenommen wurden, kann in der warmen Jahreszeit eine fehlerhafte Beurteilung stattgefunden haben, da die Wurzelrindenbildung in den wärmeren Monaten verhältnismässig weit lebhafter ist als in den kälteren Monaten (siehe Seite 74).

c) Mögliche Rassenunterschiede. Nach den Beobachtungen in der Baumschule des Versuchswesens im Jahre 1938 kann man diesen Rassenunterschieden jedoch kaum eine grössere Bedeutung beilegen. In der Baumschule des Versuchswesens beobachtete ich in einer Woche den gleichen Wurzelausbruch bei folgenden Fichtenprovenienzen: »Öra revir«, »Westkarpathen«, »Böhmerwald«, »Schwarzwald«, und »Gribskov«, bei folgenden Lärchenprovenienzen: »Tyrol«, »Sudeten« und »Nieder Tatra« sowie bei folgenden Buchenprovenienzen: »Sihlwald«, »Adlisberg«, »Forét de Soignes« und »Rügen«.

Ein Vergleich zwischen den Wurzelwachstumsperioden der verschiedenen Orte verliert wegen der ungleichen äusseren Verhältnisse, unter denen die Untersuchungen ausgeführt worden sind, etwas an Interesse, besonders deshalb, weil über die äusseren Verhältnisse: Temperatur, Niederschläge, usw. keine ausreichenden Aufklärungen vorhanden sind. Durch Vergleiche kann jedoch einiges über den Charakter der Wurzelwachstumsperiodizität als Ganzes erklärt werden.

Soweit die Periodizität des Wurzelwachstums der einzelnen Baumarten nur durch autonome Verhältnisse verursacht ist, könnte man, jedoch unter Berücksichtigung der extremen Bodenverhältnisse usw. und Rassenunterschiede erwarten, dass das Wurzelwachstum durchgängig, ohne nennenswerte Beeinflussung durch Klimaverhältnisse, an den verschiedenen Orten gleichzeitig anfangen und aufhören würde. Wie aus der vergleichenden Zusammenstellung hervorgeht, ist das jedoch nicht der Fall.

ENGLER beobachtete im milden Winter 1900 bei der Esche noch im Dezember, Januar und Februar Wurzelwachstum, bei der Birke (1899 u. 1900) noch im Dezember und im Februar.

RESA (1877) beobachtete schon im Februar Wurzelausbruch bei der Fichte. Desgleichen WIELER (1891) bei der Weisstanne und BÜSGEN (1899) bei der Lärche.

Diese sehr frühen Wurzelausbruchsperioden im Vergleich zu »Normal« deuten stark daraufhin, dass die Periodizität des Wurzelwachstums nicht nur in einer für jede Baumart spezifischen autonomen Ursache liegt, sondern wie die meisten periodischen Phänomene im Wachstum der Pflanzen, das Resultat einer Reihe von Ursachen von sowohl induziertem wie autonomem Charakter ist (siehe REED 1919, MILLER 1931 usw.). Bei Nadelbäumen widerspricht das etwas RESA's, O. G. PETERSSENS, BÜSGENS und ENGLERS Auffassung.

In der Periodizität des Wurzelwachstums der untersuchten Baumarten scheint der autonome »Charakter« zuzunehmen und umgekehrt der induzierte »Charakter« in folgender Reihenfolge abzunehmen: Buche, Weisstanne, Esche, Birke, Roterle, Fichte und Lärche.

2. *Das Wurzelwachstum und das Wachstum der Organe über der Erde.*

Es gelang nicht, durch die Untersuchungen irgend eine sichere Beziehung zwischen der Wachstumsperiodizität der Wurzeln und der Organe über der Erde nachzuweisen (siehe BÜSGEN 1901, ENGLER 1903, KIENHOLZ 1934). Bei Stubben gefällter Bäume (Lärche und Weisstanne) wurde Wurzelausbruch gleichzeitig mit Wurzelausbruch bei lebenden Bäumen beobachtet. Das Wurzelwachstum beginnt durchgehend bei einer niedrigeren Temperatur als Laubausschlag, Strecken der Triebe usw.

3. *Das Wurzelwachstum und die bodenklimatischen Verhältnisse.*

Innerhalb der Zeit zwischen dem Beginn des Wurzelwachstums im Frühjahr oder Vorsommer und seinem absoluten Stillstand im Herbst (mit Ausnahme der Buche), folgten die Kurven der Wachstumsgeschwindigkeit der Wurzeln sehr genau den Kurven der Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit. In den Frühjahrs- und Herbstmonaten nahm die Geschwindigkeit des Wurzelwachstums genau in Übereinstimmung mit der Bodentemperatur zu bzw. ab. Das lebhafteste Wurzelwachstum fand durchgehend in den niederschlagsreichsten Perioden des Sommers statt. Während der Dürreperioden, als der Wassergehalt

des Bodens stark abnahm, folgte auf den üblichen guten Böden ein grösserer oder geringerer Rückgang der Wachstumsgeschwindigkeit der Wurzeln. Die Untersuchungen bestätigen hier genau BÜSGENS, ENGLERS, TOLSKYS, W. B. DOUGALLS, HESSELRIKS og ROZES Resultate, stehen aber im Widerspruch zu CRIDERS und STEVENS Angaben.

Am grössten war der Rückgang während der Dürreperioden bei den Pflanzen, und bei etwa gleichen Bodenörtlichkeiten am verhältnismässig grössten bei den untersuchten Baumarten, die Scheibenwurzeln hatten: Esche und Fichte, der kleinste bei den untersuchten Baumarten, die Herzwurzeln hatten: Buche und Weisstanne. Innerhalb der verschiedenen Böden wurde der grösste Rückgang während der Dürreperioden des Sommers in strengen Lehmböden und sonnen- und windausgesetzten Böden, auf Aussenrändern von Baumbeständen, Baumschulböden usw. beobachtet. In solchen Böden konnte das Wurzelwachstum, namentlich bei Pflanzen, unter besonders langanhaltenden Trockenperioden ganz aufhören. In nassen, schlecht entwässerten Moorböden usw. fand während der Dürreperioden des Sommers das lebhafteste Wurzelwachstum statt, wodurch der Wassergehalt dieser Böden stark abnahm und wo, vermutlich als Folge davon, eine starke Steigerung des Sauerstoffgehaltes vor sich ging.

4. Die Neubildung von Kurzwurzeln.

Eine Neubildung von Kurzwurzeln wurde bei allen Baumarten während der ganzen Wurzelwachstumsperiode beobachtet. Besonders lebhaft war jedoch die Kurzwurzelbildung in der Wurzelausbruchsperiode im Frühjahr (mit Ausnahme der Buche) und innerhalb der Dürreperioden im Verlauf des Sommers oder Herbstes, wo die Wachstumsgeschwindigkeit der Langwurzeln stark abnahm (mit Ausnahme der Esche). Als Ursache für die Kurzwurzelbildung muss in den eben genannten Perioden allein eine Wachstumsreaktion gegenüber dem abnehmenden Längenwachstum der Langwurzeln angenommen werden.

5. Die Wurzelhaarbildung.

Auf den Wurzeln der Weisstanne wurden keine Wurzelhaare beobachtet. Bei Fichte, Lärche, Birke und namentlich bei Esche und Roterle war die Wurzelhaarbildung auf den meisten Wurzeln allgemein. In strengen Lehmböden und in

feuchten Moorböden wurden durchgehend die wenigstens Wurzelhaare festgestellt.

Die lebhafteste Wurzelhaarbildung wurde in den Herbstmonaten, von ungefähr Anfang September an und in den Dürreperioden, wo das Längenwachstums der Langwurzeln abnahm, beobachtet.

6. Die experimentell abgeleiteten Wachstumskurven.

a. Die Bodentemperatur.

Bei den untersuchten Baumarten stieg die Wachstumsgeschwindigkeit der Wurzeln bei Temperaturen unter 10—14° relativ langsam, erst darüber hinaus nahm die Wachstumsgeschwindigkeit bis zum Maximum stark zu, sie lag für die einzelnen Baumarten in der gewählten Zeitspanne bei 24° bei der Buche, bzw. 29° bei der Esche, 26° bei der Fichte und 32° bei der Weisstanne. Nach dem Maximum fiel die Wachstumsgeschwindigkeit sehr schroff.

Wenn man von den direkt sonnenausgesetzten Bodenörtlichkeiten absieht, erreichten Esche, Fichte und Weisstanne im Wald nur etwa ein Drittel und Buche nur etwa die Hälfte der für das Wachstum der Wurzeln optimalen Bodentemperatur.¹⁾

Bei der Esche hörte das Wurzelwachstum bei den experimentellen Untersuchungen bei einer Temperatur von ungefähr 4—6°, bei der Fichte und Weisstanne bei 2—4° und bei der Buche erst unter 0° auf.

b. Die Bodenfeuchtigkeit.

Bei den hier experimentell untersuchten drei Baumarten Buche, Esche und Fichte wurde stark abnehmendes Längenwachstum der Wurzeln, bei der Fichte bei einem Feuchtigkeitsgehalt des Boden von unter 16‰ lufttrocken = 24‰ absolut, festgestellt, bei Buche und Esche unter 20—22‰ lufttrocken = 28—30‰ absolut. Für alle Baumarten hörte das Wurzelwachstum bei einer Bodenfeuchtigkeit von 4—6‰ lufttrocken = 12—14‰ absolut vollständig auf.

Die Wurzelhaarbildung war bei allen drei Baumarten bei einer Bodenfeuchtigkeit unter 18—20‰ lufttrocken = 26—28‰ absolut besonders lebhaft.

¹⁾ Über 0°.

Kritik.

1. Methode.

Man könnte gegen die angewandte Untersuchungstechnik den Einwand erheben, dass die Wurzeln vielleicht auf die eine oder andere Weise bei jeder Messung ihres periodischen Längenzuwachses beeinflusst worden sind, dass die Bodenverhältnisse etwas verändert worden sind usw., kurz, dass der gemessene Längenzuwachs nicht dem »natürlichen« Längenzuwachs der Wurzeln entspricht. Gegen eine solche Kritik kann nur auf das schon besprochene vorsichtige Verfahren hingewiesen werden, das beim aufsuchen der einzelnen Wurzeln angewandt worden ist. Der »natürliche« Längenzuwachs der Wurzeln kann keinesfalls, weder in der einen noch in der anderen Richtung nennenswert beeinflusst worden sein; es gibt auch kein Zahlenmaterial, das auf eine solche Beeinflussung hindeutet. Einzelne Wurzeln können wohl ab und zu einen verdächtig grossen oder umgekehrt kleinen periodischen Längenzuwachs zeigen, doch das liegt in allen Fällen daran, dass die Wurzel auf ihrem Weg in der Erde auf einen verhältnismässig grossen oder umgekehrt kleinen Widerstand gestossen ist. Wenn es sich um Untersuchungen in der Natur handelt, ist eine so starke Streuung ganz natürlich.

2. Das Material und seine Behandlung.

Die Anzahl der innerhalb der einzelnen Baumart untersuchten Wurzeln muss man als ausreichend ansehen, um eine ungefähre Charakteristik des Jahresverlaufes des Wurzelwachstums der betreffenden Baumart geben zu können. Das Zahlenmaterial und die bei dem einzelnen periodischen mittleren Längenzuwachs berechneten Mittelfehler zeigen das zur Genüge.

Die abgeleiteten Beziehungen zwischen der Wachstumsgeschwindigkeit der Wurzeln, der Bodentemperatur und der Bodenfeuchtigkeit während der einzelnen Perioden beruhen für die einzelnen Baumarten nicht alle auf einer hinreichend sicheren Grundlage, dazu sind die Wachstumsteigerungen oder umgekehrt ist der Wachstumsrückgang im Vergleich zum berechneten Mittelfehler zu gering. Ein Vergleich zwischen dem periodischen mittleren Wurzelwachstum der einzelnen Baumarten zeigt, dass eine abnehmende oder zu-

nehmende Wachstumsgeschwindigkeit bei allen untersuchten Baumarten durchgehend gleichzeitig an den gleichen Orten stattfindet. Das bestärkt in ausserordentlich hohem Grad die Meinung, dass selbst in den Fällen, wo das direkte Zahlenmaterial nicht mit genügender Sicherheit solche Schlüsse zulässt, die genannten äusseren Faktoren den ihnen zugesprochenen Einfluss auf die Wurzelwachstumsgeschwindigkeit gehabt haben. Eine weitere Bekräftigung der zwischen Wurzelwachstumsgeschwindigkeit und äusseren Faktoren hergeleiteten Beziehungen — Temperatur und Feuchtigkeit — erhält man durch einen Vergleich der Untersuchungsergebnisse mit den experimentell abgeleiteten Wachstumskurven und durch einen Vergleich mit Resultaten früherer Untersuchungen.

Es ist zweifelhaft, ob ein weit grösseres beobachtetes Wurzelmaterial in der Natur zufriedenstellendere Aufklärungen über den Einfluss der äusseren Faktoren auf die Wachstumsgeschwindigkeit der Wurzeln gegeben hätte. In jedem Fall müssen es die Resultate der experimentellen Laboratoriumsuntersuchungen sein, aus denen man die absolut sicheren Relationen ableiten kann.

Man kann vielleicht gegen die Behandlung des Materials einwenden, dass der periodische Wert des Wurzelwachstums durch die einfache arithmetische Mittelzahl mit entsprechendem Mittelfehler angegeben worden ist. Die logarithmische Mittelzahl, die relative Mittelzahl oder eine exaktere statistische Behandlung der Wachstumskurven der einzelnen Wurzeln, zum Beispiel auf Grundlage der Differentialrechnung, wäre wahrscheinlich korrekter gewesen. Dass bei der vorliegenden Arbeit diese komplizierten Methoden nicht angewandt worden sind, hat seinen Grund allein darin, dass ich die arithmetische Mittelzahl für am übersichtlichsten und für den vorliegenden Zweck als ausreichend angesehen habe.

LITERATUR

- AALTONEN, V. T., Über die Ausbreitung und den Reichtum der Baumwurzeln in den Heidewäldern Lapplands. *Acta Forest. Fennica*, 14: 1—55. 1920.
- , Über die räumliche Ordnung der Pflanzen auf dem Felde und im Walde. *Acta Forest. Fennica*, 25:1—85. 1923.
- ABBE, C., Influence of cold on plants. — a resumé. *Expt. Sta. Rec.*, 6: 777—781. 1895.
- ADDOMS, R. M., The effect of the hydrogen ion on the protoplasm of the root hairs of wheat. *Amer. Journ. Bot.*, 10:211—220. 1923.
- AGARDH, C. A., *Allgemeine Biologie der Pflanzen*. 1832.
- ARKER, J., Die Beeinflussung des Wachstums der Wurzeln durch das umgebende Medium. *Bot. Centralbl.*, 87: 433—434. 1901.
- ASKENASY, E., Ueber einige Beziehungen zwischen Wachstum und Temperatur. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, 8: 61—94. 1882.
- BARANETZKY, J., Die tägliche Periodicität im Längenwachstum der Stengel. *Mémoires de l'Académie impér. des. sc. de St. Petersbourg. Serie VII. Tome XXVII, Nr. 2*. 1879.
- BARDELL, E. M., Production of root hairs in water. *Univ. Wash. Pub. Bot.*, 1: 1—9. 1915.
- BENECKE, W. und L. JOST., *Pflanzenphysiologie I und II*. 1923.
- BERGMANN, H. H., The relation of aeration to the growth and activity of roots and its influence on the ecesis of plants in swamps. *Ann. Bot.*, 34: 13—33. 1920.
- BERTHOLD, G., Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Meeresalgen. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 13:569—717. 1882.
- BISWELL, H. H., Effects of environment upon the root habits of certain deciduous forest trees. *Bot. Gaz.*, 96: 676—709. 1934/35.
- BLANCK, E., *Die physikalische Beschaffenheit des Bodens*. Bd. 6. 1930.
- BORKHAUSEN, M. B., *Handbuch der Forstbotanik und Forsttechnologie*. 1800.
- BORNEBUSCH, C. H., Studier over Rødællens Livskrav og dens Optræden i Danmark. *Tidskr. f. Skovvæsen*, 26: 28—99. 1914.
- , Dybtgaaende Jordbundsundersøgelser, Hedeskovenes Foryngelse III. *Det forstl. Forsøgsvæsen i Danmark*. 13: 1—50. 1931.
- , Sommerplantning af Naaletræer. *Det forstl. Forsøgsvæsen i Danmark*, 14: 97—133. 1937.
- BRIGGS, G. E., A Consideration of some Attempts to analyse Growth Curves. *Proc. Roy. Soc.*, 102: 280—285. 1928.
- BROWN, H. P., Growth Studies in Forest Trees. 2 *Pinus strobus* L. *Bot. Gaz.*, 59: 197—241. 1915.

- BURGER, H., Untersuchungen über das Höhenwachstum verschiedener Holzarten. *Mitt. d. Schweiz. Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen*, 14: 29—158. 1926.
- , Physikalische Eigenschaften von Wald- und Freilandsboden, V. Mitt. Entwässerungen und Aufforstungen. *Sonderabdruck a. d. Mitt. d. Schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen*, 20. 1937.
- BÜHLER, A., Versuche über den Einfluss der Pflanzzeit auf das Wachstum verschiedener Holzarten. *Mitt. d. Schweiz. Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen*, 4: 1—32. 1895.
- , Untersuchungen über die Temperatur des Bodens. Zweite Mitteilung. *Mitt. d. Schweiz. Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen*, 4: 256—314. 1895.
- , *Waldbau*. 1918.
- BÜSGEN, M., Einiges über Gestalt und Wachstumsweise der Baumwurzeln. *Allg. Forst- u. Jagd-Zeitung*, 77: 273—278, 303—309. 1901.
- , Studien über die Wurzelsysteme einiger dicotylen Holzarten. *Flora*, 95: 58. 1905.
- , *Bau und Leben unserer Waldbäume*. 1917.
- BÖHMERLE, K., Die Dürreperiode 1904 und unsere Versuchsbestände. *Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen*, 33: 192—208. 1907.
- CANNON, W. A., On the relation of root growth and development to the temperature and aeration of the soil. *Amer. Jour. Bot.*, 2: 211—224. 1915.
- , On the relation between the rate of root growth and the oxygen of the soil. *Carnegie Inst. Wash. Yearbook*, 15: 74—75. 1916.
- , Root growth in desert plants and the oxygen supply of the soil. *Carnegie Inst. Wash. Yearbook*, 17: 81—83. 1918.
- , The influence of the temperature of the soil on the relation of roots to oxygen. *Science*, 58: 331—332. 1923.
- , A note on the relation of root growth in the soil to the oxygen supply. The growth ratio. *Ecology*, 5: 319—322. 1924.
- CHOLODNY, N., Ist die Wachstumsgeschwindigkeit der Wurzel von deren Lage abhängig? *Planta*, 17: 794—800. 1932.
- CIESLAR, A., Einige Beziehungen zwischen Holzzuwachs und Witterung. *Zentralbl. f. d. ges. Forstwesens*, 33: 233—246, 289—311. 1907.
- CLEMENTS, F. E., Aeration and air- content, the role of oxygen in root activity. *Carnegie Inst. Wash. Publ.* 315. 1921.
- COILE, T. S., The effect of rainfall and temperature on the annual radial growth of pine in the southern united states. *Reprinted from Ecological Monographs*, 6: 533—562. 1936.
- CONRAD, J. P. and F. J. VEIHMEYER., Root development and soil moisture. *Hilgardia*, 4: 113—134. 1929.
- CRIDER, F. J., Winter root growth of plants. *Science*, 68: 403—404. 1928.
- DENGLER, A., *Waldbau auf ökologischer Grundlage*. 1930.
- DETMER, W., Ueber den Einfluss äusserer Verhältnisse auf die Wurzelentwicklung. *Landw. Versuchsst.*, 107—113. 1872.
- DIESKAU, von, *Das regelmässige Versetzen von Bäumen in Wäldern und Gärten*. 1776.

- DUHAMEL DU MONCEAU., *Physique des Arbres*. 1758.
- , *Des semis et plantations des arbres et de leur culture*. 1760.
- EBERMAYER, E., Einfluss der Wälder auf die Bodenfeuchtigkeit. *Stuttgart*. 1900.
- EHRENBERG, P., *Die Bodenkolloide*, 1918.
- ENDRIGKEIT, A., Beiträge zum ernährungsphysiologischen Problem der Mykorrhiza unter besonderer Berücksichtigung des Baues und Funktion der Wurzel- und Pilzmembranen. *Bot. Archiv*, 39: 1—88. 1937.
- ENGLER, A., Untersuchungen über das Wurzelwachstum der Holzarten. *Mitt. d. Schweiz. Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen*, 7: 247—317. 1903.
- FABRICIUS, L., Der Einfluss des Wurzelwettbewebs des Schirmstandes auf die Entwicklung des Jungwuchses. *Forstw. Centralb.* 49: 329—345. 1927.
- FARR, C. H., The Formation of root hairs in water. *Proc. Iowa Acad. Sci.*, 32: 157—165. 1925.
- FISCHER, R. A., *Statistical Methods for Research Workers*. 1934.
- FREE, E. E. and B. E. LIVINGSTON, The effect of deficient soil oxygen on the roots of higher plants. *John Hopkins Univ. Circ.*, n. s., 3: 182—185. 1917.
- FREIDENFELT, T., Studien über die Wurzeln kräutiger Pflanzen. *Flora*, 91; 115—208. 1902.
- FRIEDRICH, J., Ueber den Einfluss der Witterung auf den Baumzuwachs. *Mitt. a. d. forstl. Versuchswesen Oesterreichs*, 22. 1897.
- GOFF, E. S., The resumption of root growth in the spring. *Wisconsin Agr. Exp. Sta. Ann. Rept.*, 15: 220—228. 1898.
- GRADMANN, H., Untersuchungen über die Abhängigkeit der Transpiration und des Welkens von den Wasserverhältnisse des Bodens. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 76, 4: 558—663. 1932.
- GRAFE, V., *Ernährungsphysiologisches Praktikum der höheren Pflanzen*. 1914.
- GREGORY, F. G., The analysis of growth' curves. — A reply to criticism. *Ann. Bot.*, 42: 531—541. 1928.
- GULBE, L. A., Über die periodische Tätigkeit des Cambiums in den Wurzeln unsere Bäume. *Jahrbuch des St. Petersburger Forstinstitutes*, 3: 1—47. 1888. (*Bot. Centralbl.*, 40: 43).
- GURSKY, A. V., The root systems of *Fraxinus exelsior*, *Pennsylvanica* and *Acer Negundo* on the black soils of Kuban. *Bull. appl. Bot. Leningrad*. 21: 145—183. 1928/29. (*engl. Ref.*)
- HALDEN, B. E., Marktorkan å Sand- och Grusmarker. *Svenska Skogs- vårdf. Tidskr.*, I—II: 39—132. 1932.
- HANNA, W. F., The nature of the growth rate in plants. *Sci. Agr.*, 5: 133—138. 1925.
- HARDY, F., Root Growth in the cotton plant relationship to oxygen supply and to temperature of soil. *Tropical Agric., Trinidad*, 3: 174—180. 1926. (*Bot. Centralbl.*, 11: 73. 1927).
- HARRIS, G. H., The activity of apple and filbert roots, especially during the winter months. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.*, 23: 414—422. 1926.

- HARTIG, Th., Ueber das Absterben der Haarwurzeln. *Bot. Zeit.* 1863.
 —, *Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen.* Berlin 1890.
- HATTON, R. G., N. H. GRUBB and J. AMOS, Some factors influencing Root Development. I. Effect of Scion on Root. *East Malling Research Stat. Ann. Report.* 110—120. 1923.
- HÄMMERLE, J., Ueber die Periodicität des Wurzelwachstums bei Acer Pseudoplatanus. Mitt. Fünfstück. *Beiträge z. Wissenschaftl. Bot.* Bd. IV: 149. 1901.
- HELLRIEGEL, H., Wurzeln und Bodenvolumen. *Beiträge zu den naturwiss. Grundlagen des Ackerbaus*, 119—280. 1883.
- HELMS, A. und C. A. JØRGENSEN, Maglemose i Grib Skov. Temperaturforholdene paa Maglemose og deres Betydning for Vegetationen. *Bot. Tidsskr.*, 38: 269—298. 1925.
- HESSE, H., Beiträge zur Morphologie und Biologie der Wurzelhaare. *Inaug. Diss.* 1904.
- HESSELINK, E., Een en ander over de wortelontwikkeling van den Grove Den en den Oostenrijksche Den. *Meded. van het Rijksboschbouwraproefstation*, 2: 187—278. 1926.
- HILE, H. H., *Wurzelstudien an Waldbäumen.* Hannover 1927.
- HILL, D. D. and S. C. SOLMON., The resistance of certain varieties of winter wheath to artificially produced low temperatures. *Journ. Agric. Research*, 35: 933—937. 1927.
- IJJASZ, E., Grundwasser und Baumvegetation unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in der Ungarischen Tiefebene. *Erdészeti Közlemények*, 40: 159—269. 1938.
- JACOBI, H., Einwirkung von Feuchtigkeit und Licht auf das Längenwachstum von Keimlingen. *Oestr. Bot. Zeits. Wien*, 46: 94—101. 1914.
- JEFFS, R. E., The elongation of root hairs as effected by light and temperatures. *Amer. Jour. Bot.*, 12: 577—606. 1925.
- KIENHOLZ, R., Leader, needle, cambial, and root growth of certain conifers and their interrelations. *Bot. Gaz.*, 96: 73—92. 1934.
- KLEBS, G., *Willkürliche Entwicklungs-Änderungen.* 1903.
- KNIGHT, R. C., The response of plants in soil and water culture to aeration of the roots. *Ann. Bot.*, 38: 305—325. 1924.
- KOKKONEN, P., Beobachtungen über das Wurzelsystem der Kiefer im Moorboden. *Acta. Forest. Fennica*, 25: 1—20. 1923.
 —, Über Das Verhältnis der Winterfestigkeit des Roggens zur Dehnbarkeit und Dehnungsfestigkeit seiner Wurzeln. *Acta. Forest. Fennica*, 33: 1—46. 1929.
 —, Untersuchungen über die Wurzeln der Getreidepflanzen I. *Acta. Forest. Fennica*, 37: 1—123. 1931.
- KOLMODIN, G., Väderlekens inflytande på tallens diametertilväkst. *Svenska Skogvårdsf. Tidskr.*, 4: 321—379. 1935.
- KOSTYTSCHEW, S., *Lehrbuch der Pflanzenphysiologie.* 1931.
- KRAMER, P. J., The intake of water through dead roots systems and its relation to the problem of absorption by transpiring plants. *Amer. Jour. Bot.*, 20: 481—492. 1933.

- KÜRBIS, P., Mykologische Untersuchungen über den Wurzelbereich der Esche. *Flora*, 31, 2: 129—181. 1937.
- KÖNIG, JOH., *Sammlung praktischer Erfahrungen aus der Forstwissenschaft*. 1820.
- LADEFOGED, K., Udhugningens Indflydelse paa Trærøddernes Vækst. *Dansk Skovforenings Tidsskr.* 227—238. 1938.
- LAING, E. V., Studies on Tree Roots. *Forestry Commiss. Bull. Nr. 13*. 1932.
- LAURETTA, E. FOX., Effects of Sudden Changes of Temperature on Elongation. Rate of Primary Root. *Bot. Gaz.*, 99: 196—206. 1937—38.
- LEES, R. D., Root development in wheath. *Agr. Gaz. New South Wales*, 35: 609—612. 1924.
- LEHENBAUR, P. A., Growth of maize seedlings in relation to temperature. *Physiol. Res.*, 1: 247—287. 1913.
- LEICHT, I., Some experiments on the influence of temperature on the rate of growth in *Pisum sativum*. *Ann. Bot.*, 30: 25—46. 1916.
- LINDLEY, JOHN., *The theory and practice of horticulture*. 1855.
- LOBANOW, N. W., Die minimale für die Pflanzenwurzeln zugängliche Bodenfeuchtigkeit. *Journ. f. Landwirtschaftl. Wissenschaft. Moskau*. 245—257. 1925.
- LOUDON, J. C., *Eine Encyclopädie des Gartenwesens*. Weimar 1825—26.
- LUNDEGÅRDH, H., *Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben*. 1925.
- MC DOUGALL, W. B., The growth of forest tree roots. *Amer. Journ. Bot.*, 3: 384—392. 1916.
- MALMSTRÖM, C., Om faran för skogsmarkens försumpning i Norrland. *Medd. f. Statens Skogsförsöksanstalt*, 26: 1—163. 1931.
- MER, E., Recherches experimentales sur les conditions de développement des poils radicaux. *Comptes Rendus*, 88: 665. 1879.
- , Nouvelles recherches sur les conditions de développement des poils radicaux. *Comptes rendus*, 98. 1925.
- MILLER, E. C., *Plant Physiologi*. 1931.
- MOHL, H. von, Einige anatomische und physiologische Bemerkungen über das Holz der Baumwurzeln. *Bot. Zeit.* 225—230, 232—239, 267—278, 289—295, 313—319. 321—327. 1862.
- MOLISCH, H., Über das Treiben von Wurzeln. *Sitzungsberichte. Kaiserlich Akademie der Wissenschaften in Wien*. 1917.
- MOROSOW, G. F., *Die Lehre vom Walde*. 1928.
- MÜTTRICH, A., Beobachtungen der Erdbodentemperatur auf den forstlichmeteorologischen Stationen in Preussen, Braunschweig und Elsas-Lothringen. *Festschrift f. d. Fünfzigjährige Jubelfeier d. Forstakademie Eberswalde*. Berlin 1880.
- NIGHTINGALE, G. T., Effects of temperature on growth, anatomy, and metabolism of apple and peach roots. *Bot. Gaz.*, 96: 581—640. 1934/35.
- NOBBE, FR., Über die feinere Verästelung der Pflanzenwurzeln. *Landw. Versuchs-Stat.*, 4: 212—224. 1862.
- , Beobachtungen und Versuche über die Wurzelbildung der Nadelhölzer. *Landw. Versuchs-Stat.* 18: 279—295. 1875.

- PAWLOWSK. *Repert. f. Meteorol.* XI, 1: 28. 1888.
- PERSECKE, K., Über die Formveränderung der Wurzel in Erde und Wasser. *Diss. Leipzig.* 1877.
- PETERSEN, O. G., Nogle Undersøgelser over Træernes Rodliv. *Oversigt over det Kgl. Danske Vidensk. Selskabs Forhandlinger* 1—57. 1898.
- , Nogle Iagttagelser over Rodens Perioder hos Træerne. *Tidskr. f. Skovvæsen*, 15: 53—56. 1903.
- , *Forstbotanik.* 1908.
- PEFFER, W., *Pflanzenphysiologie II*, 1901—04.
- POLLE, R., Über den Einfluss verschieden hohen Wassergehalts, verschiedener Düngung und Festigkeit des Bodens auf die Wurzelentwicklung des Weizens und der Gerste im ersten Vegetationsstadium. *Diss. ausz. in: Journ. f. Landw.*, 58: 297—344. 1910.
- PORTHEIM, L. und O. KÜHN., Studien über die Ruheperiode der Holzgewächse. *Oest. Bot. Zeitschr. Wien*, 64: 410—520. 1914.
- POTTER, G. F., Experiments on resistance of apple roots to low temperatures. *New Hampshire Sta. Tech. Bul.*, 27. 1924.
- PRIESTLEY, J. H., and W. H. PEARSALL, Growth studies III, A »volumometer« method of measuring the growth of roots. *Ann. Bot.*, 36: 485—488. 1922.
- RAMANN, E., Wassergehalt diluvialer Waldboden. *Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen*, 38: 13—39. 1906.
- , *Bodenkunde*, 3. Aufl. 1911.
- REED, H. S., Growth and variability in *Helianthus*. *Amer. Journ. Bot.*, 6: 252—271. 1919.
- , The Nature of Growth. *Amer. Nat.*, 58: 337—350. 1924.
- RESA, FR., Ueber die Periode der Wurzelbildung. *Diss. Bonn.* 1877.
- RIEDL, H., Bau und Leistungen des Wurzelholzes. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 1. 1937.
- RIMRACH, A., Beiträge zur Physiologie der Wurzeln. *Bericht der deutschen bot. Gesellschaft*, D. 17. 1899.
- ROBERTSON, R and R. CROSSE. Studies on periodicity in plant growth. Part I. A fourday periodicity and root periodicity. *Edinburg Proc. R. Soc.*, 33: 85—102. 1913.
- ROGERS, W. S. Root Studies- IV. A method of observing root growth in the field; illustrated by observations in an irrigated apple orchard in British Columbia. *East Malling Research Station Annual Report*, 21: 86—91. 1933.
- , Root Studies- VI. Apple Roots under Irrigate Conditions With Notes on Use of Soil Moisture Meter. *The Journ. of Pomology and Horticultural Science*. S. 190. 1935.
- ROMELL, L. G. Luftväxlingen i marken som ekologisk faktor. *Medd. f. Statens Skogsförsöksanstalt* 19: 125—359. 1922.
- ROZE, E. Priežu un egļu stādū dzinumsakņu garuma pieaugšanas gaita. *Latvijas Mežu pētīšanas stacijas Raksti*, VII, 1937. (*Deutsch. Ref.*)
- SACHS, J., Ueber den Einfluss der Lufttemperatur und des Tageslicht auf die stündlichen und täglichen Aenderungen des Langenwachstums (Streckung) der Internodien III, *Arbeit des Bot. Inst. Würzburg*, 1874: 99—208. 1874.

- SCHREIBER, M. Zur Frage: »Saat oder Pflanzung der Lärche?« Mit Beiträgen zur Kenntnis des Wurzelsystems der Lärche und der Fichte. *Centrbl. f. d. gesamte Forstw.*, 52: 1—14, 78—103, 147—162. 1926.
- SCHUBERT, J. Monats- und Jahresmittel der Bodentemperatur auf dem Felde und im Kiefernwalde. *Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen*, Jahrg. 20: 18—32. 1888.
- , *Der jährliche Gang der Luft- und Bodentemperatur im Freien und im Waldungen*. 1900.
- , Niederschlag, Verdunstung, Bodenfeuchtigkeit, Schneedecke in Waldbeständen und im Freien. *Meteorolog. Zeitschr. H. 4 u. 5*, 1917.
- , Wärme- und Regenklima. *Zeitschrift f. Forst- und Jagdwesen*, 10: 477—487. 1937.
- SCHWARZ, FR. Die Wurzelhaare der Pflanzen. *Untersuch. Bot. Inst. Tübingen*, 1: 135—188. 1883.
- , Ueber den Einfluss des Wasser- u. Nährstoffgehalts des Sandbodens auf die Wurzelentwicklung von *Pinus silvestris* im 1. Jahre. *Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.*, 24: 88—98. 1892.
- SEELHORST, C. v., Beobachtungen über die Zahl und den Tiefgang der Wurzeln verschiedener Pflanzen bei verschiedener Düngung des Bodens. *Journ. f. Landw.*, 91 104. 1902.
- SIEGENTHALER, J. Bodentemperaturen in Abhängigkeit von äusseren meteorologischen Faktoren. *Gerlands Beiträge z. Geophysik*, 40: 305—332. 1923.
- SNOW, L. M. The effects of external agents on the production of root hairs. *Bot. Gaz.*, 37: 143—145. 1904.
- , The Development of Root- hairs. *Bot. Gaz.* 40: 12—48. 1905.
- STEWENS, C. L. Root Growth of White Pine (*Pinus Strobus* L.). *Yale University*, Bull. 32. 1931.
- STOKLOSA, J. und E. G. DOERELL., *Handbuch der biophysikalische und biochemische Durchforschung des Bodens*. 1926.
- TAMM, O., Grundvatternrörelser och försumpningsprocesser belysta genom bestämningar av grundvattnets syrehalt i nordsvenska moräner. *Medd. f. Statens Skogsförsöksanstalt* 22: 1—44. 1925.
- TIRÉN, LARS, Om Granens Kottsättning, dess Periodicitet och Samband med Temperatur och Nederbörd. *Medd. f. Statens Skogsförsöksanstalt*, 28: 413—524. 1935.
- TOLSKY, A., The influence of different temperatures on the growth of roots. *Zhur. Opuitn. Agron. (Journ. Expt. Landw.)*, 2, 6: 733—744. 1901.
- TROMMER, M., Untersuchungen über den Einfluss der mechanischen Bodenbeschaffenheit auf das Wachstum der Wurzeln. *Landw. Jarb. f. Bayern*, 10: 163—220. 1920.
- TRYON, H. H., The Physical Basis of Mycotrophy in *Pinus*. *The Black Rock Forest. Bull.* 6. 1937.
- TSI-TUNG LI, Soil Temperature as influenced by Forest cover. *Yale University: School of Forestry. Bull. No. 18*. 1926.
- WAGENHOFF, A., Untersuchungen über die Entwicklung des Wurzelsystems der Kiefer auf diluvialen Sandboden. *Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.* 9: 449—494. 1938.

- WEAVER, J. E., The ecological relations of roots. *Carnegie Inst. Wash., Pub.* 286. 1919.
- WEAVER, JOHN E. and CLEMENTS, FRIEDERIC E. *Plant Ecology.* 1929.
- WEIS, FR., *Veiledning ved praktiske Øvelser i fysiologisk Botanik.* 1925.
- WEI-YEN WHANG., Untersuchungen über das Vertrocknen junger Holzpflanzen als Grundlage für die Ödlandsaufforstungen in China. *Zeitsch. f. Weltforstwirtschaft*, 5, 10: 715—744. 1938.
- WHITAKER, E. S., Root hairs and secondary thickening in the Compositae. *Bot. Gazette*, 76: 30—59. 1923.
- WIEDEMANN, E., Zuwachsrückgang und Wuchsstockungen der Fichte in den mittleren und unteren Höhenlagen der sächsischen Staatsforsten. 2. umgearb. Aufl. *Tharand* 1925.
- WIELER, A., Ueber die Periodizität in der Wurzelbildung der Pflanzen. *Forstw. Centrbl.*, 16: 333—349. 1894. (Cohn, *Beiträge zur Biologie der Pflanzen*, 6 Bd. 1893).
- WILDENOW, C. L., *Grundriss der Kräuterkunde.* 1798.
- WILSON, K., The Production of Root-hairs in Relation to the Development of the piliferous layer. *Ann. of Botany*, 50: 121—155. 1936.
- WOLLNY, E., Untersuchungen über Temperatur und Verdunstung des Wassers in verschiedenen Bodenarten und den Einfluss des Wassers auf die Bodentemperatur. *Landwirtschaftl. Jahrb.* 5: 441—468. 1876.
- , Untersuchungen über den Einfluss der oberflächlichen Abtrocknung des Bodens auf dessen Feuchtigkeit- und Temperatur-Verhältnisse. *Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-physik*, 3: 325—348. 1880.
- ZACHAROWA, T. M., Über den Einfluss niedriger Temperaturen auf die Pflanzen. *Jahrb. wiss. Bot.*, 65: 61—87. 1925.
- ZEHENDER, S. M., Über Regeneration und Richtung der Seitenwurzeln. *Flora*, 17: 300—343, 1924,
- ZON, RAPHAEL, Forests and Water in the light of Scientific Investigation. *Forest Service, United States Departm. of Agriculture*, 1927.
-

RESUME

INDLEDNING

Foranstaaende Arbejde, der er et Led i en Serie af Undersøgelser, som efterhaanden skal udvide vort Kendskab til Træernes Rodvækst, omfatter Træarterne Bøg, Ask, Rødæl, Birk, Rødgran, Ædelgran og Lærk og er blevet udført med følgende fire Hovedformaal for Øje:

- 1: at belyse Tidspunkterne for Røddernes Hvile- og Vækstperioder paa Træernes forskellige Voksepladser ude i Skoven.
- 2: nærmere at redegøre for Rodvækstens omtrentlige Forløb indenfor hele Vækstperioden.
- 3: at søge klarlagt, hvilken Relation der bestaar mellem de ydre Faktorer og Røddernes Vækst.
- 4: at belyse Forskellighederne mellem de enkelte undersøgte Træarters Rodvækst i Almindelighed og paa de forskellige Jordbundslokaliteter for herigennem muligvis at kunne forklare nogle af de forskellige Krav Træarterne stiller til Vækstlokaliteterne.

De indvundne Resultater er fremkommet dels ved gennem ca. 2 Aar at følge Røddernes Vækst med Maalinger ude i Skoven, dels ved rent eksperimentelle Laboratorieundersøgelser, over Rodvækstens nærmere Afhængighed af Temperatur og Fugtighed i Jorden.

LITTERATUR

Ældre Iagttagelser.

Den græske Filosof THEOPHRAST (f. 372 f. Chr.) er den første, der nævner Iagttagelser over Trærøddernes Vækst. Han iagttog Rødderne Aaret igennem og fandt, at de begyndte at vokse tidligere om Foraaret end de overjordiske Træorganer.

Den i den forstlige Litteratur saa ofte citerede Forsker DUHAMEL DU MONCEAU (1758) iagttog Rodvækst om Vinteren og

udledte paa Grundlag heraf den rent praktiske Slutning, at det maa være en Fordel at plante sent om Efteraaret eller i de første Vintermaaneder.

VON DIESKAU (1776), WILLDENOW (1798), M. B. BORKHAUSEN (1800), JOH. KÖNIG (1820) og LOUDON (1823) nævner Iagttagelser, der bekræfter DUHAMEL'S Angivelser om, at Trærødderne vokser om Vinteren.

AGARDH (1832) er ikke af samme Opfattelse. Han hævder, at Trærøddernes Vækst og Væksten i de overjordiske Organer nøje maa følge hinanden.

LINDLEY (1855) hævder, at Væksten i Rødderne ikke er afhængig af, om Træerne har Blade eller ej.

H. v. MOHL (1862), der navnlig har beskæftiget sig med Trærøddernes Tykkelsesvækst i de forskellige Aarstider, har ikke iagttaget Længdevækst i Rødderne om Vinteren.

Nyere Undersøgelser.

Medens mange af de forannævnte Angivelser om Rodvæksten nærmest bygger paa mere tilfældige eller overfladiske Iagttagelser eller rent fysiologiske Overvejelser eller Betragtninger, indledte FR. RESA de mere dybtgaaende og egentlige Specialstudier over Rodvækstens Periodicitet, og hans Arbejde maa betragtes som grundlæggende paa dette Undersøgelsesfelt.

FR. RESA (1877) foretog sine Studier paa staaende Træer, paa den ganske simple Maade, at han med periodiske Mellemlum gravede Rødderne frem og noterede, om de var i Vækst eller ej. Undersøgelserne omfattede ikke mindre end 11 forskellige Træarter og gav det Resultat, at der findes to ved en Hviletid adskilte Rodvækstperioder: en om Foraaret hovedsagelig i Tiden forud for Løvspring og en om Efteraaret. Denne sidste fortsættes for Løvtræernes Vedkommende ind i Vintertiden, uden at der sker nogen Stilstand i Væksten men blot en Hæmning paa Grund af Kulden, hvorimod Rodvæksten hos Naaletræerne fuldstændig ophører om Vinteren.

Imod RESA'S Resultater taler A. WIELERS (1894) Iagttagelser og fysiologiske Betragtninger, og i stærke Ord kritiserer han RESA'S Arbejde.

Ogsaa GULBE (1888) benægter at Trærødderne kan vokse om Vinteren. Han hævder, at Kambiumvirksomheden begynder i de tynde Grene og breder sig derefter successivt til Stammen,

de tykkere og til sidst de tynde Rødder. Mellem Kambiumvirkensomhedens Begyndelse i de tynde Grene og de tynde Rødder gaar der gennemsnitlig 4—5 Uger. Kambiumvirkensomheden op-hører i samme Rækkefølge, som den begynder, i de tynde Rødder omkring Slutningen af Oktober.

O. G. PETERSEN (1898) er den eneste, der her i Danmark har undersøgt Rodvækstperiodiciteten mere indgaaende. Som Materiale benyttede han dels 2—5 aarige Planter fra en Plante-skole paa Frederiksværk Distrikt, dels ældre Træer fra Land-bohøjskolens Have. Undersøgelserne over Rodvæksten blev udført paa samme Maade som RESA's, d. v. s. ved med pas-sende Mellemlum at grave Planter op eller Rødder fri og notere, om de voksede eller ej.

O. G. PETERSENS Resultater stemmer i Hovedsagen med RESA's Angivelser og kan kort gengives i følgende 4 Punkter:

- »1) Et Rodbrud finder almindeligt Sted om Foraaret men ret spredt, idet det spænder over et Tidsrum, indbe-fattende Maanederne Februar—Juni, dog saaledes, at den livligste Udvikling finder Sted i April—Maj og i Reglen vil være afsluttet før Løvspring.
- 2) I Juni og særlig i Juli hører Nydannelsen efterhaanden op, navnlig er Juli den Maaned, hvor der tilsyneladende er mindst Organudvikling i Rødderne.
- 3) I Efteraarsmaanederne fra og med August, dog maaske mest intensivt i September, finder det stærkeste Rodbrud Sted og kan fortsættes ind i Oktober, delvis ogsaa i November.
- 4) I de egentlige Vintermaaneder finder der gennemgaaende en Stilstand Sted, for saa vidt der indtræder en Stand-sning i Nydannelsen af Rødder.«

J. HÄMMERLE'S (1901) Studier over Rodvækstperiodiciteten hos *Acer Pseudoplatanus* bekræfter de forannævnte Angivelser om to aarlige Rodvækstperioder. Kun med Hensyn til Peri-odernes Længde og Vækstens Energi inden for disse er han uenig med RESA og O. G. PETERSEN.

BÜSGEN (1901) har, foruden at undersøge Rodvæksten paa ældre Træer ude i Skoven paa samme Maade som RESA, tillige dyrket 2—5aarige Planter i Zinkkasser med Glasvægge, igen-nem hvilke Røddernes Vækst direkte kunde iagttages og maales,

saaledes at der foruden en Konstatering af, om Rødderne voksede eller ej, tillige direkte kunde fremskaffes et talmæssigt Udtryk for Rodvækstens Energi indenfor bestemte Tidsperioder. Udfra en tabellarisk Oversigt, hvor han sammenligner egne Resultater med alle tidligere, drager han den Slutning, at de fleste Rødder vokser i Juni og i Oktober. Ogsaa i September findes mange livligt voksende Rødder. Juli og August Maaned er mindre gunstige for Rodvæksten, skønt der ikke finder nogen egentlig Væksttilstand Sted i de to Maaneder.

ARNOLD ENGLER (1903) har ved ligesom BÜSGEN at følge Rodvæksten paa Planter dyrket i Zinkkasser med Glasvægge fremskaffet et meget betydeligt Materiale til Belysning af Rodvækstperiodiciteten.

Paa Grundlag af de maalte Rodtilvækster har han givet en grafisk Fremstilling af Rodvækstens Forløb sammenholdt med tilsvarende Kurver for Jordtemperatur og Nedbør, for herigennem at belyse Forholdet mellem Rodvæksten og de vigtigste ydre Faktorer. Hans Hovedresultater falder iøvrigt i store Træk sammen med RESA'S, HÄMMERLE'S, O. G. PETERSENS og BÜSGENS Resultater.

Ved at grave Rødderne frem og se om de voksede eller ej, konstaterede A. TOLSKY (1901), at Rodvæksten ophørte i Tidsrummet mellem Begyndelsen af December og indtil sidste Halvdel af April. I den øvrige Aarstid fortsatte Rodvæksten uafbrudt, dog stærkt nedsat under Tørkeperioder.

I Amerika har W. B. DOUGALL (1916) beskæftiget sig med Rodvæksten hos forskellige amerikanske Træarter og fundet at:

- »1: Rodvæksten hos Træerne begynder om Foraaret, naar Jorden naar den for Næringsoptagelsen nødvendige Temperatur, og ophører om Efteraaret, naar Jorden bliver for kold.
- 2: Det er ikke absolut nødvendigt, at Rodvæksten maa have en Hvileperiode i Sommerens Løb.
- 3: Naar der findes en saadan Hvileperiode, skyldes den Vandmangel i Jorden og ikke indre Anlæg for en saadan Periodicitet.«

HESSELLINKS (1926) omhyggelige Undersøgelser over Rodvæksten hos Frøplanter af *Pinus silvestris* og *Pinus laricio austriaca* bekræfter heller ikke RESA'S og O. G. PETERSENS, (ENG-

TERS og BÜSGENS) Angivelser om, at der findes to, ved en Hvileperiode i Juli og August adskilte Rodvækstperioder.

HARRIS (1926) iagttog Rodvæksten hos Æble- og Nøddetræer i Tidsrummet November—Juni og fandt, at Rødderne vedblev at vokse hele Vinteren igennem, naar blot Jorden var vel afvandet, og Jordtemperaturen ikke naaede under 40° F. (4.5° C.).

CRIDER (1928) fandt ved at dyrke mindre Træer (Frugttræer) i Kasser med Glasvægge, at Rødderne vedblev at vokse hele Vinteren igennem hos nogle af Træarterne, men ophørte med at vokse hos andre Træarter. Han kunde ikke paavise nogen direkte Forbindelse mellem den daglige Rodvækst og den tilsvarende Jordtemperatur.

STEVENS (1931) har gennem to Aar foretaget periodiske Maalinger af Længdevæksten hos overfladisk liggende Rødder af 4—6aarige Weymoutsfyr plantet paa aaben Mark. Undersøgelserne blev udført under saa naturlige Forhold som muligt, idet han med periodiske Mellemrum blottede visse udvalgte Langrødder og maalte Afstanden fra Rodspidsen til et ved Forsøgets Begyndelse paa samme Rødder fast anbragt Mærke. Efter hver Maaling blev Rødderne omhyggeligt dækket med Jord igen. Han fandt den livligste Rodvækst om Foraaret og Efteraaret. Det lykkedes ham ikke at paavise nogen Korrelation mellem Rodvæksten og Vejr eller Jordbundsforhold. Forandringer i Røddernes Væksthastighed Vækstperioden igennem synes at bero paa endonome Forhold.

S. W. ROGERS (1935) Undersøgelser over Frugttræernes Rodvækst har navnlig Interesse paa Grund af den Fremgangsmaade han benyttede ved disse Undersøgelser. Han konstruerede en Observationskasse, der blev nedgravet i Jorden tæt ved Stammen af det Træ, hvis Rodvækst han ønskede at undersøge. Den Side af Kassen, der vendte imod Træet, blev erstattet med en Glasrude med kvadratiske Felter. Igennem denne Rude kunde Røddernes Vækst direkte følges og maales.

E. ROZE (1937) undersøgte Rodvækstens aarlige Forløb paa 2—5-aarige Fyrre- og Granplanter paa den Maade, at han ved Foraarstid plantede dem i Urtepotter med gennemhullet Bund, hvorigennem Rødderne let kunde vokse. Urtepotterne med Planterne blev nedgravet i fugtig, humusfri Jord, der sikrede Planterne mod Fugtighedsmangel. Ved de periodiske Undersøgelser af Rodvæksten blev Forsøgskasserne taget op og Antallet af

Rodspidser, der var vokset gennem Bunden paa Urtepotterne, blev talt og Længden maalt med en Nøjagtighed af 1 mm. Herefter blev Urtepotterne igen sat tilbage paa samme Sted.

I 1935 blev denne noget besværlige Metode ændret til rent praktiske Iagttagelser af Rodvæksten, idet der med periodiske Mellemrum blev opgravet Planter af de to Træarter fra ved Siden af hinanden liggende Plantebede.

Hovedresultaterne af Undersøgelserne blev:

Rodvæksten er afhængig af Temperaturen.

Rødgranens Rødder begynder at vokse om Foraaret ved en Middellufttemperatur (regnet fra over 0° i Marts) paa mellem 2.2° og 2.9° C, Fyrrens ved en Temperatur paa ca. 3° — 4.5° C.

Rodvæksten ophører omkring Begyndelsen af November. Der findes ingen Vækststandsingsperiode i Sommertiden.

C. H. BORNEBUSCH's (1937) rent praktisk anlagte Plantningsforsøg belyser Rodudviklingen efter Plantning paa forskellige Tidspunkter i Løbet af Aaret.

Efter disse Undersøgelser giver Juli- eller Augustplantningen det bedste Resultat, idet Planterne naar at danne et fortrinligt Rodsystem inden Vinterens Komme, saaledes at de om Foraaret kan vokse med fuld Energi uden at blive hemmet af Omplantning paa dette Tidspunkt. Næst efter Juli- eller Augustplantningen giver Martsplantningen det bedste Resultat.

Som det fremgaar af den her gennemgaaede Litteratur, hersker der paa afgørende Punkter ret store Uoverensstemmelser mellem de enkelte Forskeres Resultater. Dette gælder saaledes først og fremmest angaaende Tidspunkterne for Rodvækstens Begyndelse og Ophør, Spørgsmaalet om der findes en eller to aarlige Vækstperioder, Spørgsmaalet om Vækstens Energi indenfor Vækstperioden (Vækstperioderne), samt endelig hvilken Indflydelse de ydre Faktorer, saasom Jordfugtighed og Temperatur m. v. har paa Rodvæksten.

Naar saa omhyggelige Forskere som de forannævnte kan komme til saa divergerende Resultater, maa Forklaringen dels ligge i, at Undersøgelserne er blevet udført i Lande med ofte vidt forskellige klimatiske Forhold m. v., dels i de store Vanskeligheder, der er forbundet med saadanne Undersøgelser, samt dels i de anvendte Fremgangsmaader.

Foreliggende Arbejde bygger videre paa de nævnte Forskeres Resultater og Erfaringer. I Modsætning til de fleste tidligere Arbejder af lignende Art, bygger dette Arbejde hovedsagelig paa Undersøgelser udført ude i Skoven paa Træernes forskellige Vækstlokaliteter, og som en Supplering til disse Undersøgelser følger rent eksperimentelle Undersøgelser over Temperaturen og Fugtighedens Indflydelse paa Røddernes Væksthastighed.

Efter Undersøgelseernes Art kan Arbejdet deles i tre Hovedafsnit:

- 1: Undersøgelser over Skovjordens Fugtighedsindhold og Temperatur.
- 2: Undersøgelser over Trærøddernes Vækstperiodicitet.
- 3: Eksperimentelle Undersøgelser.

1: Undersøgelser over Skovjordens Fugtighedsindhold og Temperatur.

a. Jordfugtigheden.

I 1936 og 1937 blev der Foraaret, Sommeren og Efteraaret igennem foretaget Undersøgelser over Skovjordens Vandindhold i henholdsvis 1—20 og 50 cm Dybde. Undersøgelserne blev udført paa den Maade, at der fra de paagældende Dybder blev udtaget Jordprøver paa ca. 50—80 g Stykket. Disse Jordprøver blev tørret til konstant lufttør Vægt og Jordenes Vandindhold derefter beregnet som Jordens procentiske Vægttab ved dens Overgang fra naturlig til lufttør Tilstand.

I 1936 blev disse Fugtighedsundersøgelser udført med 8 Dages Mellemrum i følgende tre forskellige Jordarter:

- Lokalitet I. Sandjord (1) bevokset med ca. 100—130 aarig, tæt sluttet Bøgeskov.
- Lokalitet II. Lerjord (2) bevokset med ca. 100—130 aarig, tæt sluttet Bøgeskov.
- Lokalitet III. Særdeles vaad Moserand, Mosejord (3), bevokset med enkelte ca. 35 aarige Aske og pletvis ca. 20—25 aarige Grupper af selvsaaet Bøg.

I 1937 blev Bestemmelserne af Skovjordens Fugtighedsindhold udvidet yderligere med følgende to Lokaliteter, valgt i nøje Tilknytning til tilsvarende Rødvækstundersøgelser.

- Lokalitet IV. lavtliggende, moseagtig, leret Skovjord, Mosejord (4), bevokset med 8 aarig, plantet Rødgran og ca. 4—8 aarig, selvsaaet Ask. Arealet er omgivet af gammel Ask, hvis Rodnet fuldstændig gennemvæver det øverste Jordlag.
- Lokalitet V. Vind- og soludsat, podsoleret Sandjord (5) bevokset med ca. 8 aarig, plantet Rødgran. Nord for Arealet findes en gammel Bøgeskov, syd derfor en ca. 18 aarig Egekultur.

De beregnede Fugtighedsprocenter i de to Aar 1936 og 1937 fremgaar af Tabellerne Nr. I og II og er grafisk illustreret i Fig. 1 og 2. For at kunne drage Slutninger fra Fugtighedsindholdet i Jorden i disse to Aar til Fugtighedsindholdet i Almindelighed er der i Tabel III angivet de maanedlige Middeldnedbørsmængder sammen med Middeldnedbøren i Tidsrummet 1886—1925.

For foreliggende Arbejde har Resultaterne af disse Fugtighedsbestemmelser størst Betydning for en Konstatering af, om der findes nogen Parallelisme mellem de enkelte Jorders Vandindhold til forskellige Aarstider og den tilsvarende Rodvækst. Dette Forhold vil blive gennemgaaet under Behandlingen af Træarternes Rodvækst.

Da der ikke her i Landet er gennemført lignende Fugtighedsbestemmelser i Skovjorder, har Resultaterne dog ogsaa en umiddelbar Betydning for en Forstaaelse og Bedømmelse af de Vandmængder, der paa forskellige Aarstider findes i de forskellige Jordarter inde i Skoven. Til en summarisk Bedømmelse heraf er i nedenfor anførte Tabel 1. (Tabel IV S. 27) angivet de Grænser, indenfor hvilke Vandindholdet varierede i de to Aar i de forskellige Jordarter, idet der er angivet det aarlige maksimale og minimale Vandindhold samt Differensen mellem disse Ydergrænser.

Som det fremgaar af denne Tabel, havde Sandjorden (1) og den vind- og soludsatte, podsolerede Sandjord (5) — paa Grund af disse Jordarters ringe Vandkapacitet — gennemgaaende det laveste Vandindhold Aaret igennem og tillige den mindste Forskel mellem det aarlige maksimale Vandindhold — i Vinter- og Foraarsmaanederne — og det minimale Indhold i Sommerens sidste Tørkeperioder. Særlig bemærkelsesværdigt

Tabel 1. Maksimalt og minimalt Vandindhold i de undersøgte Skovjorder.

Vandindhold i: Jordart:	1—20 cm Dybde			50 cm Dybde		
	Maks. ca. ‰	Min. ca. ‰	Diff. ca. ‰	Maks. ca. ‰	Min. ca. ‰	Diff. ca. ‰
Sandjord (1)	36 ¹⁾	17	19	26	8	18
» » 1937	32	13	19	27 ²⁾	8	19
Vind- og soludsat podsoleret Sandjord (5) . . .	25	11	14	21	9	12
Lerjord (2) 1936	57 ³⁾	17	40	33	9	24
» » 1937	46	12	34	26	9	17
Lavtliggende, mose- agtig, leret Skovjord, Mosejord (4) 1937	57	29	28	36 ⁴⁾	18	18
Mosejord (3) 1936	157	48	109	—	—	—
» » 1937	149	(44)	105	—	—	—

1) 20. Marts, 2) 6. Dec., 3) 13. April, 4) 6. Dec.

er det meget lave maksimale Vandindhold i den vind- og soludsatte Sandjord (5). Selv om denne Lokalitet modtog mere Nedbør (Bevoksningsrand) end de andre undersøgte Lokaliteter, laa dens maksimale Vandindhold helt nede paa 25 ‰ i 1—20 cm Dybde og paa noget lignende 21 ‰ i 50 cm Dybde. Som ventet laa Minimumsindholdet lavt paa ca. 11 ‰ i 1—20 cm Dybde og 9 ‰ i 50 cm Dybde, hvilket dog er 1 ‰ over det tilsvarende Minimumsindhold i 50 cm Dybde i Sandjorden (1) (Hovedrodzonen).

I Lerjorden (2) var det maksimale Vandindhold — paa Grund af denne Jordarts høje Vandkapacitet — betydelig højere end i forannævnte Sandjorder navnlig i 1—20 cm's D., hvor det i 1936 laa oppe paa 57 ‰ og i 1937 paa 46 ‰. Derimod udtørredes Lerjorden under Tørkeperioderne til nogenlunde samme minimale Vandindhold som Sandjorderne.

I den lavtliggende, moseagtige, lerede Skovjord, Mosejord (4) var det maksimale Vandindhold i 1—20 cm's D. omtrent det samme 57 ‰ som i Lerjorden (2), men noget højere paa 36 ‰ i 50 cm's D. Minimum laa derimod, aabenbart paa Grund af Lokalitetens lave Beliggenhed, forholdsvis højt i de to Dybder, henholdsvis 29 ‰ og 18 ‰.

I Mosejorden (3) var Vandindholdet overordentlig stort med et Maksimum i 1—20 cm's D. i 1936 paa 157 % og i 1937 paa 149 %. Aarsagen til dette høje Vandindhold maa dels ligesom for Lerjordens Vedkommende søges i høj Vandkapacitet men desuden i langt højere Grad i at Jordlokaliteten led under en stadig Tilstedeværelse af Grundvand helt op over Jordoverfladen i Vinter og Foraarsmaanederne.

De tilsvarende Minima i Mosejorden (3) var høje, henholdsvis 48 % og 44 %. Differensen mellem højeste og laveste Vandindhold var ikke desto mindre meget stor henholdsvis 109 % i 1936 og 105 % i 1937.

Som det fremgaar af Tabel 4 var det øverste, humusholdige Lag (1—20 cm's D.) betydelig mere vandholdigt end det dybere liggende Lag (i 50 cm's D.).

b. Jordtemperaturen i 20 cm's Dybde:

For at kunne sammenligne Rodvækstens Periodicitet i de forskellige (eller tilsvarende) Jorder ikke alene med Jordfugtigheden men ogsaa samtidig med Jordtemperaturens aarlige Gang, blev der i Tilknytning til forannævnte Fugtighedsbestemmelser foretaget daglige Aflæsninger af saavel den maksimale som minimale Jordtemperatur i 20 cm's Dybde. I 1936 blev Temperaturen paa denne Maade maalt i de under forrige Afsnit først nævnte tre forskellige Jordbundslokaliteter henholdsvis den forholdsvis tørre Sandjord (1), den noget fugtigere Lerjord (2) og den ekstremt vaade Mosejord (3). Paa Grund af den forholdsvis ringe Forskel mellem de aflæste Temperaturer i disse vidt forskellige Jorder blev Temperaturmaalingerne i 1937 begrænset til Sandjorden (1) og Mosejorden (3).

Temperaturen blev aflæst mellem ca. Kl. 8—9 Formiddag paa i Jorden stationært anbragte Maksimums- og Minimums-termometre med baade Maksimums- og Minimumsskala indsmeltet i samme Rør. Termometrene var anbragt i ca. 1—2 m's Afstand fra det Sted, hvor Jordprøverne til Fugtighedsbestemmelserne blev udtaget.

Lerjordslokaliteten (2) laa i en Afstand fra Sand (1)- og Mosejordslokaliteten (3) af ca. 150 m. Sandjordslokaliteten (1) og Lerjordslokaliteten (2) laa nogenlunde i samme Højde over Havet, Mosejordslokaliteten laa ca. 3 m lavere end disse.

Lokaliteterne, hvor Temperaturerne blev maalt, har i intet

Tilfælde været udsat for direkte Sollys i længere Tid ad Gangen kun for de smaa og stadig skiftende Solpletter, man altid træffer paa Skovbunden selv under den tætteste Bøgebevoksning.

De aflæste Temperaturer, der af Overskuelighedshensyn er slaaet sammen i 5-Dages Middeltal henholdsvis for de maksimale og minimale Temperaturer, er for de to Aar 1936 og 1937 tabellarisk gengivet i Tabellerne Nr. V og Nr. VI og grafisk illustreret i Fig. 3—6. For at kunne sammenligne de maalte Jordtemperaturer med de tilsvarende maksimale og minimale Lufttemperaturer er disse ligeledes angivet i Tabellerne i samme 5-Dages Middeltal. Lufttemperaturerne blev ikke maalt i Skoven, men paa Meteorologisk Instituts lokale Afdeling, der ligger i en Afstand fra Undersøgelseslokaliteterne af ca. 1 km og ca. 10 m højere over Havet.

Foruden 5-Dages Middeltallene er i Tabellerne angivet de absolutte Ekstremtemperaturer indenfor de beregnede Middeltalsperioder.

I Tabel VII er opført de beregnede Middeltal for maksimale og minimale Jordtemperaturer i de enkelte Maaneder i 1936 og 1937. I Tabel VIII er Maksimums- og Minimumslufttemperaturen i de enkelte Maaneder i samme 2 Aar sammenlignet med tilsvarende Temperaturer som Middel af Tidsrummet 1885—1925. I Tabel IX er endelig foretaget en Sammenligning mellem Middeljordtemperaturen i de enkelte Maaneder i de forskellige undersøgte Jordarter.

Temperaturen i de forskellige Jorder:

Som det fremgaar af Tabellerne og maaske endnu tydeligere af de ledsagende grafiske Figurer var Afvigelserne mellem de forskellige, undersøgte Jorders periodiske Temperatur i 20 cm's Dybde kun forholdsvis ringe, gennemsnitlig mellem 0° og ca. 0.5° . Kun under Perioder med enten særlig store Temperaturstigninger eller omvendt med store Temperaturfald var Forskellen noget større og kunde da i enkelte Tilfælde nærme sig ca. 2° .

Som det fremgaar af Tabel Nr. VII var den største Afvigelse mellem de forskellige Jorders maksimale eller minimale Maanedstemperaturer i den maalte Dybde højest 1.0° , og den største Afvigelse mellem de enkelte Jorders Middeltemperatur var i den længste Periode, der direkte kan sammenlignes — fra Marts til December 1936 — højest 0.3° .

Om Vinteren var Mosejorden (3) varmere end de to andre Jorder paa Grund af dens noget højere Varmekapacitet. Om Foraaret og Sommeren var Forholdet omvendt, da var Sandjorden (1) og Lerjorden (2) varmere end Mosejorden.

Paa Grund af de tre Lokaliteters forskellige Beliggenhed og som Følge deraf maaske noget forskelligt Lokalklima, kan de maalte Forskelligheder mellem de enkelte Jorders Temperatur ikke uden Forbehold generelt overføres paa tilsvarende Jordarter paa andre Lokaliteter i Skoven. Det samme gælder det relative Forhold mellem de forskellige Jordarters Temperaturer.

Jordtemperaturen i Sammenligning med Lufttemperaturen:

For Forstaaelsen af de ejendommelige Forskelligheder mellem de overjordiske Planteorganers og de underjordiske Organer, Røddernes Vækstperioder er det nødvendigt at have et nøje Indblik i de tilsvarende Forskelligheder mellem Luftens og Jordens Temperaturer. Disse Forskelligheder kan kortelig sammenfattes saaledes (WOLLNY 1876 og 1880, MÜTTRICH 1880, SCHUBERT 1888, 1900 og 1937, RAMANN 1911, HELMS og JØRGENSEN 1925, TSI-TUNG LI 1926, ZON 1927):

Den daglige Amplitude mellem maksimal og minimal Jordtemperatur er betydelig mindre end den tilsvarende Amplitude i Lufttemperaturen; den er størst nær Jordoverfladen og aftager med tiltagende Dybde for allerede i 0.75—1.0 m's Dybde at være ganske umærkelig.

Jordens aarlige Temperaturamplitude er i de allerøverste Jordlag ganske betydelig men aftager ret hurtigt med tiltagende Dybde, for til sidst helt at forsvinde i en Dybde af ca. 20—30 m. (RAMANN 1918 S. 399).

Om Efteraaret og Vinteren er Jorden varmere end Luften og om Foraaret og Sommeren koldere.

I Foraarstiden tiltager Jordtemperaturen langsommere end Lufttemperaturen. Om Efteraaret er Forholdet omvendt, da aftager Jordtemperaturen langsommere end Lufttemperaturen. Jorden er med andre Ord relativt foraarskold og efteraarsvarm, sammenlignet med Lufttemperaturen.

Som det fremgaar af Tabellerne og de grafiske Figurer, var Forholdet mellem Lufttemperaturen og de undersøgte, forskellige Jorders Temperaturer i de to Aar ganske i Overensstemmelse med foranstaaende Grundsætninger.

Den daglige Amplitude mellem maksimal og minimal Jordtemperatur laa i alle tre Jorder i den undersøgte Dybde gennemsnitlig mellem 0° og ca. 2° , medens Lufttemperaturens tilsvarende Amplitude kunde gaa helt op til ca. 10° og i enkelte Tilfælde endnu højere.

For at faa et Indtryk af Temperaturamplitudens Afhængighed af Dybden i Jorden blev der i Løbet af de undersøgte Maaneder taget 10 Stikprøver af Temperaturen i henholdsvis 3, 20 og 50 cm's Dybde i Sandjorden (1). Resultatet af disse iøvrigt ikke helt metodisk uangribelige Maalinger gav en daglig Amplitude paa gennemsnitlig ca. 2° — 4° i 3 cm's Dybde, 0° — 0.5° i 20 cm's Dybde og højest 0.1° i 50 cm's Dybde.

Den absolutte aarlige Temperaturamplitude var i 1936 i 20 cm's Dybde henholdsvis i Sandjorden (1) 17.2° , i Lerjorden (2) 16.8° og i Mosejorden (3) 15.9° . Lufttemperaturens tilsvarende Amplitude var godt og vel dobbelt saa stor paa ca. 34° .

2. Undersøgelser over Trærøddernes Vækstperiodicitet.

Nogle forudgaaende vækstoffysiologiske Betragtninger:

Ifølge den teoretiske Definition (jvf. SACHS 1874, BARANETZSKY 1879, PFEFFER 1901—04, KLEBS 1903) skyldes Planternes Vækstperiodicitet to forskellige Aarsager. Induceret Periodicitet (PFEFFER: aitogen, BENNECKE und JOST: ektogen) har en ydre Aarsag og foreligger, naar de ydre Faktorer, som fremkalder Periodiciteten, selv er periodiske. Autonom Periodicitet (BENNECKE und JOST: endonom) er betinget af indre Aarsager, der endnu er utilstrækkeligt defineret, og foreligger, naar visse af Plantens Livsytringer indtræffer med periodiske eller rytmiske Mellemlum, selv naar de ydre Faktorer holdes konstante.

De periodiske Livsytringer, som Planterne viser i Naturen, lader sig kun sjældent direkte henføre til et af disse to teoretiske Aarsagsbegreber, men maa betragtes som en »Funktion« af en Række Aarsager af saavel induceret som autonom Karakter (jvf. REED 1919, HANNA 1925, MILLER 1931 etc.).

De ydre Faktorer virker mere fremskyndende eller modsat hæmmende paa den Maade, Vækstforløbet vilde komme til Udtryk, d. v. s. paa Vækstkurvens Forløb, dersom de indre Faktorer alene virkede (jvf. BRIGGS 1928).

Da disse indre Faktorer kan virke forskelligt under Vækstens Forløb, maaske f. Eks. paa Grund af ernæringsfysiologiske

Balanceforhold, behøver en Forandring i de ydre Faktorer ikke altid at medføre samme Indflydelse paa Væksten (jvf. GREGORY 1928).

Det vil blive for omfattende her at komme nærmere ind paa hele Periodicitetsproblemet, der i den plantefysiologiske Litteratur fylder lange Kapitler. Foranstaaende maa være tilstrækkeligt til at vise, hvor kompliceret hele Problemet er, og hvor yderst vanskeligt det er at foretage eksakte videnskabelige Undersøgelser i Naturen over de vekslende ydre klimatiske Faktors direkte Indflydelse paa Vækstforløbet i de enkelte Planteorganer. De Resultater, man paa dette Omraade naar til gennem Undersøgelser i Naturen, maa nødvendigvis mere eller mindre være behæftet med »Sandsynlighedens Karakter«.

Med hele denne usikre Stilling af Periodicitetsproblemet som Baggrund er det, at efterfølgende udledte Slutninger maa bedømmes.

Metodik:

Den anvendte Metodik ved Bestemmelsen af de enkelte Træarters periodiske Rodvækst var følgende:

Indenfor hver af Træarterne blev udpeget et vist Antal Prøvetræer og paa hver af disse opsøgt en eller flere egnede Langrødder¹⁾, hvis periodiske Længdevækst derefter blev fulgt med Maalinger Aaret igennem. Det simple aritmetiske Middeltal af disse Langrødders periodiske, daglige Længdevækst er dernæst blevet benyttet som et direkte Udtryk for Træartens Rodvækst i de valgte Tidsmellemrum.

Den nærmere Fremgangsmaade ved Opsøgningen, Afmærkningen, Vækstmaalingen m. v. af de udpegede Rødder foregik paa følgende Maade:

Omkring de udvalgte Prøvetræer blev varsomt gravet med Haanden i Jorden, indtil det lykkedes at træffe en i Vækst værende Langrod netop paa den lyse og friske Zone bag Rodspidsen i en Afstand fra denne af ca. 5—15 cm. Kun

¹⁾ Ved Betegnelsen af de enkelte Rødder er benyttet den af Büsgen anførte Deling (Büsgen 1901 og 1917). Langrødder er altsaa Betegnelsen for de Rødder, der ved en ret udholdende og stærk Længdevækst navnlig tjener til at udbrede Træets Rodsystem horisontalt i Jorden over større Omraader. Sugerødderne som Büsgen kalder dem, eller Kortrødderne, som de kaldes i denne Afhandling, er Betegnelsen for de korte Siderødder, der udgaar mere eller mindre retvinklet fra Langrødderne etc.

Rødder, som det lykkedes at træffe netop paa dette Sted, blev brugt til Maalingerne. Dog maatte de ikke have en saadan Vækstretning, at Træer, Stene, andre Rødder o. lign. skønnedes at ville kunne blive en væsentlig Hindring for deres fortsatte Vækst eller for de følgende Maalinger heraf.

Paa hver af de paa denne Maade opsøgte, egnede Rødder blev der sat et Mærke (M paa Fig. 7 Side 51) bag Rodspidsen i en Afstand fra denne af ca. 10 cm, idet en tynd Kobbertraad med en Passer blev ført under Roden og bundet omkring denne. Dernæst blev Rodspidsens nøjagtige Beliggenhed opsøgt ved varsomt med Haanden at fjerne Jordmassen (B paa Fig. 7) mellem det gravede Hul A og Rodspidsen, dog uden fuldstændig at blotte denne eller Dele af den umiddelbart bagved værende Strækingszone; Dele af den friske Rodspids kunde som oftest skimtes ret tydeligt gennem et ca. 2—4 mm tyndt, løst Jordlag.

Efter at Rodspidsens Beliggenhed var blevet bestemt, blev Afstanden mellem dens yderste Spids og Mærket M maalt med en Passer, aflæst paa en Transversalmaalestok og noteret, hvorefter Roden omhyggeligt blev tildækket og afmærket med en Nummerpind anbragt lige over Mærket.

Den videre Fremgangsmaade ved Undersøgelsen af Rodens fortsatte Vækst var herefter med valgte Mellemrum at maale, hvor meget Rodspidsen havde fjernet sig fra Mærket siden den foregaaende Maaling.

Paa Grund af Rodens dels vertikale dels horisontale Bøjninger etc. under Væksten, var det nødvendigt ret ofte at sætte nye Mærker fremefter paa Roden for at undgaa Fejlmaalinger som Følge af disse Krumninger.

Med samme Mellemrum, som disse Vækstmaalinger blev udført paa de udpegede Rødder, blev der indenfor samme Træarter blot paa andre Træer end de valgte Prøvetræer gravet hele Rodsystemer, enkelte Rødder og Planter op dels for ved en direkte ydre Bedømmelse af disse Rødders Vækst at faa nogen Kontrol paa de egentlige Maalinger og dels for at faa et Overblik over Tidspunktet for Kortrods- og Mykorrhizadannelsen.

Sammenfatning af Undersøgelsesmateriale.

Alle Maalinger af Rodvæksten paa ældre Træer blev udført paa Rødder af saavel herskende som mere undertrykte Træer i

gode, sunde, sluttede Bevoksninger i Bogø Skov. Valget af Forsøgstræer var ganske vilkaarligt i Aaret 1935/36 uden Hensyn til Vækstlokaliteten, derimod blev der lagt nogen Vægt paa at faa hver Træart repræsenteret ved baade ældre og yngre Træer, saa vidt da Skovens Aldersklasseforhold tillod det.

Da Hovedformaalet med Undersøgelserne i 1937 var at undersøge Rodvækstens Forløb m. v. indenfor samme Træart paa saa forskellige Vækstlokaliteter som muligt, idet der herved navnlig tænkes paa Lokaliteternes Vandindhold, blev der ved Valget af Prøvetræer til Rodmaalingen i dette Aar fortrinsvis taget Hensyn til at faa Træer, der repræsenterede den meget fugtige og modsat den meget tørre Skovbund.

Rodmaalingerne paa de unge Planter blev for Ædelgranens og Askens Vedkommende udført i gode, sunde Naturforyngelser under gamle Modertræer. Da Rødgranen ikke saar sig selv i Bogø Skov blev Rodmaalingerne paa Rødgranplanterne udført i Skovens daværende Planteskole, der laa under gode Læforhold og kun i ganske kort Tid af Dagen var udsat for direkte Sollys.

I de tabellariske Oversigter og under den nærmere Gennemgang af de enkelte Træarters Rodvækst er redegjort for de enkelte undersøgte Prøvetræers Vækstlokaliteter, Alder m. v.

Rodvækstperiodiciteten.

Det igennem Maalingerne ude i Skoven indvundne Grundmateriale til Belysning af de enkelte undersøgte Træarters Rodvækstperiodicitet fremgaar af Tabellerne Nr: X, XI og XIV (Bøg), XV, XVI, XVII, og XVIII (Ask), XXI og XXII (Rødæl), XXIV (Birk), XXVI, XXVII, XXVIII og XXIX (Rødgran), XXXII og XXXIII (Ædelgran) og XXXV (Lærk). Af disse Tabeller fremgaar direkte den gennemsnitlige, daglige Længdevækst i Millimeter, dels for hver enkelt maalt Rod og dels som Middeltal af alle maalte Rødder. Middeltallet er angivet med Middelfejl.

En direkte Sammenligning mellem de periodiske Middellængdevækster i de enkelte Aarstider og den tilsvarende Jordtemperatur i 20 cm's Dybde og Jordfugtighed i 1—20 og 50 cm's Dybde er foretaget i Tabellerne Nr: XII og XIII (Bøg), XIX og XX (Ask), XXIII (Rødæl), XXV (Birk), XXX og XXXI (Rødgran), XXXIV (Ædelgran) og XXXVI (Lærk).

En grafisk Fremstilling af de periodiske Middelrodvækster sammenholdt med den tilsvarende Jordtemperatur og Jordfugtighed fremgaar af Figurerne Nr: 8, 9 og 11 (Bøg), 12, 13 og 14 (Ask), 16 (Rødæl), 20 (Birk), 22, 23 og 24 (Rødgran), 27 (Ædelgran) og 31 (Lærk).

Resultaterne af Rodvækstmaalingerne ude i Skoven kan kortelig sammenfattes saaledes:

1: Vækst- og Hvileperioderne.

a) *ældre Træer.*

I de to undersøgte Aar 1936 og 1937 blev der konstateret Rodvækst hele Aaret igennem hos Bøgen, hvorimod Rødderne paa de seks andre undersøgte Træarter: Ask, Rødæl, Birk, Rødgran, Ædelgran og Lærk havde en kortere eller længere, mere eller mindre skarpt afgrænset Hvileperiode i den koldeste Del af Aaret.

Da Vintermaanederne i de to undersøgte Aar gennemgaaende var forholdsvis varme i Sammenligning med normalt, kan der paa Grundlag af Undersøgelserne drages følgende Slutninger:

a) Bøgens Rodvækst ophører ikke fuldstændigt her i Landet i forholdsvis milde Vintre.

b) Askens, Rødællens, Birkens, Rødgranens, Ædelgranens og Lærkens Rodvækst ophører fuldstændigt her i Landet selv i milde Vintre.

Indenfor den enkelte Træart var Tidspunktet for Rodvækstens Begyndelse og Afslutning og dermed Vækst- og Hvileperiodernes Længde paavirket af a) det enkelte Aars klimatiske Forhold, b) Lokalklimaet d. v. s. Jordlokalitetens Beliggenhed og c) Jordbundslokalitetens Art, Vandindhold, Iltindhold o. s. v. Denne ydre Paavirkning var tilsyneladende langt større for Løvtræernes end for Naaletæernes Vedkommende.

a) I et forholdsvis varmt Foraar begynder Rodbruddet lidt tidligere end i et koldt Foraar. I et forholdsvis varmt Efteraar vedvarer Rodvæksten noget længere end i et koldt Efteraar med tidlig Frost.

b) I en soludsat, foraarsvarm Jordbund (Planteskole etc.) begynder Rodbruddet i Overensstemmelse med forannævnte gennemgaaende tidligere end i en koldere, beskyttet Jordbund. I en særlig »lun« Jordbund (f. Eks. under et tykt Løvdække) vedvarer Rodvæksten noget længere om Efteraaret end i en frostudsat Jordbund.

c) I de almindelige sandede og lerede Jordbundslokaliteter inde i Skoven under Kronetagets Skygge, saaledes som de forekommer overalt i Landets Skove, og i de stærkt humusholdige mere fugtige Jorder, saaledes som de forekommer f. Eks. i de fleste af Landets velafgrøftede Skovmoser, havde de enkelte Træarter gennemgaaende samme Rodvækstperioder, der i de undersøgte Aar var følgende:

Bøg: Hos de ældre Træer blev der iagttaget og maalt Rodvækst hele Aaret igennem (jvf. Tabel X, XI, XII og XIII samt Fig. 8, 9 og 10).

Ask: Rodbrud (Kortrødder) hos ældre Aske i Maj Maaned ved en Middeljordtemperatur paa mellem 8—9° C. Rodvæksten afsluttedes i første Halvdel af November ved en Middeljordtemperatur paa 6—8° C. (jvf. Tabel XV, XVII, XVIII, XIX og XX samt Fig. 12, 13, 14 og 15).

Rødæl: Rodbrud i sidste Halvdel af Maj ved en Middeljordtemperatur paa 8—9° C. Rodvæksten ophørte i sidste Halvdel af November ved en Middeljordtemperatur paa 6—7° C. (jvf. Tabel XXI og XXIII samt Fig. 16 og 17).

Rødgran: Rodbrud i første Halvdel af April ved en Middeljordtemperatur paa mellem 4—5° C. Rodvæksten ophørte i sidste Halvdel af November ved en Middeljordtemperatur paa 6—7° C. (jvf. Tabel XXVI, XXVII, XXXVIII, XXX og XXXI samt Fig. 22, 23, 24 og 25).

Ædelgran: Rodbrud som hos Rødgran i første Halvdel af April ved en Middeljordtemperatur paa 4.6° C. Rodvæksten ophørte sent først i Løbet af Januar Maaned (jvf. Tabel XXXII og XXXIV samt Fig 27 og 28).

Lærk: Rodbrud i sidste Halvdel af April ved en Middeljordtemperatur paa 5.7° C. Rodvæksten afsluttedes ligesom hos Rødgran i sidste Halvdel af November ved en Middeljordtemperatur paa 6.1° C. (jvf. Tabel XXXV og XXXVI samt Fig. 31).

I de vaade, slet afvandede Mosejorder var Rodvækstperioden usædvanlig kort. De paa saadanne Lokaliteter forekommende Træarter Ask, Rødæl og Birk havde her følgende Rodvækstperioder i de undersøgte Aar:

Ask (1937): Rodbrud i første Halvdel af August. Rodvæksten afsluttedes i første Halvdel af Oktober. (Jvf. Tabel XVIII, XX og Fig. 15).

Rødæl (1936): Rodbrud i sidste Halvdel af August. Rodvæksten afsluttedes i første Halvdel af November. (Jvf. Tabel XXII, XXIII og Fig. 18).

Birk (1936): Rodbrud i første Halvdel af Juni ved en Middeldjordtemperatur paa 11.2° C. Rodvæksten afsluttedes i første Halvdel af November ved en Middeldjordtemperatur paa 8.2° C. (Jvf. Tabel XXIV og XXV).

Disse korte Rodvækstperioder i de slet afvandede Mosejorder skyldes utvivlsomt en som Følge af det stillestaaende Vand og høje Humusindhold tilstedeværende Iltmangel i Jorden det meste af Aaret (jvf. EHRENBERG 1918, ROMELL 1922, KOKKONEN 1923, CANNON 1924, TAMM 1925, STOKLOSA og DOERELL 1926, HARDY 1926, MALMSTRÖM 1931, MILLER 1931, CHOLODNY 1932 m. fl.). Et stort Vandindhold i Jorden virker efter foreliggende Undersøgelser ikke hæmmende paa Røddernes naturlige Vækstperiode, saafremt Vandet er i stadig Bevægelse (iltholdigt). Afgrøftningens store Betydning skyldes derfor sikkert i mange Tilfælde at Grøfterne fremkalder Bevægelse i Vandet (jvf. Forsumpningsfænomenerne; LADEFOGED 1938).

Hos Bøg paa leret Mosejord (og i Morbund) blev iagttaget det Fænomen, at den yderste Spids paa de fleste friske Rodspidser blev sort og døde bort efter kortere eller længere Perioder med rigelig Nedbør indenfor Sommermaanederne. Dette Fænomen maa forklares som Resultatet af en lokal indtrædende Iltmangel (jvf. Tabel XIV samt Fig. 11).

b) Unge Planter.

I Modsætning til de ældre Træers Rødder er alle unge Planter Rødder paa Grund af deres ringe Længde henvist til alene at opsuge den for den enkelte Plantes Transpiration m. v. nødvendige Fugtighed i de allerøverste Jordlag, hvilket medfører, at Planterne bliver langt mere afhængige af netop dette Jordlags Vandindhold og Svingningerne heri end de ældre Træer med de mere dybtgaaende, vandhentende Rødder.

Da Jordfugtigheden og tillige Jordtemperaturen i dette Jordlag viser meget store Variationer alt efter Lokalitetens Beliggenhed — om det er tør, soludsat Skovbund, Planteskolejord eller fugtig, skygget Moserand o. s. v., — er de Kaar, der bydes Planternes Rodvækst, yderst forskellige paa de enkelte Lokaliteter. Som Følge heraf er de Tidspunkter, indenfor hvilke

Rødderne vokser, stærkt varierende alt efter Lokalitetens Art, Beliggenhed m. v.

Almengyldige Data for Vækst- og Hvileperiodernes Begyndelse og Afslutning kan som Følge heraf absolut ikke gives, dertil er Variationerne for store fra Sted til Sted og fra Aar til Aar. Paa de undersøgte Lokalteter havde de unge Planter følgende Rodvækstperioder:

a. Selvsaaede Planter under gamle Træer paa god, muldet, skyggefuld Jordbund.

Bøg. Det lykkedes hele Aaret igennem paa disse Lokalteter at finde Bøgeplanter med friske Rodspidser, ligesom det hele Aaret igennem lykkedes at finde Planter uden Rodvækst. Om Vinteren var det kun forholdsvis faa Planter, der havde friske Rodspidser. I Juni, September og Oktober fandt gennemgaaende den livligste Rodvækst Sted. Under Tørkeperioder blev kun iagttaget Rodvækst i Sandjorderne, ikke i de stærkt lerede Jorder.

At forklare Aarsagerne til denne spredte og uensartede Rodvækst hos Bøgeplanterne paa disse Lokalteter er meget vanskeligt. At det ikke alene drejer sig om ydre Aarsager, synes at fremgaa deraf, at det ofte lykkedes at finde meget tætstaaende Planter, hvoraf nogle havde mange friske Rodspidser medens andre absolut ingen havde.

Ask. Rodbruddet hos unge Askeplanter i ovennævnte Jorder begyndte i sidste Halvdel af Juni ved en Middeljordtemperatur paa $15,5^{\circ}$ C. Rodvæksten ophørte ligesom hos de ældre Aske i første Halvdel af November ved en Middeljordtemperatur paa $6-8^{\circ}$ C. (jvf. Tabel XVI, XIX samt Fig. 12).

Ædelgran. Rodbrud ca. 14 Dage senere end Rodbruddet hos ældre Ædelgraner i sidste Halvdel af April ved en Middeljordtemperatur paa $5,7^{\circ}$ C. Rodvæksten ophørte i første Halvdel af November ved en Middeljordtemperatur paa $7,8^{\circ}$ C. (Jvf. Tabel XXXIII, XXXIV samt Fig. 27).

Rødgran. I de mere fugtige, skyggefulde Jordbundslokaliteter, saaledes som de forekommer rundt omkring i Skovene under Rødgranplantninger paa lavtliggende, fugtig Jord-

bund under en Skærm enten ved Overstandere eller en Forkultur og med en rig Vegetation af bredbladede Urter, begyndte Rødderne paa de unge Granplanter at vokse i Løbet af April Maaned og fortsatte Væksten hele Sommeren igennem indtil Slutningen af Oktober. Den maksimale Vækst fandt tilsyneladende ogsaa her Sted i Slutningen af Juli og Begyndelsen af August.

I 1936 blev Røddernes Længdevækst fulgt med periodiske Maalinger paa 10 unge Rødgranplanter paa en Jordbundslokalitet der omtrent svarede til den sidstnævnte (jvf. Tabel: XXIX, XXX samt Fig. 22). Middelvæksten i disse Planterødder fulgte nøje Middelvæksten hos Rødderne paa de ældre Rødgraner.

b. Selvsaaede Planter under gamle Træer paa vind- og soludsatte Jordbundslokaliteter, saaledes som de forekommer i mange af Landets Skove langs Skovudkanter, Renafdrifter o. s. v. havde Rodvækstperioder, der i høj Grad var paavirket af det lave Vandindhold i disse Jorder i Sommermaanederne.

Bøg. Bøgerødderne voksede overhovedet ikke i Sommermaanederne med Undtagelse af meget ekstraordinære nedbørsrige Perioder (Juli-August 1936). Rodvæksten fandt Sted i Foraars- og Efteraarsmaanederne.

Ask. Askeplanternes Rødder havde en Vækstperiode i Juni-Juli, hvorefter Væksten ophørte hos Flertallet af Planterne i Tørkeperioderne i August-September for atter at begynde omkring Midten af September. Hos mange af de undersøgte Planter var Væksten saa livlig paa dette sene Tidspunkt, at Aarets Hovedrodvækstperiode øjensynlig fandt Sted i Slutningen af September og Begyndelsen af Oktober.

Baade hos Bøg og Ask var den kvantitative Vækstydelse kun ringe paa disse Lokalteter.

c. I den soludsatte, gennembearbejdede Jordbund, saaledes som den forekommer rundt omkring i Planteskoler etc. begyndte Bøgerøddernes Rodbrud i Slutningen af April og Begyndelsen af Maj. I Sommerens Tørkeperioder indtraadte der en delvis eller fuldstændig Vækststandsning. I Efteraarsmaanederne var Rodvæksten igen livlig indtil den ophørte i Løbet af November eller December Maaned.

Askeplanterne havde i disse Jorder samme Rodvækstperioder som i gode, muldet Jorder inde i Skoven under Træernes Skygge (Jvf. a.).

Rødgranplanter i disse Jorder havde et meget livligt og hele Rodsystemet omfattende Rodbrud i Foraarsmaanederne Marts eller April. Siderodsdannelsen og Længdevæksten i Langrødderne kunde i disse Maaneder være særdeles livlig.

I Skudstrækningsperioden i Maj og Juni ophørte Rodvæksten næsten fuldstændigt for atter at begynde omkring Begyndelsen af Juli. Den livligste Vækst fandt tilsyneladende Sted i Slutningen af Juli og Begyndelsen af August paa samme Tidspunkt som hos de ældre Træer. I Slutningen af August og Begyndelsen af September, hvor Jordens Vandindhold naaede Aarets Minimum, ophørte Rodvæksten hos de fleste Rødgranplanter næsten fuldstændigt; men begyndte atter omkring Midten af September, da Jordens Vandindhold var steget, og fortsatte indtil fuldstændigt Ophør i Slutningen af Oktober. Væksten i denne sidste Vækstperiode var ikke særlig livlig i 1936, men særdeles livlig i 1937, et Forhold, som muligvis kan tilskrives de forskellige Nedbørsforhold i Sommermaanederne i de to Aar.

Rødgranplanternes Rodvækst i de soludsatte, stive Lerjorder havde nogenlunde samme Periodicitet som foran gennemgaaet i de lettere Jorder, blot med den Undtagelse, at Rodvæksten i nævnte Lerjordslokaliteter fuldstændig ophørte under Tørkeperioderne.

Sammenligning med tidligere Undersøgelser.

Side 206 og 207 er foretaget en skematisk Sammenligning mellem foreliggende Resultater over de enkelte Træarters Rodvækstperioder og de tilsvarende Rodvækstperioder, der er angivet i den foreliggende Litteratur.

Det umiddelbare Hovedindtryk af denne Sammenligning er, at Rodvækstperioderne ingenlunde har været ens de forskellige undersøgte Steder (jvf. Litteraturgennemgangen); navnlig gælder dette Tidspunkterne for Rodvækstens Begyndelse og Afslutning.

Denne Uoverensstemmelse mellem de fundne Rodvækstperioder kan forklares ved:

a) at de angivne Rodvækstperioder alene eller i Hovedsagen bygger paa Rodvækstundersøgelser udført paa Planter i

soludsatte Planteskoler. Som foran paapeget er Variationen i samme Træarts Rodvækstperiodicitet overordentlig stor netop paa saadanne Lokalteter, idet Røddernes Vækstperioder varierer stærkt fra Aar til Aar alt efter det enkelte Aars Klimaforhold, Jordbundens Art m. v. Nogen nøje Overensstemmelse mellem de enkelte Angivelser af Rodvækstperioderne kan derfor ikke ventes.

En Undersøgelse i Skoven paa Træernes naturlige Voksepladser, uden den ekstreme Temperatur- eller Tørkevirkning etc., som findes i mange Planteskoler, vilde utvivlsomt have givet en langt bedre Overensstemmelse.

b) Undersøgelsesteknikken har ikke været lige god. I de Tilfælde (RESA, O. G. PETERSEN etc.), hvor Rodvækstundersøgelserne blev udført ved en ydre Bedømmelse af Væksttilstanden i Rødderne paa opgravede Planter, kan der være begaaet en Fejlvurdering af Væksttilstanden i den varme Tid af Aaret, idet Rodbarkdannelsen er forholdsvis meget livligere i de varmere end i de koldere Maaneder (jvf. S. 74).

c) Mulige Raceforskelligheder. Disse Raceforskelligheder kan dog næppe, efter Iagttagelser i Forsøgsvæsnets Planteskole i 1938, tillægges nogen større Betydning. I Forsøgsvæsnets Planteskole iagttog jeg indenfor en Uge samme Rodbrud hos følgende Rødgranprovenienser: »Öra revir«, »Vest Karpaterne«, »Böhmerwald«, »Schwarzwald« og »Gribskov«, hos følgende Lærkeprovenienser: »Tyrol«, »Sudeterne« og »Nieder Tatra«, samt hos følgende Bøgeprovenienser: »Sihlwald«, »Adlisberg«, »Forét de Soignes« og »Rügen«.

En Sammenligning mellem Rodvækstperioderne de forskellige Steder mister som Følge af de uensartede ydre Forhold, hvorunder Undersøgelserne er blevet udført, noget af Interessen, navnlig da der i Litteraturen ikke findes tilstrækkelige med Oplysninger om de ydre Forhold: Temperatur, Nedbør etc. Igennem Sammenligningen kan man dog faa forklaret noget af Rodvækstperiodicitetens »Karakter« som Helhed.

Saaftremt de enkelte Træarters Rodvækstperiodicitet alene skyldtes autonome Forhold, maatte man vente, dog under Hensyntagen til ekstreme Jordbundsforhold etc. og Raceforskelligheder, at Rodvæksten gennemgaaende vilde begynde og igen ophøre paa samme Tid de forskellige Steder, uden nævne-

værdig Paavirkning af Klimaforholdene. Som det fremgaar af Sammenligningsopstillingen er det ikke Tilfældet.

ENGLER iagttog i den milde Vinter 1900 Rodvækst hos Ask endnu i December, Januar og Februar Maaned og hos Birken endnu i December og i Februar.

RESA (1877) iagttog Rodbrud hos Rødgran allerede i Februar Maaned. Det samme gjorde WIELER (1891) hos Ædelgran og BÜSGEN (1899) hos Lærk.

Disse meget tidlige Rodbrudsperioder i Sammenligning med »normalt« tyder meget stærkt paa, at Rodvækstens Periodicitet ikke alene skyldes en for hver Træart specifik autonom Aarsag; men er ligesom de fleste andre periodiske Fænomener i Planternes Vækst, Resultatet af en Række Aarsager af saavel induceret som autonom Karakter (jvf. REED 1919, MILLER 1931 etc.). Dette strider for Naaetræernes Vedkommende noget imod RESA'S, O. G. PETERSEN'S, BÜSGEN'S og ENGLER'S Opfattelse.

Den autonome »Karakter« i de undersøgte Træarters Rodvækstperiodicitet synes at tiltage og omvendt den inducerede »Karakter« at aftage i Rækkefølgen: Bøg, Ædelgran, Ask, Birk, Rødæl, Rødgran og Lærk.

2. Rodvækstens Forløb mellem Rodbruddet om Foraaret og Vækstens fuldstændige Ophør om Efteraaret.

Indenfor Tidspunkterne mellem Rodvækstens Begyndelse om Foraaret eller Forsommeren og dens absolutte Ophør om Efteraaret (undt. Bøg), fulgte Kurverne for Røddernes Væksthastighed ret nøje Kurverne for Jordtemperaturen og Jordfugtigheden. I Foraars- og Efteraarsmaanederne henholdsvis tiltog og aftog Rodvæksthastigheden i nøje Overensstemmelse med Jordtemperaturen. Den livligste Rodvækst fandt gennemgaaende Sted indenfor Sommerens nedbørsrige Perioder. Under Tørkeperioder, hvor Jordens Vandindhold aftog stærkt, fulgte paa de almindelige gode Jorder en større eller mindre Nedgang i Røddernes Væksthastighed. Undersøgelserne bekræfter her nøje BÜSGEN'S, ENGLER'S, TOLSKY'S, W. B. DOUGALL'S, HESSELLINK'S og ROZE'S Resultater; men strider mod CRIDER'S og STEVEN'S Angivelser. Størst var Nedgangen i Tørkeperioderne for Planternes Vedkommende, og paa nogenlunde ens Jordbundslokaliteter forholdsvis størst hos de af de undersøgte Træarter, der havde Skiverod: Ask og Rødgran; mindst hos de af de under-

søgte Træarter, der havde Hjerterod: Bøg og Ædelgran. Indenfor de forskellige Jorder blev iagttaget den største Tilbagegang i Sommerens Tørkeperioder i: stive Lerjorder, sol- og vindudsatte Jorder, Bevoksningsrande, Planteskolejorder etc. I saadanne Jorder kunne Rodvæksten, navnlig hos Planter, helt ophører under særlige langvarige Tørkeperioder (jvf. foran). I vaade, daarligt afvandede Mosejorder etc. fandt den livligste Rodvækst Sted i Sommerens Tørkeperioder, hvorunder Vandindholdet i disse Jorder aftog stærkt, og hvor der formodentlig som Følge heraf fandt en stærk Stigning Sted i disse Jorders Iltindhold.

3. Nydannelsen af Kortrødder.

En Nydannelse af Kortrødder blev iagttaget hele Rodvækstperioden igennem hos alle Træarter. Særlig livlig var Kortrod-dannelsen dog i Rodbrudsperioderne om Foraaret (undt. hos Bøg) og indenfor de Tørkeperioder i Sommerens eller Efteraarets Løb, hvor Langrøddernes Væksthastighed aftog stærkt (undt. hos Ask). Aarsagen til Kortrodsdannelsen i sidstnævnte Perioder maa antagelig alene forklares som en Vækstreaktion overfor den aftagende Længdevækst i Langrødderne.

4. Rodhaarsdannelsen.

Der blev ikke iagttaget Rodhaar paa Rødderne af Ædelgran. Hos Rødgran, Lærk, Birk og navnlig Ask og Rødæl var Rodhaarsdannelsen almindelig paa de fleste Rødder. I stive Lerjorder og i vaade Mosejorder blev gennemgaaende iagttaget de færreste Rodhaar.

Den livligste Rodhaarsdannelse blev iagttaget i Efteraarsmaanederne fra omkring Begyndelsen af September samt i de Tørkeperioder, hvor Langrøddernes Længdevækst aftog.

5. Rodvæksten og Skudvæksten.

BÜSGEN (1901) fandt intet Sammenhæng mellem Træernes Løvspring og Rodbruddet. Han iagttog Rodvækst saavel før som efter Løvspring.

ENGLER (1903) fandt, at Rødderne sædvanligvis begynder at vokse førend Løvspringet. Imellem dette og Rodbruddet kunde ligge flere Uger. En Undtagelse danner dog Lærken, hvis Rodvækst begynder efter Løvspring.

STEVENS (1931) maalte Højdetilvæksten paa de samme Wey-

moutsfyrre, hvorpaa han maalte Rodvæksten. En Sammenligning mellem Højde- og Rodvæksten gav til Resultat, at der bestaar en nøje Forbindelse mellem Tidspunkterne for Rodvæksten og Skudvæksten.

Paa Grundlag af STEVEN'S og MAC DOUGALL'S Arbejder samt egne Undersøgelser har KIENHOLZ (1934) for Fyrrens Vedkommende draget Sammenligninger mellem Tidspunkterne m. v. for Rodvæksten, Skudvæksten, Kambiumvirksomheden og Naalenes Vækst. Han fandt at Væksten først begynder i Rødderne, derefter begynder Skudvæksten, Kambiumvirksomheden og til Slut Naalenes Vækst.

Samtidig med Maalingerne af Røddernes periodiske Længdevækst blev der ved foreliggende Undersøgelser i (1935) og 1936 noteret indenfor hvilke af de valgte Rodmaalingsperioder at Løvspringet indtraf, hvornaar Skudstrækningen begyndte og ophørte, samt indenfor hvilken Periode at Hovedparten af Løvet faldt af. En Sammenstilling af disse Data findes i Tabel XXXVII.

I 1937 blev Undersøgelserne udvidet til en direkte Maaling af den periodiske Skudstrækning paa de tre i dette Aar undersøgte Træarter: Bøg, Ask og Rødgran. For de to førstnævnte Træarters Vedkommende blev alene maalt Topskuddets periodiske Vækst paa ca. 10—12-aarige Træer valgt dels i aabne, soludsatte Kulturer og dels i Naturforyngelser under Overstandere. Topskuddets periodiske Længdevækst hos disse to Træarter fremgaar af Fig. 9, 11 og 13.

For Rødgranens Vedkommende blev den periodiske Skudstrækning maalt henholdsvis paa Topskuddet og paa øverste Grenkrans paa de samme Træer, hvorpaa de til Vækstmaalingerne valgte Rødder voksede. Topskuddets og den øverste Grenkrans periodiske Længdevækst er holdt adskilt og fremgaar af Tabellerne Nr: XXVII og Nr: XXVIII henholdsvis for Træerne paa den fugtige Mosejord (4) og den tørre, sol- og vindudsatte, podsolerede Sandjord (5).

Resultaterne stemmer i Hovedsagen med forannævnte Litteraturangivelser.

Bøgen:

Da der hos Bøgen hele Aaret igennem fandtes Rødder, der var i Vækst, kan Løvspringet hos denne Træart ikke direkte

sammenlignes med et egentlig Rodbrud (jvf. S: 244). Løvspringet i 1936 kom forholdsvis normalt i Perioden 13. April—2. Maj, hvor den tilsvarende Middelrodvækst laa paa 0.68 mm daglig. Den livligste Skudstrækning fandt Sted i Maj; samtidig steg Rodvæksthastigheden stærkt (jvf. Tabel: X), hvorfor der tilsyneladende ikke i dette Aar kan have været Tale om nogen dyberegaaende Hæmning af Rodvæksten som Følge af forøget Vækst i og Transpiration fra de overjordiske Organer.

For de unge Planters Vedkommende paavirkede Løvspringet og Skudstrækningen tilsyneladende heller ikke Røddernes Vækst. Der blev iagttaget Planter, hvor Rødderne voksede inden Løvspringet, ligesom der blev iagttaget mange Planter, hvor Rodvæksten ikke var begyndt endnu efter at Skudstrækningen var afsluttet.

Asken:

Hos de ældre Aske begyndte den livlige Nydannelse af Kortrødder førend Løvspring, hvorimod Langrøddernes Længdevækst begyndte ca. 14 Dage efter Løvspring. Hos de unge Askeplanter begyndte Rodvæksten først efter Løvspring. I begge Aar fandt den livligste Rodvækst Sted i den Periode hvor Skudstrækningen ophørte eller i Perioden umiddelbart efter.

Rødællen og Birken.

Rødællens Løvspring begyndte ca. 14 Dage og Birkens ca. 1½ Maaned førend Rodbruddet. Da begge Træarter kun blev undersøgt paa vaade Mosejorder, maa disse Angivelser dog ikke betragtes som generelt gældende paa alle Vækstlokaliteter.

Rødgranen.

Rødgranrødderne begyndte i begge Aar at vokse ca. 14 Dage tidligere end Skuddene. Nogen klar Relation mellem Skudstrækningen og Rodvæksthastigheden fremgaar ikke af Undersøgelserne. Bemærkelsesværdigt er det, at den maksimale Rodvækst i begge Aar indtraf, ligesom hos Asken, i den Periode, hvor Skudvæksten ophørte, eller i Perioden umiddelbart efter.

Ædelgranen.

Rodvæksten hos de ældre Ædelgraner begyndte i 1936 ca. 1 Maaned og hos de unge Ædelgranplanter ca. 14 Dage tidligere

end Skudvæksten. Heller ikke hos denne Træart kan spores nogen hæmmende Indflydelse paa Rodvæksthastigheden i Skudstrækningsperioden.

Lærken.

Paa Grund af de forskellige Tidspunkter for Kortsquddenes og Langsquddenes Frembrud og Vækst hos Lærken, er Forholdet mellem Rodvæksten, »Løvspringet« og Skudstrækningen mere kompliceret end hos nogen af de andre Træarter. Rodbruddet begyndte ca. 14 Dage tidligere end Løvspringet (modsat ENGLERS Angivelse). Langsquddenes Vækst ophørte i Perioden 1.—23. Juni samtidig med, at den maksimale Rodvækst fandt Sted. Nogen Indflydelse af »Løvfaldet« i Efteraaret paa Rodvæksten blev, ligesom hos Løvtræerne, ikke iagttaget.

Paa adskillige Stød efter Lærk og Ædelgran fældet i Februar Maaned 1936 begyndte Rødderne at vokse »normalt« paa samme Tidspunkt som Rødderne paa de levende Træer. Dette tyder jo meget stærkt paa, at de overjordiske Organer, i hvert Fald hos disse to Træarter, ikke øver nogen Indflydelse paa Tidspunktet for Vækstens Begyndelse i Rødderne.

I Tabel XXXVIII er foretaget en Sammenligning mellem Jordtemperaturen i Rodbrudsperioden og Lufttemperaturen i Løvspringsperioden.

Hos alle de i Tabellen nævnte Træarter — med Undtagelse af de unge Askeplanter — begyndte Rodvæksten i en Periode med en Middelljordtemperatur der laa fra 2.2° til 5.3° under Middellufttemperaturen i den Periode hvor Løvspringet og den første Skudstrækning fandt Sted (jvf. BENECKE und JOST 1923, S. 37). Rodvæksten kan foregaa ved en væsentlig lavere Temperatur end Skudvæksten. Om saa Aarsagen er den af Engler foreslaaede eller en anden maa det blive Plantefysiologiens Opgave at løse. Muligvis er Aarsagen den, at Minimumstemperaturerne i Jorden ikke i denne Aarstid naar samme lave Værdier som i Luften.

Ekspcrimentelle Undersøgelser.

Som et Supplement til foran gennemgaaede Undersøgelser over Rodvæksten ude i Skoven havde jeg i Efteraaret 1938 Lejlighed til for nogle af Træarternes Vedkommende rent eksperimentelt at undersøge den nærmere Relation mellem

Røddernes Længdevæksthastighed og Temperaturen paa den ene Side og Jordfugtigheden paa den anden Side. Disse Undersøgelser blev alle udført paa Laboratoriet paa *Statens forstlige Forsøgsvæsen*.

1. Rodvæksten og Temperaturen.

Metodik og Materiale:

Undersøgelserne blev hovedsagelig udført paa Rødder af 2—4 aarige Planter taget i Forsøgsvæsenets Planteskole. Planterne blev alle anbragte i Zinkkasser i en Blanding af Sandjord og Kompostjord. Zinkkasserne var lavet efter Sach's Model dog med de Ændringer, at Kasserne var betydelig smallere, uden Fødder og fuldstændig vandtætte paa Siderne og i Bunden; Glasvæggene var kittet fast.

Disse Kasser med de deri anbragte Planter blev stillet ud i Forsøgsvæsenets Mistbænk, indtil der kunne iagttages friske Rodspidser langs den indvendige Side af Glasvæggene. Naar dette var Tilfældet blev Kasserne inde i Laboratoriet anbragt i et Akvarium fyldt med Vand og med Glasvægge, der ikke var tykkere end almindeligt Vinduesglas. Kasserne blev anbragt saaledes i Akvariet, at den Sideflade, hvorpaa der kunne iagttages de fleste Rodspidser, kun var ca. 3—4 mm fra Akvariets ene Glasvæg.

De tre andre Sideflader paa selve Akvariet blev dækket med et forholdsvis tykt Lag »Vatpapir«.

Igennem Vandet i Akvariet var anbragt et spiralsnoet Tinrør, hvis ene Ende var sat i Forbindelse med en Vandhane paa den Maade, at der mellem Hanen og Tinrøret var indskudt en Kolbe, igennem hvilken Vandet fra Hanen maatte passere, og hvori dets Temperatur efter Ønske kunne sættes op ved Hjælp af en nedenunder anbragt Bunsenflamme. Den anden Ende af Tinrøret havde frit Afløb til Vasken.

Ved denne Anordning lykkedes det at bringe Temperaturen i Akvarievandet og dermed i Zinkkassen op til en hvilken som helst ved Undersøgelserne ønskelig Temperatur over 10—12° C.

Alle ønskelige lavere Temperaturer blev frembragt ved at komme passende Mængder Is i Akvarievandet.

Temperaturen, der ved Omrøring blev fordelt i Akvarievandet, blev aflæst dels paa Termometre anbragt i Akvarievandet

og dels paa et Termometer anbragt i Zinkkassen i umiddelbar Nærhed af de friske Rodspidser. Af disse blev udvalgt de bedst egnede, d. v. s. dem, hvis Rodspids nøjagtigt kunne konstateres, og deres Længdevæksthastighed ved de forskellige Temperaturer blev derefter direkte maalt i et Horisontalmikroskop med Maaleokular.

I de Tilfælde, hvor Undersøgelserne omfattede Kimrøddernes Vækst, blev benyttet den Undersøgelsesteknik, der nærmere er beskrevet i »Vejledning ved praktiske Øvelser i fysiologisk Botanik« (WEIS; 1925, S. 60).

Vækstkurverne.

Relationen mellem Røddernes Længdevækst og Temperaturen blev undersøgt paa forannævnte Maade hos Bøg, Ask, Rødgran og Ædelgran og fremgaar af de fire grafiske Figurer Nr. 32, 33, 34 og 35.

Hver Figur er fremkommet ved at samarbejde de indenfor hver Træart konstaterede Vækstkurver hos de forskellige undersøgte Rødder. Som Grundlag for denne Samarbejdning er der gaaet ud fra de enkelte Rødders samlede Længdetilvækst mellem 10^0 — 25^0 og indenfor samme Tidsrum. Punkterne, der angiver de enkelte aflæste Rodlængdetilvækster, er gengivet paa Figurerne.

Den spredte og i adskillige Tilfælde uregelmæssige Beliggenhed af de enkelte Punkter omkring Kurverne skyldes i nogen Grad denne Samarbejdning af de enkelte Rødders Vækstkurver og tillige, at Maalingerne blev udført paa Rødder, der voksede i Jord, saaledes at de under deres Vækst fremad kan have mødt en større eller mindre, mere eller mindre kortvarig Modstand fra Jordpartiklerne. Som det fremgaar af Bøgerøddernes Vækstkurve, ligger Punkterne for de undersøgte Kimrødders Vækst betydeligt mere regelmæssigt omkring Kurven end Punkterne for Planterøddernes Vækst i Vækstkasserne.

Ved Bestemmelsen af Kurverne blev Hovedvægten lagt paa at faa Rodvækstens Forløb bestemt indenfor de i Naturen hyppigst forekommende Jordtemperaturer ca. 0 — 20^0 .

Som det fremgaar af alle fire Kurver er Røddernes Væksthastighed relativ langsom ved de lavere Temperaturer indtil 10 — 14^0 , først herefter tiltager Væksthastigheden stærkt indtil Maksimum, der for de enkelte Træarters Vedkommende ved de benyttede Tidsinterval (jvf. Teksten under de grafiske Fig.)

laa ved henholdsvis 24° hos Bøg, ca. 29° hos Ask, ca. 26° hos Rødgran og ca. 32° hos Ædelgran. Efter Maksimum faldt Væksthastigheden meget brat. (jvf. LEICHT 1916).

Naar der ses bort fra en direkte soludsat Jordbundslokaltitet, opnaar Asken, Rødgranen og Ædelgranen ude i Skoven kun ca. $\frac{1}{3}$ og Bøgen kun ca. $\frac{1}{2}$ af den for Røddernes Vækst optimale Temperatur i Jorden.

I en soludsat Jordbund som f. Eks. i Planteskolejord, hvor Temperaturen i det øverste ca. 10 cm tykke Jordlag kan naa helt op paa over 30° , overskrides den for Rodvæksten optimale Temperatur paa særlig varme Dage. For unge Frøbedsplanter, hvis Rodnet kun naar ca. 5 cm ned i Jorden, kan Jordtemperaturen stige til en for de friske Rodspidser direkte ødelæggende Værdi.

Hos Asken ophørte Rodvæksten ved de eksperimentelle Undersøgelser ved en Temperatur paa omkring $4-6^{\circ}$, hos Rødgran og Ædelgran omkring $2-4^{\circ}$. Hos Bøgen først under 0° .

Sammenligning med de eksperimentelle Undersøgelser og Undersøgelserne ude i Skoven.

I de fire Figurer Nr. 36, 37, 38 og 39 er for de fire Træarters Vedkommende foretaget en direkte relativ Sammenligning mellem foranstaaende fire Vækstkurvers Forløb indenfor Temperaturintervallet $0-16^{\circ}$ og de tilsvarende Værdier for de periodiske Middellængdevækster, der blev fundet ved Undersøgelserne ude i Skoven, sat i Relation til Periodernes Middeljordtemperatur.

Selv om en saadan Sammenligning kun kan blive meget grov, giver den dog visse værdifulde Oplysninger.

Som det ses paa Figurerne, falder Punkterne for de enkelte periodiske Middelrodvækster i Naturen, med Undtagelse af Asken, ret nøje omkring de eksperimentelt udledte Vækstkurver. For Rødgranens og Ædelgranens Vedkommende maa dog som ventet ses bort fra de periodiske Rodvækster, der er fundet i særlige tørre Perioder.

Med andre Ord, Rodvæksten hos Bøg, Rødgran og Ædelgran ude i Skoven viser, med Undtagelse af Tørkeperioderne, samme Afhængighed af Temperaturen som ved kortvarige eksperimentelle Undersøgelser i Laboratoriet.

Dette Forhold kan kun virke bekræftende paa de under

Gennemgangen af de enkelte Træarter nævnte Formodninger om Temperaturen og Jordfugtighedens Indflydelse paa Rodvæksthastigheden.

For Askens Vedkommende er Overensstemmelsen mellem Rodvækstens Forløb med stigende Temperatur ved de eksperimentelle Undersøgelser og ude i Skoven ikke iøjensfaldende; dette skyldes dels Askens ejendommelige Rodvækstperiodicitet, dens forholdsvis lange Rodbrudsperiode og dens store Følsomhed overfor en Udtørring af Jorden m. v.

2. Rodvæksten og Jordfugtigheden.

At foretage eksperimentelle Undersøgelser over Rodvæksthastighedens nøjagtige Afhængighed af Jordfugtigheden er yderst vanskeligt. Jordens Art, Temperaturforholdene, Transpirationsforholdene, det enkelte Individts Bladareal o. s. v. er hver for sig bestemmende for en given Jordfugtigheds Indflydelse paa Rodvæksthastigheden (jvf LOBANOW 1913).

Med dette i nøje Erindring er det, at de eksperimentelle Undersøgelser maa betragtes og bedømmes.

Undersøgelserne, der kun omfatter Træarterne Bøg, Ask og Rødgran, blev udført paa følgende Maade:

I Reagensglas blev anbragt 5 Frøbedsplanter $\frac{1}{0}$ eller $\frac{2}{0}$ af hver Træart med en Plante i hvert Glas i nøjagtig samme Blanding af rent, fugtigt Sand og Kompostjord. Planternes nøjagtige Vægt, Vægten af de enkelte Glas og af den i hvert Glas værende Jordmængde + det deri værende Fugtighedsindhold blev nøje bestemt.

Glassene blev herefter anbragt i en Mistbænk, indtil der kunne iagttages friske Rodspidser langs Glassenes indvendige Side, hvorefter Glas + Planter, Jord m. v. igen omhyggeligt blev vejjet og Rodvæksthastigheden ved 14° og i $\frac{1}{2}$ Time maalt under Horisontalmikroskop.

Glassene med Planterne blev herefter igen stillet tilbage i Mistbænken. Ved at undlade at vande dem, udtørredes Jorden lidt efter lidt i Løbet af 4—5 Dage saa meget, at Rodvæksten var ved at gaa fuldstændigt i staa¹⁾. I Løbet af disse 4—5 Dage blev Glassene omhyggeligt vejjet hver Dag og Rodvæksthastigheden bestemt, stadigvæk ved 14° og i $\frac{1}{2}$ Time.

¹⁾ Dette maa ifølge Lobanow (1913) svare omtrent til Jordens »Toten Vorrat« af Fugtighed.

Da Rodvæksten var ved at gaa fuldstændig i Staa i alle Rødder, blev Planterne vandet, hvilket medførte, at Rødderne i Løbet af 3—4 Dage begyndte at skyde igen. Væksthastigheden blev nu atter bestemt ved en tilsvarende Udtørring som foran beskrevet. Denne Udtørring fortsattes saa længe, at Rodvæksten gik fuldstændigt i Staa.

Fig. 51 og 52 (Tavle XI) viser Mikrofotografier af en af de undersøgte Rodspidser paa Rødgran, fotograferet igennem Glasvæggen. Billedet til venstre blev taget paa det Tidspunkt, da Udtørringen første Gang var saa langt fremme, at Væksthastigheden helt var ophørt i langt de fleste Rødder.

Billedet til højre viser samme Rod 2 Dage, efter at Planten var blevet vandet. Paa Billedet ses tydelig, at der er skudt en »ny« Rodspids frem uden Rodhaarsdannelser.

Ingen af Planternes overjordiske Organer saasom Blade, Naale etc. viste noget som helst ydre Tegn paa Fugtigheds-mangel paa det Tidspunkt, da Rodvæksten fuldstændig var ophørt. D. v. s. Rodvæksten ophører førend, man paa de overjordiske Organer kan se, at Jordfugtigheden er i Minimum.

I Fig. 40 er grafisk gengivet de samarbejdede Kurver for Rodvækstens Forløb hos de forskellige undersøgte Rødder indenfor hver Plante af de tre Træarter. Som det ses paa Figuren, aftager Væksthastigheden i Rødgranrødderne først meget stærkt ved en Jordfugtighed paa under 16% lufttør = 24%¹⁾ absolut og hos Bøg og Ask først under 20—22% lufttør = 28—30% absolut.

For alle tre Træarters Vedkommende ophørte Rodvæksten fuldstændigt ved en Jordfugtighed paa 4—6% lufttør = 12—14% absolut.

Ved højere Fugtighedsprocenter end angivet paa Figuren maa det formodes, at Vækstkurverne nærmer sig en vandret Linie.

Af Vækstkurvernes forskellige Forløb ved de eksperimentelle Undersøgelser kan man ikke direkte drage Slutninger over Rodvækstens Forløb ved en tilsvarende Jordfugtighed ude i Naturen og i hvert Fald slet ikke drage Slutninger med Hensyn til Røddernes større eller mindre Følsomhed hos de enkelte Træarter. Disses mere eller mindre dybtgaaende Rodsystemer kan i afgørende Grad ændre Forholdet. Ifølge de eksperimentelle

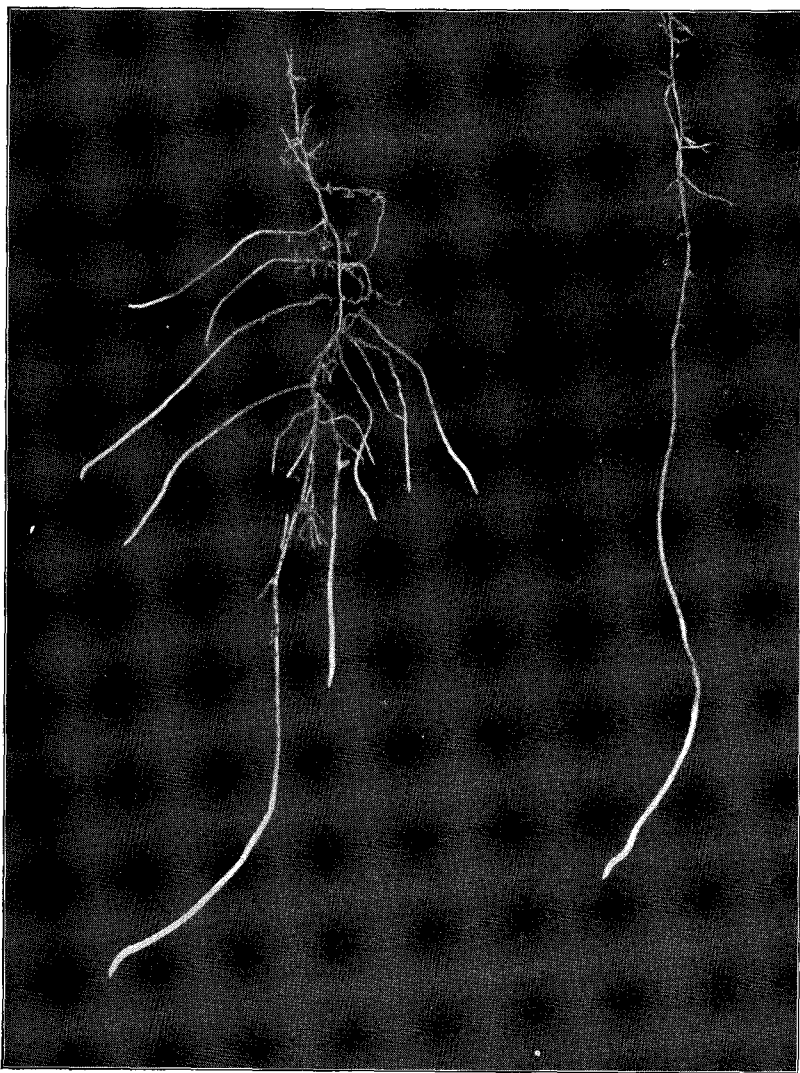
¹⁾ Beregnet som Procent af absolut Tørvægt.

Undersøgelser er Bøgens Rødder mere følsomme overfor en Udtørring i Jorden end Rødgranens Rødder. Dømmer man efter Undersøgelserne i Skoven faar man det omvendte Indtryk.

Som paapeget Side 248 faar Bøgen under Tørkeperioderne utvivlsomt Hovedparten af den til Transpirationen nødvendige Vandmængde gennem de dyberegaaende Rødder. Da Rødgranen ikke havde lignende dyberegaaende Rødder (Skiverod), maa dens Rodvækst selvsagt blive relativt stærkere paavirket under Tørkeperioderne end Bøgens Rodvækst, selv om de enkelte Rødgranrødder maaske, saaledes som de eksperimentelle Undersøgelser tyder paa, besidder en større specifik Modstandsdygtighed overfor en Udtørring end Bøgerødderne.

Rodhaarsdannelsen hos alle Træarter var særlig livlig ved de eksperimentelle Forsøg, naar Jordfugtigheden naaede ned paa under ca. 18—20% lufttør = 26—28% absolut.

TAFELN I—XI
Billedtavler



1:2

Fig. 41. Zwei Buchenwurzeln von feuchtem Sandboden, am 26. Juli 1937 ausgegraben. Beachte die langen, neugebildeten, frischen, dicken Wurzelspitzen.

To Bøgerødder fra fugtig Sandjord, opgravet d. 26. Juli 1937. Bemærk de lange, nydannede, friske, tykke Rodspidser.

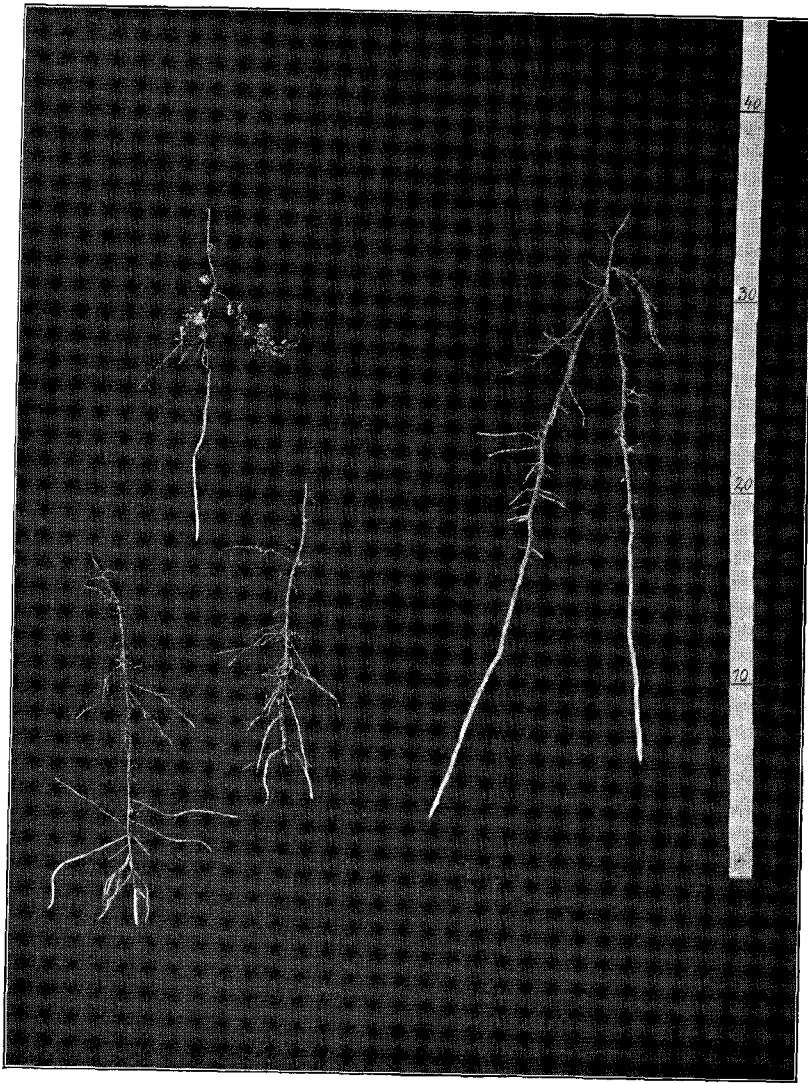


Fig. 42. Vier Eichenwurzeln von strengem Leimboden (links oben), bezw. lehmigem Moorboden (links unten) und feuchtem Sandboden (rechts). Beachte die Mykorrhizabildung auf der Wurzel von strengem Leimboden, das Fehlen führender Wurzelspitzen der zwei Wurzeln vom Moorboden und die langen, kräftigen Wurzeln vom Sandboden. (Im übrigen siehe den Text S. 82).

Fire Bøgerødder henholdsvis fra stiv Lerjord (øverst t. venstre), leret Mosejord (nederst t. venstre) og fugtig Sandjord (t. højre). Bemærk Mykorrhizadannelsen paa Roden fra den stive Lerjord, Mangelen af førende Rodspidser paa de to Rødder fra Mosejorden og de lange, kraftige Rødder fra Sandjorden. (Jvf. i øvrigt Teksten S. 82).

TAFEL III.

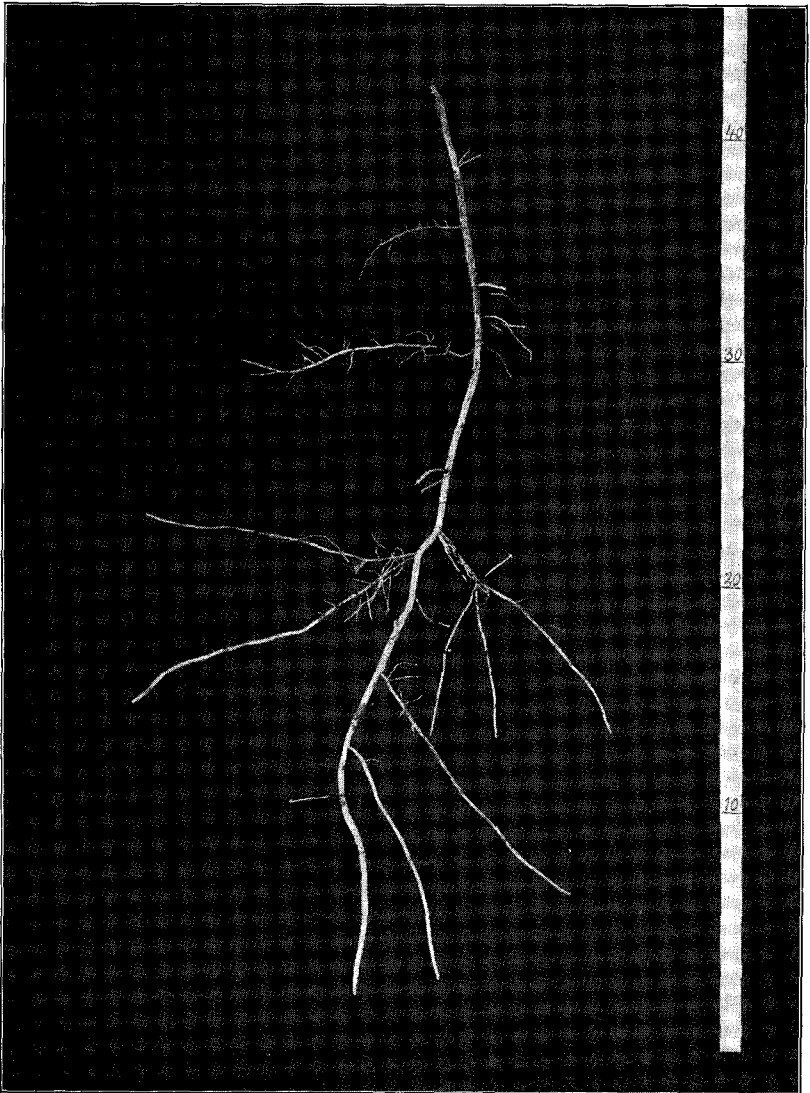


Fig. 43. Eine Wurzel einer älteren Esche auf Sandboden. Die Wurzel wurde am 13. Juni 1937 ausgegraben. Die bis zu diesem Datum neugebildeten Wurzelspitzen jenes Jahres sind mit zwei Stecknadeln gekennzeichnet.

En Rod fra en ældre Ask paa Sandjord. Roden blev opgravet d. 13. Juni 1937. De indtil denne Dato nydannede Rodspidser i nævnte Aar er afmærket med to Knappenaale.



1:3

Fig. 44. Zwei Eschenpflanzen von Naturverjüngungen unter Buchen, am 13. Juli 1937 ausgegraben. Zu jenem Zeitpunkt war bei jeder der beiden Pflanzen nur noch eine Wurzel im Wachstum (bei den beiden Stecknadeln).

To Askeplanter fra Naturforyngelser under Bøg, opgravet d. 13. Juli 1937. Paa dette Tidspunkt var endnu kun en Rod i Vækst (ved Knappe-naalene) paa hver af de to Planter.

TAFEL V.



Fig. 45. Drei typische Roterlenwurzeln von drei Roterlen auf Moorboden. Die Wurzeln wurden am 26. Juli 1936 ausgegraben (siehe den Text S. 120).

Tre typiske Rødællerødder fra tre Rødælle paa Mosebund. Rødderne blev opgravet d. 26. Juli 1936. (Jvf. Teksten S. 120).

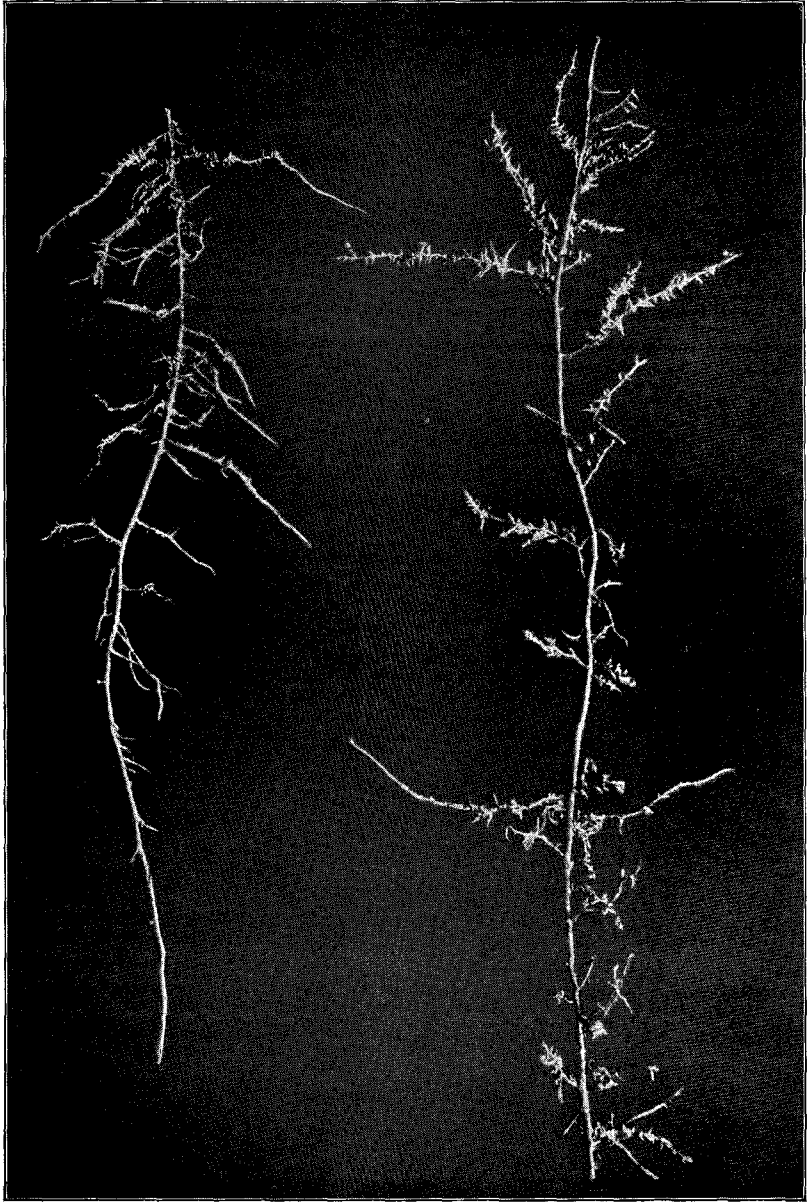


1:3

Fig. 46. Zwei Langwurzeln von zwei Fichten in einem älteren Fichtenbestand ohne Morbidität. Die Wurzeln wurden am 30. Juli 1937 ausgegraben. Beachte die im Verhältnis zur Wurzel auf Figur 47 geringe Mykorrhizabildung und die langen, frischen Wurzelspitzen.

(Im übrigen siehe den Text S. 154).

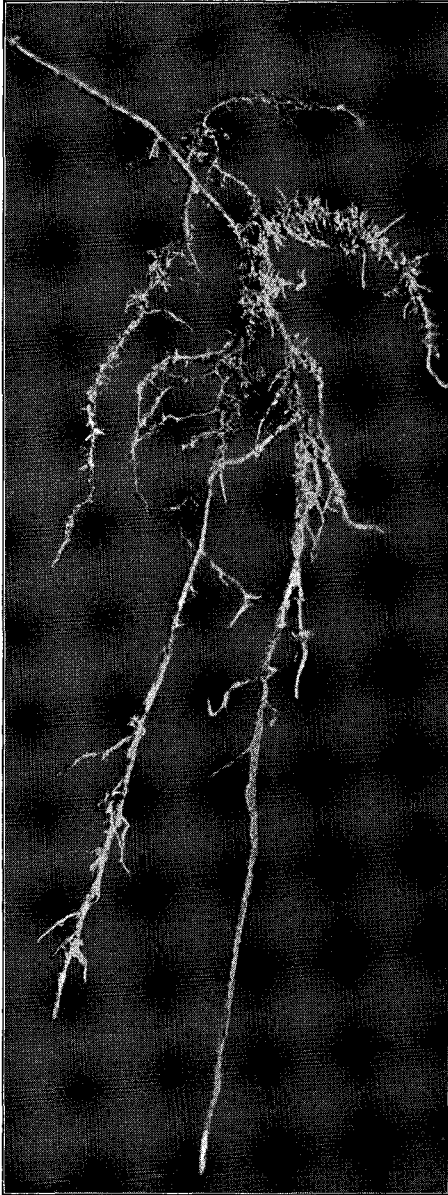
To Langrødder fra to Rødgraner i en ældre Rødgranbevoksning uden Mordannelse. Rødderne blev opgravet d. 30. Juli 1937. Bemærk den i Forhold til Roden paa Fig. 47. ringe Mykorrhizadannelse og lange, friske Rodspidser. (Jvf. i øvrigt Teksten S. 154).



1:3

Fig. 47. Eine Langwurzel von Morschieht unter einem älteren Fichtenbestand. Die Wurzel wurde am 30. Juli 1937 ausgegraben. Beachte die lebhaftige Mykorrhizabildung und die kurzen, frischen Wurzelspitzen. (Im übrigen siehe den Text S. 155).

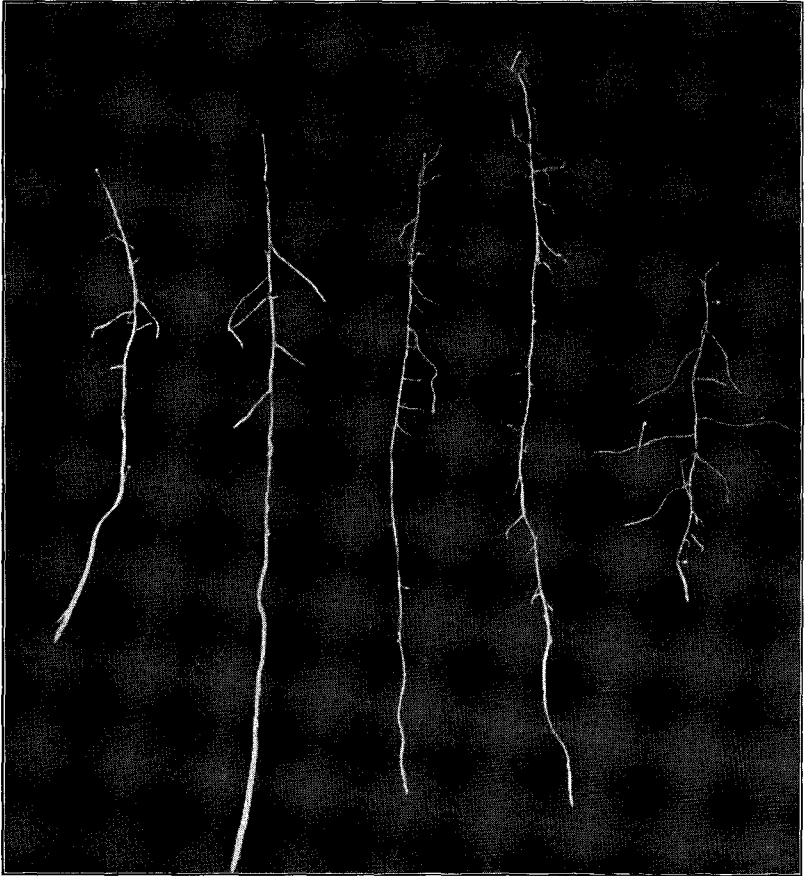
En Langrod fra Morlaget under en ældre Rødgranbevoksning. Roden blev opgravet d. 30. Juli 1937. Bemærk den livlige Mykorrhizadannelse og de korte, friske Rodspidser. (Jvf. i øvrigt Teksten S. 155).



1:25

Fig. 48. Eine stark mykorrhiza-angegriffene Fichtenwurzel von einer der untersuchten jungen Fichten auf moorartigem, tiefliegendem Boden. (Örtlichkeit IV, siehe S. 15). Die Wurzel wurde am 15. August 1937 ausgegraben. (Im übrigen siehe den Text S. 155).

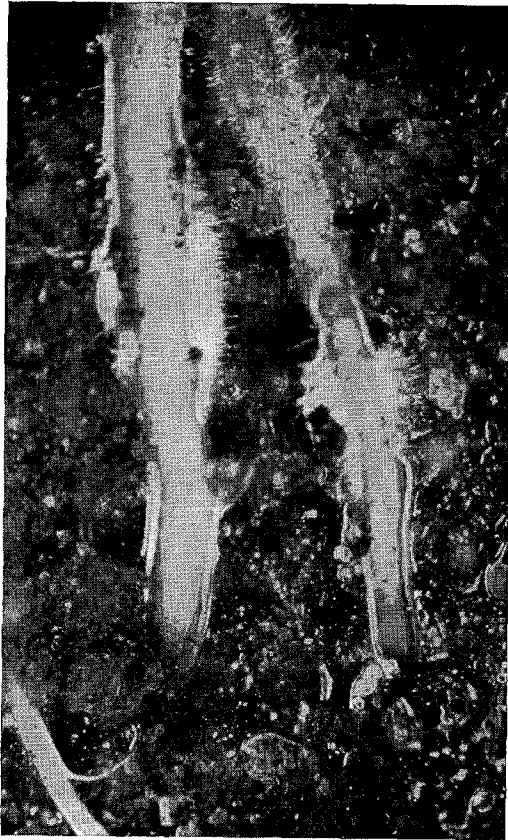
En stærkt Mykorrhizaangrebet Rødgranrod fra en af de undersøgte unge Rødgraner paa den moseagtige, lavtliggende Jordbund. (Lokal IV, jvf. S. 15). Roden blev opgravet d. 15. August 1937. (Jvf. i øvrigt Teksten S. 155).



1:3

Fig. 49. Verschiedene Langwurzeltypen von Lärchen auf Sandboden. Die Wurzeln wurden am 14. August 1936 ausgegraben. Beachte die geringe Verzweigung und die langen, dicken, frischen Wurzelspitzen. Bei der Lärche ist die äusserste Wurzelspitze oft rot.

Forskellige Typer paa Langrødder fra Lærk paa Sandjord. Rødderne blev opgravet d. 14. August 1936. Bemærk den ringe Forgrening og de lange, tykke, friske Rodspidser. Hos Lærk er den yderste Rodspids ofte rød.

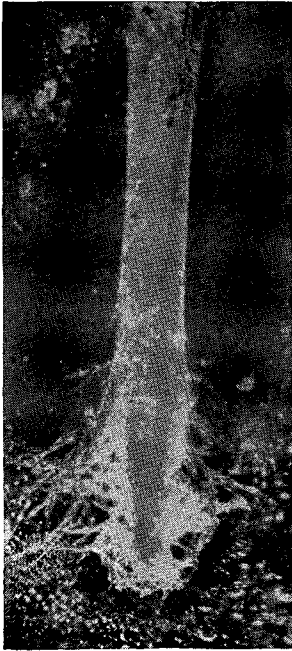


× 8

Fig. 50. Zwei Wurzeln einer Roterlenpflanze in einem Wuchskasten. Die Photographie, durch die eine Glaswand aufgenommen, zeigt die natürliche Wurzelstellung in der Erde. Beachte die Wasserhäute und die Wurzelhaarbildung. Bei der Roterle ist die Wurzelspitze oft grünlich, daher die dunklen Wurzelspitzen auf der Photographie.

To Rødder fra en Rødælleplante i en Vækstkasse. Fotografiet, der er taget gennem den ene Glasvæg, viser Røddernes naturlige Stilling i Jorden. Bemærk Vandhinderne og Rodhaarsdannelsen. Hos Rødæl er Rodspidsen ofte grønlig, derfor de mørke Rodspidser paa Fotografiet.

TAFEL XI.



×12



×12

Fig. 51. Wurzelspitze von Fichte, im Reagensglas gepflanzt. Die Wurzel wurde durch die Glaswand zu dem Zeitpunkt photographiert, als das Längenwachstum der Wurzel wegen Feuchtigkeitsmangel aufhörte. Beachte die Wurzelhaarbildung um die Wurzelspitze. (Im übrigen siehe den Text S. 200).

Fig. 52. Die gleiche Wurzelspitze wie auf Figur 51 gezeigt. Die Wurzel ist diesmal photographiert, nachdem die Pflanze nach der Austrocknung gewässert wurde. Beachte, wie die Wurzel erneut eine Wurzelspitze ohne Wurzelhaar getrieben hat. (Im übrigen siehe den Text S. 200).

Rodspids af Rødgran plantet i Reagensglas. Roden blev fotograferet gennem Glasvæggen paa det Tidspunkt, da Rodens Længdevækst ophørte paa Grund af Fugtighedsmangel. Bemærk Rodhaarsdannelsen omkring Rodspidsen. (Jvf. i øvrigt Teksten S. 200).

Samme Rodspids som vist paa Fig. 51. Rodspidsen er denne Gang fotograferet, efter at Planten er blevet vandet efter Udtørringen. Bemærk, hvorledes Roden paany har skudt en Rodspids frem uden Rodhaar. (Jvf. i øvrigt Teksten S. 200).

lation bei Eschenästen), S. 13. — Nr. 117. C. H. BORNEBUSCH: Thuja som dansk Skovtræ (Thuja plicata as a Danish Forest Tree), S. 53. H. 2: Nr. 118. C. H. BORNEBUSCH: Sommerplantning af Naaletræer (Sommerpflanzung von Nadelhölzern), S. 97. — Nr. 119. E. C. L. LØFTING: Rodfordærverangrebenes Betydning for Sitkagrans Anvendelighed i Klitter og Heder, Hedeskovenes Foryngelse V (The significance of the attacks of Polyporus annosus to the suitability of the Sitka spruce for Dunes and Heaths), S. 133. — Nr. 120. C. H. BORNEBUSCH: Stormskaden paa Udhugningsforsøget i Hastrup Plantage (Sturmschaden in dem Hastruper Durchforstungsversuch), S. 161. — Nr. 121. C. H. BORNEBUSCH: Iagttagelser over Rødgranens Naalefald (Chute d'aiguilles naturelle d'epicea), S. 173. — Nr. 122. W. O. HISEY: Cellulose af europæisk Bøg (Pulping Characteristics of European Beech), S. 177. — Nr. 123. FOLKE HOLM: Bøgeracer (Races de hêtre), S. 193. H. 3: Nr. 124. P. L. KRAMP: Forsøg over forskellige Træsarters Modstandsdygtighed overfor Angreb af Pæleorm og Pælekrebs (Experiment on the Power of Resistance of various kinds of Wood against Attack of Ship-Worm and Gribble), S. 265. H. 4: Nr. 129. AXEL S. SABROE: Rødgranens Form og Formtal (Form und Formzahl bei Fichte), S. 281 (er under Trykning).

Bd. XV, H. 1: Nr. 125. FOLKE HOLM: Bøgebrænde (Buchenbrennholz), S. 1. — Nr. 126. CECIL TRESCHOW: Undersøgelser over Brintjonkoncentrationens Indflydelse paa Væksten af Svampen Polyporus annosus (Untersuchungen über den Einfluss des Wasserstoffionenkoncentration auf das Wachstum von Polyporus annosus.), S. 17. — Nr. 127. C. H. BORNEBUSCH: Nørholm Hede, Anden Beretning (La Lande de Nørholm, Deuxième Rapport), S. 33. — Nr. 128. KJELD LADEFOGED: Floraundersøgelser i Mølleskoven, Anden Beretning (Florauntersuchungen im »Mølleskoven«, Zweiter Bericht), S. 81. H. 2: Nr. 130. KJELD LADEFOGED: Frostringsdannelser i Vaarveddet hos unge Douglasgraner, Sitkagraner og Lærketræer (Formations of Frost Rings in the spring-wood of young Douglas Fir, Sitka Spruce and Larch), S. 97. — Nr. 131. CARL MAR: MØLLER og D. MÜLLER: Aanding i ældre Stammer (Die Atmung in alten Stammteilen), S. 113. — Nr. 132. C. H. BORNEBUSCH: Egekulturforsøg paa Vallø Stifts Skovdistrikt (Eichenkultur-Versuche) S. 139.

DET FORSTLIGE FORSØGSVÆSEN I DANMARK

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

udgives ved den forstlige Forsøgskommission under Redaktion af Dr. phil. C. H. BORNEBUSCH, i Hæfter sædvanlig paa 5—10 Ark, der udsendes fra Statens forstlige Forsøgsvæsen, Møllevangen pr. Springforbi. Cirka 25 Ark (400 Sider) udgør et Bind. Prisen pr. Bind er 5 Kr., der tages ved Postgiro samtidig med Udsendelsen af 1ste Hæfte.

Fortegnelse over Indholdet af Bd. I—X, 1905—1930, Beretninger Nr. 1—95 og Nr. 97, findes i Slutningen af 10de Bind og tilsendes gratis ved Henvendelse til Forsøgsvæsenet.

Fortegnelse over Indholdet af Bd. XI—XV, H. 2, begynder paa Omslagets indvendige Sider.
