

DIE ENTWICKLUNG
DES WALDBESTANDES UND DIE
WACHSTUMSFAKTOREN

V. T. AALTONEN

METSIKÖN KEHITYS JA KASVUTEKIJÄT

Vom Standpunkt des Waldbaus sind von den in der Entwicklung des Naturwaldes zu beobachtenden Erscheinungen Selbstabscheidung und Verjüngung die wichtigsten, und die Frage danach, in welchem Masse diese von den verschiedenen Wachstumsfaktoren abhängig sind, kann als die Kernfrage der Waldbauwissenschaft angesehen werden.

Es ist nicht meine Absicht, im Folgenden die genannten Erscheinungen, ebensowenig auch die Wachstumsfaktoren der Pflanzen, ausführlicher darzulegen, sondern — zur Hauptsache nur unter Berücksichtigung der Verhältnisse in Finnland — das gegenseitige Verhältnis der beiden wichtigsten Wachstumsfaktoren, nämlich des Lichtes und des Wassers, in der Entwicklung des Bestandes kurz zu berühren. Zuvor ist es allerdings notwendig, die wesentlichsten Erscheinungen in der Selbstabscheidung und der Verjüngung des Bestandes sich zu vergegenwärtigen, zumal die Untersuchungen, die zu deren Aufklärung in den letzten Jahren in Finnland angestellt worden sind, auf viele neue Befunde geführt haben, die bis auf weiteres nicht in demselben Zusammenhang behandelt worden sind.¹ Was die Verjüngung des Bestandes angeht, so bleibt deren Besamungsstadium ausserhalb unserer Darlegung, und das Hauptgewicht liegt auf der räumlichen Ordnung zwischen Pflanzen und Mutterbäumen.

SELBSTABSCHEIDUNG UND STRUKTUR DES BESTANDES.

Die Individuenanzahl des jungen Bestandes ist ausserordentlich gross, ja sogar hundertmal grösser als die eines Altholzes. Dementsprechend wie die Pflanzen wachsen, stellt sich Mangel an Raum ein,

¹ Eingehender referiert ist über diese Untersuchungen in meinem Buch: Metsänhoito-opin alkeet (Grundlagen der Waldbaulehre). W.S.Oy., Helsinki & Porvoo 1934.

und aus diesem oder jenem Grunde sterben die schwächeren Individuen ab, bis im Altbestand nur noch einige hundert Stämme übrig sind. Der Kampf zwischen den Bäumen um den Wuchsraum führt darauf, dass der Bestand während seiner ganzen Lebensdauer auf verschiedenen Entwicklungsstufen stehende Individuen umfasst. Trotzdem die Stämme gleichaltrig sind, können Eigenschaften wie Länge, Stärke und Bezweigung der Stämme, Form und Umfang der Krone u.a. individuenweise stark schwanken, und zwar in der Weise, dass die Stämme des Bestandes ihrem Ansehen nach in verhältnismässig leicht zu unterscheidende Klassen eingeteilt werden können. Indes die Stämme in die Höhe wachsen, sterben die unteren Zweige ab resp. verschieben die Kronen sich weiter nach oben, und im Bestande treten zugleich verschiedene in gleicher Höhe ausgebildete Kronen- resp. Höhenschichten hervor, mit anderen Worten, der Bestand hat eine bestimmte Struktur.

Was den Wuchsraum gleichaltriger Stämme des Bestandes betrifft, so geht aus den Untersuchungen Y. ILVESSALOS¹ hervor, dass ein Stamm gleicher Grösse, wenn als Mass der Grösse der Brusthöhen-durchschnitt oder die Kubikmasse benutzt wird, durchschnittlich umsomehr Raum (Bodenfläche) beansprucht, je schlechter der Waldtyp ist. Ein Vergleich der Holzarten erweist, dass der Wuchsraum der Birke am grössten, der der Kiefer kleiner und der der Fichte am kleinsten ist; der Unterschied wird allerdings etwas geringer, wenn als Vergleichsgrund das Gewicht des Stammholzes (nach Kubikinhalt und spez. Gewicht berechnet)² angesetzt wird. — Über Mischbestände

¹ Y. ILVESSALO, Tutkimuksia metsätyyppien taksatorisesta merkityksestä, nojautuen etupäässä kotimaiseen kasvutaulujen laatimistyöhön. (Mit deutsch. Referat: Untersuchungen über die taxatorische Bedeutung der Waldtypen, hauptsächlich auf den Arbeiten für die Aufstellung der neuen Ertragstabellen Finnlands fussend). Acta forest. fenn. 15, 1920.

² Vgl. V. T. AALTONEN, Metsikön itseharventumisesta ja puiden kasvutilasta luonnonmetsissä. (Mit deutsch. Referat: Über die Selbstabscheidung und den Wuchsraum der Bäume in Naturbeständen.) Comm. ex. instit. quaest. forest. finland. edit. 9, 1925.

Einen kurzen Überblick über die räumliche Ordnung des Waldbestandes

gibt es vorläufig nur mit Rücksicht auf den Kiefernbirkenmischbestand entsprechende Angaben. Die Untersuchungen von LAPPI-SEPPÄLÄ¹ erweisen, dass in diesem Fall der Wuchsraum der Birke grösser als in einem reinen Birkenbestand und der der Kiefer kleiner als in einem reinen Kiefernbestand ist. Als Vergleichsgrundlage ist hierbei die Brusthöhenrundfläche angewandt worden.

Wenn als Mass der Selbstabscheidung der Prozentsatz der absterbenden Stammanzahl benutzt wird, ist nach dem Material von Y. ILVESSALO das Selbstabscheidungsprozent des Kiefernbestandes geringer als dasjenige des Fichtenbestandes. Das Selbstabscheidungsprozent des Birkenbestandes ist anfangs am grössten, aber es vermindert sich rasch und ist — unter Berücksichtigung der Proportionalität der Altersstufen — bei höherem Alter ungefähr ebenso gross wie dasjenige des Kiefern- und des Fichtenbestandes. Was die verschiedenen Waldtypen angeht, so besteht zwischen dem *Vaccinium*- und dem *Myrtillus*-Typ kein grosser und auch kein deutlicher Unterschied. Bis in das mittlere Alter des Bestandes ist auch das Selbstabscheidungsprozent des *Calluna*-Typs ungefähr dasselbe, später aber beträchtlich grösser als dasjenige des *Myrtillus*- und des *Vaccinium*-Typs. — LÖNNROTH² kommt in seinen Untersuchungen über gleichaltrige Kiefernbestände auf das Ergebnis, dass die Selbstabscheidung bis in das mittlere Alter beim *Calluna*-Typ am kleinsten, beim *Vaccinium*-Typ grösser und beim *Myrtillus*-Typ am grössten ist; im höheren Alter des Bestandes ist die Reihenfolge umgekehrt. —

und über den Wuchsraum der Bäume auf Grund von Untersuchungen, die in Finnland angestellt worden sind, gibt auch mein Aufsatz: On the Space Arrangement of Trees and Root Competition. Journ. of Forestry. Vol. XXIV, N:o 6, 1926.

¹ M. LAPPI-SEPPÄLÄ, Untersuchungen über die Entwicklung gleichaltriger Mischbestände aus Kiefer und Birke. Comm. ex. inst. quaest. forest. finland. edit. 15, 1930.

² ERIK LÖNNROTH, Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände. Acta forest. fenn. 30, 1, 1925.

Im Grauerlenbestand ist nach MIETTINEN¹ die Stammanzahl in den beiden ersten Jahrzehnten resp. ungefähr bis in das mittlere Alter des Bestandes ebenso gross beim *Oxalis-Majanthemum*- wie beim *Oxalis-Myrtillus*-Typ; danach vermindert sich die Stammanzahl des letzteren langsamer als diejenige des ersteren und die Stammanzahl des *Oxalis-Myrtillus*-Typs bleibt grösser.

Im Kiefernbirkenmischwald ist nach den oben erwähnten Untersuchungen von LAPPI-SEPPÄLÄ in den ersten Jahrzehnten die Birke viel reichlicher als die Kiefer; nachdem sich aber der Wald geschlossen hat, nimmt nunmehr die Stammanzahl der Birke rasch ab, und der Bestand reinigt sich danach im allgemeinen wie ein reiner Kiefernbestand. Die Stammanzahl ist auch in diesem Fall umso geringer, je besser der Waldtyp ist; das Abscheidungsprozent scheint anfangs bei den verschiedenen Waldtypen ungefähr gleich gross zu sein, wird aber vom mittleren Alter des Bestandes ab umso grösser, je schlechter der Waldtyp ist.

Als Bestände, die hinsichtlich der Stammanzahl und der Abscheidung interessant sind, seien in diesem Zusammenhang die in Grenz-Karelien am häufigsten auftretenden, von PÖNTYNEN² eingehend untersuchten ausserordentlich dichten Fichtenunterholzbestände, die sog. *rigeköt*, erwähnt. Ihre Stammanzahl ist bedeutend grösser als diejenige des Normalbestandes, und die Selbstabscheidung ist so langsam, dass von der Altersklasse 36—45 J. an aufwärts die Stammanzahl so gut wie unabhängig vom Alter des Bestandes ist. Allerdings ist die Stammanzahl umso geringer, je besser der Waldtyp ist, und da angenommen werden kann, dass das Unterholz ebenso dicht entstanden ist, nimmt auch dessen Selbstabscheidungsfähigkeit mit

¹ LEEVI MIETTINEN, Tutkimuksia harmaalepiköiden kasvusta. (Mit deutsch. Referat: Untersuchungen über den Zuwachs der Weisslerlenbestände.) Comm. inst. forest. fenniae 18, 1, 1932.

² V. PÖNTYNEN, Tutkimuksia kuusen esiintymisestä alikasvoksina Raja-Karjalan valtionmailla. (Mit deutsch. Referat: Untersuchungen über das Vorkommen der Fichte (*Picea excelsa*) als Unterwuchs in den finnischen Staatswäldern von Grenz-Karelien.) Acta forest. fenn. 35, 1, 1929.

der Verbesserung des Waldtyps zu. — Wegen langsamer Selbstabscheidung bekannt sind auch die bisweilen ausserordentlich dicht aufgewachsenen Kiefernbestände trockener Heiden (besonders Flechtenheiden N-Finnlands).

Über die Struktur des Kiefernbestandes geben die Untersuchungen LÖNNROTHS¹ ein interessantes Bild.

Nach diesen bedeutet das 25. Lebensjahr einen Wendepunkt in der Entwicklung der Struktur. Bis dahin nimmt die relative Anzahl der beherrschenden Stämme rapide ab und die der unterdrückten zu, danach aber gestaltet sich das Verhältnis umgekehrt, und Zu- und Abnahme werden verhältnismässig gering. Von derselben Altersstufe an bleibt der Anteil der mitbeherrschenden und der beherrschten Stämme fortgesetzt ungefähr gleich gross. Die Dichtigkeit des Kronendaches wächst bis zum Alter von ca. 25 Jahren und beginnt dann abzunehmen; je dichter das Kronendach ist, umso heftiger ist der Kampf um den Wuchsraum und ein umso geringerer Teil der beherrschenden Stämme kann seine Stellung bewahren. — In dem prozentualen Anteil der verschiedenen Höhenschichten an der ganzen Stammanzahl des Bestandes besteht bei denjenigen Altersstufen, auf denen der relative Anteil der beherrschenden Stämme am grössten und am kleinsten ist, zwischen dem *Vaccinium*- und dem *Myrtillus*-Typ kein nennenswerter Unterschied, doch weicht der *Calluna*-Typ von den anderen insofern erheblich ab, als der Anteil der beherrschenden Stämme verhältnismässig gering und derjenige der unterdrückten gross ist. Eine allgemeine Regel scheint zu sein, dass die Anzahl der beherrschenden Stämme wächst und diejenige der unterdrückten abnimmt, wenn der Waldtyp sich verbessert. — In den Höhen der Schichten (nach der durchschnittlichen Oberhöhe des Bestandes in % berechnet) besteht zwischen dem *Vaccinium*- und dem *Myrtillus*-Typ kein grosser Unterschied, und hinsichtlich der mitbeherrschenden Stämme unterscheidet sich auch der *Calluna*-Typ nicht erheblich von diesen. Die Höhe der beherrschten und unterdrückten Stämme des *Calluna*-Typs dagegen ist bedeutend geringer. — Die Verteilung

¹ S. 5 erwähnte Veröffentlichung.

der Kubikmasse des Bestandes auf die verschiedenen Schichten zeigt dieselben Schwankungen wie die Stammanzahl. Nur ist der Anteil des vorherrschenden Bestandes und besonders derjenige der beherrschenden Stämme an der Kubikmasse viel grösser und derjenige des beherrschten Bestandes entsprechend kleiner als dann, wenn es sich um die Stammanzahl handelt.

Im Kiefernbirkenmischwald ist nach LAPPI-SEPPÄLÄ¹ der relative Anteil der beherrschenden Stämme an der ganzen Stammanzahl des Bestandes derselbe wie in einem normaldichten Kiefernbestand. Von den beherrschenden Stämmen besteht der relativ grösste Teil in Kiefern, und deren Anteil nimmt nach den niedrigeren Höhenklassen hin regelmässig in der Weise ab, dass die unterdrückten Stämme nur sehr wenig Kiefern umfassen. Im Mischbestand also gedeiht die Birke in beherrschter Lage besser als die Kiefer. Mit Rücksicht auf die Höhe der beherrschenden Stämme überwindet die Birke in den ersten Jahrzehnten die Kiefer, aber vom ca. 40. Jahre ab wächst die Kiefer über die Birke hinaus. Auch das jährliche und das durchschnittliche laufende Höhenwachstum sind bei der Birke früher als bei der Kiefer am grössten.

VERJÜNGUNG DES BESTANDES.

Bekanntlich gibt es in einem volllichten Bestand im allgemeinen keine Pflanzen. Diese erscheinen nur in genügend umfassenden Lichtungen; zwischen den Mutterbäumen und den Pflanzen liegt immer ein bestimmter Abstand, ein kleinerer oder grösserer, je nach deren Altersunterschied, nach der Bonität des Standortes oder nach der Holzart. Auch der im Verjüngungszustand befindliche Bestand hat somit seine bestimmte Struktur.

Die in Frage stehende Seite der Verjüngung des Bestandes ist vorläufig leider noch sehr wenig bekannt. Unter den gewöhnlichsten reinen Beständen sind in dieser Hinsicht in gewissem Masse nur die

¹ S. 5 erwähnte Veröffentlichung.

Kiefernbestände der trockenen Heidewälder¹ eingehender bekannt, und die Mischbestände überhaupt erst so gut wie gar nicht untersucht.

Wenn die alten Bäume und die Pflanzen derselben Holzart angehören, kommt der Einfluss des zwischen ihnen bestehenden Altersunterschiedes auf die Struktur des Bestandes in der Weise zur Geltung, dass, je grösser dieser Altersunterschied ist, die Mutterbäume umso stärker das Wachstum der Pflanzen behindern. Zu bemerken ist allerdings, dass ganz kleine Pflanzen ziemlich unabhängig von den Mutterbäumen auftreten können. Aus den Untersuchungen geht weiterhin hervor, dass die Mutterbäume die Pflanzen umso weniger stören, je besser der Standort ist. In den nordfinnischen Fichtenbeständen des dickmoosigen Typs hängt nach HEIKINHEIMO² das Auftreten der Pflanzen nicht erheblich von deren Dichtigkeit ab. In diesen Wäldern beeinflussen jedoch die dicke Moosdecke, Schneeschäden u.a. aussergewöhnliche Erscheinungen erheblich die natürliche Verjüngung, und es ist wahrscheinlich, dass aus diesen Gründen die Raumverteilung zwischen den Mutterbäumen und den Pflanzen nicht in ihrer normalen Form auftreten kann.

Die Struktur des im Verjüngungszustand auftretenden Fichten- oder Birkenbestandes ist nicht des genaueren untersucht, anscheinend aber ist sie durch dieselben allgemeinen Gesetze wie die Raumverteilung des Kiefernbestandes beherrscht.¹ In Frage kommen kann nur ein quantitativer Unterschied. Die allgemeine Auffassung ist,

¹ V. T. AALTONEN, Kangasmetsien luonnollisesta uudistumisesta Suomen Lapissa I. (Mit deutsch. Referat: Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im finnischen Lappland I.) Comm. ex. inst. quaest. finland. edit. 1, 1919.

Während der Drucklegung dieser Veröffentlichung hat Verfasser erfahren, dass ERKKI K. CAJANDER in letzter Zeit die Struktur des sich verjüngenden Fichtenbestandes in S-Finnland untersucht hat. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen werden in nächster Zeit in der Serie Comm. instit. forest. fenniae veröffentlicht werden.

² OLLI HEIKINHEIMO, Pohjois-Suomen kuusimetsien hoito. (Mit deutsch. Referat: Über die Bewirtschaftung der Fichtenwälder Nord-Finnlands.) Comm. ex. inst. quaest. forest. finland. edit. 5, 1922.

dass die Fichte sich in kleineren Lichtungen als Kiefer und Birke verjüngen kann, und hierauf weist auch die früher erwähnte Tatsache hin, dass der Wuchsraum der Birke am grössten, derjenige der Kiefer kleiner und derjenige der Fichte am kleinsten ist.

Das oben Gesagte betrifft also nur solche Fälle, in denen die alten Bäume und die Pflanzen derselben Holzart angehören. Wie sich die Struktur dann gestaltet, wenn auf derselben Fläche verschiedene Holzarten auftreten, ist eine umfangreiche und vielgestaltige Frage, die — trotz ihrer beträchtlichen praktischen Tragweite — bisher nur in geringem Umfange aufgeklärt ist. Jedenfalls scheint es allgemein zu sein, dass eine jede Holzart mehr ihre eigene als fremde Arten meidet, soweit die Bedingungen im übrigen derart sind, dass verschiedene Holzarten nebeneinander auftreten können. Eine allgemeine Erscheinung in unseren Verhältnissen ist z.B. die Verbreitung der Fichte in Birken- und Erlenbeständen, wie auch in Kiefernbeständen frischerer Gelände. Die Kiefernpflanzen gedeihen wenigstens in N-Finnland unter einem Birkenbestand ziemlich gut; der entgegengesetzte Fall ist seltener, wenn auch immerhin auf feuchtem Gelände — auch in S-Finnland — lebenskräftige Birkenverjüngung in Kiefernbeständen anzutreffen ist. Die Fichte dagegen ist ein so »kalter« Baum, dass es weder für Kiefern-, noch für Birkenpflanzen im Fichtenbestand erhebliche Lebensmöglichkeit gibt. Die hier berührte Erscheinung, dass zwischen einzelnen Holzarten eine gewisse gegenseitige Bevorzugung besteht, ist weit bekannt und in der forstwirtschaftlichen Literatur der verschiedenen Länder erwähnt. So verjüngt sich die Buche unter Eiche und Birke, der Ahorn unter Buche und Eiche, die Edeltanne unter Buche und gewöhnlicher Fichte. Nach v. KRUEDENER¹ überwältigt die sibirische Pechtanne in Sibirien die gewöhnlich Fichte. In W-Canada erscheint nach BARR² unter der gewöhnlichen Fichte fast ausschliesslich die Balsam-

¹ FRH. ARTHUR v. KRUEDENER, Zur Frage der Waldtypen. Forstl. Wochenschrift Silva, 18, 1930, S. 297.

² PERCY MUNSON BARR, The Effect of Soil Moisture on the Establishment of Spruce Reproduction in British Columbia. Yale University: School of Forestry, Bulletin N:o 26, 1930.

fichte. KUJALA¹ erwähnt, dass in British Columbia unter *Pinus Murrayana Picea* und unter *Thuja Tsuga heterophylla* auftritt.

Wie gesagt, die Angaben über die Struktur des Bestandes sind in derartigen Fällen sehr mangelhaft. In unseren eigenen Beständen sind die bereits oben erwähnten dichten Fichtenunterwüchse von Grenzkarelien genauer untersucht, Unterwüchse, die dort in Kiefern- und Birkenbeständen, besonders auf Gelände des *Myrtillus*-Typs, vorkommen.² Wo das Oberholz Fichte oder stark fichtenbeherrscht ist, dort ist das Unterholz schwach oder fehlt ganz. Das Unterholz ist entweder dadurch entstanden, dass die Fichte sich unter den älteren Waldbestand ausgebreitet hat, oder dadurch, dass sie ungefähr um dieselbe Zeit — im allgemeinen etwas später — wie die Holzart des gegenwärtigen Oberholzes den Standort erreicht hat. Zwischen Ober- und Unterholz kann in diesem Fall keine bestimmte Raumanordnung festgestellt werden; die Stammanzahl des Unterholzes ist ebenso wie dessen Anordnungsweise mit Rücksicht auf das Oberholz von der Dichtigkeit des Oberholzes unabhängig. Der Wuchs des Unterholzes leidet allerdings — bald stärker, bald schwächer — durch das Oberholz. Die Struktur der betreffenden Bestandsart weicht auf diese Weise beträchtlich von der Struktur des damit zu vergleichenden reinen Bestandes, z.B. des Kiefernbestandes, ab.

Ein Bestand, der durch Überhälter und Jungholz gebildet wird, ist eigentlich kein in Verjüngung begriffener Bestand mehr, vielmehr vertritt er allerdings ein späteres Entwicklungsstadium der Verhältnisse zwischen den Mutterbäumen resp. dem Altbestand und den Pflanzen und verdient als solcher hier erwähnt zu werden. METSÄPELTOS³ Untersuchungen über den Einfluss von Kiefernüberhältern erweisen, dass die mittlere Länge eines Bestandes ohne Überhälter

¹ V. KUJALA, Vortrag in der Forstwissenschaftlichen Gesellschaft Finnlands am 28. IV. 1932.

² V. PÖNTYNEN, S. 6 erwähnte Veröffentlichung.

³ E. E. METSÄPELTO, Ylispuiden kasvatuksesta ja vaikutuksesta nuoren metsän kasvuun (Über die Erziehung von Überhältern und deren Einfluss auf den Wuchs des Jungwaldes). Metsätal. Aikakausk. 1932, S. 246—50.

in den Kiefernwaldungen des *Calluna* und des *Vaccinium*-Typs bedeutend grösser als diejenige eines mit Überhältern ist. Dieselbe Erscheinung ist auch beim *Myrtillus*-Typ festgestellt worden, wengleich der Unterschied des Höhenwachstums geringer ist. Auf die Fichte scheinen die Kiefernüberhälter gar nicht erheblich einzuwirken, ebenso auf die Birke verhältnismässig wenig. Auf dieselben Befunde haben SVINHUFVUDS¹ später angestellte Untersuchungen geführt. In der Einwirkung der Überhälter auf den jungen Wald sind somit — wie auch zu erwarten steht — dieselben allgemeinen Regelmässigkeiten wie im Einfluss der Mutterbäume auf die Pflanzen festzustellen. Besonders interessant ist es, festzustellen, dass der Einfluss der Kiefer auf die Kiefer am allerspürbarsten, der auf die Birke geringer und der auf den Wuchs der Fichte nahezu begünstigend ist. Die Einwirkung der Fichten- und Birkenüberhälter ist bis auf weiteres leider nicht näher bekannt. Ebensowenig sind Angaben darüber vorhanden, ob der Jungwuchs auf die eine oder andere Art auf den Wuchs der Überhälter einwirkt.²

LICHT UND WASSER ALS WACHSTUMSFAKTOREN.

Die nahe beieinander wachsenden Bäume kommen notgedrungen dazu, miteinander um die Wachstumsfaktoren zu wetteifern, d.h. um die Energie und die Rohstoffe.³ Was die Beziehung des Wettbewerbs auf die verschiedenen Wachstumsfaktoren oder dessen Endergebnis angeht, so sind Licht und Wasser (mit den Nährstoffen) zweifellos wichtiger als Sauerstoff, Kohlensäure, Wärme und

¹ V. E. SVINHUFVUD, Vortrag in der Forstwissenschaftlichen Gesellschaft Finnlands am 22. XI. 1933.

² Vgl. z. B. KMONITZEK, Die Einwirkung eines Buchen- und Fichtenunterbaus auf den Bodenzustand usw. Forstw. Centralbl. 1930. S. 843—, 878—913—, 952—.

³ Vgl. V. T. AALTONEN, Allgemeines über die Einwirkung der Bäume auf einander. Acta forest. fenn. 29, 1925.

Bodenreaktion. Um das Licht besteht der Wettbewerb zwischen den grünen Teilen, um das Wasser¹ zwischen den Wurzeln.

Die allgemeine Auffassung ist, dass die Lichtverhältnisse von entscheidender Bedeutung sind, wenn es sich um die Selbstabscheidung oder Verjüngung des Bestandes, um die Kronenreinigung oder um die Schaftreinigung handelt. Ist ein Baum einmal in die Beschattung eines anderen geraten, wenn auch anfangs nur wenig, so ist sein Schicksal in den meisten Fällen entschieden. In der Beschattung, mit der auch eine Verminderung der Kohlensäureaufnahme verbunden ist, nimmt die Assimilation ab. Der Wettbewerber bekommt von Jahr zu Jahr einen immer grösseren Vorsprung, da die Beschattung immer stärker wird, bis die Krone des bedrängten Stammes ganz in den Schatten seiner Nachbarn gerät, der Baum beherrscht, dann unterdrückt wird und endlich aus Lichtmangel abstirbt. In dieser Weise schildert die Selbstabscheidung des Bestandes u.a. STÄLFELT, der insbesondere die Assimilation der Nadelhölzer untersucht hat, und seine im Folgenden wiedergegebene Darstellung über die Bedeutung des Lichtes kann als die allgemeine Auffassung angesehen werden¹: »I kampen om växtplatsen är ljusekonomien hos den kolsyreassimilerande växten en av de viktigaste faktorerna. Den avgör helt eller delvis konkurrensen, så att den som bäst är i stånd att utnyttja en förekommande ljustillgång också har de största utsikterna att ta lokalen i besittning. Förutsättningarna för framgång i denna konkurrens utgöras ifråga om ljuset dels i överlägsenhet i assimilation vid särskilda ljusstyrkor, dels i förmågan, att uthärda ljus av olika styrkegrader överhuvudtaget.«² Immerhin sind auch die

¹ Zusammen mit dem Wasser kommen natürlich immer auch die im Wasser aufgelösten Nährstoffe in Frage.

² M. G. STÄLFELT, Till kännedomen om förhållandet mellan solbladens och skuggbladens kolhydratsproduktion. (Mit deutsch. Referat: Zur Kenntnis der Kohlenhydratproduktion von Sonnen- und Schattenblättern.) Meddel. från stat. skogsforsöksanst., häfte 18, N:o 5, 1921, S. 240 (20). — Der gesperrte Druck im ursprünglichen Text. — Das Zitat zu Deutsch: »Im Kampf um den

Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens nach STÅLFELT¹ von grosser Bedeutung. Der Einfluss der Bodenfeuchtigkeit auf die Assimilation der Kohlensäure tritt in der Selbstabscheidung des Bestandes u.a. darin hervor, dass die beherrschten Stämme auf trockenem Boden früher als auf frischem absterben und auf ersterem die Stammanzahl in dieser Weise kleiner bleibt. Der trockene Boden nämlich erschwert den Assimilationsprozess, und zwar bei den in den Schatten geratenen Stämmen verhältnismässig am meisten, da deren Spaltöffnungen bei Wassermangel sich leichter als bei den im Lichte stehenden Blättern schliessen.

Zu den wichtigsten und ältesten Sätzen der Waldbaulehre gehört, dass das Lichtbedürfnis der Holzarten verschieden gross ist. Bereits HEYER, GAYER u.a. haben die Holzarten nach deren Lichtbedürfnis auf Grund der in der Natur über das Auftreten der Holzarten gemachten Erfahrung in ein bestimmtes System geordnet, und später haben die Untersuchungen von WIESNER, CIESLAR u.a. auf eine gleichartige Klassifikation geführt.² Von den späteren Untersuchungen verdienen hier besonders die von FABRICIUS³ angestellten Versuche Beachtung, aus denen der betreffende Unterschied verhältnismässig klar

Standort ist die Lichtökonomie bei den kohlenstoffassimilierenden Pflanzen einer der wichtigsten Faktoren. Sie entscheidet ganz oder zum Teil die Konkurrenz, so dass diejenige Pflanze, die am besten imstande ist, einen vorhandenen Lichtzugang auszunutzen, auch die grössten Aussichten hat, den Raum in Besitz zu nehmen. Die Voraussetzungen für Erfolge in dieser Konkurrenz bestehen hinsichtlich des Lichtes teils in der Überlegenheit in der Assimilation bei besonderen Lichtstärken, teils in dem Vermögen, das Licht in den verschiedenen Stärkegraden überhaupt ertragen zu können.»

¹ M. G. STÅLFELT, Die physiologisch-ökologischen Bedingungen der Kronenreinigung, Schaftreinigung und der natürlichen Bestandesreinigung der Fichte. Svenska Skogsvårdsför. Tidskr. 1931, Heft 1, S. 1—44.

² Vgl. V. T. AALTONEN, S. 9 erwähnte Veröffentlichung, S. 200—212.

³ L. FABRICIUS, Der Einfluss des Wurzelwettbewerbs des Schirmstandes auf die Entwicklung des Jungwuchses. Forstwiss. Centralbl. 1927, S. 329—345. Ders., Forstliche Versuche, Forstwiss. Centralbl. 1929, S. 477—506.

hervorgeht. STÅLFELTS¹ Untersuchungen über Kiefer und Fichte erweisen, dass beide zur Erreichung ihres Assimilationsmaximums viel Licht erfordern und beide somit »Lichtbäume« sind. Die Fichte allerdings ist auch ein »Schattenbaum«, da ihr Blattgrün sich besser den verschiedenen Belichtungsstufen anzupassen vermag und sie dadurch fähig ist, in schwächerem Licht zu assimilieren, trotzdem die Kiefernadel sonst ein nachhaltigeres Assimilationsorgan als die Fichtennadel ist.

Die in der Entwicklung des Bestandes zu beobachtenden, von den Holzarten abhängigen Unterschiede, von denen oben die Rede gewesen ist, werden nach der allgemeinen Auffassung auf das verschiedene Lichtbedürfnis der Holzarten zurückgeführt. Von unseren gewöhnlichsten Holzarten verträgt die Birke am wenigsten Beschattung, die Kiefer mehr, die Fichte am meisten. Hieraus folgt u.a., dass das Selbstabscheidungsvermögen eines Fichtenbestandes am kleinsten, eines Birkenbestandes am grössten ist. Weiterhin geht hieraus hervor, dass die eine Holzart sich in einer kleineren Lichtung als die andere zu verjüngen vermag. Aus demselben Grunde gedeiht die Fichte als Unterholz z.B. im Kiefern- und im Birkenbestand und ist in der Lage, sich der Standorte der Kiefer und der Birke zu bemächtigen, wenn die Entwicklung sich ungestört fortsetzen kann und der Boden nicht zu trocken ist. Im Fichtenbestand dagegen sterben Birken- und Kiefernpflanzen wegen Lichtmangels ab.

Das Licht ist naturgemäss ein wichtiger Wachstumsfaktor, und ebenso erscheint es als klar, dass das Lichtbedürfnis der Holzarten verschieden ist. Es fragt sich allerdings, ob dem Licht eine so entscheidende Bedeutung zugesprochen werden kann, wie oben erwähnt worden ist, wenn es sich um den Wettbewerb der Holzarten um den Standort oder wenn es sich um die biologische Stärke der Holzarten handelt. Auf Grund der gegenwärtigen Kenntnisse können die Holz-

¹ S. 13 erwähnte Veröffentlichung und: Tallens och granens kolsyreassimilation och des ekologiska betingelser. (Mit deutsch. Referat: Untersuchungen zur Ökologie der Kohlensäureassimilation der Nadelbäume.) Meddel. från stat. skogsförsöksanst., Heft 21, No 5, 1924.

arten noch kaum in eine bestimmte Ordnung auf Grund des Lichtbedürfnisses gebracht werden. Die Bestimmung der Grösse des Lichtbedürfnisses wird besonders dadurch erschwert, dass dieses von der Bonität des Standortes und dem Klima abhängig ist und ausserdem je nach dem Alter des Baumes schwankt. Wie u.a. JENSEN¹ bemerkt, kann höchstens eine Gruppierung der Holzarten in zwei Klassen in Frage kommen. Auch in gewissen anderen Beziehungen muss diese allgemeine Auffassung als zu oberflächlich angesehen werden.

Das gegenseitige Verhältnis von Selbstabscheidungsvermögen und Lichtbedürfnis ist nicht so klar, wie im allgemeinen angenommen wird.² Der in der Selbstabscheidungsfähigkeit festzustellende Unterschied zwischen den Holzarten hängt insbesondere davon ab, welchen Alters die Bestände sind, die miteinander verglichen werden, wie oben aus der Darlegung über die Selbstabscheidung hervorging. Der Unterschied in den Stammanzahlen in den verschiedenen Fällen muss entweder darauf beruhen, dass die Selbstabscheidung auf der Stufe des Jungwuchses in dem einen Fall grösser ist als im anderen, oder darauf, dass die Bestände der Pflanzen in den verschiedenen Fällen verschieden dicht entstehen. Somit können über das Selbstabscheidungsvermögen der verschiedenen Holzarten bis auf weiteres kaum sichere Schlüsse gezogen werden. Hinsichtlich ihres Wuchsräume unterscheiden die Holzarten sich deutlicher voneinander, wenngleich nicht ohne weiteres angenommen werden kann, dass dieses auf das verschiedene Lichtbedürfnis zurückzuführen wäre.

Es gilt als sicher, dass die Fichte sich in kleineren Lichtungen als Kiefer und Birke verjüngt. Anscheinend verhält es sich auch so, wenn auch immerhin zu bemerken ist, dass der Vergleich der Holzarten miteinander in der Natur in dieser wie auch in mancher anderen Hinsicht sehr schwer ist, weil beinahe immer viele Faktoren auf die Erscheinungen gleichzeitig einwirken. Oben ist erwähnt worden, dass z.B. im Kiefernbirkenmischbestand die Birke in unterdrückter Stellung besser als die Kiefer gedeiht. In gewissen Fällen wiederum

¹ P. BOYSEN JENSEN, Die Stoffproduktion der Pflanzen. Jena 1932.

² Vgl. V. T. AALTONEN, S. 4 erwähnte Veröffentlichung.

gedeihen die Kiefernpflanzen unter dem Birkenbestand. Die Tatsache, dass die Fichte in der Lage ist, sich z.B. unter Kiefern- und Birkenbestand auszubreiten, erweist an sich noch nicht, dass dieses auf das grössere Vermögen der Fichte, Beschattung zu ertragen, zurückzuführen wäre. Es ist u.a. in Betracht zu ziehen, dass die Bodenvegetation derartiger Waldbestände im allgemeinen weniger die Verjüngung der Fichte als die von Kiefer und Birke erschweren mag.¹ Ebenso ist festgestellt, dass der Einfluss der Kiefernüberhälter auf die Fichte am geringsten, auf die Kiefer am ungünstigsten ist, und es kann kaum behauptet werden, dass die Beschattung der Überhälter den Jungwuchs beeinträchtigt.

Schon das allgemeine Auftreten der Holzarten in der Natur zeigt, dass die Holzarten hinsichtlich des Bodens verschiedene Ansprüche stellen. So ist z.B. die Fichte auf frischem Boden stärker als die Kiefer, dagegen auf trockenem Boden schwächer. Die Bedeutung des Bodens kommt u.a. auch darin zum Vorschein, dass die Fichte auf jungem Waldbrandgelände nicht ebenso gut wie die Kiefer gedeiht; z.B. nach den Untersuchungen von PÖNTYNEN² dauert es nach einem Waldbrand im allgemeinen länger als 10 Jahre, bevor die Fichte sich am Orte niedergelassen hat. Das Verhältnis der Holzarten und insbesondere das ihrer Pflanzen zu den verschiedenartigen edaphischen Wachstumsfaktoren (desgleichen auch auf die Bodendecke) ist vorläufig noch wenig erforscht, wenn auch viele Beobachtungen darauf hinweisen, dass dieses Verhältnis mit Rücksicht auf die biologische Stärke der Holzarten von grosser Bedeutung ist. Weil es in der Natur nahezu unmöglich ist, die verschiedenen Faktoren ganz voneinander zu trennen, kann diese Frage kaum anders als durch Gefässversuche aufgeklärt werden.

¹ Vgl. OLLI HEIKINHEIMO, S. 9 erwähnte Veröffentlichung. — In S.-Finnland hat Hertz in dieser Beziehung die Verjüngung der Fichte untersucht: MARTTI HERTZ, Tutkimuksia aluskasvillisuuden merkityksestä kuusen uudistumiselle Etelä-Suomen kangasmailla. (Mit deutsch. Referat: Über die Bedeutung der Untervegetation für die Verjüngung der Fichte auf den südfinnischen Heideböden.) Commun. instit. forest. fenniae 17, 4, 1932.

² S. 6 erwähnte Veröffentlichung.

Das verschiedene Verhalten von Kiefer und Birke den edaphischen Faktoren gegenüber wird u.a. durch folgende einfache Versuche festgestellt, die zur Hauptsache als qualitative Vorversuche anzusehen sind. Für die Versuche stand kein Gewächshaus zur Verfügung, sondern sie mussten im Vorraum des Laboratoriums ausgeführt werden, wohin nur während ein paar Stunden am Tage unmittelbares Sonnenlicht kam und auch sonst die Beleuchtung verhältnismässig schwach war.

Zu den Versuchen wurden Blechgefässe verwandt, deren Durchmesser 11 cm und Höhe 8 cm war. Als Versuchsboden diente gewöhnlicher mittelgrober Sand (aus Kiefernbestand vom *Vaccinium*-Typus), in den pro kg(luft-trockenen Bodens) 1 g Superphosphat, 0.5 g KCl und 0.5 g NH₄NO₃ gemischt wurden. An Gefässen waren 24 vorhanden, in einem jeden 800 g Boden, und der Wassergehalt betrug während der ganzen Zeit der Versuche ca. 30 % der grössten Wasserkapazität des Bodens.

In die eine Hälfte der Gefässe, Nr. 1—12, wurden in ein jedes 100 Kiefern Samen gesät, in die andere Hälfte, Nr. 13—24, dieselben Mengen an Fichtensamen. Zum Begiessen wurde teilweise gewöhnliches Leitungswasser, teilweise Nährlösung benutzt, von denen es zwei Konzentrationen gab. Die konzentriertere Lösung wurde durch Auflösung von 2.5 g K₂SO₄, 1.2 g MgCl, 10.0 g Ca(NO₃)₂ und 2.5 g KH₂PO₄ in 2 l Leitungswasser erhalten; die schwächere Lösung wurde durch Benutzung von zwei Teilen der vorhergehenden Lösung und drei Teilen Leitungswasser erzielt. Die Hauptergebnisse der Versuche

47 Tage nach der Saat:

Begiessen		Leitungswasser				schwächere Nährlösung				stärkere Nährlösung			
Kiefer	Gefäss-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Keimlinge Stück ..	3	1	1	1	+	1	+	1	+	+	+	+
Fichte	Gefäss-Nr.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	Keimlinge Stück ..	21	25	30	21	25	14	25	28	11	20	30	18

85 Tage nach der Saat:

Kiefer	Gefäss-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Keimlinge Stück ..	1	1	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Fichte	Gefäss-Nr.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	Keimlinge Stück ..	9	8	14	12	3	+	1	1	+	+	+	+

) 534 (

gehen aus folgender Zusammenstellung hervor (S. 18) durch welche die Aufzeichnungen über diese an zwei Zeitpunkten im Verlaufe des Sommers kurz wiedergegeben sind. + bedeutet, dass alle Keimlinge abgestorben waren, die Ziffern geben die Anzahl der lebenden Keimlinge an.

Die Anzahl der Keimlinge wurde, wenn sie am grössten war, nicht gezählt, doch bestand anfangs kein erheblicher Unterschied zwischen Kiefer und Fichte. Bald fingen jedoch die Kiefernkeimlinge zu kümmern an, und, wie aus der oben dargestellten Zusammenfassung zu ersehen ist, nach ca. 1 1/2 Mt. waren sie schon beinahe alle eingegangen. Allmählich begannen auch die Fichtenkeimlinge zu verkümmern, und nach Verlauf von ca. 3 Mt. war nur noch ein Teil in den mit Leitungswasser begossenen Gefässen übrig. Inwieweit der Unterschied zwischen Kiefer und Fichte, wie auch im allgemeinen das Absterben der Keimlinge auf den übermässigen Wassergehalt oder auf die allzu konzentrierte Nährlösung zurückzuführen war, darüber kann auf Grund dieser Versuche nichts Sicheres ausgesagt werden. Als Ursache zu dem früheren Eingehen der Kiefer könnte auch das ungenügende Licht angesehen werden. Dieses ist allerdings nicht anzunehmen, da bei einem früher unter denselben Bedingungen angestellten Versuch, bei dem als Versuchserde gewöhnlicher Rohhumus genommen worden war, der Unterschied zwischen Kiefer und Fichte sich als bedeutend geringer erwies. Ohne hier indes näher auf den Versuch einzugehen, sei nur erwähnt, dass das Begiessen mit destilliertem Wasser und aus Kiefern- und Fichtennadeln bereiteten Extrakten geschah, welche dann und wann in kleinen Mengen gegeben wurden, ohne die Gefässe zu wägen. Die Menge der Versuchsgefässe war in den verschiedenen Serien dieselbe wie bei den oben geschilderten Versuchen, desgleichen die Menge der gesäten Samen. Als die Keimlinge ca. 3 Mt. alt waren, wurden sie abgeerntet, und die Hauptergebnisse des Versuches, jeweils in den Mittelwerten von vier Parallelgefässen angegeben, waren folgende:

Begiessen		dest. Wasser	Kiefern-nadelnextrakt	Fichten-nadelnextrakt
Kiefer	Keimlinge Stück ..	67	75	73
	Trockensubstanz g ..	159	219	199
Fichte	Keimlinge Stück	76	70	63
	Trockensubstanz g ..	229	248	182

Um welche edaphischen Wachstumsfaktoren es sich im Wettbewerb der Holzarten um den Wuchsraum im allgemeinen und im

) 535 (

besonderen handelt, ist vorläufig im Einzelnen unerklärt. Jedenfalls muss das Wasser von grosser Bedeutung sein. Dieses geht bereits daraus hervor, dass die Verdunstung von der Holzart abhängig ist. Auch die Versuche von FABRICIUS¹ erweisen, dass der Wasserbedarf der Holzarten sehr verschieden ist. Andererseits stellen die Holzarten anscheinend auch hinsichtlich der Nährstoffe des Bodens verschiedenartige Ansprüche, verhalten sich der Wasserstoffionenkonzentration des Bodens gegenüber in verschiedener Weise usw. Alle diese Tatsachen bedürfen der Aufklärung, bevor mit Sicherheit ausgesagt werden kann, ob das Licht im Wettbewerb der Holzarten wirklich von so überwiegender Bedeutung ist, wie man ihm zuzugestehen meist geneigt ist.

Wie oben bei der Schilderung der Entwicklung des Bestandes erwähnt wurde, hängen sowohl Selbstabscheidung, als auch Verjüngung ebenfalls mit der Beschaffenheit des Standortes eng zusammen. Da wohl, soweit es sich um dieselbe Holzart in den verschiedenen Waldtypen handelt, angenommen werden kann, dass die Pflanzenbestände in den verschiedenen Fällen ziemlich gleich dicht entstehen, muss die grössere Stammanzahl eines schlechteren Waldtyps die Folge von einem schwachen Selbstabscheidungsvermögen des Pflanzenbestandes sein. Ebenso hat sich herausgestellt, dass die Stämme umsomehr Wuchsraum beanspruchen, je schlechter der Waldtyp ist. Dieses kommt u.a. auch darin zur Geltung, dass die relative Stammanzahl sich mit der Verschlechterung des Standortes verringert, wie auch darin, dass die Mutterbäume die Pflanzen umsomehr beeinträchtigen, je schlechter der Standort ist. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass der Einfluss der Stämme auf einander umso deutlicher hervortritt, je grösser der Altersunterschied zwischen ihnen ist.

Die Ursache zur langsamen Selbstabscheidung eines Bestandes auf magerem Boden ist naturgemäss das langsame Wachstum der Stämme, das wiederum eine Folge von der Magerkeit des Bodens

¹ S. 14 erwähnte Veröffentlichung.

und der im Verhältnis dazu grossen Stammanzahl ist. In dieser Weise ist die Erscheinung schon vor langem aufgefasst worden, wie u.a. folgende Äusserung SCHWAPPACHS¹ zeigt: »Die Erscheinung des 'Stockens' der Bestände auf armem Boden ist auf ungenügende Ernährung zurückzuführen. Erst wenn sich die Natur allmählich selbst geholfen hat und unter Verlust des Zuwachses einer bald längeren, bald kürzeren Reihe von Jahren eine entsprechende Anzahl von Pflanzen abgestorben ist, vermag der Rest mit Hilfe des jetzt für ihn allein verfügbar gewordenen Nährstoffkapitals weiterzuwachsen«. Die von LÖNNROTH² konstatierte Erscheinung, dass im gleichaltrigen Kiefernbestand bei Verschlechterung des Waldtyps die relative Menge der beherrschenden Bäume abnimmt und die der beherrschten wächst, muss auf dieselben Ursachen und vielleicht auch darauf zurückzuführen sein, dass die Stämme auf magerem Boden im Vergleich zueinander wahrscheinlich hinsichtlich ihrer Stärke gleichwertiger sind und als solche nur mit Mühe einander zu überwinden vermögen. In diesem Fall sind also die Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens, d.h. der Wettbewerb zwischen den Wurzelsystemen der Stämme um den Wasservorrat des Bodens, von grösserer Bedeutung als das Licht.

Was die Abhängigkeit des Wuchsraumes von der Bonität des Standortes angeht, so wird diese dagegen im allgemeinen in der Weise erklärt, dass das Lichtbedürfnis der Stämme mit der Verschlechterung des Standortes wächst, dass also das Wasser das Licht ersetzen kann. Innerhalb bestimmter Grenzen des Lichtgenusses ist dieses auch zweifellos zutreffend; dieses geht u.a. auch aus den Untersuchungen CIESLARS³ hervor. Wenn wir jetzt allerdings z.B. an die gewöhnlichen Bestände unseres eigenen Landes denken, ist schwerlich anzunehmen, dass es in diesen im allgemeinen zu wenig Licht für die Pflanzen gäbe, und im anderen Fall wiederum sind die Feuchtigkeits-

¹ A. SCHWAPPACH, Die Kiefer. Neudamm 1908. S. 134—5.

² S. 5 erwähnte Veröffentlichung.

³ ADOLF CIESLAR, Licht- und Schattenholzarten. Lichtgenuss und Bodenfeuchtigkeit. Centralbl. f. d. ges. Forstw. 1909. 4—22.

verhältnisse als Lichtersatz nicht von erheblicher Bedeutung. Es wäre schwerlich anzunehmen, dass die hiesigen Waldbestände darum licht wären, weil es nur wenig Licht gäbe. Als natürlichere Ursache erscheint die allgemeine Magerkeit des Bodens. Die Stämme bedürfen eines geringeren Wuchsräumens auf gutem Boden darum, weil sie in diesem Fall (für je dieselbe Bodenfläche) mehr Wasser und Nährstoffe aus dem Boden beziehen können.

Die Untersuchungen über die Verjüngungsverhältnisse trockener Heidewälder haben im allgemeinen überall auf das Ergebnis geführt, dass der nachteilige Einfluss der Mutterbäume auf die Pflanzen nicht auf deren Beschattung zurückzuführen ist. Auf dasselbe Ergebnis ist man mit Rücksicht auf den Einfluss der Überhälter auf den Jungwuchs gekommen. Über den Einfluss des Altersunterschiedes ist zu bemerken, dass im allgemeinen die Pflanzen bedeutend stärker durch die jungen Bäume als durch die alten beschattet werden, wenngleich erstere nicht so nachteilig auf den Wuchs der Keimlinge einwirken wie letztere.

Es ist klar, dass die Mutterbäume, soweit sie den Pflanzen genügend nahe stehen, diesen mit ihrer Bewurzelung das Wasser wegnehmen, und dass im allgemeinen die Nachbarstämme abgesehen davon, dass sie einander beschatten, auch zu einem Wettbewerb um die Wasser- und Nährstoffvorräte des Bodens gelangen, sei nun die Beschaffenheit des Standortes besser oder schlechter. Die Tatsache, dass der Einfluss des Wasserverbrauches der Wurzeln in gewöhnlichem Sandboden am deutlichsten hervortritt, ist durch das schlechte kapillare Wasserleitungsvermögen dieser Böden erklärt. Wenn der Boden an irgendeiner Stelle aus diesem oder jenem Grunde austrocknet, wird in einem solchen Boden das entfernte Wasser von den feuchteren Stellen aus sehr schwer ausgeglichen.

Schon COTTA, BORGGREVE u.a. deutsche Forstwirtschaftler der älteren Zeit hielten den Wurzelwettbewerb für beachtenswert.¹ FRICKE, der wohl als erster versucht hat, den Einfluss des Wurzel-

¹ Vgl. V. T. AALTONEN, S. 9 erwähnte Veröffentlichung, S. 212—16.

wettbewerbs experimentell nachzuweisen, ging so weit, dass er die Einteilung der Holzarten in Licht- und Schattenbäume als ein auf wissenschaftliche Fundierung verzichtendes, abzulehnendes Dogma ansah. Später und besonders in den letzten Jahren sind auf verschiedener Seite Untersuchungen und Experimente zur Aufklärung dieser Erscheinung angestellt worden.

HALDEN¹ hat in Schweden die Bodenfeuchtigkeitsverhältnisse des Waldbestandes und der baumlosen Bodenfläche untersucht und dabei besondere Aufmerksamkeit auf die »sterile« Zone zwischen Altbestand und Jungwuchs gerichtet. Aus seinen Untersuchungen geht nicht nur hervor, dass im Waldbestand die zuoberst gelegene Bodenschicht trockener als in der Lichtung ist, sondern auch, dass der Boden in der erwähnten Grenzzone bedeutend trockener als weiter entfernt auf der baumlosen Bodenfläche und in besonders trockener Zeit noch trockener als im Bestand ist. Letzteren Tatbestand erklärt HALDEN, indem er ihn zur Hauptsache auf den Wasserverbrauch der am Rande des Bestandes auftretenden Bäume zurückführt.²

Unter den Versuchen, bei denen die Pflanzen von dem Einfluss der Wurzeln der älteren Stämme durch deren Abschneiden isoliert worden sind, verdienen besonders diejenigen, die FABRICIUS angestellt hat, erwähnt zu werden. Bei den Versuchen kam es darauf an, über den Einfluss sowohl des Wurzelwettbewerbs, als auch der Beschattung Klarheit zu gewinnen; sie sind bei verschiedenen, auf kleinen Probeflächen aus Saat gezogenen Holzarten, von denen ein Teil in vollem Licht, ein Teil im Schatten erzogen wurde, angestellt worden. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl die Beschattung, als auch

¹ BERTIL E. HALDEN, Studier över skogsbeståndens inverkan på markfuktighetens fördelning hos skilda jordarter. Skogsvårdsför. tidskr. 1926, S. 125—243. — Marktorkan å sand- och grusmarker. Svenska skogsvårdsför. tidskr. 1932, Heft I—II, S. 39—131. (Mit deutsch. Referat: Die Bodentrockenheit auf Sand- und Kiesboden usw.)

² Vgl. auch V. T. AALTONEN, Wasserverbrauch der Bäume und Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens. Acta forest. fenn. 14, 2, 1920.

der Wurzelwettbewerb von grosser Bedeutung sind, bei einigen Holzarten von geringerer, bei anderen von grösserer. Besonders Kiefer und Lärche haben unter beiden stark zu leiden. Der Einfluss des Wurzelwettbewerbs tritt deutlich auch in dem Versuch hervor, bei dem ein Teil eines natürlichen Fichtenjungwuchses mit einem Graben umzogen wurde.

Die von TOUMEY und KIENHOLZ¹ in den Vereinigten Staaten angestellten Versuche sind ebenfalls in erheblichem Masse aufschlussreich. Bei diesen Versuchen wurde in der Lichtung eines Strobustandes eine kleinere Probefläche durch einen 3 Fuss tiefen Graben isoliert. Die Pflanzendecke der Probefläche nahm nach der Isolierung, was sowohl die Arten-, als auch die Individuenanzahl und den Zuwachs der Pflanzen angeht, verhältnismässig rasch ein von der Umgebung erheblich abweichendes Aussehen an.

	Arten- anzahl	Individuen- anzahl
Bei der Isolierung	12	388
3 Jahre nach der Isolierung	27	639
8 Jahre nach der Isolierung	31	1 882

Die Dichtigkeit des Bestandes war auf der isolierten Fläche ca. 10 mal grösser als auf der nichtisolierten Vergleichversuchsfläche. Die Feuchtigkeitsbestimmungen erwiesen, dass in einer 20 cm starken Oberflächenschicht des Bodens das in der trockensten Zeit des Jahres den Pflanzen zur Verfügung stehende Wasser 2—10 mal reichlicher war. In der trockensten Zeit war der Boden der nichtisolierten Fläche so trocken, dass die Pflanzen überhaupt kein Wasser aus ihm aufnahmen, was hinsichtlich der dränierten Fläche überhaupt nicht festgestellt werden konnte. Die Versuche vermitteln ebenfalls einen Begriff von der Wachstumsgeschwindigkeit der Wurzeln der Bäume. Der Graben wurde nämlich ein um das andere Jahr geöffnet. Während der

¹ JAMES W. TOUMEY und RAYMOND KIENHOLZ, Trenched plots under forest canopies. Yale University: School of Forestry, Bulletin N:o 30, 1931.

ersten beiden Jahre waren 126 Wurzeln durch den Graben hindurchgewachsen und in die Probefläche vorgedrungen, und 400 waren bereits in den Füllboden des Grabens hineingewachsen. Im Verlaufe der folgenden beiden Jahre waren 136 Wurzeln durchschnittlich über einen Meter in den Boden der Probefläche eingedrungen.

In N-Amerika sind in den letzten Jahren auch viele andere Untersuchungen ausgeführt worden, welche die Bedeutung der verschiedenen Wachstumsfaktoren im Waldbestand beleuchten. Als Beispiel einer Anschauung, zu welcher die dortigen Forscher in diesem Sinne gekommen sind, sei hier nur erwähnt, dass u.a. BATES¹, der das Lichtbedürfnis der Nadelhölzer untersucht hat, bemerkt: »If light is not the most important cause of the phenomena (death of seedlings) observed in forest, but rather soil moisture and nutrients, then certainly foresters should know it, and should not continue to build their practice on the foundation of a faulty conception, which under one circumstance or another is certain to crumble«. GRASOVSKY² erwähnt in den Schlussergebnissen seiner Veröffentlichung über die Bedeutung des Lichtes im Waldbestand u.a.: »It appears from these studies that the absence of reproduction and the presence of weakened growth under canopies is not necessarily due to diminished light intensity or to differences in light quality, but that other factors of the environment may be equally if not more important«.

Das Auftreten der Wurzelkonkurrenz in den Tropen erwähnt u.a. COSTER³, dessen Beobachtungen sich zur Hauptsache auf den Teakbaum (Holländisch-Indien) beziehen. Seiner flachen Bewurzelung wegen ist der Teakbaum hinsichtlich der Wurzelkonkurrenz recht

¹ C. G. BATES, The relative light requirements of some coniferous seedlings. Journ. of For. 23, 1925. S. 869—79.

² A. GRASOVSKY, Some Aspects of Light in the Forest. Yale University: School of Forestry, Bulletin N:o 23, 1929.

³ CH. KOSTER, Wurzelkonkurrenz in den Tropen, unter besonderer Berücksichtigung von *Tectona Grandis* L.f. Auf dem Kongress des Internationalen Verbandes Forstwissenschaftlicher Versuchsanstalten in Nancy 1932.

empfindlich, und der Einfluss des Altholzes ist im Jungwuchs bis in eine Entfernung von 10—20 m zu spüren. Als die Pflanzen von den alten Bäumen durch einen 1 m tiefen Graben isoliert wurden, wuchsen sie trotz der seitlichen Beschattung normal; die nicht-isolierten Pflanzen waren hinsichtlich ihres Längenwachstums schon nach einem Jahre hinter den isolierten in folgender Weise zurückgeblieben:

0—5 m vom Rande des Altbestandes entfernt	75 %
5—10 » » » » » »	39 »
10—15 » » » » » »	30 »

Der Einfluss des Unterbaus auf den Hauptbestand trat deutlich hervor u.a. in einem Fall, in dem das dichte Unterholz von *Lantana camara* (einer flachwurzelnden Strauchart) aus dem Waldbestand entfernt worden war. Nach 4 Jahren zeigten die von der Wurzelkonkurrenz der *Lantana* befreiten Flächen eine Mehrleistung an Gesamtkreisflächenzuwachs von 38 %.

Mit Rücksicht auf die relative Bedeutung von Wasser, Nährstoffen und Licht sind die von CLEMENTS u.a.¹ bei gewissen Pflanzen ausgeführten Gefäßversuche sehr interessant. Aus den Versuchen geht hervor, dass der Einfluss des Wassers auf Wachstum und Ertrag am grössten, derjenige der Nährstoffe geringer und derjenige des Lichtes am geringsten ist. Die Verminderung des Wassers z.B. auf die Hälfte ist von entscheidender Wirkung, dagegen kann die Lichtstärke bis auf weniger als den zehnten Teil reduziert werden, bevor dieses sich im Wachstum bemerkbar machen kann. — In vielschichtigen Beständen hat nach CLEMENTS die oberste Schicht genügend Licht und ist das Wasser der bestimmende Faktor. In der Verteilung der Individuen auf die unteren Schichten ist wiederum das Licht

¹ FREDERIC E. CLEMENTS, JOHN E. WEAVER and HERBERT C. HANSON, Plant Competition, an Analysis of Community Functions. Carnegie Institut of Washington, Publication N:o 398, 1929.

entscheidend, aber im Verhältnis der Individuen einer und derselben Schicht zueinander ist das Wasser wichtiger als das Licht.¹

Hier kann auch auf die durch Durchforstungsversuche vermittelten Ergebnisse hingewiesen werden, die — wie ich in anderem Zusammenhang dargestellt habe — im allgemeinen mit der oben dargestellten Auffassung über die Bedeutung der Wurzelkonkurrenz übereinstimmen.² Später hat WIEDEMANN³ eine Zusammenfassung über die Buchenversuche der Preussischen Versuchsanstalt veröffentlicht, und er kommt u.a. auf das Ergebnis, dass die starke Durchforstung auf geringem Boden ein viel wichtigeres und wirksameres Mittel als auf besserem Boden ist.

Das Wesen der Wurzelkonkurrenz wird weiter durch die unmittelbaren, in der Natur unternommenen Wurzeluntersuchungen beleuchtet.⁴

Aus den Untersuchungen von LAITAKARI⁵, HILF⁶ u.a. geht hervor, dass die Wurzeln in trockenem Sandboden im allgemeinen sich am weitesten ausbreiten und in der Nähe der Erdoberfläche sich am reichlichsten verzweigen. HEIKINHEIMO⁷ erwähnt für die Gegenden

¹ Vgl. auch V. T. AALTONEN, Über die räumliche Ordnung der Pflanzen auf dem Felde und im Walde. Acta forest. fenn. 25, 6, 1923.

² V. T. AALTONEN, Harvennushakkauksien perusteista (Über die Grundlagen der Durchforstungen). Vortrag am Forsttage, den 24. III. 1925 in Helsinki. In der Veröffentlichung: Suomen metsäpäivät (Finnlands Forsttage) I, 1925. Helsinki 1927.

³ EILHARD WIEDEMANN, Die Rotbuche, 1931. Mitteil. aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft., Heft 1, 1932.

⁴ Frühere Wurzeluntersuchungen sind u.a. in meiner oben erwähnten Veröffentlichung wiedergegeben: Über die räumliche Ordnung usw.

⁵ ERKKI LAITAKARI, Männyn juuristo (Das Wurzelsystem der Kiefer). (With an English Summary: The Root System of Pine [*Pinus silvestris*].) Acta forest. fenn. 33, 1, 1927.

⁶ HUBERT-HUGO HILF, Studien über die Wurzelausbreitung von Fichte, Buche und Kiefer usw. M & H. Schaper, Hannover 1927.

⁷ OLLI HEIKINHEIMO, Suomen metsärajametsät ja niiden vastainen käyttö. (Mit deutsch. Referat: Die Waldgrenzenwälder Finnlands und ihre künftige Nutzung.) Comm. ex instit. quaest. forest. finland. edit. 4, 1921.

der Waldgrenze das allgemein oberflächlich verlaufende Wurzelsystem der Kiefer, das u.a. die dortigen Kiefernbestände Sturmschäden aussetzt. Der Einfluss der Bonität des Standortes auf die Dichtigkeit der Bewurzelung geht u.a. aus meinen eigenen Untersuchungen in den trockenen Heidewäldern Lapplands hervor.¹ Bei gleicher auf den Boden projizierter Grundfläche der Kronen ergab sich als relative Abundanz der Wurzeln (im Kiefernbestand):

<i>Cladina</i> -Typ	0.85
<i>Calluna</i> - »	0.73
<i>Vaccinium</i> »	0.53

KOKKONEN² hat die Kiefernwurzel in Moorboden untersucht, indem er nachgewiesen hat, dass sie sich wegen des hochstehenden Grundwassers, des Bodenfrostes u.a. ihrem Äusseren nach in mancher Hinsicht von der Kiefernwurzel des Mineralbodens unterscheiden.

Die Abhängigkeit der Ausdehnung, Verzweigung u.a. Eigenschaften des Wurzelsystems von der Holzart ist bis auf weiteres verhältnismässig wenig bekannt. Aus LAITAKARIS³ Untersuchungen geht allerdings hervor, dass z.B. das horizontale Wurzelsystem der Fichte bedeutend näher der Bodenfläche als das der Kiefer gelegen ist. Das senkrechte Wurzelsystem der Birke dagegen scheint wenigstens ebenso tief wie das der Kiefer und womöglich noch tiefer gelegen zu sein. PÖNTYNEN⁴ erwähnt als eine Eigentümlichkeit der Unterholzfichten, dass deren Wurzeln zur Hauptsache sich ganz in den Oberflächenteilen des Erdbodens ausgebreitet haben. Dieselbe Beobachtung ist u.a. in den dickmoosigen Fichtenbeständen N-Finnlands zu machen. Nach HILF⁵ verzweigt das Wurzelsystem der Fichte sich sehr wenig innerhalb des Kronenbereiches, und die assimilie-

¹ V. T. AALTONEN, Über die Ausbreitung und den Reichtum der Baumwurzeln in den Heidewäldern Lapplands. Acta forest. fenn. 14, 1, 1920.

² P. KOKKONEN, Beobachtungen über das Wurzelsystem der Kiefer in Moorböden. Acta forest. fenn. 25, 11, 1923.

³ S. 27 erwähnte Veröffentlichung.

⁴ S. 6 erwähnte Veröffentlichung.

⁵ S. 27 » »

renden Teile der Wurzeln liegen zur Hauptsache ausserhalb desselben. Das Wurzelsystem der Lärche (*Larix sibirica*) ist von HEIKINHEIMO¹ untersucht worden, und er hat nachgewiesen, dass es im Vergleich zur Stammesstärke verhältnismässig klein ist und verhältnismässig flach im Boden sich ausbreitet. Es erwies sich, dass Verzweigung und Tiefe des Wurzelsystems eng mit der Bodenart zusammenhängen.

Der bei den Wurzelsystemen der Holzarten bestehende Unterschied, auf den die Untersuchungen hinweisen, ist zweifellos eine Tatsache, die nicht ausser acht zu lassen ist, wenn es sich um das Gedeihen irgendeiner Holzart unter einer anderen oder im allgemeinen um den Einfluss von Individuen verschiedener Arten aufeinander handelt. In einem reinen Bestand, in dem die Wurzelsysteme der Bäume mit Rücksicht auf Lage, Verzweigung u.a. mehr oder weniger gleichgeartet und die Ansprüche der Bäume hinsichtlich des Bodens dieselben sind, muss wohl deren Einfluss aufeinander grösser als im Mischwald sein. Neben der Wurzelkonkurrenz kann natürlich auch das verschiedenartige Lichtbedürfnis der Holzarten von Bedeutung sein, aber die bisweilen dagegen vorgebrachte Auffassung, dass es sich hier um eine Ermüdung des Bodens, um »Fruchtwechsel« der Natur handelte, muss wenigstens vorläufig durchaus als Hypothese betrachtet werden.

Im allgemeinen ist festzustellen, dass, je wüchsiger und ausgedehnter die Krone eines Baumes ist, auch dessen Wurzelsystem sich umso kräftiger entwickelt hat. Bei der Bewertung der Bedeutung der Wurzelkonkurrenz verdient besondere Beachtung die Tatsache, dass die Bewurzelung sich seitwärts weiter erstreckt als die Krone. Z.B. nach HILF² ist das Verhältnis der durchschnittlichen Wurzellänge zum Kronenradius wie 1.5—3.0. Dadurch geraten die Wurzeln miteinander in Berührung, bevor der Bestand auf Grund

¹ O. HEIKINHEIMO, Myrskytuhot Raivolan lehtikuusimetsässä syyskuun 23 päivänä 1924. (Mit deutsch. Referat: Über die Sturmschäden in dem Lärchenwalde bei Raivola am 23. September 1924). Commun. ex instit. quaest. forest. finland. edit. 12, 1927.

² S. 27 erwähnte Veröffentlichung.

seines Kronendaches als geschlossen angesehen werden kann. In dieser Beziehung sind u.a. die Untersuchungen von STEVENS¹ über den Wuchs der Wurzeln von *Strobus* interessant. STEVENS bemerkt u.a., dass die schon früh einsetzende Konkurrenz unter der Bodenoberfläche von viel grösserer Bedeutung als diejenige über der Bodenoberfläche zu sein scheint.

Soweit es sich um den Einfluss der Mutterbäume auf die Pflanzen handelt, ist ausser der Wurzelkonkurrenz naturgemäss auch die Tatsache in Betracht zu ziehen, dass die Mutterbäume mit ihren Kronen einen Teil des Regens, die Nadelhölzer sogar einen beträchtlichen, aufhalten. Obgleich überhaupt noch nicht eingehender dargelegt worden ist, von wie grosser Bedeutung dieser Umstand tatsächlich ist, erweisen jedenfalls manche Erscheinungen und angestellte Versuche, dass die beeinträchtigende Wirkung der Mutterbäume auf die Pflanzen sich doch zur Hauptsache auf die Wasserentnahme der Wurzeln ersterer gründet.

In der Entwicklung des Bestandes hat naturgemäss neben dem Wasser und den Nährstoffen des Bodens auch das Licht eine hervorragende Bedeutung. Es handelt sich nur darum, ob der Einfluss des Lichtes so entscheidend ist, wie er ihm im allgemeinen zugestanden wird, und es ist kaum zu leugnen, dass die gegenwärtige, wenigstens unter den Forstleuten allgemein verbreitete Meinung in dieser Hinsicht zu einseitig ist. Von welcher Bedeutung — wie man wohl sagen kann — die Stellungnahme in dieser Frage mit Rücksicht auf die Praxis ist, diese Seite des Problems erforderte ihre eigene Darlegung. Meines Erachtens ist es die Hauptsache, dass, solange die Bedeutung des Lichtes allzu einseitig betont wird, die Güte des Standortes nicht die Beachtung findet, die ihm gebührt.

Fortgesetzte Untersuchungen zur Aufklärung derjenigen Erscheinungen und Fragen, die oben kurz berührt worden sind, wären zu

¹ CLARK LEAVITT STEVENS, Root Growth of White Pine (*Pinus Strobus* L.). Yale University: School of Forestry, Bulletin No 32, 1931.

empfehlen. Was die Entwicklung der gewöhnlichsten Bestände unseres Landes betrifft, so haben die Untersuchungen darüber bereits wertvolle Kenntnisse vermittelt, wenngleich diese auch weiterhin grosse Lücken aufweisen. Besonders ist die Entwicklung der Mischbestände sehr wenig bekannt. Die Wurzeluntersuchungen haben sich bisher zur Hauptsache nur auf die Kiefer bezogen.¹ Dergleichen genügt es nicht, dass nur festgestellt wird, wie Selbstabscheidung, Verjüngung u.a. sich im Bestand vollzieht, ebenso ist aufzuklären, was die Ursache zu den festgestellten Erscheinungen ist. In dieser Beziehung kommt es darauf an, einerseits insbesondere die Licht- und Feuchtigkeitsverhältnisse in der Natur vergleichend zu untersuchen, andererseits die biologischen Eigentümlichkeiten der Keimlinge der verschiedenen Holzarten mit Hilfe von Vegetationsversuchen aufzuhellen.

¹ Mit Rücksicht auf die praktische Bedeutung der Wurzelforschung vgl. auch: ERKKI LAITAKARI, Die Wurzelforschung in ihrer Beziehung zur praktischen Forstwirtschaft. Acta forest. fenn. 33, 1929.

METSIKÖN KEHITYS JA KASVUTEKIJÄT.

SELOSTUS.

Kysymys eri kasvutekijöiden merkityksestä metsikön kehitykselle on met-sänhoito-opin keskeisimpiä. Kasvutekijöistä ovat tärkeimmät valo ja vesi ja edellä olevassa kirjoituksessa on pyritty lyhyesti valaisemaan näiden suh-detta toisiinsa.

Metsikön runkolukua ja harventumista koskevista kotimaisista tutkimuk-sista (Y. ILVESSALO, LÖNNROTH, LAPPI-SEPPÄLÄ, MIETTINEN) selviää, että runkoluku kasvaa metsätyypin huonontuessa ja että kuusikon runkoluku on suurin, männikön pienempi ja koivikon pienin. Edelleen on todettu, että puu tarvitsee sitä enemmän kasvutilaa, mitä huonompi metsätyyppi on ja että koivu ja mänty tarvitsevat laajemman kasvutilan kuin kuusi. Harventumis-kykyyn nähden ei näiden puulajien välillä näytä olevan selviä eroavaisuuksia, mutta huonomman metsätyypin isompi runkoluku johtunee taimikon heikom-masta harventumisesta. — Metsikön puiden jakaantumisessa korkeuskerrok-siin on ainakin männikössä sääntönä, että valtapuiden lukumäärä kasvaa ja aluspuiden vähentyy metsätyypin parantuessa (LÖNNROTH). Mäntypoivu-sekametsikössä männyn osuus pienentyy alemmissä korkeusluokissa ja alus-puiden luokassa on koivua huomattavasti runsaammin kuin mäntyä (LAPPI-SEPPÄLÄ).

Uudistumistilassa olevassa metsikössä emäpuut aina enemmän tai vähem-män haittaavat taimien kasvua. Tämä on sitä selvemmin huomattavissa, mitä huonompi on metsätyyppi ja mitä suurempi on emäpuiden ja taimien välinen ikäero. Puulajit eroavat toisistaan sikäli, että kuusi voi uudistua pie-nemmissä aukoissa kuin mänty tai koivu. Taimet näyttävät yleensä menes-tyvän paremmin varjostuksessa, jos varjostava puu on toista puulajia. Kysy-myksen ollessa metsiköstä, jossa on ylispuita ja nuorta metsää on mm. todettu, että mänty-ylispuut haittaavat enemmän männyn kuin kuusen kasvua ja että ylispuiden vaikutus ulottuu sitä laajemmalle alalle, mitä huonompi metsä-tyyppion. Tämän osoittavat mm. METSÄPELLON ja SVINHUFVUDIN tutkimukset.

Yleinen käsitys on, että valolla on ratkaiseva merkitys, kun on kysymyk-sessä metsikön harventuminen tai uudistuminen, puiden lehdistön harventu-minen tai runkojen puhdistuminen oksistaan. Edellä mainitut eri puulajien välillä todettavat erot johtuvat siitä, että mänty ja koivu tarvitsevat run-

saammin valoa kuin kuusi. Kasvupaikan laadun aiheuttamat erot taas perustu-vat siihen, että puu tarvitsee sitä vähemmän valoa, mitä parempi kasvupaikka l. mitä parempi metsätyyppi on, varsinkin siksi, että vesi voi korvata valoa.

Metsikön harventumisessa, uudistumisessa ym. on epäilemättä kuitenkin maan l. kasvupaikan hyvydellä, lähinnä nähtävästi maan kosteussuhteilla yhtä tärkeä ja useissa tapauksissa tärkeämpikin merkitys kuin valolla. Tois-tensa lähellä olevien samanikäisten puiden samoin kuin emäpuiden ja tai-mien välillä täytyy olla kilpailua, ei vain vihreiden osien välillä valosta, vaan yhtä paljon juuristojen välillä maassa olevasta vedestä ravintoaineineen. Useat kokeet, joita on tehty, esim. eristämällä taimet emäpuiden juuristojen vaikutukselta taimien ympäri kaivetulla ojalla, osoittavat taimien kasvun hyvin huomattavasti parantuneen (FRICKE, FABRITIUS, TOYMEY ja KIEN-HOLZ, KOSTER). Ylispuut ja usein myös tavalliset siemenpuut eivät voi sanotta-vasti varjostaa nuoria puita tai taimia. Nuoret puut varjostavat yleensä enemmän taimia kuin vanhat, mutta taimet kärsivät silti enemmän vanhojen kuin nuorien emäpuiden takia. Puiden kasvutilan ja kasvupaikan väliseen suhteeseen nähden on huomattava, että maan ollessa kosteampaa, puu tie-tenkin tarvitsee vähemmän kasvutilaa saadakseen saman vesimäärän. Jonkin puulajin uudistumisen ollessa kyseessä toisen puulajin alla, on mm. huomata-tava, että jo maan pintakasvillisuuden takia toisen puulajin taimettuminen voi olla helpompaa kuin toisen. Puulajit voivat erota toisistaan valontarpee-seensa nähden, mutta niitä on vaikea tässä suhteessa tarkemmin luokitella ja lopuksi on kuitenkin kysymys siitä, onko tämä ero niin suuri, että se on metsän-hoidon kannalta ratkaiseva. Vesi voi kyllä tietyissä valaistusrajoissa korvata valoa, mutta ainakin meikäläiset metsiköt ovat yleensä siksi harvoja, ettei tällä seikalla voi olla sanottavaa merkitystä. Yleensä täytyy sanoa, että useat metsikön kehityksessä huomattavat ilmiöt osoittavat kasvupaikan laadulla olevan tärkeämmän merkityksen kuin valaistussuhteilla. Mainittakoon myös, että kasvukokeetkin (CLEMENTS) ovat osoittaneet veden ja ravintoaineiden olevan kasvutekijöinä tärkeämpiä kuin valon.

Juuristokilpailun kannalta ovat myös valaisevia tehdyt juuristotutkimuk-set (LAITAKARI, HEIKINHEIMO, AALTONEN, HILF ym.). Niistä käy mm. ilmi, että juuriston laatu, laajuus ja syvyys vaihtelevat puulajien mukaan. Myös-kin kasvupaikan laatu vaikuttaa huomattavasti juuriston kehitykseen. Kui-vassa maassa (ainakin hiekkamaassa) juuret ulottuvat laajemmalle ja haa-rautuvat runsaammin.

Kysymys valon ja veden suhteellisesta merkityksestä on käytännöllisesti tärkeä varsinkin siksi, että jos liian yksipuolisesti tehostetaan valon merki-tystä, niinkuin yleensä tehdään, kasvupaikan laatu l. metsätyyppi ei saa osakseen sitä huomiota, mikä sille olisi metsänhoidossa tuleva.