

die Wuchsstoffe meist überhaupt erst ermöglicht, mindestens mehr oder weniger gefördert worden.

2. Bei allen genannten Holzarten sind auch bei **Anwendung** von verschiedenen Wuchsstoffen mit unterschiedlichen Konzentrationen vielfach außerordentlich große klonweise Unterschiede in der Bewurzelungsfähigkeit vorhanden. Die Stecklinge mancher Klone haben sich bis zu 100%, andere überhaupt nicht bewurzelt. Zwischen diesen Extremen treten alle möglichen Übergänge zutage.
3. Auch unter Berücksichtigung der klonweisen Unterschiede in der Bewurzelungsfähigkeit bewurzeln sich im allgemeinen am meisten und leichtesten Buchen-, am wenigsten und schwierigsten Traubeneichenstecklinge. Die Bewurzelungsfähigkeit von Roteichenstecklingen dürfte etwas geringer als die von Buchen-, die von Stieleichen schlechter als von Roteichen-, jedoch erheblich besser als von Traubeneichenstecklinge sein.

Diskussion

Ziel der Versuche, die während 16 Jahren durchgeführt wurden, war die Bewurzelung von Stecklingen der Traubeneiche, Stieleiche, Roteiche (*Quercus borealis*) und der Buche. Die Versuche sind so weitgehend erfolgreich gewesen, daß das angestrebte Ziel im allgemeinen als erreicht gelten kann. Zum mindesten werden künftige Versuche, diese als besonders schwierig geltenden Holzarten zu bewurzeln, auf den gewonnenen Erfahrungen aufbauen können.

Ein besonders wichtiges Ziel künftiger Versuche wird das Auffinden von Verfahren sein müssen, welche das Weiterwachsen und die dauernde Lebenderhaltung bewurzelter Stecklinge ermöglichen. Dieses Ziel konnte bisher nicht befriedigend erreicht werden. Zahlreiche seit Jahren am Leben erhaltene und frohwüchsige bewurzelte

Stecklinge aller genannten Holzarten weisen jedoch eindeutig darauf hin, daß dieses Ziel durchaus erreichbar ist.

Die forstliche Verwendung bewurzelter Traubeneichen-, Stieleichen-, Roteichen- und Buchenstecklinge von wirtschaftlich wie genetisch hochwertigen Ausleseebäumen könnte in Zukunft um so größere Bedeutung gewinnen, je mehr die Forstwirtschaft die Erzeugung von Wertholz als ihr oberstes Gebot erkennt. Eine wichtige Voraussetzung ist natürlich, daß es gelingt, nicht nur praxisreife, sondern auch wirtschaftliche Verfahren zur Bewurzelung der genannten Holzarten zu entwickeln.

Zusammenfassung

Versuche zur Bewurzelung von Stecklingen der Traubeneiche-, Stiel-, Roteiche und der Buche sind von 1950 bis 1965 im Lehrforstamt Bramwald der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen durchgeführt worden. Die Ergebnisse der Jahre 1950—1956 sind 1958 (*Silvae Genetica* 7/2) mitgeteilt worden; über die Ergebnisse der Jahre 1958—1965 wird berichtet.

Mitgeteilt werden die Erfahrungen mit den Versuchseinrichtungen, bei der Wahl der Mutterbäume, der Art und Beschaffenheit der Stecklinge, dem Zeitpunkt des Schneidens, des Steckens und der Bewurzelung der Stecklinge sowie mit den verwendeten Substraten und Wuchsstoffen. Sie enthalten Hinweise für eine Fortführung der Versuche, die dem Verf. selbst nicht mehr möglich ist.

Abstract

Rooting experiments with cuttings from *Quercus* species and *Fagus sylvatica* were made from 1950 to 1965. Results of the years 1958 to 1965 were reported in this paper. The author communicates his experience with arrangement of trials, selection of mother trees, condition of used cuttings, point of time to cut and set the cuttings and their rooting. He informs also of experiences with substrates and growth substances using from him.

Untersuchungen über Wurzelentwicklung an Pflanzen der Gattung *Populus*, Sektionen *Aigeiros*, *Leuce* und *Tacamahaca*

VON H. J. FRÖHLICH UND W. DIETZE

Hessisches Institut für Forstpflanzenzüchtung und Forschungsinstitut für Pappelwirtschaft in Hann. Münden

(Eingegangen am 19. 2. 1969)

1. Problemstellung

In den letzten Jahren hat sich der Anbau der Pappel über die Auewaldstandorte hinaus erheblich ausgedehnt. Die Verwendung von Sorten der Sektion *Leuce* — *P. alba*, Silberpappel, *P. tremula*, Aspe, und *P. X canescens*, Graupappel — sowie Sorten der Balsamsektion, insbesondere die **STOUT-** und **SCHREINER-Kreuzungen** Oxford, Rochester und Androscoggin und einige Auslesen aus der nordamerikanischen Balsampappelart *P. trichocarpa* haben zu Versuchsanbauten und auch zu Kulturmaßnahmen auf relativen und absoluten Waldböden geführt. Die Breite der gewählten Standorte steht in keinem Verhältnis mehr zu den früher überwiegend bepflanzten Auestandorten bzw. zu dem Anbau auf landwirtschaftlich genutzten Böden. Parallel hierzu ist das Angebot an Pappelsorten nicht unerheblich erweitert worden. Die klonreine, klar getrennte

Anzucht der Pappeln in den Baumschulen ermöglicht eine bessere Überprüfung des Verhaltens der einzelnen Kultivare. Insbesondere geben systematisch angelegte Versuchsfelder, die sowohl nach Klimaräumen als auch nach Bodentypen variiert sind, einen guten Einblick in das differenzierte Verhalten von Angehörigen der Gattung *Populus*, das besonders expressiv wird, wenn Sektionen, Arten und Klone miteinander verglichen werden. Bei den ausgedehnten Versuchsanbauten im gesamten Bundesgebiet wurde mehrfach festgestellt, daß die einzelnen Sorten auf verschiedenen Standorten ein recht abweichendes Anwuchsverhalten zeigten. Der Einfluß konnte bei sonst gleich gutem Pflanzmaterial weitgehend auf die Bodenbeschaffenheit zurückgeführt werden, z. T. auch auf die Witterungseinflüsse nach der Pflanzung. Während auf Auestandorten in der Regel keine signifikanten Unterschiede

zwischen den Sektionen und den Klonen zu erkennen waren, wiesen Kulturen auf verdichteten Böden, insbesondere bei Tagwasserrückstau, erhebliche Ausfälle bei Balsam- und Weißpappeln auf.

Die Situation soll an einigen Beispielen erläutert werden:

1. Auf Versuchsflächen am Südrand der Norddeutschen Tiefebene auf Geschiebelehm, der sich im Oberboden aus lehmigem Sand, im Unterboden meist aus Lehm zusammensetzt und als mesotropher Pseudogley mit langer Anstauungsperiode zur Verdichtung und Luftarmut neigt, wurden überwiegend Pappeln der Sektionen *Tacamahaca* und *Leuce* sowie vergleichsweise einige bewährte Schwarzpappelsorten angebaut. Die Pflanzung erfolgte in der üblichen Weise in 40–60 cm tief gebohrten Löchern. Die Düngung bestand aus einer Kalk- und Volldüngergabe. Während die Schwarzpappelhybriden gut und ohne nennenswerte Ausfälle anwachsen konnten, später aber in ihrem Höhenwachstum und in der Größe ihrer Blätter schnell nachließen, zeigten einige *Leuce*-Pappeln, insbesondere Graupappeln und Aspenkreuzungen Schäden, die sich zuerst in Wipfeldürre bemerkbar machten. Als nächstes trockneten die Seitenzweige von oben her ein. Schließlich wurden braungraue Rindenverfärbungen festgestellt, auf denen sich Pilze ansiedelten. Häufige Totalverluste während der ersten Vegetationsperiode traten sowohl bei nassem Frühjahr als auch bei schneller Austrocknung ein.

2. Bei einer Herbstpflanzung wurden im Frühjahr nach lang anhaltender Regenperiode auf einem tertiären Tal-sandstandort des Bodentypes Podsolgley-Gley an den gleichen Sorten ähnliche Schäden beobachtet, wenn die Pappeln auf einer lokalen Bodenvariante gepflanzt worden waren, bei der der Rückstaukörper höher anstand und somit ein Übergang zum Anmoorgley gegeben war.

3. Auf einem Niederungsmoor im norddeutschen Küstenraum entwickelten sich die Schwarzpappelhybridsorten unmittelbar nach der Kultur außerordentlich wüchsig, während ein Teil der Balsam- und Graupappeln hochprozentig ausfiel. Sowohl die Schwarzpappelhybriden als auch die Sorten der beiden anderen Sektionen hatten unter Spätfrost gelitten. Da der Frost mit dem Austreiben der Schwarzpappeln zusammentraf, mußte die Schädigung bei diesen besonders stark gewesen sein. Gerade das Gegenteil war der Fall. Die gut ausgewachsenen, z. T. ledrigen Blätter der Balsam- und *Leuce*pappeln wurden trocken, neue Blätter kamen nur spärlich und starben anschließend wieder ab.

Von anderen Flächen — sowohl Versuchs- als auch normalen Kulturanlagen — wurden im gleichen Jahr weitere Schadbilder gemeldet und Material übersandt. Sie mußten beim ersten Augenschein als vermutliche Frostschäden eingestuft werden, die zum Absterben der Pflanzen geführt hatten. Auch hier schien der Frost Balsampappeln, deren Blätter voll ausgewachsen waren, stärker geschädigt zu haben als die im Austreiben befindlichen Schwarzpappelsorten. Diese Beobachtungen widersprachen den früheren Feststellungen (FRÖHLICH 1965). Wurzelgrabungen an abgestorbenen oder geschädigten Pappeln bestätigten unsere Annahme, daß es sich bei dem überwiegenden Teil der Ausfälle nicht um oberirdische Schäden, insbesondere nicht allein um Spätfrost- oder um Vertrocknungserscheinungen als Folge von Bodenwassermangel oder um Überflutungseinflüsse handeln konnte, sondern daß die Ursachen weitgehend in einer klonspezifischen Wurzelbildung zu suchen sind. Um diese für die Kulturbegründung

so wichtigen Fragen zu klären, wurden Gefäßversuche unter Laborbedingungen eingeleitet und durch weitere Felduntersuchungen ergänzt.

2. Der Gefäßversuch

2.1 Versuchsmethodik

Die Untersuchungen sollen zur Klärung der Frage beitragen, welche Abhängigkeiten zwischen Wurzelentwicklung und Blattaustrieb unter Berücksichtigung verschiedener Substrate bei Sorten der Sektionen *Aigeiros*, *Leuce* und *Tacamahaca* bestehen.

Für den Versuch sind folgende 1/1 Pflanzen in zweifacher Wiederholung je Substrat verwendet worden:

Sektion *Aigeiros*: Harff und Robusta

Sektion *Tacamahaca*: Androskoggin, Oxford, *P. trichocarpa* 62/66

Sektion *Leuce*: *P. alba nivea*

P. × canescens Ingolstadt 9 b

P. tremula Klon Ostpreußen

In Anlehnung an die Arbeiten von LEIBUNDGUT u. a. (1963) und STRAUB (1966) wurden dreieckige Glaskästen so bepflanzt, daß die Wurzeln an den Scheiben anlagen und zugleich der Sproßteil oberhalb des primären Wurzelwerkes auf 20 cm Länge beobachtet werden konnten (Abb. 1).

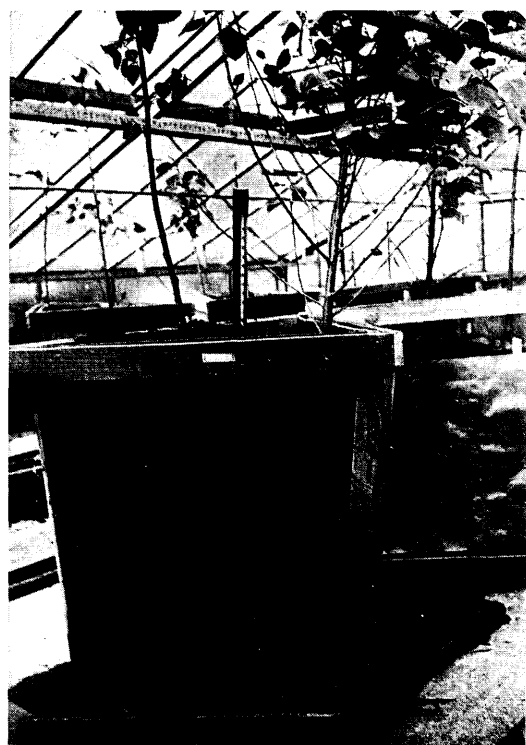


Abb. 1. — Versuchsgefäß (Torf/Sand).

Die Abschirmung des Lichtes erfolgte durch herausnehmbare Hartfaserplatten. Um den Verlauf der Wurzelentwicklung auch zeichnerisch festhalten zu können, wurden an die Glasscheiben durchsichtige Folien geheftet, auf denen der Fortschritt des Wurzelwachstums periodisch aufgetragen war.

In einer weiteren Versuchsserie wurden die Pappeln in Wasserkulturen gehalten.

Das Substrat der Beobachtungskästen bestand in der Serie 1 aus einem Gemisch von Torf und grobem Sand im Verhältnis 1 : 1, in der Serie 2 aus schluffigem Lehm. Bei-

Tab. 1. — Porenanteile der Versuchssubstrate Torf/Sandgemisch und Lehm.

Substrat	Tiefe cm.	P O R E N A N T E I L E						bei Entnahme		
		in Äquivalentdurchmesser(μ)						Vol. %		
		Bereich des selbst- drainierenden Wassers		Nutzbare Feldkapazität Bereich des pflanzenverfügbaren Wassers (unter Versuchsbedingungen)				„Totwasser“		
		> 600 μ	60 μ	10 μ	3 μ	0,2 μ	>	GVP	Luft	Wasser
Torf/Sand (Serie 1)	0-10	3,4	37,1	12,9	6,8	4,1	8,7	73,0	42,3	30,7
	20-30	3,0	38,0	14,1	11,8	3,7	7,4	78,0	45,1	32,9
Lehm (Serie 2)	0-10	11,5	7,8	4,4	3,2	8,4	23,5	58,8	19,5	39,3
	20-30	3,6	8,0	4,8	5,0	10,0	25,5	56,9	11,0	45,9
Durchschn. Häufigkeiten bei Feldproben		bei $\sim 10 \mu$ 12 5-20		bei 10-0,2 μ 12 (Mittelwerte) 5-20 (Grenzwerte)				—		
KORNGRÖSSEN in % trockenen Mineralbodens (für Lehm)		2000-630 0,84 grob	630-200 3,40 fein	200-100 5,52 grob	100-63 6,19 fein	63-20 39,19 grob	20-6 12,91 mittel	6-2 13,90 fein	< 2 μ 18,05 TON	

Die Serien wurden gleichmäßig zu Beginn des Versuches gedüngt, so daß Nährstoffunterschiede nicht zu berücksichtigen sind. Hingegen zeigt die Korngrößenzusammensetzung eine erhebliche Abweichung. Sie soll durch Gegenüberstellung der Porenanteile erläutert werden (Tab. 1). Das Gesamtporenvolumen (GPV) des Torf/Sand-Gemisches ist mit 75% wesentlich höher als das der Lehmparallele (58%). Dem entspricht ein Luftanteil von 42—45% bei der Serie 1 und von 11—20% bei der Serie 2. Desgleichen ist der Porenraum, in dem das „Totwasser“ festgehalten wird, bei dem Torf/Sand-Gemisch mit ca. 8% geringer, während er bei dem Lehmgemisch den dreifachen Wert erreicht. Die Porengröße liegt bei dem Torf/Sand-Gemisch im oberen Durchmesserbereich, während der Lehm eine Häufung der gering dimensionierten Poren erkennen läßt. Die Werte wurden durch Stechzylinderentnahmen aus den Beobachtungskästen etwa 8 Wochen nach Versuchsbeginn in 3facher Wiederholung ermittelt.*)

Gegenüber Feldproben von gewachsenen Lehm Böden (Tab. 1) treten bei den Lößlehmproben der Serie 2 Verschiebungen auf, da dieses Material in die Gefäße gefüllt werden mußte. Um gleichmäßige Licht- und Temperaturverhältnisse zu schaffen, wurden die Kästen im Gewächshaus Mitte Dezember aufgestellt und einer durchschnittlichen Lufttemperatur von 7,5° C während der ersten 15 Tage ausgesetzt. Danach wurde die Temperatur allmählich auf durchschnittlich 14° C gesteigert und in diesem Bereich bis Versuchsabschluß gehalten.

Die Entwicklung der Temperaturen in den Substraten verlief etwa parallel zu der Lufttemperatur. Die Pflanzen der Serie 3 — Wasserkultur — waren auf Hartfaserplatten so befestigt, daß das Wurzelwerk und 10 cm Sproßteil im Wasser standen. Schwarze Folie schirmte die Plastikwassergefäße gegen Lichteinfall ab. Das Wasser wurde täglich dreimal intensiv belüftet. Die Wassererneuerungen erfolgten wöchentlich. Alle Gefäße standen in dem Gewächshaus zufällig verteilt (Abb. 2).

22 Bonituren

221 Blatt- und Sproßentwicklung

Mit Beginn des Knospenschiebens wurde jede einzelne

*) Herrn Prof. Dr. ULRICH, dem Direktor des Bodenkundlichen Institutes der Forstl. Fak. Hann. Münden, danken wir für die bereitwillige Durchführung der Laboruntersuchung.

Pflanze in zweitägigem Abstand auf die Blattentwicklung nach folgendem Schema bonitiert:

- 1 = Knospen gestreckt
- 2 = Blätter zur Hälfte aus den Knospen geschoben
- 3 = Blätter voll geschoben, aber noch zusammengerollt
- 4 = Blätter voll entfaltet.

Das Wachstum des Terminaltriebes wurde in cm festgehalten.

Die durchgeführten phänologischen Beobachtungen dienen bei dieser Untersuchung nicht der Zuordnung der Klone zu Früh-, Mittel- oder Spätreibern — diese Feststellungen wurden durch jahrelange Feldbeobachtungen bereits getroffen —, sondern können nur in Relation zur Wurzelentwicklung gewertet werden.

222 Wurzelentwicklung

Bei jeder Pflanze wurde das Wachstum der Primärwurzeln festgehalten und verfolgt. Unabhängig hiervon sind der Beginn der Adventivwurzelbildung am Sproß sowie die zahlenmäßige Verteilung der Adventivwurzeln und das dazugehörige Längenwachstum ermittelt und bewertet worden.

3. Ergebnisse

35 Tage nach Versuchsbeginn setzten bei der Sorte Androscoggin im Torf/Sandgemisch gleichzeitig der Blattaustrieb und die Primär- sowie Adventivwurzelbildung ein.

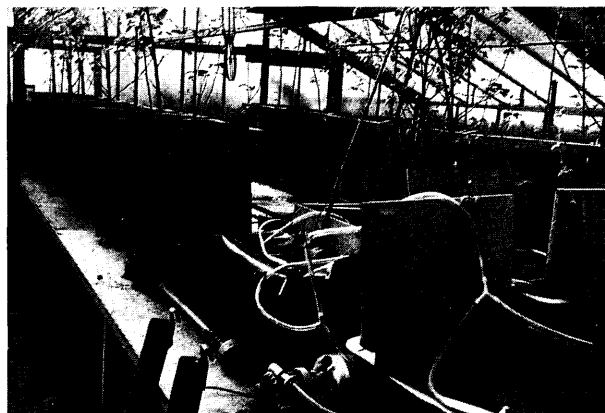


Abb. 2. — Aufstellung der Versuchsgefäße im Gewächshaus (r. vorn Wasserkultur).

Um die Unterschiede im Verhalten der Sorten veranschaulichen zu können, werden alle Werte des Wurzelwachstums und der Blattentfaltung auf diesen Tag bezogen (Abb. 3).

Der Vergleich zu dieser „Weiserpflanze“ *AndroscoGIN* ermöglicht eine Gegenüberstellung im Verhalten der einzelnen Sorten sowohl hinsichtlich des Blattaustriebes als auch der Wurzelentwicklung.

Die Intensität des Wurzelwachstums ist in folgende Stufen gegliedert:

- schwach: Wachstum nur an einzelnen Wurzelspitzen, langsam fortschreitend, bis 0,5 cm pro Tag
- mittel: zahlreiche Wurzelspitzen, Längenzunahme bis 1 cm pro Tag
- stark: zahlreiche Wurzelspitzen, bis 2 cm pro Tag, Verzweigung der neu gebildeten Wurzeln
- sehr stark: rascher Wachstumsfortschritt, über 2 cm pro Tag, intensive Verzweigung und Saugwurzelbildung.

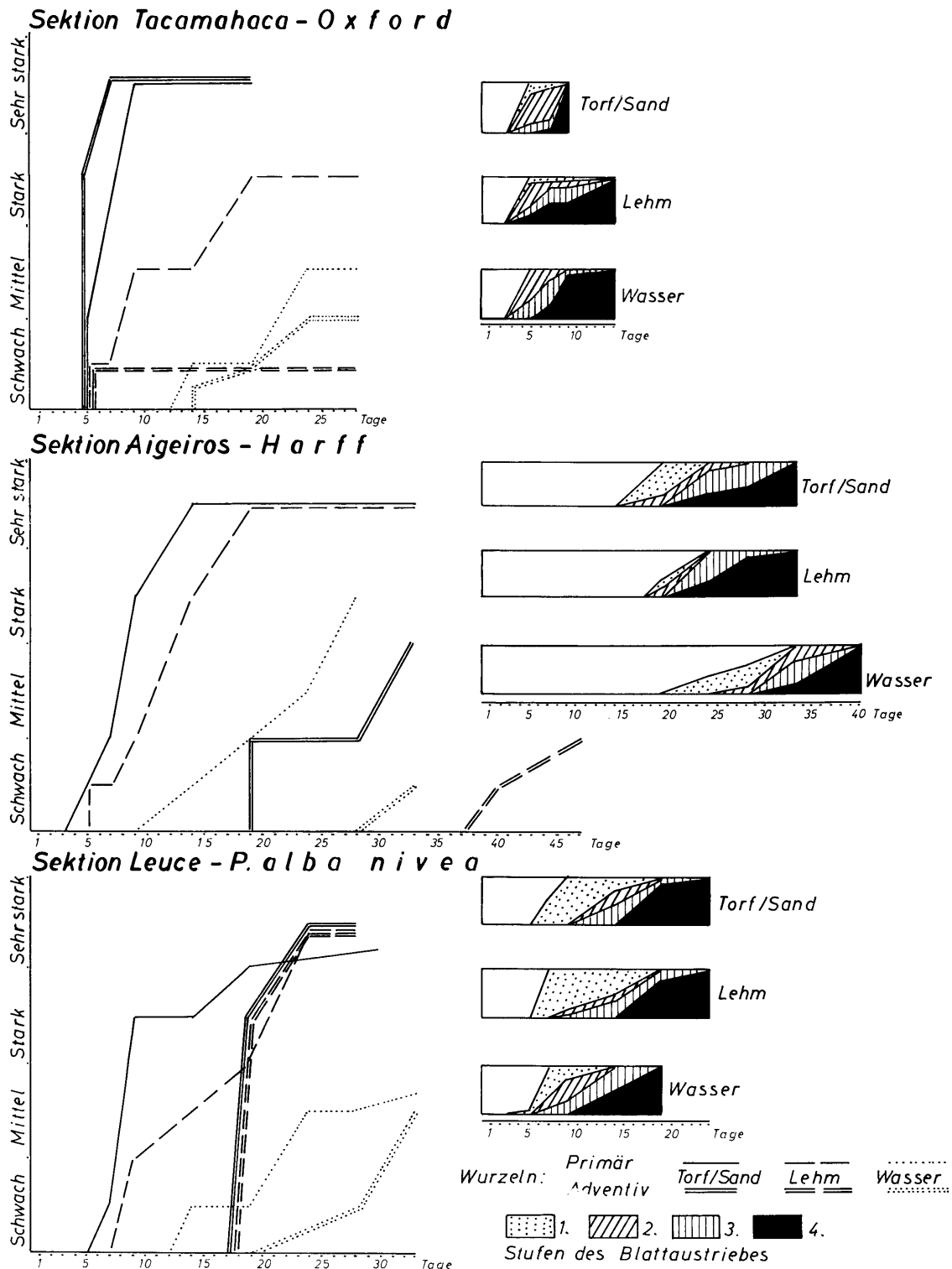


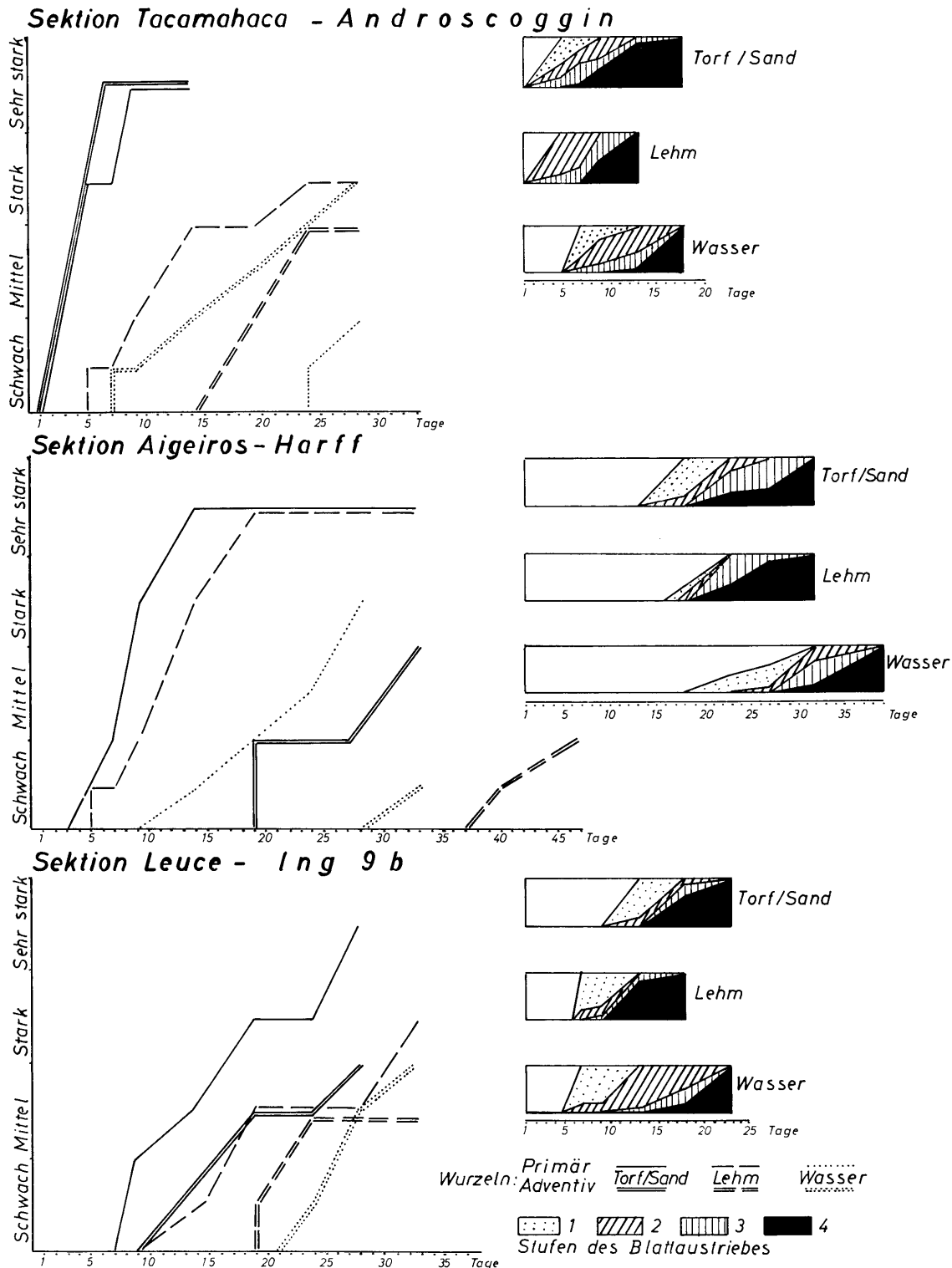
Abb. 3. — Verlauf von Wurzelentwicklung und Blattaustrieb.

31 Sektion Aigeiros

Läßt man die Tatsache unberücksichtigt, daß Robusta wesentlich früher austreibt als Harff, betrachtet man also nur die Relation von Wurzelbildungen und -wachstumsintensitäten zur Blattentfaltung, wie es unserer Fragestellung entspricht, dann kann man ein völlig synchrones Verhalten von Robusta und Harff im Gefäßversuch erkennen. Es soll deshalb nur die Sorte Harff beschrieben und später

auch den anderen Sektionen bzw. Sorten gegenübergestellt werden.

Die Sorte Harff beginnt zwei Tage nach Androscoggin ihr Primärwurzelwerk im Torf/Sandsubstrat zu aktivieren. Unmittelbar danach zeigen auch im Lehm die Hauptwurzeln Ausstülpungen. In der Wasserkultur verzögert sich der Vorgang um vier Tage. Das Wurzelwachstum verläuft sehr schnell, in beiden Bodensubstraten werden die Stu-



fen „mittel“ und „stark“ in wenigen Tagen durchlaufen. Bereits nach einer Woche wird das Kriterium „sehr stark“ erreicht. Die neu entwickelten Wurzeln haben eine durchschnittliche Länge von 10–15 cm und weisen eine gute Seitenverzweigung auf. Nachdem dieses primäre Wurzelwerk ausgebildet ist, lassen sich Ausstülpungen von Wurzelanlagen am Sproß erkennen, die zuerst in dem gut durchlüfteten Torf/Sandgemisch sichtbar werden, während sie in dem dichter gelagerten Lehm verzögert auftreten. In

der Wasserkultur verbleibt die Ausbildung im „schwachen“ Bereich (Abb. 4).

Der Blattaustrieb setzt deutlich später als das Wurzelwachstum ein. Sowohl im Torf/Sandgemisch als auch im Lehm entfalten sich die Blätter, nachdem die Primärwurzeln ein leistungsfähiges Aufnahmesystem ausgebildet haben. Zwischen dem Beginn des Wurzelwachstums und der Knospenentfaltung liegt ein Zeitraum von 10–15 Tagen. Während der raschen Blattentwicklung erfolgt die Aus-

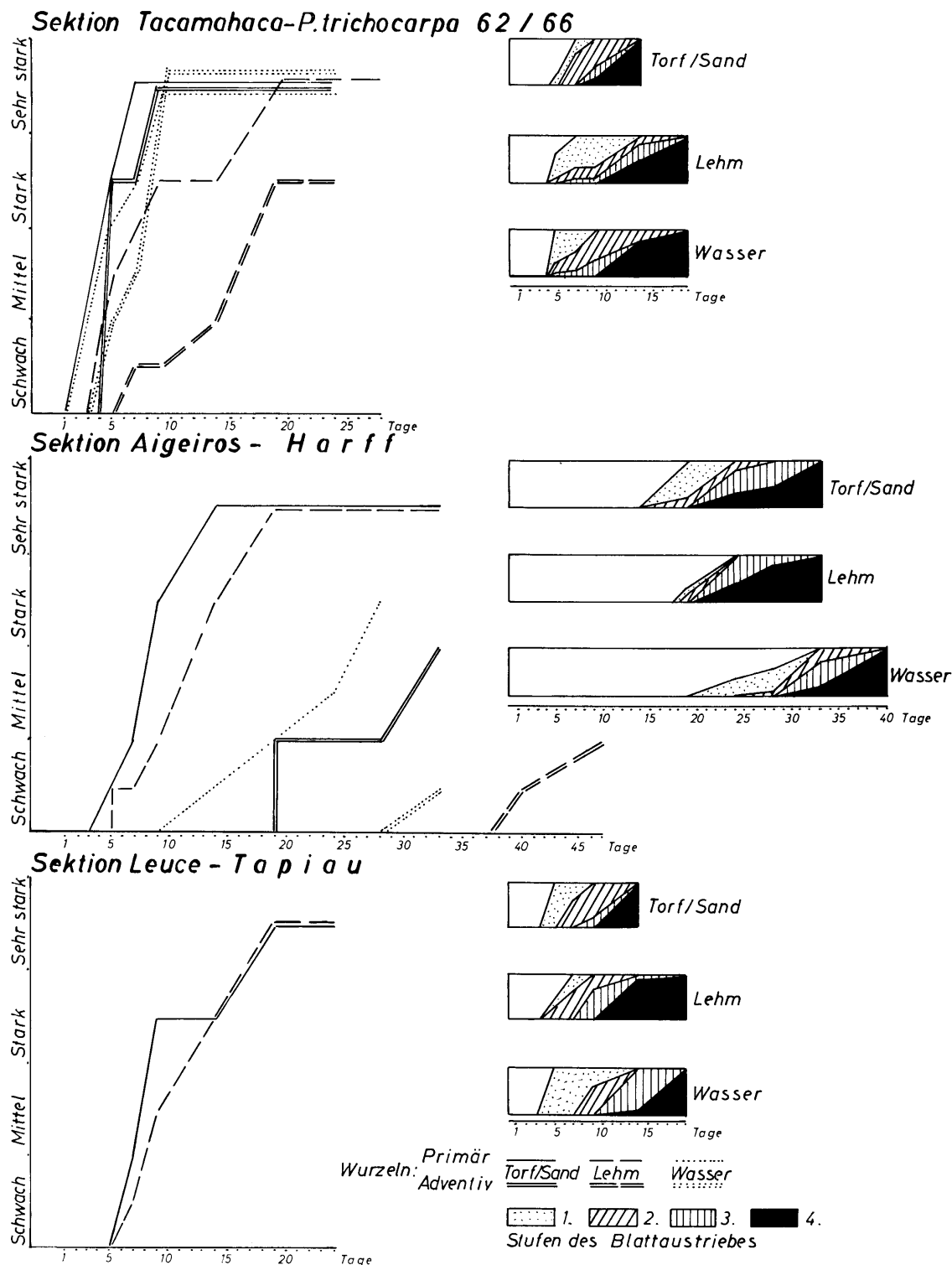




Abb. 4. — Primäre und adventive Wurzeln von Robusta (Torf/Sand).

bildung der Adventivwurzeln. Auch diese lassen ein gutes Wachstum erkennen. Somit ist die Harff voll bewurzelt, wenn mit einer transpiratorischen Anspannung gerechnet werden muß.

Harff — Robusta:

Gute Primärwurzelbildung weit vor Blattaustrieb, gute Adventivwurzelausbildung zusammen mit Blattaustrieb. Keine wesentlichen Unterschiede zwischen gut und mäßig durchlüftetem Substrat.

32 Sektion Tacamahaca

Im lockeren Torf/Sandgemisch treten bei *Androscoggin* gleichzeitig die primäre und adventive Wurzelausbildung sowie der Laubaustrieb ein. Beide Wurzelsysteme sind in 5—7 Tagen voll entwickelt, gut verzweigt und damit leistungsfähig. Dieser Zeitpunkt fällt etwa mit der Stufe 3 der Blattentwicklung zusammen, bei der die Blätter voll geschoben, aber noch nicht entfaltet sind. Zur Zeit der Ausbildung des Terminaltriebes dürfte das Wurzelwerk in diesem Substrat in der Lage sein, die Pflanze ausreichend mit Wasser und Nährstoffen zu versorgen.

In dem porenvolumenärmeren Lehmsubstrat zeigt die gleiche Sorte ein stark abweichendes Verhalten. Die Primärwurzelbildung beginnt nach 5 Tagen und entwickelt sich zum Teil nur zögernd, so daß die Stufe „stark“ erst nach 10 Tagen erreicht wird, dann setzt allerdings eine sehr gute Verzweigung ein, die das Wurzelvolumen erheblich vergrößert. Die Adventivwurzelausbildung ist noch weiter verzögert. Die Differenz zur Torf/Sandserie beträgt 14 Tage. Vergleicht man die Wurzelentwicklung mit dem Blattaustrieb, so kann man erkennen, daß die einzelnen Blattentfaltungsstufen schneller als im Torf/Sandgemisch

durchlaufen werden. Sowohl Primärwurzel- als insbesondere Adventivwurzelausbildung liegen erheblich nach der Blattentfaltung. Die Primärwurzeln sind bis zur vollen Blattausbildung nur mittelstark entwickelt. Die Adventivwurzeln können erst einige Tage nach der vollen Blattentfaltung zur Wasserversorgung beitragen.

In der Wasserkultur sind die Verhältnisse von Adventiv- zu Primärwurzeln verschoben. An der Wasseroberfläche bilden sich zuerst Adventivwurzeln, einige Wochen später folgen nur zögernd die Ausstülpungen am Hauptwurzelsystem (Abb. 5).

Androscoggin:

In gut durchlüfteten lockeren Substraten Primär- und Adventivwurzelausbildung zugleich mit Blattaustrieb. Im mäßig durchlüfteten Substrat Primärwurzelbildung nach Blattaustrieb, Adventivwurzelausbildung erheblich nach Blattaustrieb.

Oxford reagiert im Torf/Sandgemisch ähnlich wie *Androscoggin*, und zwar sowohl hinsichtlich der Primär- und Adventivwurzelausbildung als auch im Verhältnis zum Blattaustrieb. Im Lehm setzt die Wurzelausbildung beider Systeme gleichzeitig ein, differenziert sich jedoch im weiteren Verlauf recht auffällig. Die Primärwurzeln entwickeln sich nur langsam, das Wachstum der Adventivwurzeln scheint gehemmt. Während die Blattentfaltung ohne wesentliche Unterschiede verläuft, schreitet das Wurzelwachstum im Lehm und Wasser langsamer fort als in dem leichten Substrat. Hier ist eine gute und deutliche Verzweigung beider Wurzelsysteme bei Erreichen der Stufe „stark“ zu erkennen, im Lehm kann lediglich in den Spalten und Rissen des Bodens eine zügige Adventivwurzelausbildung beobachtet werden. In der Wasserkultur zeigt sich ebenfalls eine Verzögerung, jedoch liegen beide Wurzelsysteme im Austreiben nahe beieinander.

Oxford:

In Torf/Sand Primär- und Adventivwurzelbildung zugleich mit Blattaustrieb. Im Lehm fällt Wurzelwachstum mit Blattaustrieb zusammen, jedoch schreitet Blattentfaltung wesentlich schneller als Wurzelwachstum voran.

P. trichocarpa 62/66 bildet in allen drei Substraten fast gleichzeitig primäre und adventive Wurzeln aus. Die



Abb. 5. — Wurzelneubildung bei *Androscoggin* (Wasserkultur).

Wachstumsintensität ist, fast ohne Rücksicht auf Substrate, ausgeprägt stark. Die Wurzel ausstülpungen liegen vor dem Knospenschieben. Die volle Blattentfaltung erfolgt erst, wenn beide Wurzelsysteme kräftig ausgebildet sind.

P. trichocarpa 62/66:

Wurzel ausbildung — adventiv und primär — kurz vor Blattaustrieb, starkes Wurzelwachstum während des Blattaustriebes, kein wesentlich abweichendes Verhalten in den Substraten.

33 Sektion *Leuce*

Bei der Silberpappelvarietät *P. alba nivea* setzt in allen drei Substraten das Wachstum der Primärwurzeln auffallend früher vor dem der Adventivwurzeln ein. Zwischen Torf/Sand und Lehm besteht kein Unterschied hinsichtlich des Beginnes und der Intensität der Primärbewurzelung. In der Wasserkultur sind jedoch, wie auch in den vorhergehenden Serien beschrieben, nicht unerhebliche zeitliche Verzögerungen festzustellen.

Die Bildung der Adventivwurzeln erfolgt gleichzeitig in den Substraten. Sie sind durch eine ganz besonders starke Intensität gekennzeichnet, so daß in wenigen Tagen das primäre Wurzelwerk hinsichtlich des Volumens übertroffen wird. *P. alba nivea* ist ein Musterbeispiel für den Übergang der Versorgung von dem primären auf das sekundäre Wurzelwerk.

Der Blattaustrieb fällt mit der primären Wurzel ausbildung zusammen. Unterschiede durch Substrateinfluß sind nicht gegeben. Das Adventivwurzelwachstum steht im Einklang mit der vollen Blattentfaltung und dem Schieben des Terminaltriebes.

P. alba nivea:

Primärwurzelbildung gleichzeitig mit Knospenschieben, Adventivwurzelbildung einsetzend bei voller Blattentfaltung und Terminaltriebausbildung. Keine wesentliche Beeinflussung durch Substrat.

Der Graupappelklon *Ingolstadt 9 b* reagiert deutlich auf die Substratzusammensetzung. Im Torf/Sandgemisch schieben die Primärwurzeln etwa gleichzeitig mit dem Öffnen der Blattknospen und entwickeln sich schnell. Die Adventivwurzeln folgen mit einigen Tagen Verzögerung. Eine ausreichende Versorgung über beide Wurzelsysteme bei voll entfalten Blättern ist gewährleistet. Dies tritt durch eine rasche Terminaltriebbildung und gute Seitenverzweigung sichtbar hervor. Fünf Tage nach der Blattentfaltung erreicht der Terminaltrieb eine Länge von 20 cm. Im Lehm erfolgt die Blattentfaltung kurz vor der Entwicklung der primären Wurzeln, der Abstand der Adventivwurzelbildung beträgt beinahe 2 Wochen. Der Wachstumsfortschritt der Wurzeln ist nur „mittel“.

Bei der noch weniger durchlüfteten Wasserkultur kam es zu keinem primären Wurzelwachstum, vielmehr bilden sich nach 16 Tagen Adventivwurzeln aus Lentizellenausstülpungen. Diese Wurzeln entwickeln sich sehr schnell und vermögen die Pflanze ausreichend mit Wasser zu versorgen.

Graupappel *Ingolstadt 9 b*:

stark unterschiedliches Verhalten je nach Substrat. Im Torf/Sandgemisch Austrieb und Wurzelentwicklung übereinstimmend, im Lehm Wurzelwachstum nach Blattaustrieb, in Wasserkultur nur Adventivwurzeln.

Aspe — *P. tremula-Tapiau* — zeigt während der gesamten Versuchsdauer und auch in der nachfolgenden Vege-

tationszeit 1968 keinerlei adventive Wurzelbildung. Es muß angenommen werden, daß nur unter besonders günstigen Bedingungen bei Aspen während der ersten Vegetationsperiode eine Adventivbewurzelung eintreten kann. Wurzelgrabungen auf einer mehrjährigen Leuce-Versuchsfläche im Forstamt Gahrenberg zeigten jedoch, daß im zweiten Jahr nach der Pflanzung Adventivwurzeln vorhanden sein können.

Das Wachstum am primären Wurzelwerk setzt sowohl im Torf/Sandgemisch als auch im Lehm kurz nach dem Knospenschieben ein, entwickelt sich sehr schnell, so daß bei voller Blattentfaltung ein gut verzweigtes primäres Wurzelwerk zur Verfügung steht. In der Wasserkultur kann überhaupt keine neue Wurzelbildung beobachtet werden. Da jedoch auch hier die Pflanzen voll entfaltet sind und Terminaltriebe geschoben haben, gilt es als sicher, daß die Wasseraufnahme über das vorhandene Wurzelwerk ohne Neubildung möglich ist.

Aspe *Tapiau*:

keine Adventivwurzelbildung während der ersten Vegetationszeit. Gutes Wachstum des primären Wurzelsystems in Torf/Sand und Lehm unmittelbar nach Knospenschieben, hohe Intensität. Keine neue Wurzel ausbildung in Wasserkultur.

4. Diskussion

Die bisherigen Arbeiten über das Wurzelwachstum bei Pappeln beschäftigten sich überwiegend mit der Wurzel ausformung und der Bewurzelungsintensität. Eine zusammenfassende Darstellung wird von KÖSTLER u. a. (1968) gebracht, der das spezifische Verhalten von Pappelsorten auf unterschiedlichen Standorten hervorhebt. MARCET (1960) findet einen Zusammenhang zwischen Frühtest und späterer Entwicklung bei Schwarzpappelsorten, JOACHIM (1953) vergleicht die Wurzel ausbildung von Klonen der Sektionen *Aigeiros*, *Tacamahaca* und *Leuce* im Feldversuch und leitet für die einzelnen Sorten Standortansprüche ab. Ebenfalls im Frühtest, der sowohl in Erd- als auch Wasserkulturen durchgeführt wurde, weist KLEINSCHMIT (1963) für *Aigeiros* und eine *Trichocarpa*-Sorte eine stark differenzierte Wurzel ausbildung nach. Die Gesamtlänge zweijähriger Wurzelsysteme schwankt von ca. 500 m bei *Robusta* bis zu 1100 m bei der Italiener-Auslese I 79. In einem Gefäßversuch bewerteten HILF und ROHMEDER (1951) das Verhältnis von Wurzelwachstum zu Sproßausbildung und finden insbesondere Beziehungen zwischen Standort, hier vor allem Wasserversorgung und Durchlüftung, und sortentypischen Ansprüchen. Speziell mit Wurzelwachstumsbeginn und Luft- sowie Bodentemperaturverhältnissen befaßt sich STRAUB (1966) bei *Aspensämlingen*. Die Versuchsanordnung deckt sich sowohl in der Methode als auch in den Ergebnissen weitgehend mit unseren Untersuchungen.

Die Diskussion der Ergebnisse soll sich mit einigen Fragen beschäftigen, die für die praktische Kulturbegründung unter Einbeziehung der drei Sektionen Bedeutung haben.

Wie in Gefäß- und Feldversuch erkannt werden konnte, ist die *Relation zwischen Wurzel- und Blattentwicklung sortentypisch*. Die beiden *Aigeiros*-Sorten Harff und *Robusta* schieben ihre Wurzeln etwa 10 Tage vor Austrieb der Blätter. Bis zur vollen Blattentfaltung wird das primäre und adventive Wurzelwerk so gut ausgebildet, daß eine Unterbilanz in der Wasserversorgung nicht zu befürchten ist. Der Typ des synchronen Verlaufes von Wur-

zelbildung und Blattentfaltung wurde bei *Adroscoggin* in dem leichten Substrat dargestellt. Es wird deutlich erkennbar, daß bei diesem Verhalten erheblich größere Gefahren zu erwarten sind. Bei oberirdischen Beschädigungen der Pflanze, sei es durch Spätfrost, durch früh einsetzenden Blattfraß oder auch durch Fegeschäden, vermag das noch schwach ausgebildete Wurzelwerk die erhöhten Anforderungen nicht mehr zu befriedigen, zumal Störungen der Sproßentwicklung meist auch nachteilige Auswirkungen auf das Wachstum des Wurzelsystems ausüben (SÖDING 1952). Die Aspe, vertreten durch einen ostpreußischen Klon, aktivierte schließlich ihr Wurzelwachstum erst nach Öffnen der Knospen. Da STRAUB bei drei verschiedenen Provenienzen das gleiche Verhalten feststellte und dies mit der durchaus begründeten Annahme untermauerte, daß erst das Triebwachstum die Wurzelausprägung induziert, werden die Untersuchungsergebnisse in ihrer Aussagekraft erweitert. Pflanzen, die den Blattaustrieb vor die Wurzelentwicklung stellen, sind bei der Kultur besonders gefährdet.

Das in allen Versuchen bisher bewiesene klonspezifische Verhalten kann durch Umweltbedingungen stark beeinflusst werden. STRAUB weist auf die Bedeutung der Bodentemperatur für den Zeitpunkt des Austreibens hin. ROHMEDER (1957) und MARCET (1960) sehen die Ursache einerseits in der Korngrößenzusammensetzung und damit in der Durchlüftung der Böden und andererseits in der Nährstoffversorgung. In einem Lehm Boden wurde in dem MARCET'schen Versuch die kleinste Wurzelmasse gebildet. Bei unseren Untersuchungen wurde der Nährstofffaktor eliminiert. Die Abstufungen vom Torf/Sandgemisch über Lehm zur gering belüfteten Wasserkultur stellt die physikalischen Bedingungen, insbesondere die Luftzirkulation, als Maßstab heraus.

Dies erschien uns richtig und vorrangig, weil die Ergebnisse ausgedehnter Feldprüfungen bei *Aigeiros*-Sorten gezeigt haben, daß die Durchlüftung der Böden auf das Wachstum im allgemeinen einen vorrangigen Einfluß ausübt. Das Anpassungsverhalten von Balsam- und Weißpappelsorten an unterschiedliche Bodenverhältnisse bestätigt diese Erkenntnisse. Bei *Androscoggin* z. B. bilden sich im Torf/Sandgemisch primäre und adventive Wurzeln zum Zeitpunkt des Laubausbruchs. Im Lehm dagegen setzt das Primärwurzelwachstum erst nach Laubaustrieb ein, die Entwicklung der Adventivwurzeln ist zeitlich noch stärker verzögert. Längenwachstum und Verzweigung beider Wurzelsysteme sind schwach. In gering durchlüfteten Böden verschlechtert sich also das Verhältnis zwischen Transpirationsfläche und Wasseraufnahmeorganen. Für die Sektion *Leuce* kann eine Parallele bei der Graupappel Ingolstadt 9 b gefunden werden. Die Aspe zeigt in der schwach durchlüfteten Wasserkultur überhaupt kein Wurzelwachstum.

Die Art der Wurzelbildung ist nicht nur für die Methode zur autovegetativen Vermehrung von Wichtigkeit (KLEINSCHMIT und FRÖHLICH 1956, FRÖHLICH 1957), — sondern muß auch bei der Wahl der Kulturtechnik für Freilandpflanzungen berücksichtigt werden. Bereits TRÉCUL (1846) wies durch mikroskopische Untersuchungen nach, daß Weiden- und Pappelarten über Wurzelkeime verfügen, die bei günstigen Außenbedingungen schnell und leicht zur Ausbildung von Adventivwurzeln angeregt werden können. BRAUN (1963) und BRAUN und SCHLENKER (1964) haben das Vorkommen von Wurzelkeimen in den Sproßachsen verschiedener Pappelsorten kürzlich untersucht und auch hier sehr starke sortenbedingte Unterschiede festgestellt. So

sind Pappeln der Sektion *Aigeiros* mit 16—34 Wurzelkeimen je 10 cm Sproßlänge besetzt, auch *Androscoggin* und zwei andere Balsamsorten weisen mit ca. 30 Wurzelkeimen ein gutes Verhältnis auf, während bei *P. tremula* und *P. tremuloides* überhaupt keine Wurzelkeime gefunden werden konnten. Bei *P. alba* sank die Zahl auf 10 ab. In unseren Untersuchungen zur autovegetativen Vermehrung von *Leuce*-Pappeln kamen noch weitere Differenzierungen zutage: Steckhölzer von *P. tremula* bewurzelten sich fast ausschließlich über Basalkallus (Abb. 6), in der Graupap-



Abb. 6. — Wurzelbildung aus Basalkallus.

pelgruppe war eine Bewurzelung sowohl über Wurzelkeime als auch über Ausstülpungen aus dem Lentizellengewebe zu erkennen. Hier setzte die Differenzierung aus dem Bildungsgewebe, der sogenannten Phellogenschicht, ein. Während die Wurzelbildung über Wurzelkeime nur einige Tage benötigt, bedarf der Prozeß über Lentizellenbewurzelung etwa 2—3 Wochen und über Kallus 6—8 Wochen (FRÖHLICH und VAN DER MEIDEN 1968).

In unseren Untersuchungen trat der wesentliche Unterschied im zeitlichen Ablauf der Entwicklung des primären und adventiven Wurzelwerkes hervor.

Bei Harff erreichen die primären Wurzeln rasch und deutlich vor den adventiven die volle Wuchsentensität, bei *Androscoggin* verhalten sich beide Wurzelsysteme etwa gleich, während bei *P. alba nivea* die adventiven Wurzeln schneller die Intensitätsstufen durchlaufen. Wenn die Adventivwurzeln gleichzeitig mit dem Primärwurzelwerk ihre Tätigkeit aufnehmen und beide Wurzelsysteme nach kurzer Zeit physiologisch voll aktiv sind, hat die Pflanze die Möglichkeit, ihren Blättern ausreichend Wasser und Nährstoffe zuzuführen. Damit ist die Gefahr einer Unterbilanz weit geringer als bei einer zeitlichen Trennung der Entwicklung beider Wurzelsysteme.

Auch dieses Verhältnis wird durch die physikalischen Eigenschaften der Böden beeinflusst. Die adventiven Wurzeln bilden sich bei Harff im Torf/Sandgemisch 16 Tage, im Lehm 32 Tage später als die primären. Bei *Androscoggin* beträgt die Spanne im Lehm 14 Tage, bei *P. alba nivea* in beiden Substraten 11—12 Tage.

Diese Befunde decken sich mit unseren Feldversuchen, bei denen wir in Obenaufpflanzung mit Anhäufeln, Tieferpflanzen um 10—20 cm gegenüber dem Baumschulstand und Pflanzung in der üblichen Tiefe von 40—60 cm *Aigeiros*-, Balsam- sowie *Leuce*-Sorten verglichen haben.

Auf leichten, gut durchlüfteten Böden, z. B. auf Diluvialsand der Rhein-Main-Ebene, der nährstoffmäßig durch das Grundwasser gut versorgt ist, traten in Ausfallprozenten und Wuchsleistungen nur Unterschiede bei Aspen und

aspennahen Graupappeln auf. Zwischen Balsampappeln und Schwarzpappelhybriden waren keine Differenzen zu erkennen. Auf schweren, wenig durchlüfteten, aber ausreichend nährstoffversorgten Böden war das Ausfallprozent bei den tiefer gepflanzten Balsampappeln zum Teil erschreckend hoch und ging über 50%, während bei den Schwarzpappeln nur hinsichtlich der Wachstumsintensität Unterschiede in der ersten Wuchsperiode festzustellen waren. Das weitere Wachstum ist aber auf diesen schlecht durchlüfteten Böden bei Schwarzpappelsorten in der Regel gehemmt.

41 Folgerungen für die Praxis

411 Pflanzmethoden

Schwarzpappelhybriden: Die Schwarzpappelhybriden stellen hohe Ansprüche an die physikalischen Eigenschaften der Böden. Sie benötigen zwingend eine gute Durchlüftung. Eine Tieferpflanzung ist wegen der schnellen Adventivwurzelbildung zu empfehlen, jedoch nur bis zu solchen Horizonten, die ausreichend durchlüftet sind. Auf Sandböden mit Grundwasserbeeinflussung empfiehlt sich eine Pflanztiefe, die den Pappeln den kurzfristigen Anschluß an die wasserführenden Schichten ermöglicht (Abb. 7).

Balsampappeln: Verschiedene Balsamklone zeigen eine weite Standortamplitude. Der Nährstoffbedarf ist geringer als bei *Aigeiros*, so daß der mesotrophe Vegetationsbereich ebenfalls für den Anbau vorgesehen werden kann (FRÖHLICH 1965). Die hohe Wurzelintensität ermöglicht auch den Anbau auf schweren, wenig durchlüfteten Böden. Es sind mehrere Beispiele bekannt, wo Balsamsorten auf eutrophen, tonigen Leimböden gut gewachsen sind. Dieses Verhalten kommt jedoch nicht der gesamten Sektion oder z. B. der Art *P. trichocarpa* zugute, sondern ist weitgehend klon-spezifisch bedingt. Der Kulturerfolg wird gerade auf solchen Standorten von der Pflanzmethode bestimmt. Es wird empfohlen:

- a) auf lockeren, gut durchlüfteten Böden eine Tieferpflanzung ähnlich wie bei den Schwarzpappeln
- b) auf luftarmen, schweren, verdichteten oder wechsel-

feuchten Böden des eu- und mesotrophen Vegetationsbereiches sollte nur etwa 10 cm tiefer gepflanzt werden, um die Standfestigkeit zu erhöhen. Im Extremfall muß eine Oberflächen- bzw. sogar Hügelpflanzung vorgenommen werden. Die Gefährdung der Balsampappel scheint nur während der Anwuchsperiode groß zu sein, später dringen die Wurzeln auch in hohlraumärmere Schichten ein (Abb. 8).

Leuce: Sie sind grundsätzlich wie Balsampappeln auf schweren, wechselfeuchten Böden zu behandeln: eine Handbreite tiefer pflanzen oder anhäufeln, um die Standfestigkeit zu erhöhen. Auch auf Auestandorten kann nur ein Tieferpflanzen von 5—10 cm empfohlen werden. Lediglich in lockeren Sandböden sollten, ebenfalls zur Erhöhung der Standfestigkeit, Graupappeln (nicht Aspen) auf eine Tiefe von ca. 20 cm gepflanzt werden (Abb. 8).*)

412 Einstutzen

Bei Aspe, aspennahen Graupappelklonen und zum Teil auch bei Balsampappeln haben sich Rückschnitte unmittelbar nach der Kultur vor Laubaustritt günstig bewährt.

Sie sind für Extremstandorte — kalte, wechselfeuchte und überwiegend vernäßte Böden, z. B. Pseudo- und Stagnogleye — zu empfehlen. Vielfach können sie auch während extremer Witterungsbedingungen (Trockenheit, lange Überflutung) und nach Laubausschub mit Erfolg gehandhabt werden. Die Ergebnisse sollen durch einen Versuch deutlich werden (FRÖHLICH [1967], Tab. 2).

Der Rückschnitt wirkt sich positiv auf die Anwuchsergebnisse aus, wobei das sortenspezifische Verhalten wieder stark hervortritt. Parallel hierzu kann das Sproßwachstum der zurückgeschnittenen Pflanzen gegenüber den Parallelen ohne Rückschnitt erheblich gefördert sein. Auch die Blätter werden bei den Rückschnittpflanzen wesentlich kräftiger ausgebildet. Die damit verbundene Arbeit, im zweiten Jahr auf einen Leittrieb zu schneiden, steht in keinem Verhältnis zu dem besseren Kulturerfolgen.

*) Die Ergebnisse und Erfahrungen wurden in einem Merkblatt des Forschungsinstitutes für Pappelwirtschaft (FRÖHLICH u. DIETZE 1968) niedergelegt.

Schwarzpappeln

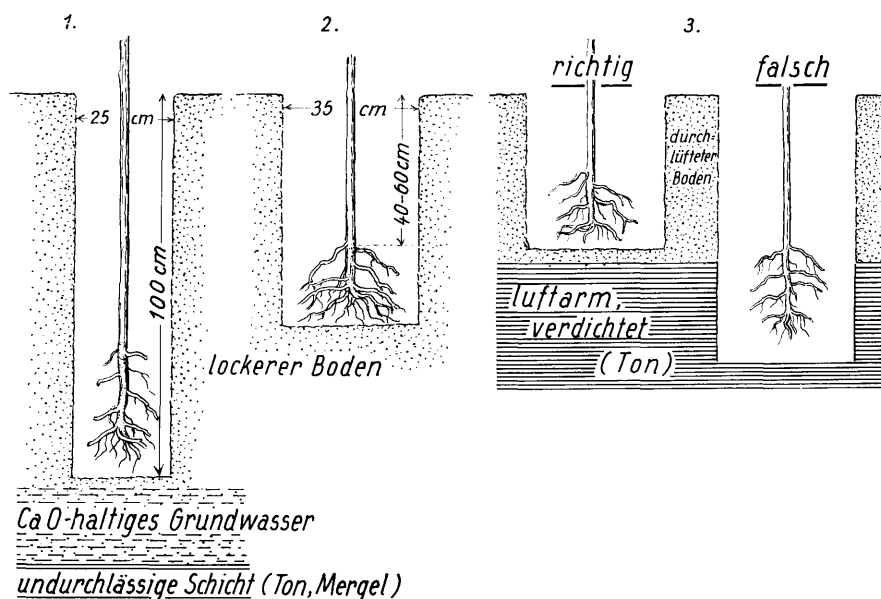
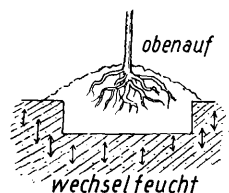
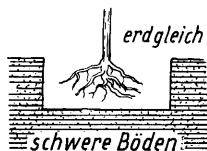
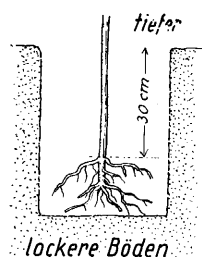
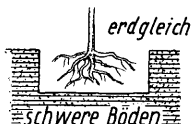
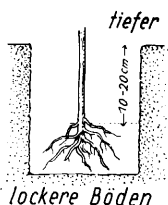


Abb. 7. — Pflanzung von Schwarzpappeln.

Balsampappeln



Graupappeln



Aspen

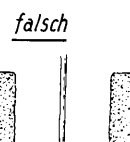
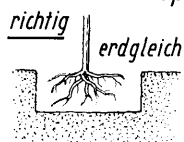


Abb. 8. — Pflanzung von Balsam- und Weißpappeln.

Tab. 2. — Einfluß des Rückschnitts auf Anwuchsprozente und Sproßwachstum.

Sorte	Typen u. Kombination**)	Anwuchsprozent		Länge des Jahrestriebes	
		mit Rückschnitt	ohne Rückschnitt	mit Rückschnitt	ohne Rückschnitt
Tapiau	t	96	73	55	50
Ing. 24	a/ca	100	100	99	73
Lor. 8	ct	100	100	71	51
Ga 1 × T 230	t × tr	56	66	26	14
Ga 3 × Bs 16	t × t	90	45	34	18
Ga 3 × Bs 24	t × t	100	100	81	35
Wi 1 × T 248	t × tr	100	100	56	19
Wiz 2 × Bs 24	t × t	100	100	56	33
Wiz 2 × Lor 2	t × a/ca	66	50	31	26
Sal 2 × T 59	t × tr	100	100	89	47
\bar{x}		91%	83%	60 cm	37 cm
Differenz		8		23*	
GD5%		18,6		20,6	
Vertrauensgrenze		80%		97%	

**): a = alba
t = tremula
ct/ca = canescens
tr = tremuloides

42 Folgerung für die Züchtung

Neuzüchtungen sollten durch standardisierte Frühteste auf ihre Wurzelbildung und -intensität unter verschiedenen Bodensubstratbedingungen geprüft werden, bevor sie in gewerbsmäßigen Verkehr gelangen, um die entsprechenden Kulturempfehlungen geben zu können.

Aufgrund der bisherigen Untersuchungen wird eine Frühdiagnosemethode am Institut weiter ausgearbeitet, über die später zu berichten ist.

Zusammenfassung

1. Die Beziehungen zwischen Wurzelbildung und Laubaustrieb bei Pappeln der Sektionen *Aigeiros*, *Leuce* und *Tacamahaca* wurden in einem Gefäßversuch mit verschiedenen Bodensubstraten geprüft und durch Ergebnisse von Feldversuchen ergänzt. Die Untersuchungen konzen-

trierten sich auf die Zeitfolge und Intensität der Ausprägung eines primären und adventiven Wurzelwerkes unter verschiedenen ökologischen Bedingungen.

2. Die Entwicklung der Wurzelsysteme und die Relationen zur Blattentfaltung sind klonspezifisch bedingt. Das Einsetzen des Wurzelwachstums wurde je nach Pappelsorte vor, während oder nach dem Laubaustrieb beobachtet.

3. Umweltbedingungen können das sortenspezifische Verhalten zwischen Wurzel- und Blattentwicklung beeinflussen. Dichtlagerung der Böden und abnehmende Belüftung hemmen die Wurzelbildung. Das Verhältnis zwischen Wasseraufnahmeorganen und Transpirationsflächen wird dadurch verschlechtert.

4. Der zeitliche Ablauf der Entwicklung des primären und des adventiven Wurzelwerkes ist in erster Linie sortenspezifisch bestimmt. Veränderungen dieses Verhältnisses sind durch den Einfluß der physikalischen Bodeneigenschaften zu erklären.

5. Um ein den jeweiligen Bodenverhältnissen entsprechendes optimales Wurzelwachstum bei den Pappelsorten zu ermöglichen, werden bei der Anlage von Pappelkulturen folgende Pflanztiefen empfohlen:

Schwarzpappeln: auf gut durchlüfteten Standorten 40—60 cm tiefer als Verschulstand, auf Sandböden mit kalkhaltigem Grundwasser bis an die Grundwasserzone.

Balsampappeln: auf leichten Böden wie Schwarzpappeln, auf mäßig durchlüfteten Böden handbreit tiefer pflanzen, auf vernässten Böden erdgleich oder obenauf pflanzen.

Weißpappeln: *P. alba* wie Schwarzpappeln, *P. × canescens* in der Regel nur handbreit tiefer pflanzen, auf vernässten Standorten obenauf. *P. tremula* erdgleich oder erhöhte Pflanzung.

Summary

1. The relations between root-formation and foliation in poplars of the sections *Aigeiros*, *Leuce* and *Tacamahaca* have been examined in a box-trial with different soil substrata, completed by results of field-trials. The research concentrated on the chronological order and the intensity of the development of a primary and an adventitious root-system under different ecological conditions.

2. The development of the root-system and their rela-

tions to foliation are clone-specific. According to the poplar species the beginning of root growth has been observed before, during and after the foliation.

3. Environmental factors will influence the clone specific reaction between root and foliage development. Root formation is impeded by soil density and decreasing aeration. The relation between water-absorbing organs and perspiration surface will deteriorate thereby.

4. The chronological order in the development of the primary and adventitious root system is primarily determined by the species. Variations in this relation are to be explained by the influence of the physical qualities of the soil.

5. To get an optimal root growth in poplar species according to the respective soil conditions, it is suggested to use the following planting depths:

- Black Poplars: in soils with good aeration planting 40—60 cm deeper than in the nursery, in sandy soils with calciferous ground water planting as far as the ground water level.
- Balsam Poplars: in light soils planting similar to Black Poplars, in moderately aerated soils planting a hand's breadth deeper, in damp soils planting in soil level or above.
- White Poplars: *P. alba* similar to Black Poplar, *P. × canescens* ordinarily only a hand's breadth deeper, in damp soils above the level. *P. tremula*: planting in soil level or above.

Literatur

- BRAUN, H. J.: Wurzelkeime in jungen und älteren Sprossachsen von *Populus*. Z. f. Botanik 51, 441—451 (1963). — BRAUN, H. J., und SCHLENKER, G.: Das Vorkommen von Wurzelkeimen in den Sprossachsen verschiedener *Populus*-Sorten. Mittl. Ver. Forstl. Standortk. und Forstpflanzenz. 14, 65—68 (1964). — FRÖHLICH, H. J.: Die vegetative Vermehrung von Aspe und Graupappel und ihre Bedeutung für den Waldbau. Allgem. Forstz. 12, 196—198 (1957). — FRÖHLICH, H. J.: Aussichten für den Anbau von Balsampappeln und Balsamkreuzungen. Holzzucht 19, 1—14 (1965). — FRÖHLICH, H. J.: Pappeln der Sektionen *Aigeiros*, *Leuce* und *Tacamahaca* während der Jugendentwicklung. Habilitation, Staatswirtschaftl. Fakultät München, 1967. — FRÖHLICH, H. J., und DIETZE, W.: Merkblatt 4. Forschungsinstitut f. Pappelwirtschaft, Hann. Münden, 1968. — FRÖHLICH, H. J., und MEIDEN, VAN DER H. A.: Propagation and Nursery practices. Internationale Gemeinschaftsarbeit der FAO, Journ. of Forests 1968. — HILF, H. H., und ROHMEDER, E.: Pappelsortenprüfung. Forstarchiv 22, 53—57, 80—87 (1951). — JOACHIM, H. F.: Untersuchungen über die Wurzelbildung der Pappel und die Standortansprüche. Deutsche Akademie d. Landwirtschaftswiss. zu Berlin, Wiss. Abhandlungen, Bd. VII, 1953. — KLEINSCHMIT, R., und FRÖHLICH, H. J.: Stecklingsvermehrung in automatisch gesteuerter Wasserkultur. Forstarchiv 27, 149—154 (1956). — KLEINSCHMIT, J.: Unterschiede im Wachstum und in der Nährstoffaufnahme verschiedener Pappelklone. Diss. Forstl. Fak. Göttingen, Hann. Münden, 1963. — KÖSTLER, J. N., BRÜCKNER, E., und BIBELRIETHER, H.: Die Wurzeln der Waldbäume. Hamburg und Berlin 1968. — LEIBUNDGUT, H., DAFIS, Sp., und RICHARD, F.: Untersuchungen über das Wurzelwachstum verschiedener Baumarten. Schweiz. Z. f. Forstw. 114, 621—646 (1963). — MARCET, E.: Modellversuch zur Frage der spezifischen Eignung bestimmter Pappelsorten für nicht optimale Böden. Silvae Genetica 9, 93—101 (1960). — ROHMEDER, E.: Umwelt und Erbgut bei der Wuchsleistung einjähriger Pappelbaumschulheister. Allgem. Forstz. 12, 290—293 (1957). — SÖDING, H.: Die Wuchsstofflehre. Stuttgart 1952. — STRAUB, R.: Experimentelle Untersuchungen über die Abhängigkeit des Wurzelwachstumsbeginnes bei Aspensämlingen von der Luft- und Bodentemperatur. Schweiz. f. Forstw. 117, 60—67 (1966). — TRÉCUL: Recherches sur l'origine des Racines. Annales des sciences natur., III. série. Botanique T. VI, Paris, 1846.

Newsletter

Research records, Malawi Forest Research Institute, Dedza, Malawi

Pinus patula is the most important plantation tree in Malawi (and in other parts of eastern, central and southern Africa) and four recent reports from the Forest Research Institute dealt with growth, productivity, genetics and phenology of this species. In one of these reports other species were considered also.

Research Record No. 30, 1969, by A. P. DREW: A phenology study of *Pinus patula* on the Vipya Plateau (5 pp.).

This was a largely qualitative study of seasons of shoot elongation and needle growth, xylem development, and floral ontogeny in three trees 9—10 years old (40—43 feet high). Most terminal and branch growth appeared from late August to late October; in the rest of the year growth was surprisingly slow for this area and species, particularly as needle elongation continued until March. At the same time earlywood cells were formed; latewood developed from March to August. Male strobili appeared in May and developed slowly until September when rapid elongation and differentiation occurred; pollen was shed over a three-week period in September-October. Female strobili emerged from bud scales in early September.

Research Record No. 32, 1969, by D. N. PATERSON: Genetic gains predicted for seed to be produced from Malawian tree seed orchards (7 pp.).

The available conifer breeding material in Malawi comprises plus trees from exotic plantations in Malawi, Rhodesia, South Africa and east Africa, mainly from *Pinus elliottii*, *P. kesiya*, *P. patula* and *Cupressus lindleyi*. Genetic gains were calculated with the stated assumptions that (i) Malawian and east African selection procedures were comparable, (ii) selection differential is based on the difference between the selected tree and five neighbours, (iii) narrow sense heritability is 50%, and the implicit assumption

that there were no major genotyp-environment interactions between Malawi and east Africa. — Despite these somewhat optimistic assumptions this paper provides valuable information for pine research in Africa. It would have been useful perhaps to outline the method of gain calculation but, judging by the tabulated percentage gains for 20 traits in four species, meaningful improvement is likely for all except spiral grain and stem taper in all species and crown width and number of stem bends in two species. — In addition to these predictions of genetic gains there is a most useful section on value gains based on sawmill correlations between lumber recovery and log size, straightness and taper, and compression wood content.

Research Record No. 33, 1970, by D. L. Foor: The productivity of pine plantations grown for pulpwood on the Vipya Plateau.

Most plantations in Malawi are too young for assessment of potential yield and this preliminary mensurational study was confined to unthinned experimental plots of *P. elliottii* and *P. patula* in 3000 acres of semi-mature stands near Chikangawa. Sample plot measurements were used to compute regression relating volume, yield and dominant height. It was concluded that the productive capacity of the area was 325 cubic feet per acre per annum (22.7 cubic metres per hectare per annum) with marginal differences between species.

Research Record No. 37, 1969, by H. G. W. MARSHALL and D. L. Foor: Growth and silviculture of *Pinus patula* in Malawi (58 pp.).

This report summarises mensurational and silvicultural research on *P. patula* in Malawi to the end of 1968. It includes tree and stand volume tables, tariff tables and variable density yield tables. Thinning research included studies of frequency, intensity and timing of thinning for various site types and rotation lengths. Pruning intensity, height and frequency were also examined.

J. BURLEY