

# Unterscheidung von Schwarzpappelklonen mit physiologischen Merkmalen

Von G. H. MELCHIOR\*) und H. H. HATTEMER\*)

## Einleitung

Für die Anerkennung und wirksame Sicherung des Sortenschutzes muß es nicht nur möglich sein, Pappelklone ihrem Sortenbild nach ungefähr zu beschreiben, sondern es müssen auch Möglichkeiten gefunden werden, fragliches Material jederzeit klar zu unterscheiden.

Für die Aufgabe der Identifikation kann eine Vielzahl sortenweise variierender Merkmale herangezogen werden, soweit sie objektiven Bestimmungsmethoden zugänglich, d. h. in Zahlen faßbar sind. Diese Forderung erhielt hier besonderes Gewicht. Neben den nächstliegenden habituellen und phänologischen Merkmalen kommen hierfür auch anatomische, biochemische und physiologische Eigenschaften in Betracht. So konnte BÖRTITZ (1962, 1963) bei Pappel Individualunterschiede im Gehalt fluoreszierender Inhaltsstoffe nachweisen, und BARTELS (1964) stellte bei einigen *Populus X euramericana*-Klonen Unterschiede in der Enzymaktivität fest. BORS DORF (1964) benutzte neben anderen Merkmalen Menge, Farbe und Konsistenz von Balsamabscheidungen an der Sproßachse zur Klonbeschreibung, außerdem kann dazu das Wundheilungsvermögen herangezogen werden (BORS DORF 1966). Auch die Beziehungen zwischen Nährstoffaufnahme und Wachstum sind zur Sortenunterscheidung verwendbar, wie v. WETTSTEIN und VIEGHOFER (1958) und KLEINSCHMIT (1963) zeigen konnten. Hinsichtlich des Transpirationsverhaltens stellten HUBER und POLSTER (1955), MARQUARDT (1954, 1958) und POLSTER (1957) Klonunterschiede fest, HUBER und POLSTER (1955) beschrieben außerdem die unterschiedliche Assimilationsleistung einiger Klone.

Tab. 1. — Photoperiodische Reaktion einiger Holzgewächse hinsichtlich des vegetativen Wachstums (nach CHOUARD 1964, mod. nach NITSCH 1957 b und DOWNS 1962).

Reaktionsklassen	Beispiele
I. Langtag verhindert Einsetzen der Ruhe	
1) Kurztag verursacht Ruhe	
a) Langtag verursacht kontinuierliches Wachstum	<i>Fagus silvatica</i> L., <i>Populus alba</i> L., <i>P. deltoides</i> MARSH., <i>P. nigra</i> L., <i>P. trichocarpa</i> HOOK., <i>P. tremula</i> L., <i>Ulmus americana</i> , <i>Viburnum opulus</i> L., <i>Robinia pseudacacia</i> L.; <i>Larix leptolepis</i> (SIEB. et ZUCC.). <i>Tsuga canadensis</i> (L.) CARR.
b) Langtag verursacht periodisches Wachstum	<i>Quercus borealis</i> MICHX. f.; <i>Picea abies</i> (L.) KARST., <i>P. sitchensis</i> (BONG.) CARR., <i>Pinus silvestris</i> L., <i>P. strobus</i> , <i>Pseudotsuga menziesii</i> (MIRB.) FRANCO.
2) Kurztag verursacht keine Ruhe	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) HULL.; <i>Juniperus horizontalis</i> MOENCH var. <i>plumosa</i> TEHD., <i>Thuja occidentalis</i> L.
II. Langtag verhindert Einsetzen der Ruhe nicht	<i>Syringa vulgaris</i> L., <i>Viburnum prunifolium</i> L., <i>Cerasus avium</i> L., <i>Aesculus hippocastanum</i> L.

\*) Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung in Schmalenbeck der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft.

Herrn Prof. W. LANGNER zum 60. Geburtstag gewidmet.

Im Hinblick auf das vegetative Wachstum ist die Pappel eine Langtagspflanze, d. h. unter entsprechenden Bedingungen der Temperatur und Tageslänge wächst sie kontinuierlich (NITSCH 1957 a, b, PAULEY and PERRY 1954, VAN DER VEEN 1951). Tab. 1 gibt einen Überblick über photoperiodische Verhaltensweisen, die bei Holzgewächsen vorkommen. Wachstumsruhe bedeutet dabei das Unvermögen einer Pflanze oder eines Pflanzenorgans zu wachsen, obwohl alle Umweltbedingungen hierfür günstig sind.

Das Einsetzen der Knospenruhe (DOWNS and BORTHWICK 1956, NITSCH and NITSCH 1959) wird jedoch nicht ausschließlich durch die Photoperiode bestimmt, sondern es bestehen enge Wechselbeziehungen zwischen Photoperiode und Temperatur. So können hohe Sommertemperaturen den Eintritt der Knospenruhe beschleunigen (VEGIS 1953, 1955). Sinkt andererseits die Tageslänge unter eine bestimmte Mindestdauer ab, stellt die Pappel das Wachstum ein: unter gleichzeitiger Bildung von Ruheknochen vermindert sich die Wuchsgeschwindigkeit der Langtriebe. Die im Frühsommer durch die Apikaldominanz bedingte Austriebshemmung der lateralen Winterknochen geht nun in eine allgemeine Austriebshemmung über. Sobald ein irreversibler Zustand erreicht ist, treiben die Knochen auch unter günstigen Temperaturbedingungen nicht mehr aus.

Je nach dem Genotyp sind die kritische Tageslänge und Temperatur, deren Zusammenwirken die Ruheperiode induziert, auch innerhalb der Arten verschieden; für Pappelklone beispielsweise können unter anderem deshalb Unterschiede in der Vegetationsdauer nachgewiesen werden (v. WETTSTEIN 1952, SCHRÖCK und STERN 1952, MÜLLER 1955, HILF und ROHMEDE 1951). Den gesamten Vegetationsablauf und den Verlauf der Winterruhe an vier Pappelklonen beschrieben VOGL und KEMMER (1961): Nach Beendigung der Vegetationsperiode durchläuft die Knospe einen Abschnitt der Vorruhe, einen der Vollruhe, der Nachruhe und einen Zeitraum der Bereitschaft, während dem sie nur durch ungünstige Außenbedingungen am Austreiben gehindert wird (Abb. 1). Der Zeitraum bis zum Austreiben einer Knospe in Tagen, der als Maß für die Austriebsbereitschaft gelten kann, ändert sich aber nicht nur generell mit abklingender Wachstumsruhe, sondern ist auch genotypisch verschieden. Einzelne Klone erreichen Abschnitte der Ruheperiode zu etwas unterschiedlichen Zeitpunkten; außerdem ist die Ruhe verschieden tief. Um also eine Sorte oder eine Gruppe von Sorten zu charakterisieren, kann auch die Austriebsbe-

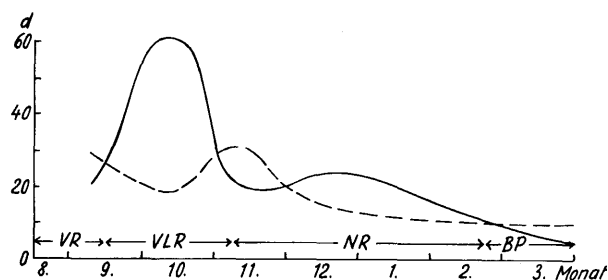


Abb. 1. — Verlauf der Ruheperiode bei Pappelstecklingen (schematisiert). Ausgezogene Linie: Knospe; unterbrochene Linie: Wurzel. VR: Vorruhe, VLR: Vollruhe, NR: Nachruhe, BP: Bereitschaftsperiode, d: Zeitraum bis zum Austreiben in Tagen.

reitschaft von Steckhölzern zu verschiedenen Zeitpunkten der Ruheperiode bestimmt werden (MARCET 1952, 1956, EIBERLE 1956, VOGL und KEMMER 1961). Als Sortenkriterien bei Pappelklonen in Wasserkultur können natürlich Besonderheiten der Kallusbildung ebenso herangezogen werden wie die Entwicklung von Sproß und Wurzel. Die Variation der Versuchsbedingungen, wie etwa des Substrats (vgl. EIBERLE 1957) oder der Lichtverhältnisse, bieten infolge der verschieden lebhaften Reaktion der einzelnen Klone weitere Untersuchungsmöglichkeiten. Zu den Voraussetzungen ernstzunehmender Ergebnisse gehören jedoch schon während der Anzucht gleiche Vorbehandlung des Versuchsmaterials, reproduzierbare Versuchsbedingungen und vor allem eine entsprechende Versuchsplanung.

### Problemstellung

Es war zu untersuchen, wie man auch im Fall weitgehender morphologischer Übereinstimmung Pappelklone gegeneinander abgrenzen kann. Daß hier kein Material Verwendung fand, das morphologisch nicht oder nur unter großen Schwierigkeiten zu trennen ist, berührt das Problem in keiner Weise. Denn es ist nicht ohne weiteres zu unterstellen, daß morphologische Merkmale besonders eng mit den hier untersuchten physiologischen Merkmalen korreliert sind. Mit der Vergrößerung des Sortiments anerkannter Klone wird in der Zukunft durchaus der Fall eintreten können, daß man zumindest in Einzelfällen neben den mit geringem technischem Aufwand belasteten Freilandmessungen auch die Variation physiologischer Merkmale wird untersuchen müssen. Denn wenn nicht nur mehr, sondern unter Umständen auch verwandte Klone in dieses Sortiment eingehen, reicht die bislang geübte Methode der rein gutachtlichen Bewertung von Gleichheit oder Verschiedenheit nicht mehr aus. Das neue Aufgabengebiet der Bereitstellung neuer Klone erfordert deshalb zwangsläufig rationellere Methoden der Identifikation, die vor allem Aussagen über die Sicherheit getroffener Entscheidungen erlauben. Der angestellte Versuch sollte über die Möglichkeiten Auskunft geben, wie Messungen mehrerer physiologischer Merkmale zu planen sind. Durch die gemeinsame Verwendung der Messungen solcher Merkmale etwa in Form von Diskriminanzfunktionen (vgl. HATTEMER 1965, 1966) können Klone sicher getrennt werden. Gleichzeitig sollte die Brauchbarkeit



Abb. 2. — Versuchsanordnung der Pappelstecklinge in Wasserkultur im Gewächshaus nach dem Einstellen der II. Stecklingsserie im Dezember.

Tab. 2. — Schlüssel der Merkmale.

x <sub>1</sub>	Position des Steckholzes in der Rute (Numerierung vom basalen Ende her).
x <sub>2</sub>	Volumen des Steckholzes.
x <sub>3</sub>	Auseinanderweichen der Knospenschuppen an der obersten Knospe (der Abstand zwischen den Knospenschuppen ist vergrößert, und es zeigt sich ein grau-grüner Streifen).
x <sub>4</sub>	Erscheinen der grünen Blattspitzen an der obersten Knospe.
x <sub>5</sub>	Beginn der Streckung der Sproßachse an der obersten Knospe.
x <sub>6</sub>	Entfaltung des ersten Blatts aus der obersten Knospe.
x <sub>7</sub>	Kallusbildung an der unteren Schnittfläche.
x <sub>8</sub>	Kallusbildung (in Form einer Protuberanz) aus einer Knospe in der Basalregion des Steckholzes.
x <sub>9</sub>	Kallusbildung an Stecklingsteilen, die nicht unter x <sub>7</sub> oder x <sub>8</sub> genannt sind (ausschließlich derjenigen an der oberen Schnittfläche des Stecklings).
x <sub>10</sub>	Bildung einer mindestens 3 mm langen Wurzel.

einiger zum Komplex der Wachstumsruhe gehörigen Merkmale für die Klonidentifikation an einer kleinen Stichprobe von Klonen geprüft werden.

### Material

Jeweils zu Ende der ersten Dekade der Monate November, Dezember und Januar wurden von den Klonen 'Löns', 'Regenerata D.', 'Robusta', 'Gelrica', 'Serotina', 'Grandis', 'I 154' sowie Palanacka 3, Veliki Bajar 2, Skopje 1, Skopje 5, 56/50/33, 37/50/86 und 'Irresheim' einjährige Ruten entnommen. Die Klone gehören der Art *Populus nigra* an oder sind *P. × euramericana*-Hybriden.

Die zwei- bis vierjährigen Bäume standen in der Baumschule in einem nicht wiederholten Anbau. In der Regel wurde nur eine Rute pro Baum — der Gipfeltrieb — entnommen und die erhaltenen drei bis fünf Ruten eines Klons je nach Länge in zwei bis neun Steckhölzer mit mindestens drei Knospen zerschnitten. Von jedem Steckholz wurden Länge und Mitteldurchmesser gemessen und daraus das Volumen errechnet. Die Länge der Stecklinge variierte zwischen 11 und 22 cm, der Durchmesser zwischen 5 und 15 mm. Ferner wurden die Steckhölzer aus einer jeden Rute vom basalen Ende her numeriert.

Unmittelbar nach dem Schnitt wurden die Steckhölzer im Gewächshaus in eine Wasserkultur eingehängt (Abb. 2). Dazu wurden sie mit Gummiringen an etwa 5 cm breiten Latten befestigt und diese über die an die Wasserleitung angeschlossenen Plastikgefäße gelegt. An den Schmalseiten der Latten verhinderten aufgeklebte Streifen aus Schaumgummi weitgehend die Belichtung der in das Wasser eingetauchten Teile der Steckhölzer. Bei jeder der nachfolgenden Bonitierungen wurden die Bretter umgehängt, so daß „zwischen den Brettern“ wenigstens annähernd Zufallsbedingungen herrschten. Stetiger Wechsel des Leitungswassers erfolgte durch Überlauf.

### Methoden

In Tab. 2 sind die Merkmale zusammengestellt, deren Variation untersucht wurde. Die Bonituren begannen etwa 10 Tage nach dem Einstellen und erfolgten in zwei- bis viertägigen Abständen. Dabei wurde jeweils das Erreichen eines bestimmten Entwicklungszustands festgehalten und je nach dem Datum jenes Tages benotet. Der 12. Tag nach dem Einstellen erhielt die Codezahl 0. Eine Einheit des Codes entsprach sodann vier Tagen: Die Steckhölzer, die am

Tab. 3. — Mittelwerte der Austriebsmerkmale von 8 bzw. 11 Klonen bei den einzelnen Behandlungen (Zahl der Tage).

Kulturbeginn: Merkmal:	November (I)				Dezember (II)				Januar (III)				Mittel (I, II, III)				Mittel (II, III)			
	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>
Klon:																				
Löns	45,6	45,6	53,2	55,6	25,6	29,6	32,8	34,0	24,4	28,0	30,8	32,8	31,9	34,4	38,9	40,8	25,0	28,8	31,8	33,4
Regenerata D.	54,4	54,4	57,2	59,6	28,4	30,4	34,4	36,0	24,8	27,2	31,6	33,2	35,9	37,3	41,1	42,9	26,6	28,8	33,0	34,6
Robusta	48,4	50,4	53,6	54,8	23,6	27,2	30,0	31,2	20,4	24,8	27,2	28,8	30,8	34,1	36,9	38,3	22,0	26,0	28,6	30,0
Gelrica	59,6	59,6	65,6	66,0	27,2	28,4	32,4	33,6	24,4	24,8	29,2	30,8	37,1	37,6	42,2	43,5	25,8	26,6	30,8	32,2
Grandis	72,8	72,8	76,4	78,8	29,2	30,0	33,6	35,2	25,6	25,6	30,4	32,4	42,5	42,8	46,8	48,8	27,4	27,8	32,0	33,8
I 154	42,0	43,6	49,2	50,0	19,2	20,8	27,2	28,8	21,2	21,6	27,6	29,6	27,5	28,7	34,7	36,1	20,2	21,2	27,4	29,2
Irresheim	30,8	34,0	40,8	41,2	17,2	18,8	23,6	26,4	17,6	20,4	23,6	27,6	21,9	24,4	29,3	31,7	17,4	19,6	23,6	27,0
Veliki Bajar 2	32,0	34,0	39,2	40,4	16,8	18,4	24,4	27,2	18,0	18,8	25,6	27,6	22,3	23,7	29,7	31,7	17,4	18,6	25,0	27,4
Mittel (8 Klone)	48,2	49,3	54,4	55,8	23,4	25,5	29,8	31,6	22,1	23,9	28,3	30,4	31,2	32,9	37,5	39,2				
Skopje 5					25,6	27,6	32,0	34,4	25,2	27,2	31,2	33,2					25,4	27,4	31,6	33,8
56/50/33					19,2	23,2	27,2	28,4	17,6	21,6	25,6	27,2					18,4	22,4	26,4	27,8
27/50/86					26,4	28,4	32,0	34,4	23,6	24,8	28,8	31,2					25,0	26,6	30,4	32,8
Mittel (11 Klone)					23,5	25,7	30,0	31,8	22,1	24,1	28,3	30,4					22,6	24,9	29,1	31,1

16. Tag einen bestimmten Entwicklungszustand erreicht hatten, erhielten für das betreffende Merkmal die Note 1.0; die Note 2.0 erhielten dann alle Steckhölzer, für die am 20. Tage nach dem Einstellen der erwartete Entwicklungszustand eintrat; der 23. Tag erhielt etwa die Note 2.75 usw. Auf diese Weise war die Einhaltung von Zeitabständen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Bonituren im Rahmen von zwei bis vier Tagen beweglich.

Neben den in Tab. 2 enthaltenen Merkmalen wurden weitere Bonituren (etwa der Zeitpunkt der Bildung von Kallus und neuen Trieben an der oberen Schnittfläche) und Messungen der Triebhlängen zu verschiedenen Zeitpunkten vorgenommen. Die diesbezüglichen Ergebnisse waren für Auswertungen jedoch nicht zu verwenden.

### Ergebnisse

#### 1. Direkte Verwendung der Daten einzelner Steckhölzer

Bei den vier Austriebsmerkmalen  $x_3$  bis  $x_6$  war das erhaltene Datenmaterial (a) für 8 Klone in allen drei Serien bzw. (b) für 11 Klone in den Serien II und III (Dezember und Januar) komplett, so daß hier Mittelwerte gewonnen werden konnten. Tab. 3 zeigt die jeweils über 3 Ruten zu je 3 Steckhölzern geschätzten Mittel, umgerechnet in Tage seit dem Verbringen in die Wasserkultur. Diese Mittelwerte sind außerdem für die Merkmale  $x_3$  bis  $x_6$  in Abb. 3 graphisch dargestellt. In Serie I, also bei den am frühesten nach der Vollruhe entnommenen Steckhölzern, sind die Klonunterschiede besonders groß. So beträgt die Differenz in  $x_3$  zwischen den Mitteln des zuerst treibenden Klons 'Irresheim' und des zuletzt treibenden Klons 'Grandis' 42 Tage. Mit Zunahme der allgemeinen Austriebsbereitschaft verringern sich die absoluten Klonunterschiede beträchtlich; derselbe Unterschied beträgt in Serie II nur noch 12 und in Serie III 8 Tage.

Diese Klonunterschiede konnten wenigstens zum Teil durch die überlagernden Einflüsse des Volumens der Steckhölzer und deren Position in der Rute zustande gekommen sein. Die Unterschiede im Volumen der Steckhölzer werden in dem hier vorliegenden Material besonders über die Durchmesser beeinflußt; diese können aber teilweise als Funktion der Standortsunterschiede in der Baumschule betrachtet werden und treten hier (anders als in einem Experiment mit völliger Zufallsanordnung der Einzelpflanzen) als „störender“ Faktor auf. Die Position in der Rute variiert ebenfalls zwischen Klonen, da hier und da durch technische Fehler nicht die drei basalen Ruten 1, 2 und 3 entnommen wurden, sondern etwa auch 1, 2 und 4 oder 1, 3 und 4. Diese Numerierung von der Basis her ist zwar bei (mit Rücksicht auf die Anordnung der Knospen) variabler Länge der Steckhölzer ein nur unvollkommener Ausdruck für die Entfernung eines Steckholzes von der Basis, jedoch wird sie eine weitgehende Annäherung erlauben. Es war zu erwarten, daß die Variation zumindest der 4 Austriebsmerkmale  $x_3$  bis  $x_6$  durch diese beiden unabhängigen Variablen beeinflußt wird. Daher wurden für diese Merkmale multiple Kovarianzanalysen angestellt. Tab. 4 zeigt das Ergebnis einer solchen Analyse für das Material im oberen Teil der Tab. 3 (8 Klone in drei Behandlungen). Dieser Auswertung wird zunächst der Hinweis begegnen, daß die als linear anzunehmenden partiellen Regressionen nicht für alle Variationsursachen gleich sein dürften. Heterogenität der Regressionen findet beispielsweise bei den Korrekturen bezüglich  $x_2$  in verschiedenen Vorzeichen ihren Niederschlag. Heterogenität der inneren und äußeren Regressionen, die bei Experimenten mit verschiedenen Genotypen durchaus erklärbar Ursachen hat (SMITH 1957), erfordert jedoch eine andere Art der Herleitung der bereinigten Varianzen als die in Lehrbüchern beschriebene (RECK, mündl. Mitt.). Als

Tab. 4. — Kovarianzanalyse der Knospenstreckung (Merkmal  $x_3$ ) an 8 Klonen in 3 Behandlungen (Serien).

Variationsursache	F G	SQ <sub>y</sub> (unber.)	b <sub>y1.2</sub> SP <sub>y1</sub>	b <sub>y2.1</sub> SP <sub>y2</sub>	FG	SQ <sub>y</sub> (ber.)	MQ	F
Fehler	144	278,3750	55,6595	—3,3486	142	226,0641	1,5920	
Klone + Fehler	151	902,8558	37,7119	1,7226	149	863,4213		
Differenz					7	669,7458	95,6780	60,10***
Serien + Fehler	146	3479,4242	71,2789	—1,6954	144	3409,8407		
Differenz					2	3216,1652	1608,0826	>1000***
Klone × Serien + Fehler	158	578,8165	58,3859	—1,4501	156	521,8807		
Differenz					14	328,2052	23,4432	14,73***
Ruten + Fehler	192	419,9306	47,5431	6,5588	190	365,8287		
Differenz					48	172,1532	3,5865	2,25***
Relative Effizienz = 278,3750/226,0641 = 123,1%								

\*\*\* Signifikanz bei P = 0,001.

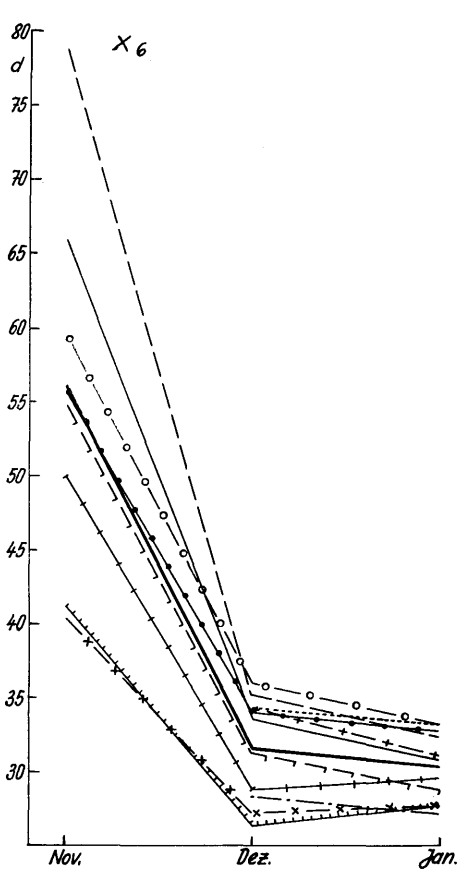
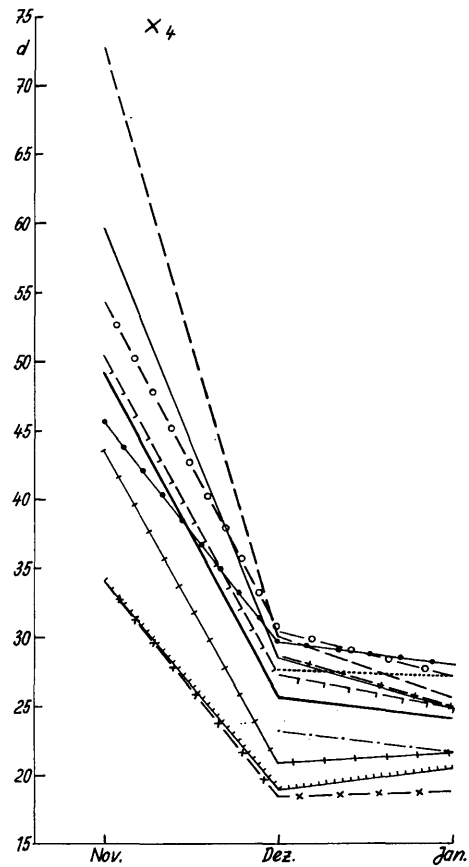
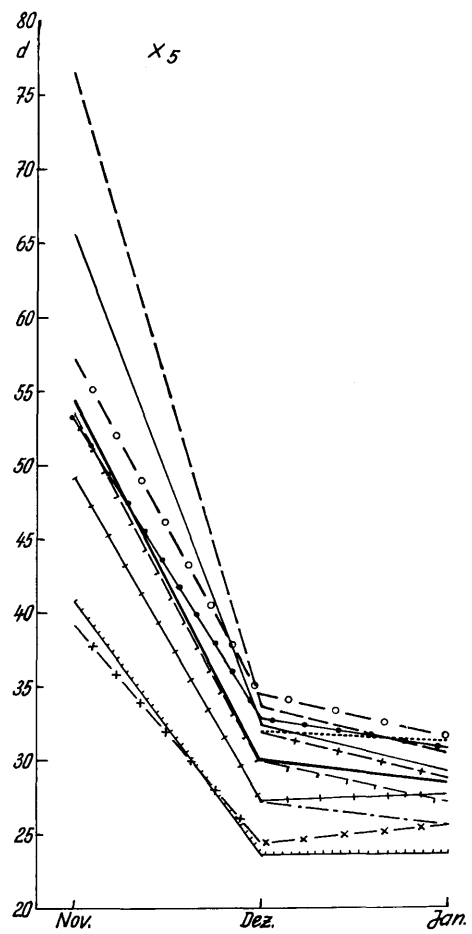
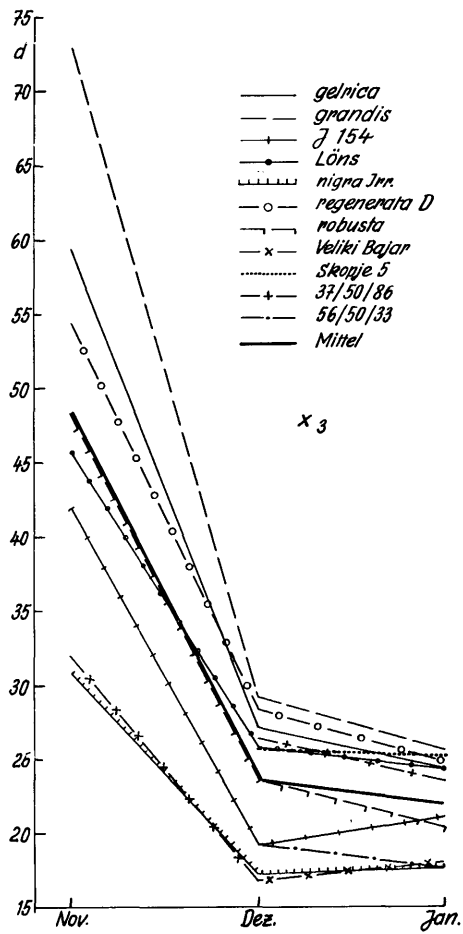


Abb. 3. — Klonmittel über je 3 Stecklinge für die Merkmale  $x_3$  bis  $x_6$ .

Tab. 5. — Zusammenstellung der Signifikanztests im Anschluß an die Kovarianzanalyse (F-Werte).

Variationsursache	Freiheitsgrade	Merkmal			
		$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$
(a) 8 Klone in den Serien I, II und III					
Klone	7	60,10***	51,07***	44,58***	41,96***
Serien	2	>1000***	>1000***	>1000***	>1000***
Klone $\times$ Serien	14	14,73***	12,16***	13,03***	14,10***
Ruten	48	2,25***	1,94***	1,94***	1,65***
Steckhölzer in Ruten	142				
(b) 11 Klone in den Serien II und III					
Klone	10	125,18***	89,52***	80,25***	70,81***
Serien	1	463,15***	215,49***	255,53***	319,70***
Klone $\times$ Serien	10	10,85***	6,11***	4,81***	4,60***
Ruten	44	3,17***	1,72*	1,59*	1,57*
Steckhölzer in Ruten	130				

\* Signifikanz bei  $P = 0,05$

\*\* Signifikanz bei  $P = 0,01$

\*\*\* Signifikanz bei  $P = 0,001$

gravierender Umstand ist schließlich die enge Interkorrelation der beiden unabhängigen Variablen anzusehen; auf diese wird später einzugehen sein. Eine Art von Rechtfertigung für die Schlußfolgerungen aus den Signifikanztests sind jedoch die im allgemeinen hohen F-Werte, die in Tab. 5 für alle vier Merkmale an dem Material in den beiden Gruppierungen der Tab. 3 wiedergegeben sind.

Nach den Ergebnissen der Tests sind zunächst die linearen Klonunterschiede weder durch die Qualität des Versuchsmaterials noch durch den Zufall zustande gekommen. Es ist dabei von besonderem Interesse, daß nicht nur diese und erst recht die Behandlungseffekte nachweisbar sind, sondern daß Wechselwirkungen zwischen Klonen und Behandlungen stattgefunden haben. Danach müssen sich nicht nur die Klone im Mittel der drei Behandlungen voneinander abheben, sondern auch unterschiedlich auf den Termin der Verbringung in höhere Temperatur reagieren.

Die Art und Weise solcher Wechselwirkungen ist verschiedener Art. Zunächst rücken die Klonmittel mit zunehmender Austriebsbereitschaft näher zusammen. Ferner kommen Überschneidungen vor, wie etwa bei den Klonen 'Robusta' und 'I 154' in den beiden Merkmalen  $x_3$  und  $x_6$  der Abb. 3. 'I 154' treibt in Serie II später, in Serie III früher aus als 'Robusta'. Schließlich fällt auf, daß die drei insgesamt am frühesten treibenden Klone 'Irresheim', Veliki Bajar 2 und 'I 154' in Serie II schneller treiben als in Serie III, während das Mittel einem anderen Trend folgt: nämlich einer zunehmenden Austriebsbereitschaft, wie sie auch MARCET (1956) feststellte, deren Rhythmus aber klonweise unterschiedlich ist. Es sind also auch in dieser kleinen Stichprobe von Klonen verschiedene Verhaltenstypen realisiert (s. a. VOGL und KEMMER 1961).

Die Wiedergabe der unkorrigierten Elemente der Zwei-Wegetafel erfolgte wegen der ausnahmslos sehr geringen Korrekturen, so daß die korrigierten Werte die gleiche Interpretation verlangten.

Sowohl bei den Klonunterschieden als auch bei der Interaktions-Varianz zeigt sich mit zunehmender Entwick-

lung (die vier Merkmale sind nichts anderes als eng positiv korrelierte, aufeinanderfolgende Entwicklungsstadien) eine abnehmende Tendenz der F-Werte für die Unterschiede zwischen den bereinigten Mitteln (Tab. 5). Das nämliche gilt auch für Ruten. In Tab. 6 zeigt sich an den relativen Wirkungsgraden der Bereinigung von den beiden unabhängigen Variablen die abnehmende Tendenz auch dieser relativen Effizienzen, wenn man von  $x_3$  absieht; d. h. die Unterschiede zwischen den Steckhölzern gleicher Ruten sind mit fortschreitender Entwicklung immer weniger von der Qualität des Schnittmaterials beeinflusst. Man kann aus diesen Hinweisen vielleicht den Schluß ziehen, daß bereits in der kurzen beobachteten Zeitspanne mit zunehmender Dauer seit der Entnahme von der Mutterpflanze der Steckling allmählich eine autonome Entwicklung zu nehmen beginnt, obwohl er selbst zum Zeitpunkt der Blattentfaltung noch keine Wurzeln gebildet hat.

Der zum Durchlaufen der vier unterschiedenen Austriebsphasen benötigte Zeitraum ist ebenfalls klonspezifisch. In Abb. 4 sind die Differenzen zwischen den Zeitpunkten des

Tab. 6. — Relative Effizienz der Kovarianzanalysen bei gleichzeitiger Berücksichtigung der beiden unabhängigen Variablen.

Merkmal	(Prozentwerte)	
	(a) 8 Klone Serien I, II und III	(b) 11 Klone Serien II und III
$x_3$	123	153
$x_4$	135	157
$x_5$	126	136
$x_6$	121	117

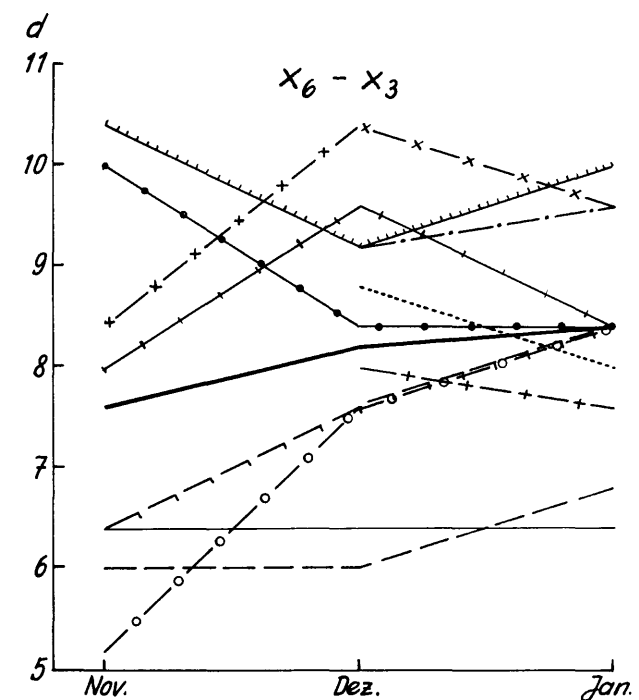


Abb. 4. — Dauer des Phasendurchlaufs der in Abb. 3 genannten Klone (Sorten s. Abb. 3 oben links).

Tab. 7. — Dauer der Entwicklung von der Knospenstreckung bis zur Blattentfaltung bei 8 Klonen in 3 Serien; Streuungszerlegung.

Variations- ursache	FG	SQ	MQ	Varianz	IK
Gesamt	71	112,40			
Klone	7	70,51	10,07***	1,00	0,58
Behandlung	2	1,44	0,72	0	0
Interaktion	14	14,41	1,03*	0,17	0,10
Fehler	48	26,04	0,54	0,54	0,32

Erreichens von  $x_6$  (Blattentfaltung) und  $x_3$  (Knospenstreckung) graphisch dargestellt. Daran läßt sich ablesen, daß der Phasendurchlauf eines Klons zwar je nach Behandlung verschieden rasch vor sich geht, daß aber wiederum deutliche Klonunterschiede bestehen. Unterzieht man diese Geschwindigkeiten des Phasendurchlaufs einer Varianzanalyse (angesichts der geringen Korrekturen diesmal ohne Berücksichtigung der Kovarianzen), ergibt sich ein signifikanter Effekt der Klone (Tab. 7), der für 58% der Variation verantwortlich ist. Von Behandlung zu Behandlung wechselt aber die insgesamt für den Austrieb benötigte Zeit merkwürdigerweise nicht: die mittlere Dauer beträgt 7,7 Tage bei Serie I, 8,2 Tage bei Serie II und 8,4 Tage bei Serie III; die Tendenz einer Zunahme ist hier nicht zu sichern. Die signifikante Wechselwirkung zwischen Klonen und Behandlungen trägt 10% zur gesamten Variation bei.

Im Durchschnitt der drei Behandlungen besteht für die Klonmittel ein deutlicher Zusammenhang ( $r = -0,89^{**}$ ) zwischen dem Zeitpunkt, zu dem sich die Knospen strecken, und der Dauer der weiteren Entwicklung bis zur Blattentfaltung (Abb. 5). Die frühtreibenden Klone zeigen die Tendenz, sich langsam weiterzuentwickeln, während bei den spätreibenden Klonen die einzelnen Entwicklungsstadien zeitlich zusammengedrängt sind.

Es mag hier am Rande interessieren, welcher Art der Zusammenhang zwischen den beiden unabhängigen Variablen und den Austriebsmerkmalen ist. Der entwicklungsphysio-

logische Aspekt des Problems verdient Beachtung, da die beiden negativ korrelierten unabhängigen Variablen den Austriebszeitpunkt positiv beeinflussen: welcher der beiden Effekte übt die größere Wirkung aus? Wie etwa die Größenordnung der Korrekturen in Tab. 4 zeigt, dürfte die Position in der Rute die größere Rolle spielen. Für das gleiche Material (8 Klone in 3 Serien) zeigen die standardisierten (dimensionslosen) partiellen Regressionskoeffizienten für Steckhölzer gleicher Ruten (Tab. 8) wiederum, daß bei den vier Austriebsmerkmalen die Regression auf die Position in der Rute steiler ist. Die Versuche von BRISCOE (1963) und SUSZKA (1963) zeigen im wesentlichen die gleichen Ergebnisse.

Das würde heißen, daß abnehmende Entfernung vom Apex eine zunehmend starke Austriebshemmung bedeutet; gleichzeitig ist der Austrieb aber auch mit zunehmendem Volumen des Steckholzes schwach verzögert, während mit abnehmender Entfernung zum Apex die Volumina der Steckhölzer zwangsläufig geringer werden.

2. Berücksichtigung des Entwicklungsablaufs in den Ruten

Die Klone konnten nun nicht nur in den Mittelwerten der betreffenden Ruten Unterschiede zeigen, sondern von der Einbeziehung auch des Ablaufs des Austriebs vom basalen Ende der Rute her war ein Zuwachs an Information über die Unterschiede zwischen den Klonen zu erwarten. Die

Tab. 8. — Partielle (b) und standardisierte partielle (b') Regressionskoeffizienten der Austriebsmerkmale auf die Position in der Rute ( $x_1$ ) und das Volumen ( $x_2$ ) der Steckhölzer sowie multiple Bestimmtheiten ( $R^2$ ).

Abhängiges Merkmal (y)	$b_{y1.2}$	$b_{y2.1}$	$b'_{y1.2}$	$b'_{y2.1}$	$R^2$
$x_3$	0,6422	0,0358	0,4662***	0,0464 n. s.	0,1852
$x_4$	0,7908	0,0583	0,5522***	0,0728 n. s.	0,2563
$x_5$	0,6864	0,0699	0,5139***	0,0935 n. s.	0,2090
$x_6$	0,6055	0,0549	0,4779***	0,0746 n. s.	0,1792

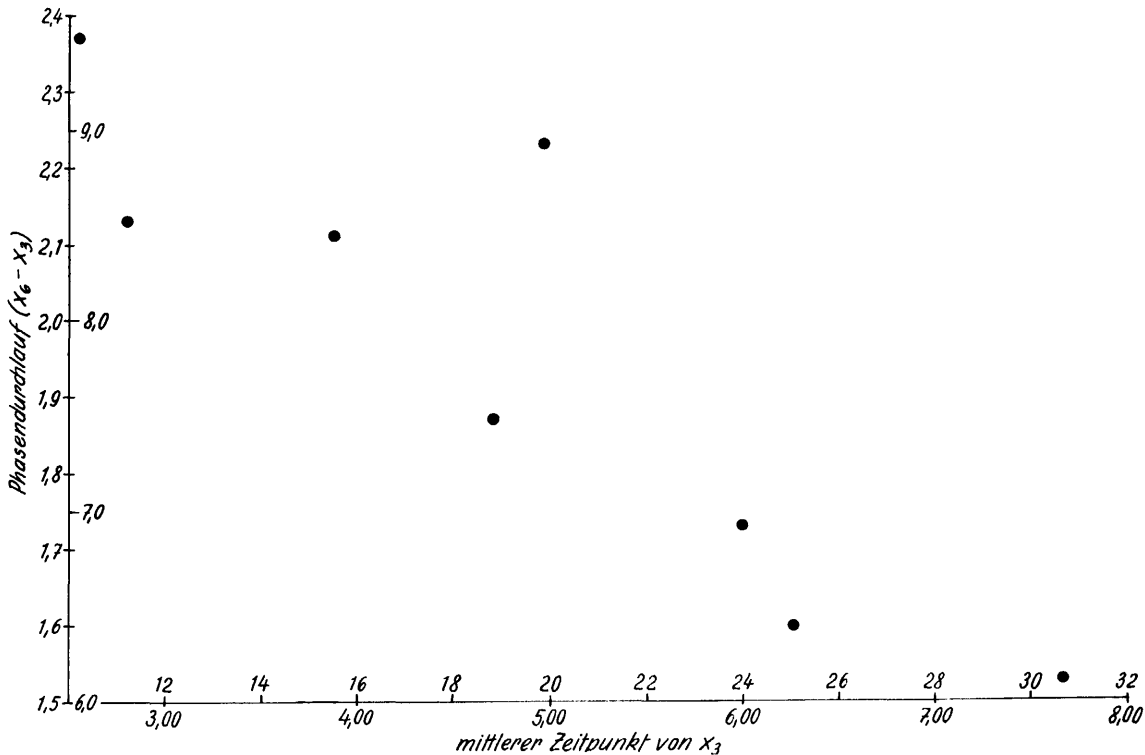


Abb. 5. — Zusammenhang zwischen Phasendurchlauf und Auseinanderweichen der Knospenschuppen bei den 8 Klonen, die in allen Behandlungen vertreten waren (s. Tab. 3).

Tab. 9. — Varianzen innerhalb und zwischen Klonen für die verschiedenen Serien.

Merkmal	Varianz	Serie I				Serie II		Serie III	
		(a)	(b)	(c)	(d)	(a)	(c)	(a)	(b)
x <sub>3</sub>	zwischen	0,034688***	0,034144***	0,045874***	0,041456***	0,043666***	0,046048***	0,055273***	0,053211***
	in	0,024721	0,023143	0,023486	0,023129	0,004021	0,005438	0,005217	0,006746
x <sub>4</sub>	zwischen	0,034565***	0,028661***	0,044103***	0,039442***	0,031769***	0,035211***	0,035429***	0,036149***
	in	0,025685	0,024319	0,023761	0,024000	0,003153	0,003589	0,003276	0,004956
x <sub>5</sub>	zwischen	0,038001***	0,033449***	0,048809***	0,039442***	0,024249***	0,026068***	0,037734***	0,035934***
	in	0,024489	0,023940	0,023193	0,024371	0,002444	0,003894	0,004486	0,005311
x <sub>6</sub>	zwischen	0,029277***	0,027019***	0,037592***	0,037913***	0,025539***	0,026524***	0,026422***	0,024321***
	in	0,022002	0,020950	0,021604	0,022065	0,003020	0,004145	0,003710	0,004291
x <sub>7</sub>	zwischen	0,034203***	0,034203***	0,049492***	0,049492***	0,018361***	0,021700***	0,009185***	0,011125***
	in	0,006980	0,006980	0,008812	0,008812	0,005003	0,005704	0,001096	0,001527
x <sub>8</sub>	zwischen	0,015518***	0,016466***	0,019310***	0,020368***	0,013257***	0,010153***	0,009338***	0,010756***
	in	0,006463	0,007645	0,009559	0,010836	0,020995	0,024047	0,001675	0,004049
x <sub>9</sub>	zwischen	0,018404***	0,026189***	0,022119***	0,034365***	0,008574***	0,011567***	0,039423***	0,037851***
	in	0,010060	0,011443	0,017971	0,019105	0,008106	0,021316	0,019100	0,032011
x <sub>10</sub>	zwischen	0,017843***	0,020592**	0,021141***	0,022251**	0,013301**	0,014204*	0,033440***	0,013199
	in	0,012006	0,022625	0,017079	0,036201	0,016327	0,030579	0,032243	0,092318

Verzögerung des Austriebs sowie des Eintritts anderer Erscheinungen (Merkmale x<sub>7</sub> bis x<sub>10</sub>) mit zunehmender Entfernung von der Basis der Ruten konnte je nach Genotyp verschieden sein. BARTLETT (1937) führte einen Index ein, der bei diesem Sachverhalt die Auffindung von Unterschieden begünstigt. In dem Index W<sub>(a)</sub>

$$W_{(a)} = \frac{\sum_{k=1}^K n_k}{K n_K}; \quad W_{(b)} = \frac{\sum_{k=1}^K n_k}{K N}$$

bedeuten n<sub>k</sub> die Anzahl der Individuen pro Versuchseinheit (hier drei Steckhölzer pro Rute), die zum k-ten Termin das beobachtete Phänomen zeigen; K die Anzahl der Zeitpunkte, zu denen n<sub>k</sub> ermittelt wurde; n<sub>K</sub> die Anzahl zum Zeitpunkt K, also den Endwert. Der Index ist damit das arithmetische Mittel der Anzahl der Steckhölzer mit Knospentreckung (x<sub>3</sub>), mit grünen Blattspitzen (x<sub>4</sub>) usw., dividiert durch den erreichten Endwert. Auf die Höhe dieses Index, der Werte zwischen 0 und 1 annehmen kann, wirken jedoch ein früher Beginn des beobachteten Prozesses und ein niedriger Endwert gleichsinnig; damit wird die Interpretation bei verfrühtem Abbruch des Experiments erschwert. Ersetzt man n<sub>K</sub> im Nenner durch N, d. i. die Anzahl der Steckhölzer pro Rute, so wirken in dem Index W<sub>(b)</sub> früher Beginn des Prozesses und das Erreichen hoher Endwerte gleichsinnig.

Schließlich könnte man sich vorstellen, daß Abweichungen von der Linearität der Regression der beobachteten Merkmale auf die Position des Steckholzes in der Rute durch entsprechende nichtlineare Indizes zum Ausdruck gebracht werden können:

$$W_{(c)} = \frac{\sum_{k=1}^K n_k^2}{K n_K^2} \quad \text{und} \quad W_{(d)} = \frac{\sum_{k=1}^K n_k^2}{K N^2}$$

Tab. 9 zeigt zunächst für Serie I anhand der Varianzkomponenten zwischen Klonen bzw. zwischen Klonen gleicher Ruten den Vergleich der vier Indizes. Da in den Serien II und III sämtliche Steckhölzer die beobachteten Entwicklungszustände erreichten, also n<sub>k</sub> immer N war, entfiel dort die Berechnung der Indizes W<sub>(b)</sub> und W<sub>(d)</sub>. In Serie I ließen sich die Daten aller 14 Klone verwenden; die Varianz zwischen Klonen wurde daher mit 13 Freiheitsgraden geschätzt, auf die Varianz innerhalb der Klone entfielen bei 49 Ruten insgesamt noch 35 Freiheitsgrade. Bei Serie II

standen 12 bzw. 31, bei Serie III noch 12 bzw. 28 Freiheitsgrade zur Verfügung.

Im allgemeinen nimmt die Varianz aufgrund von Klonunterschieden bei Verwendung nichtlinearer Indizes gegenüber linearen Indizes zu. Mit fortschreitender Jahreszeit, d. i. mit ausklingender Ruhe, werden die Klonunterschiede jedoch geringer. Die Varianz zwischen Ruten gleicher Klone, also der Fehler, zeigt insofern abweichendes Verhalten, als sie in den beiden letzten Serien rascher abnimmt als die Varianz zwischen den Klonen. Die Klonunterschiede sind in den meisten Fällen hochsignifikant; eine Ausnahme bildet dabei das Merkmal x<sub>10</sub>, die Wurzelbildung, die nicht nur immer das engste Verhältnis zwischen Klon- und Fehlervarianz besitzt, sondern in einem Falle überhaupt keine Differenzierung der Klone erlaubte. Als Grund hierfür ist wohl die gemeinsame Betrachtung der Wurzelbildung aus Wundkallus und aus präformierten Wurzelkeimen verantwortlich zu machen. Während die Bildung von Adventivwurzeln aus Wundkallus auf die Anwesenheit von Knospen angewiesen zu sein scheint (WAREING 1963), erfolgt die Bildung von Rindenwurzeln aus Wurzelkeimen (s. BRAUN 1963) unabhängig vom Vorhandensein von Knospen (JOACHIM 1960). Es ist deshalb der Physiologie dieser Vorgänge besser angepaßt, diese verschiedenen Typen der Wurzelbildung als verschiedene Prozesse separat zu beurteilen. In Tab. 10 findet das Verhältnis der Klonunterschiede zum Fehler in den Intraklaßkorrelationen

$$r' = s^2_{\text{Klone}} / (s^2_{\text{Klone}} + s^2_{\text{Fehler}})$$

der zu einem Klon gehörigen Ruten einen anschaulichen Ausdruck. Die vier Austriebsmerkmale (x<sub>3</sub> bis x<sub>6</sub>) zeigen allgemein ähnliche Verhältnisse, während die Kallus- und Wurzelbildung (x<sub>7</sub> bis x<sub>10</sub>) je nach den Umständen verschiedene Intraklaßkorrelationen besitzt. Es fällt auf, daß in der Regel nichtlineare Datenverarbeitung nur in der ersten Serie höhere Beiträge an Information über die Klonunterschiede erbringt. Die Überlegenheit ist freilich infolge der jeweils sehr kleinen Stichprobe von nur 3 Steckhölzern pro Rute gering. Bezug auf den maximalen Wert N statt auf den erreichten Endwert (W<sub>(b)</sub> und W<sub>(d)</sub>) führte bei Serie I zu einer, wenn auch geringen Verdeutlichung der Klonunterschiede.

Die Austriebsmerkmale besitzen im Durchschnitt Werte um 0,75. Der höchste Wert tritt bei der Kallusbildung an der unteren Schnittfläche mit 0,83 auf, der niedrigste bei der Wurzelbildung mit 0,43. Der Zeitpunkt der Protuberanzenbildung aus der Umgebung einer Knospe (x<sub>8</sub>) und aus anderen Stecklingsteilen (x<sub>9</sub>) zeigt mittlere Werte von 0,62 bzw. 0,58; auch hier dürfte eine Verbesserung dadurch zu

Tab. 10. — Intraklaß-Korrelationen für Klone nach Tab. 9.

Merkmal	Serie I				Serie II		Serie III		Durchschnitt
	(a)	(b)	(c)	(d)	(a)	(c)	(a)	(c)	
x <sub>3</sub>	0,58	0,57	0,66	0,64	0,92	0,89	0,91	0,89	0,76
x <sub>4</sub>	0,57	0,54	0,65	0,62	0,91	0,91	0,92	0,88	0,75
x <sub>5</sub>	0,61	0,58	0,68	0,62	0,91	0,87	0,89	0,87	0,75
x <sub>6</sub>	0,57	0,56	0,64	0,63	0,89	0,87	0,88	0,85	0,74
x <sub>7</sub>	0,83	0,83	0,85	0,85	0,79	0,79	0,89	0,88	0,84
x <sub>8</sub>	0,71	0,68	0,67	0,65	0,39	0,30	0,85	0,73	0,62
x <sub>9</sub>	0,65	0,70	0,55	0,64	0,51	0,35	0,67	0,54	0,58
x <sub>10</sub>	0,60	0,48	0,55	0,38	0,45	0,32	0,51	(0,13)	0,43
Durchschnitt	0,64	0,62	0,66	0,63	0,72	0,66	0,82	0,72	

erreichen sein, daß man die Teile in der unmittelbaren Umgebung der unteren Schnittfläche infolge des dort wirksam werdenden Wundreizes wiederum getrennt beurteilt (s. JOACHIM 1960).

Für das hier verwendete Material (die drei basalen Steckhölzer) bestätigt sich die Beobachtung MARCET's (1956), daß während der Vollruhe die Klonunterschiede zwar größer, die Beobachtungen aber mit einem unverhältnismäßig hohen Fehler behaftet sind. Nun waren bei einzelnen Klonen aber auch von einzelnen Ruten bis zu 10 Steckhölzer beobachtet worden, die aber bis auf die basalen drei nicht mit ausgewertet wurden. Denn der ausgeprägte Trend der Verzögerung aller Merkmale nach dem Apex der Rute hin mußte den an sich vom Stichprobenumfang unabhängigen Index verzerren. Würde man in späteren Versuchen mehr Steckhölzer verwenden, könnte man sich den Umstand zu Nutze machen, daß in Serie I etwa bei einigen Klonen im Beobachtungszeitraum überhaupt nur die beiden basalen Stecklinge austreiben, der dritte und alle nach oben folgenden aber nur Kallus und Wurzeln bilden. Vielleicht würde das wenigstens für die Austriebsmerkmale das ungünstige Abschneiden der Serie I in diesem Versuch wieder kompensieren; in dieser Hinsicht dürften unmittelbar nach dem Blattfall im Herbst die größten absoluten Klonunterschiede überhaupt auftreten.

Letztlich wurden noch für zwei der Indizes die Interaktionen zwischen Klonen und Serien ermittelt (Tab. 11). Von

Tab. 11. — Varianzkomponenten und Intraklaßkorrelationen von W<sub>(a)</sub> und W<sub>(c)</sub> bei 13 Klonen in den 3 Serien.

Merkmal		Varianzkomponenten		Intraklaßkorrelationen	
		W <sub>(a)</sub>	W <sub>(c)</sub>	W <sub>(a)</sub>	W <sub>(c)</sub>
x <sub>3</sub>	Klone	0,0546***	0,0575***	0,928	0,918
	Klone × Serien	0,0085**	0,0108***		
	Fehler	0,0085	0,0091		
x <sub>4</sub>	Klone	0,0353***	0,0434***	0,872	0,897
	Klone × Serien	0,0128***	0,0112***		
	Fehler	0,0056	0,0076		
x <sub>5</sub>	Klone	0,0388***	0,0416***	0,910	0,900
	Klone × Serien	0,0087***	0,0101***		
	Fehler	0,0055	0,0075		
x <sub>6</sub>	Klone	0,0306***	0,0326***	0,895	0,880
	Klone × Serien	0,0084***	0,0102***		
	Fehler	0,0048	0,0064		
x <sub>7</sub>	Klone	0,0176**	0,0254***	0,811	0,949
	Klone × Serien	0,0098***	0,0011		
	Fehler	0,0050	0,0061		
x <sub>8</sub>	Klone	0,0769***	0,0087***	0,995	0,907
	Klone × Serien	0	0		
	Fehler	0,0024	0,0053		
x <sub>9</sub>	Klone	0,0107***	0,0164***	0,725	0,751
	Klone × Serien	0,0047	0,0040		
	Fehler	0,0150	0,0246		
x <sub>10</sub>	Klone	0,0147**	0,0175**	0,702	0,694
	Klone × Serien	0,0055	0,0055		
	Fehler	0,0265	0,0353		

den 14 Klonen waren 13 in allen drei Serien durch je zwei Ruten vertreten, so daß sich bei insgesamt 78 Ruten 12 Freiheitsgrade für Klone, 24 für die Interaktion und 39 für den Fehler ergaben. Bei den meisten Merkmalen sind die Varianzkomponenten ähnlich, auch zwischen den beiden Indizes ergeben sich keine gravierenden Unterschiede. Die in den letzten beiden Spalten enthaltenen Intraklaßkorrelationen

$$r' = \frac{s^2_K}{s^2_K + \frac{1}{3} s^2_{KS} + \frac{1}{6} s'^2_E}$$

sind ebenfalls für die beiden Indizes nicht unterschiedlich. Darin bedeuten s<sup>2</sup><sub>K</sub> die Varianz der Klone, s<sup>2</sup><sub>KS</sub> die Varianz der Interaktion zwischen Klonen und Serien, und s<sup>2</sup><sub>E</sub> die Fehlervarianz. Faßt man diese Schätzungen als ein Maß für die Eignung der betreffenden Merkmale für die Klonidentifikation auf (HATTEMER 1966), so liegen die Austriebsmerkmale nach der Protuberanzenbildung aus einer Knospe (x<sub>8</sub>) an der Spitze, während die beiden letzten Merkmale wieder deutlich abfallen.

Diskussion

Im Freiland geben phänologische Beobachtungen während einer Vegetationsperiode bereits gewisse Aufschlüsse über genetische Unterschiede; eine bessere Grundlage ist die Wiederholung solcher Beobachtungen während mehrerer Jahre, da der verschiedene Witterungsablauf unterschiedliche Reaktionen beim Versuchsmaterial hervorruft. Die genauesten Aussagen über Austriebsmerkmale können allerdings erst nach Durchführung solcher Versuche unter konstanten Bedingungen gemacht werden. Die Vorteile dieser Arbeitsweise erkannte bereits MARCET (1952); er zeigte später (MARCET 1956), wie dieser Vorteil bei der Identifizierung von Pappelklonen nutzbringend angewendet werden kann. Auch die Kosten sind bei der nur wenig Material erfordernden Arbeit unter Labor- oder Gewächshausbedingungen entscheidend geringer, sofern es sich rein um Fragen der Identifikation handelt.

Wegen der guten Erfahrungen von MARCET (1956) mit den Austriebsmerkmalen wurden diese hier unverändert übernommen. Nur mußte die statistische Bearbeitung der Ergebnisse erweitert werden, da das Versuchsmaterial nicht in einem entsprechend geplanten Baumschulanbau angezogen wurde. Die vier unterschiedenen Austriebsphasen sind nicht äquidistant: zwischen x<sub>3</sub> und x<sub>4</sub> liegen etwa 2 Tage, dann folgt eine Periode von etwa 4 Tagen bis zum Beginn der Triebstreckung, auf die nach etwa 2 weiteren Tagen die Entfaltung des ersten Blattes folgt.

In Übereinstimmung mit MARCET (1956) wurden in diesen sowie in vier anderen Merkmalen Klonunterschiede festgestellt (vgl. auch VOGL und KEMMER 1961, deren Fragestellung allerdings anders war). Daneben zeigte die zeitliche Aufeinanderfolge des ersten und letzten Austriebsmerkmals



(Phasendurchlauf) Klonunterschiede, die ebenfalls zu Zwecken der Identifikation herangezogen werden können.

Die Austriebsbereitschaft der Klone nimmt im allgemeinen zum Frühjahr hin ständig zu; einige Klone reagieren jedoch auf die Verbringung ins Gewächshaus weniger lebhaft. Das abweichende Verhalten der drei Fröhrtreiber kann jedoch vielleicht so gedeutet werden: Die Ruten wurden jeweils erst unmittelbar vor der Verbringung ins Gewächshaus geschnitten, sie waren also bis zum Versuchsbeginn den im Freiland herrschenden Wintertemperaturen ausgesetzt. Da diese Klone in Serie I auffallend schnell austrieben, muß angenommen werden, daß sie sich bei Beginn der Serie III bereits in einer vorgeschrittenen Nachruhe befanden. Die restlichen Klone hatten diese Phase bis dahin noch nicht erreicht. Kälteeinwirkung in einem Stadium vor der Nachruhe könnte zu einer Austriebshemmung geführt haben (vgl. ALLEWELDT 1964); der Temperaturverlauf in der Zeit vom 10. Dezember 1964 bis Januar 1965 stützt diese Annahme: In 15 Nächten fielen während dieser Zeit die Temperaturen unter den Gefrierpunkt, nachdem bis zum 10. Dezember milde Temperaturen vorherrschten.

Unterschiede im Phasendurchlauf können — streng genommen — nur dann mit einigermaßen geringem Fehler beurteilt werden, wenn die Beobachtungen in regelmäßigen Abständen erfolgen. In dem hier beschriebenen Versuch betrugen die Abstände zwischen zwei aufeinanderfolgenden Bonituren zwei bis vier Tage, was noch nicht zu einer Fehlbeurteilung der Klonunterschiede geführt haben dürfte. Auch für diese Unterschiede ist neben dem klonweise verschiedenen Eintritt bestimmter Abschnitte der Ruheperiode die individuelle Reaktion auf die Gewächshaustemperatur — eine Interaktion — verantwortlich. Im Freiland hindern nach Beendigung der Ruhe bekanntlich allein die niedrigen Außentemperaturen die Knospen am Austrieb. Über die physiologischen Schwellenwerte der Temperatur liegen bei Pappel keine Angaben vor (VOGL und KEMMER 1961). Stark vom Optimum nach unten oder oben abweichende Temperaturen führten jedoch bei Aspen zu merklichen sortenspezifischen Reaktionen (DANILOV und KREJER 1950). Daran ist auch bei der Geschwindigkeit der dem Austrieb folgenden Entwicklung, dem Phasendurchlauf, zu denken: das Temperaturoptimum der Spätreiber scheint weniger hoch als das der Fröhrtreiber zu liegen.

Die Beeinflussung der Austriebsmerkmale durch die Beschaffenheit des Steckholzes konnte im Zusammenhang mit diesem Versuch nur unvollkommen eingeschätzt werden. Diese Mängel werden vor allem in der etwas groben Kennzeichnung der Position in der Rute gesehen. Für eindeutige Ergebnisse dürfte es erforderlich sein, die Entfernung des Steckholzes zur Basis bzw. zum Apex der Rute, wenn nicht die genaue Position der beobachteten Knospe selbst zu messen. Als ein für die Planung solcher Versuche wichtiges Ergebnis wurde jedenfalls festgehalten, daß mehr als auf gleiche Dimensionen der zu vergleichenden Steckhölzer auf deren gleiche Position im Trieb zu achten ist.

BARTLETT's "rate index", der ganz allgemein zur Auffindung von Behandlungsunterschieden konstruiert wurde, bewirkte in den damit angestellten Auswertungen eine direkte Nutzung der Informationen aus dem innerhalb der Ruten verschiedener Klone möglicherweise verschieden steilen Trend zur Position. Zwischen Klonen waren solche Ruten, in denen andere als die drei untersten Steckhölzer in den Versuch eingingen, wahllos verteilt. Die Hinzunahme des Index  $W_{(b)}$  erfolgte deshalb, weil in der ursprünglichen Form  $W_{(a)}$  des Index ein früher Beginn des beobachteten Prozesses und ein niedriger Endwert gleichsinnig wirken.

Wahrscheinlich sind diese beiden Eigenschaften aber Ausdruck verschiedener physiologischer Zustände. Daß sich keine gravierenden Unterschiede ergaben, wird auf das vollständige Austreiben der meisten Ruten zurückgeführt. Allein in Serie I trieben von einigen Klonen die dritten Steckhölzer von unten nicht mehr aus. Ein Informationszuwachs dürfte sich bei Verwendung dieser Form des Index erst dann ergeben, wenn auch die fünften oder sechsten Steckhölzer noch erfaßt werden. Die Effizienz der Messung der Klonunterschiede ist wohl ebenfalls wegen der geringen Stichprobenumfänge bei den nichtlinearen Indizes etwa gleich. Erst die Hinzunahme weiterer Steckhölzer dürfte ein Urteil darüber erlauben, ob tatsächlich ein klonweise verschiedener linearer oder nichtlinearer Trend des physiologischen Zustands zur Position in der Rute vorliegt. Es sei noch erwähnt, daß BARTLETT (1937) die Verwendung an einem Beispiel aus der Samenkunde mit einer größeren Anzahl von Samen pro Behandlungseinheit demonstrierte.

### Zusammenfassung

1. In der Zeit von Anfang November bis Anfang Januar wurden zu drei Zeitpunkten Steckhölzer von 11 Pappelklonen aus einem nicht wiederholten Anbau (Alter zwei bis vier Jahre) in Wasserkultur gebracht. Neben vier Austriebsmerkmalen wurden Eigenschaften der Bildung von Kallus und Wurzeln beobachtet und der Zeitpunkt der Beobachtung als Maßeinheit verwendet.

2. Bei den vier Austriebsmerkmalen konnten nach Bereinigung der Daten von den Einflüssen der Dimension des Steckholzes und seiner Position in der Rute Unterschiede zwischen Klonen und Behandlungen nachgewiesen werden; die Wechselwirkungen zwischen Klonen und Behandlungen waren ebenfalls signifikant.

3. Mit fortschreitender Entwicklung des Steckholzes schienen die Austriebsmerkmale immer weniger von der Qualität des Materials beeinflußt; die Steckhölzer nahmen mit Zunahme der Periode seit dem Schnittermin eine mehr und mehr autonome Entwicklung.

4. Je nach Behandlung durchliefen die Klone die Austriebsphasen verschieden schnell; zwischen den Klonen bestanden bemerkenswerte Unterschiede. Klone mit früher Knospenstreckung entwickelten sich langsamer, solche mit später Knospenstreckung entwickelten sich schneller weiter.

5. Der Zeitpunkt des Austriebs eines Steckholzes scheint stärker durch seine Position innerhalb der Rute als durch seine Dimension beeinflußt.

6. Bei Verwendung von Indizes für die Steckhölzer einer Rute ließen sich mit hoher Genauigkeit Unterschiede zwischen den Klonen auffinden.

### Summary

Title of the paper: *Identification of Black Poplar clones using physiological characteristics.*

1. At three different dates between November and January cuttings of up to 11 clones from a non-replicated plantation were grown in water culture. The period until flushing and the formation of callus and roots was recorded.

2. After correction of the data of the four characteristics of flushing for the influences of the dimensions of the cuttings and the position in the shoot differences between both clones and treatments were found to be significant. There was a significant interaction between clones and treatments.

3. The influence of the quality of the cutting decreased during development with increasing time since removal from the mother plant, the development of the cuttings became more and more autonomous.

4. The period required after bud elongation until leaf expanding varied between clones depending on treatment; the differences between clones were most remarkable. Clones showing early bud elongation developed slower, clones showing late bud elongation unfolded the leaves relatively fast.

5. The position in the shoot seemed to influence flushing date stronger than the dimension of the cutting.

6. Differences between clones could be detected with high efficiency using rate indices for the cuttings of a shoot.

### Literatur

- ALLEWELDT, G.: Die Umweltabhängigkeit des vegetativen Wachstums, der Wachstumsruhe und der Blütenbildung von Reben. *Vitis* 4, 152—175 (1964). — BARTELS, H.: Über das Verhalten der Eiweiß- und Enzymgehalte in Blättern von Bäumen. *Schriftenr. Forstl. Fak. Univ. Göttingen, Mitt. Niedersächs. Forstl. Vers. Anst.* 33, 11—20 (1964). — BARTLETT, M. S.: Some examples of statistical methods in agriculture and applied biology. *Roy. Stat. Soc. Suppl. Vol. IV*, No. 2, 137—170 (1937). — BORSODORF, W.: Fortschritte in der Unterscheidung von Pappelsorten. *Züchter* 34, 286—292 (1964). — BORSODORF, W.: Zur Frage des jahreszeitlich günstigsten Astungstermins bei der Pappel. *Arch. Forstw.* 15, 153—167 (1966). — BÖRTITZ, S.: Papierchromatographische Differenzierung einiger Arten und Sorten der Gattung *Populus*. *Züchter* 32, 24—33 (1962). — BÖRTITZ, S.: Identification of *Salicaceae* and other forest trees by paperchromatographic separation of their fluorescent constituents. *Bull. Acad. Polon. des Sci. Cl. V*, 11, 549—554 (1963). — BRAUN, H. J.: Wurzelkeime in jungen und älteren Sproßachsen von *Populus*. *Z. f. Botanik* 51, 441—451 (1963). — BRISCOE, B. B.: Rooting cuttings of cottonwood, willow and sycamore. *J. Forestry* 61, 51—53 (1963). — DANILOV, M. D., und KREJER, V. A.: Über den Einfluß der Temperatur auf das Austreiben der Knospen früh- und spätreibender Formen der Espe. *Dokl. Akad. Nauk. SSSR* 74, 135—138 (1950) (zit. n. ALLEWELDT 1964). — DOWNS, R. J.: Photocontrol of growth and dormancy in woody plants. In: T. T. KOZLOWSKI: *Tree growth*, pp. 133—148, Ronald Press. Comp. New York, 1962. — DOWNS, R. J., and BORTHWICK, H. A.: Effect of photoperiod on growth of trees. *Bot. Gaz.* 117, 310—326 (1956). — EIBERLE, K.: Untersuchungen über den Einfluß der pH-Reaktion auf das Austreiben und die Bewurzelung von Pappelstecklingen verschiedener Klone. *Schweiz. Z. Forstw.* 108, 215—257 (1957). — HATTEMER, H. H.: Zwei Indizes aus Blattmerkmalen und ihre Verwendung bei der Identifikation von Schwarzpappelklonen. *Z. Pflanzenzüchtg.* 53, 371—379 (1965). — HATTEMER, H. H.: Die Eignung einiger Blatt- und Verzweigungsmerkmale für die Unterscheidung von Schwarzpappel-Hybridklonen. *Züchter*, 1966 (im Druck). — HILF, H. H., und ROHMEDE, E.: Pappelsortenprüfung. *Forstarchiv* 22, 53—57, 80—82 (1951). — HUBER, N., und POLSTER, H.: Zur Frage der physiologischen Ursachen der unterschiedlichen Stoffherzeugung von Pappelklonen. *Biol. Zbl.* 74, 370—420 (1955). — JOACHIM, H.-Fr.: Über unterschiedliches Anwachsen von Pappelstecklingen in Pflanzgärten. *Forst und Jagd* 10 (2), 1960, Sonderdr. — KLEINSCHMIT, J.: Unterschiede im Wachstum und in der Nährstoffaufnahme verschiedener Pappelklone. *Diss. Göttingen* 1963. — MARCET, E.: Zum ökologischen Verhalten verschiedener Pappelsorten. *Schweiz. Z. Forstw.* 103, 425—431 (1952). — MARCET, E.: Die Phänologie als Bestimmungsmerkmal bei Pappelsorten. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.* 66, 1956, Sonderdr. — MARQUARDT, H.: Die Entwicklung einer Methode zur züchterischen Bearbeitung von Standortseigenschaften bei der Pappel. 11. IUFRO-Kongr. Rom 1963, Florenz 1964. — MARQUARDT, H.: Physiologische Charakterisierung von Pappelrassen. In: *Forschungsergebnisse zur Förderung der forstlichen Erzeugung II*, 15—17, Hiltrup 1958. — MÜLLER, R.: Wirtschaftspappelsorten. *Brühler Pappelvorträge*, 16—25, Hannover 1955. — NITSCH, J. P.: Growth responses of woody plants to photoperiodic stimuli. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 70, 512—525 (1957 a). — NITSCH, J. P.: Photoperiodism in woody plants. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 70, 526—544 (1957 b). — NITSCH, J. P., and NITSCH, C.: Photoperiodic effects in woody plants. Evidence for the interplay of growth regulation substances. In: WITHROW, R. B. (Ed.). *Photoperiodism and related phenomena in plants and animals*, pp. 225—242, AAAS Washington 1959. — PAULEY, S. S., and PERRY, T. O.: Ecotypic variation of the photoperiodic response in *Populus*. *Jour. Arnold Arbor.* 35, 167—188 (1954). — POLSTER, H.: Transpirationsintensität und Wasserbedarf von Pappelklonen. *Beitr. Pappelforschung*; 11. Wiss. Abh. Dtsch. Akad. Landwirtschaftswiss., 99—147, 1957. — SCHRÖCK, O., und STERN, K.: Untersuchungen zur Frühbeurteilung der Wuchsleistung unserer Waldbäume, zugleich ein Beitrag zur Pappelzüchtung. *Züchter* 22, 134—143 (1952). — SMITH, H. F.: Interpretation of adjusted treatment means and regressions in analysis of covariance. *Biometrics* 13, 282—308 (1957). — STEEL, R. G. D., and TORRIE, J. H.: *Principles and procedures of statistics*. New York, Toronto, London 1960. — SUSZKA, B.: Influence of length of poplar cuttings and of their locations on shoots on survival and growth in the first year. *Polska Akademia Nauk, Arboretum Kórnickie* 8, 221—246 (1963). — VEEN, R. VAN DER: Influence of daylength on the dormancy of some species of the genus *Populus*. *Physiol. Plant* 4, 35—40 (1951). — VEGIS, A.: The significance of temperature and daily light-dark period in the formation of resting buds. *Experientia* 9, 462—463 (1953). — VEGIS, A.: Über den Einfluß der Temperatur und der täglichen Licht-Dunkelperiode auf die Bildung der Ruheknospen, zugleich ein Beitrag zur Entstehung des Ruhezustandes. *Symb. bot. Upsaliensis* 14, 7—175 (1955) (zit. n. ALLEWELDT 1964). — VOGL, M., und KEMMER, Ch.: Untersuchungen zur Winterruhe bei Pappeln. *Arch. Forstw.* 10, 872—895 (1961). — WETTSTEIN, W. v.: Das Wachstum der Pappel in Abhängigkeit von Licht und Temperatur. *Allg. Forstzeitschr.* 7, 138 (1952). — WETTSTEIN, W. v., und VIECHOFER, L.: Physiologische Unterschiede morphologisch nicht unterscheidbarer Pappelklone. *Holzforschg.* 11, 139—142 (1958). — WAREING, P. F.: *Tree physiology in relation to genetics and breeding*. FAO/FORGEN 63—5/0, 12 pp. Stockholm 1963.