

Aus dem Institut für Forstpflanzenzüchtung Graupa,  
Abteilung Pappelforschung,  
der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

## Untersuchungen über Testmethoden zur Früherkennung der Lichtwendigkeit von Pappel- und Weidensorten

Von H. LATTKE

Mit 17 Abbildungen

### 1. Problemstellung

Eines der wesentlichsten Ziele der Forstpflanzenzüchtung ist die Verbesserung der Wuchsform der Forstgehölze und damit auch der Qualität des Holzes.

Geradschaftigkeit und andererseits Krummwüchsichtigkeit sind von den Standortsbedingungen in mehr oder minder starkem Maße abhängig (SCHÖNBACH 1957); die Umweltfaktoren beeinflussen dabei die Wuchsform sowohl unmittelbar als auch mittelbar über eine entsprechende Tonisierung der Wachstums- oder Reizprozesse.

Wie durch Untersuchungen an zahlreichen forstlichen Gehölzen nachgewiesen, liegen die Hauptursachen für die unterschiedliche Wuchsform allerdings in der jeweiligen erblichen Veranlagung der einzelnen Bäume. Von den Möglichkeiten der züchterischen Verbesserung forstlicher Gehölze, die sich aus dieser Tatsache ergeben, hat die Forstpflanzenzüchtung bekanntlich bereits in größerem Umfange Gebrauch gemacht. In dem Komplex der in Frage kommenden Erbanlagen nehmen die geotropischen und phototropischen Veranlagungen eine besondere Stellung ein; bestimmen sie doch in der Hauptsache — sich wechselseitig beeinflussend und häufig einander entgegenwirkend — die Stellung der Hauptachse des jeweiligen Baumindividuums. Stark ausgeprägter negativer Geotropismus lässt den Baum senkrecht und gerade erwachsen, besondere positiv-phototropische Reizempfindlichkeit führt zu Stammkrümmungen, Schrägwuchs und Kronendeformationen.

Die in praxi in Erscheinung tretende unterschiedliche Neigung des einzelnen Baumes, seine Stammachse bei ständig einseitig stärkerer Belichtung nach der Lichtseite zu krümmen — im forstlichen Sprachgebrauch auch als „Lichtwendigkeit“ bezeichnet — kann darüber hinaus von der sog. Phototrophie beeinflusst werden, auf die zuerst WIESNER (1897) aufmerksam gemacht hat. WIESNER versteht hierunter die Tendenz mancher Gehölze, unter einseitigen Belichtungsverhältnissen die dem Licht zugewandte Kronenseite stärker zu entwickeln, was dann, ganz mechanisch, ein Überhängen des Baumes nach der Lichtseite bedingt. Die Phototrophie ist nach WIESNERS Ansicht ihrerseits wiederum abhängig von dem jeweiligen „relativen Lichtgenussminimum“ des Baumes, der Biegefesteit des Holzes und den Gewichtsverhältnissen der Äste zum Hauptstamm. WIESNER geht soweit, der Phototrophie die Hauptrolle bei der Entstehung lichtwendiger Krümmungen der Bäume zuzuschreiben und dem Phototropismus nur eine ganz untergeordnete Bedeutung zuzubilligen. Wenn auch diese Auffassungen WIESNERS später —

insbesondere durch die Arbeiten von ENGLER (1918, 1924) — richtiggestellt wurden, so ist ein gewisser Einfluß der Phototrophie auf die Krümmung zum Licht im Einzelfall nicht auszuschließen.

Bei Gehölzen, die vegetativ vermehrt werden, können ggf. eintretende lichtwendige Krümmungen zusätzlich durch topophysische Einflüsse überlagert werden, die ein plagiogeotropes Wachstum der — ursprünglich ja als Seitenäste angelegten — austreibenden Sprosse zur Folge haben. Die topophysisch bedingte „Induktion der Wuchsrichtung“ führt „die spezifische Wuchslage des Stecklings, die er z. B. aus Krone oder Seitenzweig, Haupt- oder Nebentrieb mit sich bringt, weiter in die daraus entstehende Pflanze; zwar abgeschwächt, aber bemerkbar“ (MÜLLER 1961, S. 80). Hieraus erklärt sich die bekannte Tatsache, daß beispielsweise Pappelsteckhölzer oder -setzstangen, die aus Seitenästen von Altbäumen ausgeformt wurden, in der Regel krummwüchsige Pflanzen ergeben. Die genannten geotropischen, phototropischen und epinastischen Reaktionen sind Wachstumsbewegungen, die der Baum mit Hilfe eines komplizierten, heute noch schwer durchschauhbaren Zusammenspiels von Wuchs- und Hemmstoffen vollzieht und die sich holzanatomisch in dem Auftreten von Reaktionsholz bemerkbar machen. Wie insbesondere die Untersuchungen von HARTMANN (1932, 1942) gezeigt haben, können Zug- und Druckspannungen nicht als primäre Ursache für die Entstehung des Reaktionsholzes angesehen werden; dieses tritt vielmehr im wesentlichen als Folge geotropischer Reizung auf. CASONPERSON (1962) konnte wahrscheinlich machen, daß die Vorgänge bei der Entstehung des Reaktionsholzes — wie gleichzeitig auch die geo- und phototropischen Reizprozesse — über den Wuchsstoff- und Fermenthaushalt gesteuert werden. Die Vermutung liegt daher nahe, daß geotropische Veranlagung und Reaktionsholzbildung in einem engeren Zusammenhang stehen.

Die bisherigen Untersuchungen in dieser Frage ergeben allerdings ein recht widersprüchliches Bild; immerhin steht fest, daß von den bisher in größerem Umfang angebauten Schwarzpappelhybriden die zur Krummwüchsigkeit neigenden Sorten, wie ‚Marilandica‘ und ‚Serotina‘, im allgemeinen gut schälfähiges Holz mit geringem Reaktionsholzanteil liefern, während andererseits die besonders geradschaftige ‚Robusta‘ wegen ihres hohen Reaktionsholzprozentsatzes als Furnierholz wenig geeignet ist.

Größere Reaktionsholzanhäufungen im Stamm führen zu Spannungen, die das Auftreten von Frostrissen fördern. Die Vermutung, daß bei Kulturpappeln bestimmte Zusammenhänge zwischen Geradschaftigkeit und Reaktionsholzbildung bestehen

(MAYER-WEGELIN 1958), wird daher noch durch die Tatsache gestützt, daß bemerkenswerte Übereinstimmungen zwischen der Frostgefährdung von Pappelsorten, wie sie durch Untersuchungen von JOACHIM (1957) festgestellt werden konnten, und dem jeweiligen Grad der Orthogeotropie bestehen.

Zweifellos sind zur Klärung der aufgeworfenen Fragen noch umfangreiche Forschungsarbeiten notwendig, ehe ein abschließendes Urteil gefällt werden kann. Die Vermutung ist jedenfalls nicht von der Hand zu weisen, daß die jeweilige phototropische bzw. geotropische Veranlagung nicht nur auf den äußeren Habitus des jeweiligen Baumindividuums entscheidenden Einfluß nimmt, sondern daß darüber hinaus — zumindest bei den hier untersuchten Kulturpappelsorten — auch die holzanatomischen bzw. holzchemischen Gegebenheiten und möglicherweise sogar die Resistenz gegen Frostgefährdungen von diesen Faktoren beeinflußt werden.

Die Kenntnis der phototropischen bzw. geotropischen Veranlagung erscheint somit für die weitere züchterische Bearbeitung von Schwarz- und Balsampappeln und darüber hinaus auch der systematisch nahestehenden Baumweidenarten von erheblichem Interesse.

## 2. Durchgeführte Versuche

Im Rahmen der Forschungsarbeiten der Abteilung Pappelforschung des Instituts für Forstpflanzenzüchtung in Graupa wurden daher seit 1960 Untersuchungen über die Lichtwendigkeit von Baumweiden- und Pappelklonen durchgeführt, die in der vorliegenden Arbeit ihren Niederschlag gefunden haben.

Zielstellung war hierbei, eine Testmethode zu entwickeln, die eine Frühdiagnose der Lichtwendigkeit der untersuchten Klone anhand von experimentell induzierten phototropischen Krümmungen an jüngeren Steckholzpflanzen ermöglicht. Dabei wurde unterstellt, daß die phototropische Veranlagung als Hauptursache der mehr oder weniger starken Lichtwendigkeit der betreffenden Klone zu betrachten ist.

Die Einbeziehung der Kulturpappelsorten in die Untersuchungen bot den Vorteil, die Sicherheit der Frühdiagnose durch einen Vergleich zwischen den im Test ermittelten Krümmungswinkeln und den entsprechenden Merkmalen von Altpappeln überprüfen zu können; eine Möglichkeit, die bei den Baumweiden mangels älterer Sortenversuchsanlagen z. Z. noch nicht gegeben ist.

Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen galt es einmal, zu überprüfen, ob und inwieweit Zusammenhänge zwischen dem experimentell feststellbaren Phototropismus von Steckholzpflanzen im Jugendstadium und der Wuchsform älterer Stämme bestehen; zum anderen war es notwendig zu ermitteln, mit welcher Testmethode sich ggf. vorhandene Unterschiede in der phototropischen Reaktion von Pappel- und Weidenklonen am sichersten nachweisen lassen.

Da Literatur auf diesem Spezialgebiet der phototropischen Forschung nur in relativ geringem Umfange vorliegt (WIESNER 1897, KÖLBL 1909, SCHMIDT 1933, 1943, KARSCHON 1949, BARNER 1954, SCHRÖCK 1958, KRAHL-URBAN 1962), war von vornherein nicht zu entscheiden, welche der überhaupt in Frage kommenden Möglichkeiten der photo-

tropischen Frühtestung sich für den vorgesehenen Zweck als die günstigste erweisen würde. Es war daher notwendig, den Kreis der Untersuchungen entsprechend weit zu fassen. Im einzelnen lassen sich die durchgeführten Versuche in drei Hauptteile gliedern:

a) Es wurde zunächst geprüft, inwieweit sich Unterschiede in der Lichtwendigkeit der einzelnen Sorten bei der Anzucht von Steckholzpflanzen unter einseitigen Belichtungsverhältnissen im Freiland feststellen lassen.

b) Parallel hierzu wurden Versuche mit der Zielstellung durchgeführt, unter den Verhältnissen eines klimatisierten Dunkelraumes durch geeignete Belichtungsverfahren sortentypische phototropische Krümmungen an Steckholzpflanzen hervorzurufen.

c) Um zu überprüfen, inwieweit aus den im Test ermittelten Werten sichere Rückschlüsse auf das Altersverhalten der einzelnen Sorten gezogen werden können, machten sich schließlich Untersuchungen über die Reaktion von Altstämmen auf einseitige Beschattung notwendig. Gleichzeitig durchgeführte Astwinkelmessungen an älteren Pappeln sollten die Frage der Beziehungen zwischen Lichtwendigkeit und Kronenform einer Klärung näher bringen.

Die Versuche wurden sämtlich an Klonpflanzen vorgenommen; sie beschränkten sich daher auf die vegetativ vermehrbar Pappelsorten der Sektion Aigeiros und Tacamahaca sowie auf eine Anzahl steckholzwüchsiger Baum- und Strauchweidenarten verschiedener Sektionen.

2.1 Die Freilandversuche trugen mehr den Charakter von Vorversuchen und sollen hier daher nur kurz gestreift werden. Möglichkeiten, eine größere Anzahl von Versuchspflanzen unter annähernd vergleichbaren Beschattungsverhältnissen zu überprüfen, boten einige im Institutsbereich vorhandene Schattenträufe älterer Bestände.

Die Anlage der Versuche erfolgte mit Fußsteckhölzern genau gleicher Länge und Stärke. Sie wurden in der Regel in einer Reihe parallel zum Bestandsrand so abgesteckt, daß die oberste Knospe nach der Lichtseite zeigte. Nach dem ersten, teilweise auch nach dem zweiten Jahr wurden die Höhe des Sprosses, die Abweichung des gesamten Triebes aus der Lotrechten und der Abgangswinkel der Triebbasis ermittelt.

Die auf den (insges. 4) Versuchsabsteckungen auftretenden Sortenunterschiede waren bei den untersuchten Pappelsorten teilweise sehr erheblich; die ermittelten Abweichungswinkel schwankten auf der gleichen Versuchsfläche zwischen  $5^\circ$ – $61^\circ$ , bei den Weiden zwischen  $9^\circ$  und  $38^\circ$ .

Als besonders schwach reagibel erwiesen sich, wie zu erwarten, die Pyramidalisformen (so z. B. *Pop. nigra* var. *italica*), die meist völlig senkrecht in den Bestandsschatten hineinwuchsen (Abb. 1). Besonders starke Empfindlichkeit gegenüber seitlicher Belichtung ließen andererseits die Schwarzpappelhybridsorten 'Marilandica' und insbesondere einige der 'Trichocarpa'-Klone erkennen. Auch die wegen ihrer guten Wuchsleistung in der letzten Zeit verstärkt angebaute Balsampappelhybride 'Androscoggin', deren Altstämme ausgesprochen gerad- und wipfelschäftig erwachsen, zeigt als Jungpflanze eine sehr starke Reaktion auf Seitenlicht.

Die Untersuchungen weisen nach, daß die phototropischen Krümmungen der Sprosse in schwer zu

übersehender Weise von einer ganzen Anzahl innerer und äußerer Faktoren beeinflußt bzw. überlagert werden.

Als solche kommen vor allem in Betracht der Gradient des Helligkeitsabfalls nach dem Freiland und die Exposition der Versuchsanlagen, klimatische Faktoren, die jahreszeitlich unterschiedliche Belastung der Triebe durch die Belaubung (die eine — wiederum von der Dicke der Sprosse und der Biegefestigkeit des Holzes abhängige — passive Lastkrümmung zur Folge hat) sowie die vom 2. Jahr an verstärkt in Erscheinung tretende geotropische Rückkrümmung der Triebe. Sofern die Versuche — wie in unserem Fall — unter natürlichen Bestandsrändern angelegt werden, sind größere Streuungen der Meßwerte unvermeidbar, da Dichte und Breite des Traufs stets in gewissen Grenzen schwanken. Soweit man nicht mit großen Kollektivumfängen arbeitet, lassen sich daher mit dieser Methode nur grobe Unterschiede in den Abweichungswinkeln statistisch sichern. Infolge der Abhängigkeit der eintretenden Krümmungen von den speziellen Beschattungsverhältnissen sind die einzelnen Versuchsanlagen überdies nicht direkt miteinander vergleichbar. Hinzu kommen die ungünstigen Anwuchs- und Wachstumsbedingungen unter den Standortsverhältnissen des Bestandsrandes und die dadurch in verstärktem Maße gegebene Gefährdung der Versuchspflanzen durch Schädigungen aller Art.

Als Massenprüfmethode für züchterische Zwecke ist das Verfahren aus den genannten Gründen wenig geeignet.

2.2 Um die Versuchsbedingungen gleichmäßiger zu gestalten, wurden die Versuche daher in einen klimatisierbaren Dunkelraum verlegt, der die Anzucht der Versuchspflanzen unter weitgehend konstanten Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbedingungen ermöglichte. Die Temperatur dieses Versuchsraumes ließ sich durch elektrische Heizkörper und einen Ventilator auf konstant 24 °C einregulieren, die relative Luftfeuchte konnte durch mehrfach wiederholtes Spritzen ständig über 70% gehalten werden.

Zwei mögliche Testverfahren kamen in Betracht, um an Steckholztrieben phototropische Krümmungen hervorzurufen:

1. Die phototropische Reizung vorgetriebener etiolierter oder grüner Sprosse;
2. die Anzucht von Steckholztrieben unter einseitiger Dauerbelichtung.

Einfacher erschien zunächst das erstgenannte Verfahren, das bereits von SCHMIDT (1933, 1943), SCHRÖCK (1958) und KRAHL-URBAN (1962) zur Frühtestung forstlichen Saatgutes angewandt worden ist.

Die von uns verwendete Versuchsausrüstung ist aus Abb. 2 ersichtlich. Als Lichtquelle dienten in der Regel elektrische Glühlampen, deren Helligkeit durch einen Regeltransformator auf den gewünschten Wert eingestellt werden konnte. Zur Abschirmung der Wärmestrahlung benutzten wir eine zwischen Lichtquelle und phototropischer Kammer aufgestellte Küvette, die während der Belichtung ständig von kaltem Leitungswasser durchflossen wurde. Der besseren Vergleichbarkeit der Versuche halber war überdies vor die Versuchspflanzen eine Scheibe des Schottfilterglases BG 18 vorgeschaltet, dessen spektrale Durchlässigkeit mit der bekannten Kurve des phototropischen Wirkungsspektrums annähernd korrespondiert. Als Versuchspflanzen dienten ca. 8 cm hohe, etolierte Triebe in Wasserkultur angezogener bewurzelter

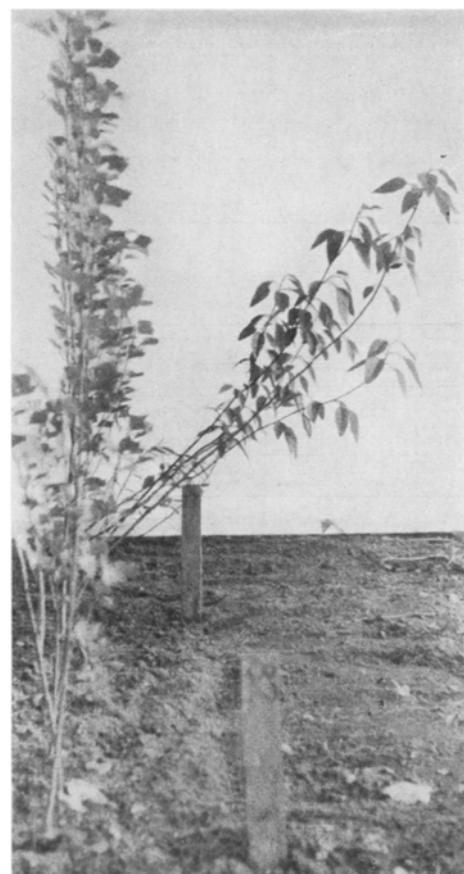


Abb. 1. Unterschiedliche Reaktion von 2jährigen Steckholz-pflanzen zweier Pappelklone auf einseitige Belichtungsverhältnisse. Vordergrund: *P. nigra* (Säulenform, Klon 82), Hintergrund: *P. trichocarpa* (Klon A).

Steckhölzer verschiedener Pappel- und Weidenklone, die in Serien von jeweils 10 Stück zum Ansatz kamen.

Im Verlauf einer ersten Versuchsserie exponierten wir die Versuchspflanzen kurzzeitig (bis maximal 60') dem gefilterten Licht verschieden starker Glühlampen (bis 1500 W), sowie außerdem — außerhalb der phototropischen Kammer — dem stark UV-haltigen Licht einer Laborquarzlampe und maximal 50 Lichtblitzen eines Elektronenblitzgerätes.

Der Erfolg der Belichtung war entgegen den Erwartungen in allen Fällen völlig negativ. Soweit überhaupt eben noch makroskopisch erfaßbare Krümmungen auftraten, bildeten sie sich innerhalb kurzer Zeit wieder zurück. Nachkrümmungen, wie sie SCHMIDT (1933, 1943) und SCHRÖCK (1958) an Kiefernsämlingen beobachteten, konnten bei keinem

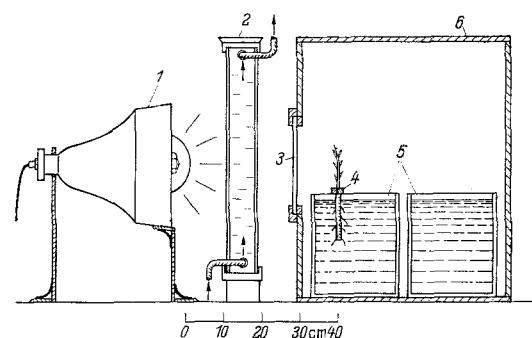


Abb. 2. Phototropische Kammer. — 1 Scheinwerfer; 2 Wasserdurchflossene Küvette; 3 Blauglasfilter; 4 Halterung mit Versuchspflanzen; 5 Glasbassins; 6 Holzrahmen der Kammer.

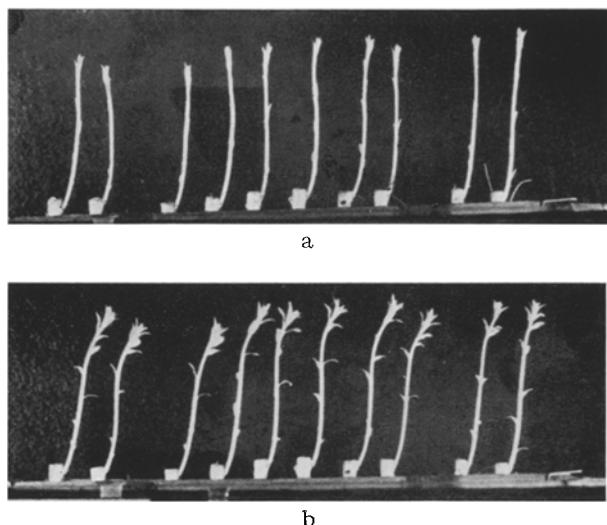


Abb. 3a/b. Etiolierte Steckholztriebe der „Imkerschulweide“ (*Salix viminalis* L.)  
a) bei Versuchsbeginn;  
b) nach 24 stündiger einseitiger Belichtung (200 „Blaulux“).

der untersuchten Pappel- und Weidenklone nachgewiesen werden.

Merkliche phototropische Krümmungen traten erst bei einer zweiten Versuchsserie auf, bei der etiolierter und grüner Steckholzsprosse einer 24stündigen seitlichen Dauerbelichtung mit Blaulicht ausgesetzt wurden. Die Krümmungen waren teilweise bereits nach 4 Stunden feststellbar. Allerdings reagierte auch hier die Mehrzahl der untersuchten Pappel- und Weidenklone auf die seitliche Belichtung relativ schwach (Abb. 3). Die Größe der Krümmungen nahm mit der Stärke der Lichtintensität etwa linear zu. Die zur Erzeugung phototropischer Krümmungen optimale Beleuchtungsstärke schien bei 200 „Blaulux“ (gemessen hinter Schottfilter BG 18, NUERNBERG 1954) noch nicht erreicht zu sein.

Die Salicaceensprosse erwiesen sich damit als ziemlich träge Versuchsobjekte, wie besonders aus einem Vergleich mit den Koleoptilen der Gramineen hervorgeht. Die *Avena*-Koleoptile reagiert bekanntlich bereits auf Lichtblitze von 1/2000 Sek. (FRÖSCHEL 1909) bzw. auf Energiemengen von 3 bis 25 Luxsekunden (SCHUMACHER 1962) mit deutlichen Nachkrümmungen. Eine Gegenüberstellung der Schwellenwerte lässt erkennen, dass zur Auslösung phototropischer Reaktionen bei Salicaceensprossen ein mindestens hunderttausendfach höherer Energieaufwand notwendig ist. Die Frage, ob die Ursachen der schwachen Reaktion der Salicaceensprosse auf seitliche Belichtung hauptsächlich in einer an sich geringen phototropischen Sensibilität oder in dem Gegenwirken einer starken geo- oder auch

autotropischen Reaktion zu suchen sind, lässt sich an Hand von Untersuchungen an Steckholztrieben beantworten, die im rotierenden Klinostaten ebenfalls einer länger dauernden seitlichen Belichtung ausgesetzt wurden (Tab. 1). Wie aus der vergleichenden Betrachtung der klinostatierten und „fixen“ Versuchspflanzen hervorgeht, haben die ersten bei gleicher Beleuchtungsstärke sowohl schneller als auch wesentlich stärker reagiert, was darauf schließen lässt, dass die geotropische Gegenreaktion an der schwachen Reagibilität des Salicaceensprosses auf phototropische Reize wesentlichen Anteil hat.

Besonders deutlich ist dieser Effekt bei den Sprossen der säulenförmigen Pappelklone nachweisbar, die bei seitlicher Belichtung im Vertikalstand gegen phototropische Reizung scheinbar weitgehend unempfindlich sind, dagegen bei gleichen Lichtstärken im Klinostaten deutliche Krümmungen gegen die Lichtquelle ausführen.

Wie der Vergleich mit dem noch zu besprechenden Altersverhalten der untersuchten Pappelklone gegenüber einseitigen Belichtungsverhältnissen ergibt, lassen die auf die beschriebene Weise erzielten phototropischen Krümmungen kaum einen sicheren Schluss auf den Grad der Lichtwendigkeit der einzelnen Klone zu. Augenscheinlich werden die phototropischen Krümmungsverhältnisse von verschiedenen, schwer übersehbaren Faktoren beeinflusst. Als solche kommen u. a. in Betracht die unterschiedliche Dicke der Sprosse, von der einmal der mechanische Widerstand abhängt, den diese einer Krümmung entgegensetzen; zum anderen ist die Größe des Krümmungsbogens bei gleichbleibendem Verlängerungsverhältnis zwischen konkaver und konvexer Flanke schon rein rechnerisch vom Durchmesser der Sprosse abhängig (KALDEWEY 1962).

Wesentlicher für die Größe der eintretenden Krümmungsreaktion scheint allerdings noch die unterschiedliche Länge der streckungs- und daher noch krümmungsfähigen Zone der Sprosse zu sein, die auch bei gleicher Länge der Triebe sehr unterschiedlich sein kann (Abb. 4). Es ist ohne weiteres einleuchtend, dass im Fall b (lange Streckungszone) auch bei gleicher phototropischer Reizempfindlichkeit ein ganz anderer Krümmungsbogen resultieren muss als im Falle a. Auch mit Hilfe des Klinostaten lassen sich keine engeren Beziehungen zwischen der phototropischen Reaktion der Sprosse und dem Verhalten der Altbäume auf Seitenlicht herstellen. Das Bild wird nach dem Wegfall der geotropischen Komponente eher noch unübersichtlicher. Es zeigt sich — und das beweisen auch die Ergebnisse geotropischer Aufkrümmungsversuche, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll —, dass eine isolierte

Tabelle 1. Vergleich der Krümmungswinkel von Versuchspflanzen bei einseitiger Belichtung im Vertikalstand und im rotierenden Klinostaten (Beleuchtungsstärke 50 „Blaulux“).

Versuchsmaterial (n = 8 – 12)	Vertikalstand		Klinostat		Diff. (d)	Sicherung (t-Test)
	$\bar{x}$	$s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$s_{\bar{x}}$		
<i>Populus nigra</i> (Säulenf.)	+ 3,2	± 0,48	11,3	± 1,89	8,1	+++
<i>Populus 'Berolinensis'</i>	+ 0,2	± 0,01	13,8	± 1,44	13,6	+++
<i>Populus 'Robusta'</i>	+ 3,4	± 0,22	30,4	± 1,47	27,0	+++
<i>Populus 'Marilandica'</i>	+ 4,1	± 0,87	13,4	± 0,83	9,3	+++
B 5 ( <i>Salix alba</i> var. <i>vitellina</i> )	± 0,0	—	8,2	± 1,49	8,2	+++
B 2 ( <i>S. alba</i> × <i>fragilis</i> )	+ 4,9	± 2,01	19,8	± 1,42	14,9	+++
Imkerschulweide ( <i>S. viminalis</i> )	+ 5,3	± 1,70	12,8	± 0,58	7,5	+++

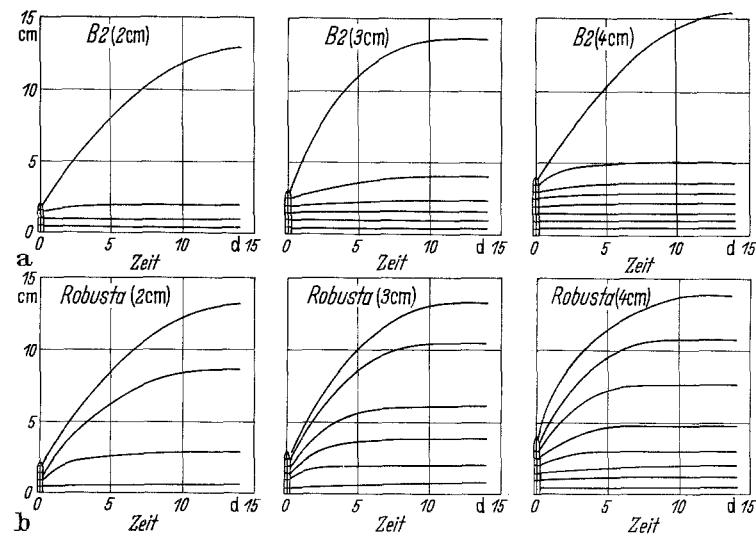


Abb. 4. Wachstumsgang etiolierter Triebe bei unterschiedlicher Ausgangsgröße (2, 3 u. 4 cm). — a) *Salix alba x fragilis*, Klon B 2; b) *Populus euramericana* cv. 'Robusta'.

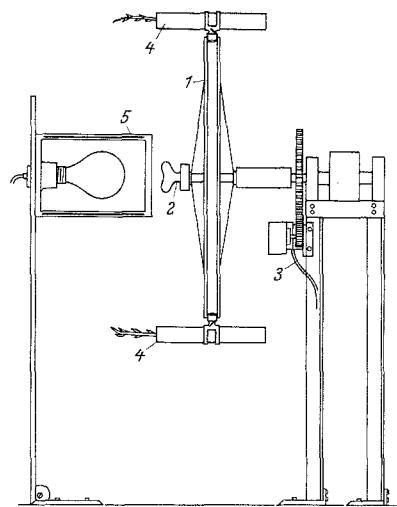


Abb. 5. Klinostat-Apparatur. 1 Speichenrad; 2 Flügelschraube zur Befestigung des Rades; 3 Synchronmotor mit Getriebe; 4 Ekadurröhren mit Versuchspflanzen; 5 Laterne.

Betrachtung einer der beiden tropistischen Reaktionen nicht zum Ziel führt, sondern daß erst das gleichzeitige Einwirken beider Faktoren auf die Pflanze die Voraussetzung für einen Vergleich mit dem Verhalten unter Freiland-Bedingungen bietet.

Auch die spektrale Zusammensetzung des Lichtes hat auf die Stärke der phototropischen Reaktion der Salicaceensprosse erheblichen Einfluß.

Die entsprechenden Versuche wurden mit Hilfe des Klinostaten (Abb. 5) durchgeführt, in dessen Laterne jeweils 4 gleiche Farbglasplatten eingelegt waren. Untersucht wurden die Spektralbereiche violett, blau, grün, gelb, orange und rot, meist unter Zuhilfenahme entsprechender Schottfilter. Die Beleuchtungsstärke in Höhe der Versuchspflanzen konnte mit Hilfe eines Regeltransformators auf jeweils 100 Lux eingestellt werden; die unterschiedliche Empfindlichkeit des Luxmeters in den einzelnen Wellenlängenbereichen blieb dabei unberücksichtigt.

Wie zu erwarten, erweist sich der blaue Spektralbereich auch bei den Salicaceensprossen als besonders phototropisch wirksam; die Stärke der Reaktion nimmt mit zunehmender Wellenlänge rasch bis zum Nullpunkt der Wirksamkeit ab (Abb. 6). Die Untersuchungen lassen erkennen, daß die Ergebnisse phototropischer Untersuchungen an Salicaceensprossen nur dann vergleichsfähig und reproduzierbar sind, wenn außer gleicher Beleuchtungsstärke auch annähernd gleiche Verhältnisse in der spektralen Zusammensetzung des Lichtes vorliegen.

Parallel zu den Beleuchtungsversuchen mit vorgetriebenen Steckholzsprossen wurden Untersuchungen darüber angestellt, inwieweit die Anzucht von Steckholztrieben unter einseitiger Dauerbelichtung Krümmungen liefert, die sich zu dem Verhalten der untersuchten Klone im Freiland in Beziehung bringen lassen.

Die Anzucht der Pflanzen erfolgte in Wasserkultur in phototropischen Kammern der Größe  $50 \times 50 \times 70$  cm (Abb. 7). An der Rückseite befand sich ein speziell angefertigter Lichtkasten, in dem 12 Glühlämpchen in der Stärke von 18 Volt, 0,1 Amp. in gleichmäßiger Verteilung angebracht waren. Die vor den Lämpchen angebrachte mattierte Glasscheibe sorgte für eine diffuse Verteilung des ausgesandten Lichtes. Die Lichtstärke der Kästen konnte über einen Spannungsregler konstant gehalten werden. Die Steckhölzer befanden sich zu je 10 in einer Holzhalterung, die einen genau senkrechten Stand gewährleistete. Meist wurden je zwei dieser Halterungen so in die Bassins eingesetzt, daß die Lichtstärke am

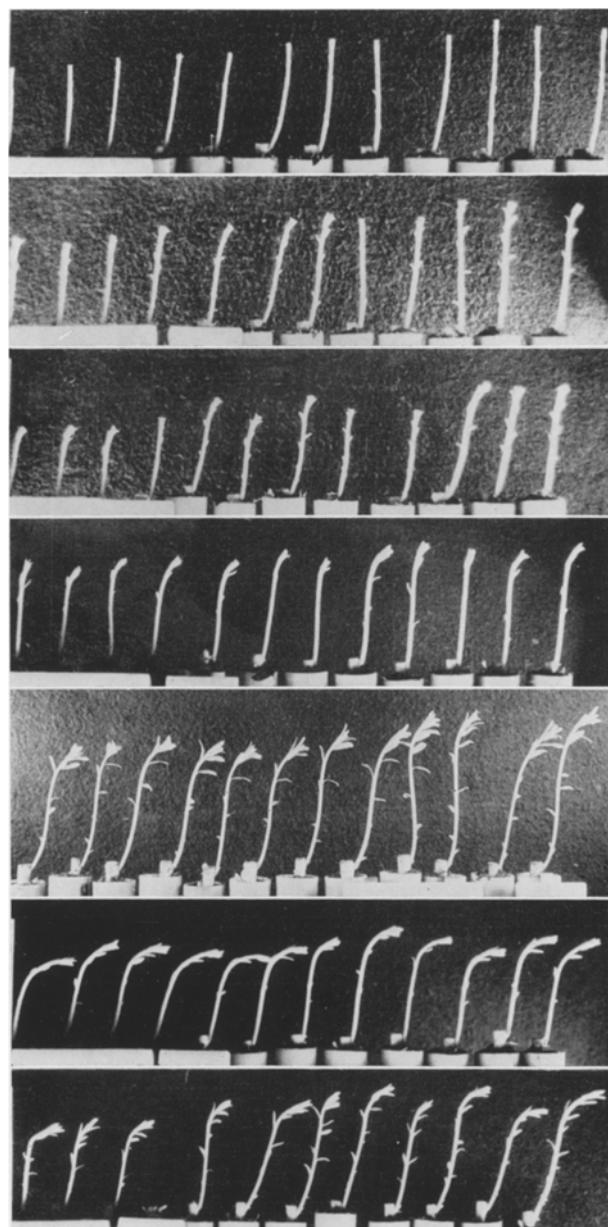


Abb. 6. Unterschiedliche Wirkung der einzelnen Spektralbereiche. Etiolierte Triebe der „Imkerschulweide“ (*Salix viminalis*) nach 24stündiger Belichtung mit Farblicht von jeweils 100 Lux im rotierenden Klinostaten. (Reihenfolge von oben nach unten: Kontrolle, Rot-, Orange-, Gelb-, Grün-, Blau-, Violettlicht).

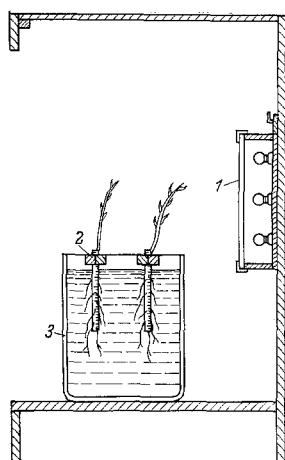


Abb. 7. Kabine zur Durchführung der Anzuchtversuche bei Dauerbelichtung.  
— 1 Lichtkasten; 2 Halterungen mit Versuchspflanzen; 3 Glasbassin.

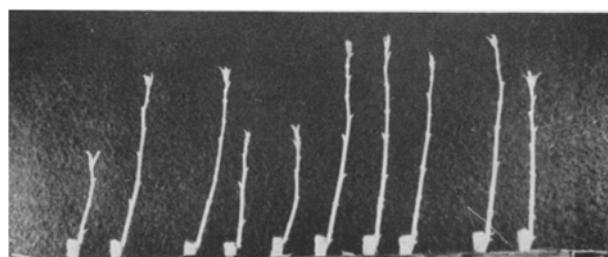
Standort der vorderen Halterung 40, der hinteren 25 „Blaulux“ — gemessen hinter Schottfilter BG 18 — betrug. Der Abstand der Halterung von der Lichtquelle und damit auch der Winkel des einfallenden Lichts war in allen Fällen der gleiche. Insgesamt standen 20 solcher Kammern gleichzeitig für die Versuche zur Verfügung, so daß in einem Durchgang jeweils 200 bzw. 400 Steckhölzer geprüft werden konnten. Ein Durchgang dauerte je nach Sorte 8 bis 15 Tage. Die Auswertung erfolgte so, daß die Triebe nach Erreichen einer Länge von 10–12 cm in den Halterungen gleichsinnig um 90° gedreht und vor einem dunklen Hintergrund in jeweils gleichem Abstand fotografiert wurden. Die von uns so bezeichneten „Krümmungswinkel“ der einzelnen Triebe wurden auf die Weise ermittelt, daß die einzelnen Negative in genau vierfacher Vergrößerung an eine Tafel projiziert und jeweils eine Länge von 32 cm — entsprechend 8 cm am Sproß — mit Hilfe eines Kurvimeters abgemessen wurde. Die Abweichung der Verbindungslinie zwischen Triebbasis und dem Endpunkt dieser Strecke aus der Lotrechten — in Winkelgraden gemessen — ergab dann ein Maß für die jeweilige phototropische Verkrümmung. Die durch die fotografische Aufnahme- und Projektionstechnik bedingte optische Verzeichnung hielt sich in so geringen Grenzen, daß sie vernachlässigt werden konnte.

Die dargestellte Versuchsanordnung bot die Möglichkeit, die Wirkung bestimmter äußerer und auch innerer, durch die Beschaffenheit der Steckhölzer bedingter Faktoren auf die phototropische Reaktion der Sprosse zu überprüfen. Methodische Untersuchungen dieser Art waren notwendig, um einmal die optimalen Bedingungen für das Zustandekommen auswertbarer phototropischer Krümmungen ausfindig zu machen und um andererseits die Verfälschung der Versuchsergebnisse durch störende Einflüsse ausschalten zu können.

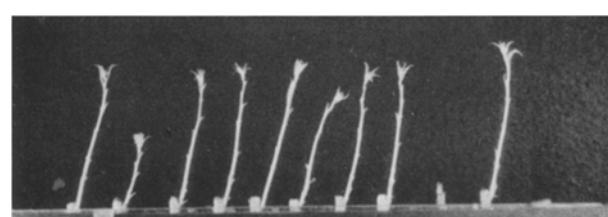
Die Untersuchungen ergaben, daß bereits Lichtstärken von 25–40 „Blaulux“ genügen, um sortentypische, differenzierte und gut auswertbare Krümmungen der Sprosse in Lichtrichtung hervorzurufen. Die Steckholzsprosse wuchsen bei diesen Lichtverhältnissen halbtioliiert auf, d. h. die Internodien waren über das normale Maß hinaus gestreckt, die Blattspreiten mehr oder weniger stark reduziert und die Chlorophyllbildung merklich verringert. Dabei traten deutliche Sortenunterschiede in der Stärke der Etiolimentserscheinungen auf, die — zusammen mit der spezifischen phototropischen Reaktion der Sprosse — ggf. als zusätzliches Hilfsmittel zur Sorten- und Artidentifizierung bei Pappeln und Weiden in Betracht kommen.

Es erwies sich, daß die bei diesem Verfahren in Erscheinung tretenden Sproßkrümmungen mit dem anschließend besprochenen Freilandverhalten der einzelnen Sorten deutlich korrelieren.

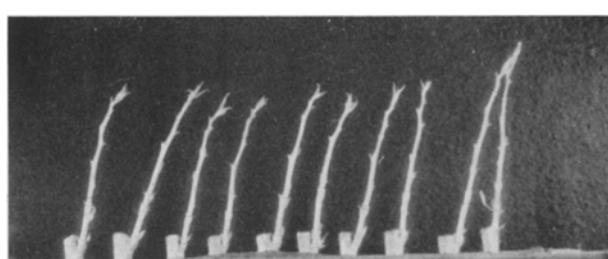
So zeigen Säulenpappeln und Säulenpappelhybridn auch im Test eine weitgehende Unempfindlichkeit gegenüber seitlicher Dauerbelichtung (Abb. 8); andererseits lassen die als lichtwendig bekannten Schwarzpappelhybridsorten, wie z. B. ‘Eck-



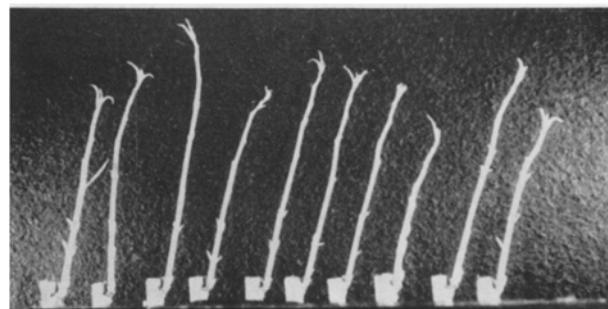
a



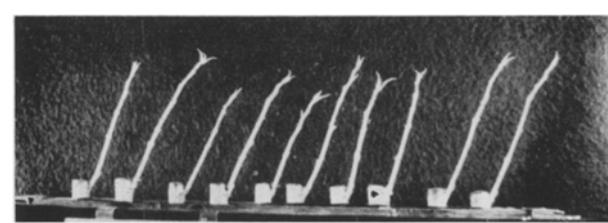
b



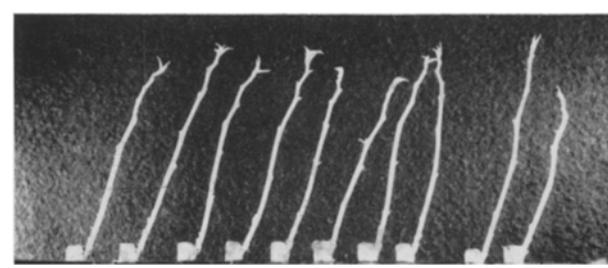
c



d



e



f

Abb. 8. Steckholztriebe von Schwarzpappelsorten mit geringer phototropischer Reaktion (Blätter vor der photographischen Aufnahme entfernt).

- a) *P. nigra* (Säulenform) Klon 82;
- b) 'Italica' Klon 571;
- c) *P. delt. x italica*;
- d) 'Berolinensis';
- e) 'Robusta';
- f) 'Heidemij'.

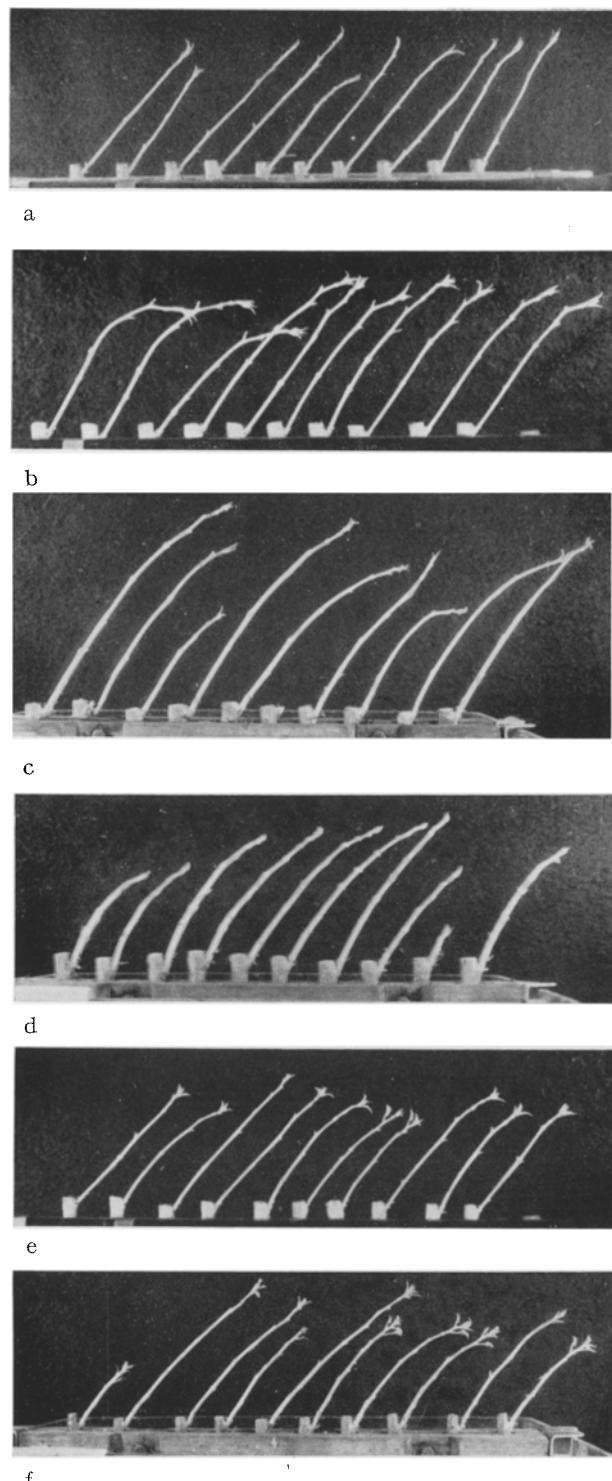


Abb. 9. Steckholztriebe von Schwarzpappelsorten mit starker phototropischer Reaktion (Blätter vor der fotografischen Aufnahme entfernt).

- |                |                   |
|----------------|-------------------|
| a) 'Serotina'; | d) 'Löns';        |
| b) 'Eckhof';   | e) 'Eucalyptus';  |
| c) 'Forndorf'; | f) 'Marilandica'. |

'hof', 'Serotina', 'Virginiana de Frignicourt' und 'Marilandica', stärkere Abweichungen aus der Lotrechten erkennen (Abb. 9).

Wie aus den Abbildungen ersichtlich, kommen die Krümmungswinkel der lichtwendigen Sorten nicht nur durch eine Schräglage des gesamten Triebes, sondern in der Regel durch eine zusätzliche Biegung der Sproßspitze in die Lichtrichtung zustande.

Auch innerhalb der untersuchten Balsampappeln zeigen sich erhebliche Unterschiede. Die ge-

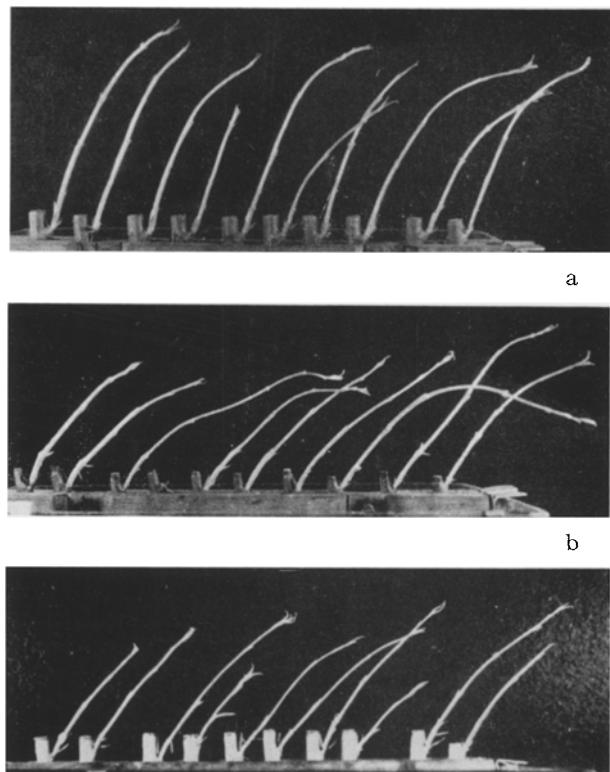


Abb. 10. Unterschiedliche phototropische Reaktion der Steckholztriebe von Balsampappelsorten (Blätter vor der fotografischen Aufnahme entfernt).

- a) *P. trichocarpa*, Klon 96;
- b) *P. trichocarpa*, Klon A;
- c) *P. trichocarpa*, Klon 29.

schlängelte, krumme Wuchsform des bisher in Mitteleuropa fast ausschließlich angebauten *Trichocarpus*-Klones A und die wesentlich gestrecktere Sproßbildung einer anderen, als Klon 96 geführten Herkunft finden sich bereits im Wuchs der Steckholzsprosse angedeutet (Abb. 10).

Die Differenzierung innerhalb des überprüften Baumweidensortiments ist nicht geringer, wenn auch die am oberen Ende der Rangfolge stehenden Klone im allgemeinen größere Krümmungswinkel als die entsprechenden Säulenpappelformen zeigen. Eine Trennung von Baum- und Strauchweidenformen erwies sich bei diesem Verfahren — ebenso wie vorher bei den Freilandversuchen — als unmöglich. Die Krümmungswinkel der einzelnen Strauchweidesorten bewegen sich im allgemeinen durchaus noch im Spielraum der Pappel- und Weidenklone; allerdings treten hier Formen auf, die sich durch besonders extreme Lichtwendigkeit auszeichnen, wie z. B. die sog. „Gelbsool“-Weide, die mit 57° den größten überhaupt beobachteten Krümmungswinkel erreichte.

Was die Einflußnahme weiterer äußerer und innerer Faktoren auf die Krümmungswinkel betrifft, so lassen die Ergebnisse der durchgeföhrten Untersuchungen erkennen, daß sich vergleichbare Krümmungswinkel nur bei völliger Konstanz der äußeren Bedingungen — vor allem der Lichtstärke, der Temperatur- und der Luftfeuchtigkeits-Verhältnisse — und bei Verwendung streng genormter Steckhölzer erzielen lassen, deren Vitalität uneingeschränkt gewährleistet sein muß. Die Beeinflussung der phototropischen Reaktion durch die genannten Faktoren erfolgt allem Anschein nach weniger direkt, als viel-

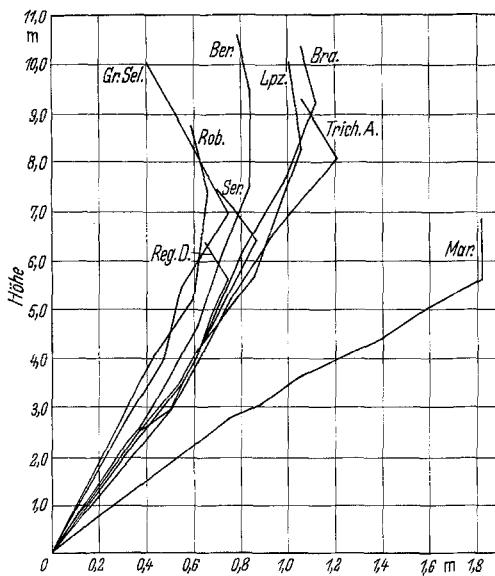


Abb. 11. Versuchsanlage Graupa. Durchschnittliche Abweichung der einzelnen Pappelsorten aus der Lotrechten (Stand vom Herbst 1962).—(Erläuterung der verwendeten Abkürzungen siehe unten).

Abkürzungen bei den Abb. 11, 13, 16, 17.

Andros.	<i>P. × Androscoggins</i> .
Ber.	<i>P. × berolinensis</i> Dipp.
Bra.	<i>P. euramericana</i> (Dode) Guinier cv. 'Brabantica'.
Cand.	<i>P. candicans</i> Ait.
Ang.-Hybr.	Klon 263 W 80/31/15 (Wettsteinkreuzung).
Eck.	<i>P. euramericana</i> (Dode) Guinier cv. 'Eckhof'.
Fla.	<i>P. euramericana</i> (Dode) Guinier cv. 'Flachslanden'.
For.	<i>P. euramericana</i> (Dode) Guinier cv. 'Forndorf'.
Gel.	<i>P. euramericana</i> (Dode) Guinier cv. 'Gelrica'.
Gran.	<i>P. euramericana</i> (Dode) Guinier cv. 'Grandis'.
Gr. Sel.	<i>P. euramericana</i> (Dode) Guinier cv. 'Graupaer Selektion'.
Hei.	<i>P. euramericana</i> (Dode) Guinier cv. 'Heidemij'.
Ital.	<i>P. nigra</i> L. var. <i>italica</i> Du Roi.
Lpz.	<i>P. euramericana</i> (Dode) Guinier cv. 'Leipzig'.
Löns.	<i>P. euramericana</i> (Dode) Guinier cv. 'Löns'.
Mar.	<i>P. euramericana</i> (Dode) Guinier cv. 'Marilandica'.
Neup.	<i>P. euramericana</i> (Dode) Guinier cv. 'Neupotz'.
Nigr. (Sf.)	<i>P. nigra</i> L. (Säulenform).
Oxf.	<i>P. × Oxford</i> .
Petr.	<i>P. × petrowskyana</i> Schroed.
Ras.	<i>P. × rasumowskyana</i> Schn.
Reg. D.	<i>P. euramericana</i> (Dode) Guinier cv. 'Regenerata Deutschland'.
Ré. Sui.	<i>P. euramericana</i> (Dode) Guinier cv. 'Régénérée de Suisse'.
Rob.	<i>P. euramericana</i> (Dode) Guinier cv. 'Robusta'.
Roch.	<i>P. × Rochester</i> .
Russ.	<i>P. × Russkij</i> .
Ser.	<i>P. euramericana</i> (Dode) Guinier cv. 'Serotina'.
Trich.	<i>P. trichocarpa</i> Torr. et Gray.
Virg. F.	<i>P. euramericana</i> (Dode) Guinier cv. 'Virginiana de Frignicourt'.
Woob.	<i>P. × Woobstif</i> Schroed.

mehr über eine Veränderung der Wachstums geschwindigkeit der Sprosse. Die Verwendung sekundären, d. h. von (möglichst langjährig bewirtschafteten) Mutterstöcken geschnittenen Steckholz materials ist, wie bei allen vegetativen Testen, zu empfohlen. Das von Altbäumen direkt geworbene Material zeigt — schon auf Grund der abweichenden Knospemorphologie und schlechteren Bewurzelungsfähigkeit — abweichende Krümmungswinkel und ist daher nicht unmittelbar mit dem normalen Steckholzmaterial von Mutterstöcken vergleichbar. Da sich auch bestimmte Chemikalien, wie z. B. Schwermetallsalze, von einer bestimmten Konzentration an hemmend auf die Wurzelbildung und damit auch auf die Wuchsenergie der Steckholztriebe auswirken, muß das zur Anzucht der Versuchspflanzen benutzte Leitungswasser frei von derartigen Substanzen gehalten werden.

2.3 Die Frage, inwieweit sich die phototropische Reaktion der Steckholzsprosse mit dem Verhalten der Altbäume in Beziehung bringen läßt, war zunächst nur bei den Kulturpappelsorten mit Sicherheit zu beantworten, da lediglich hier ältere Anpflan-

zungen der untersuchten Sorten in entsprechendem Umfang vorhanden sind.

Möglichkeiten zur vergleichenden Beobachtung einer größeren Anzahl von Pappelklonen auf lichtwendige Stammkrümmungen boten neben einer von GÜNTHER (1961) im Graupaer Institutsgelände speziell zu diesem Zweck angelegten Versuchspflanzung eine Anzahl weiterer Pappelversuchsflächen. An der Graupaer Anlage sowie an einer Balsampappelfläche in Moritzburg (b. Dresden) wurden im Herbst 1962 entsprechende Vergleichsmessungen durchgeführt.

Die Graupaer Versuchspflanzung war 1956 mit 2-jährigen Heistern von mehreren Kulturpappelsorten angelegt worden. Sie zieht sich als Reihenpflanzung unmittelbar am Nordrand eines älteren, etwa 25 m hohen Laubholzmischbestandes hin.

Abb. 11 stellt die ermittelte durchschnittliche Abweichung der 2 jeweils vorhandenen Exemplare pro Klon aus der Lotrechten dar. Um die Sortenunterschiede besser hervortreten zu lassen, sind die horizontalen Entfernungswerte fünfmal vergrößert dargestellt. Die Knickpunkte der Linien bezeichnen jedesmal das Ende eines Jahrestriebes. Die Abbildung bringt deutlich zum Ausdruck, daß die Sorte 'Marilandica' innerhalb des angebauten Sortiments eine Sonderstellung einnimmt. Die übrigen Klone liegen relativ dicht beisammen; die Pappelsorten 'Trichocarpa', 'Brabantica' und 'Leipzig' zeigen noch die relativ stärksten Abweichungen aus der Lotrechten. Auffallend sind die starken Rückkrümmungstendenzen; der letztjährige Trieb stellte sich dabei vielfach — ganz im Gegensatz zu dem Verhalten der einjährigen Steckholztriebe — schräg nach rückwärts in Richtung auf das schattenwerfende Altholz ein.

Eine ähnlich starke Differenzierung in der Lichtwendigkeit der einzelnen Balsampappelklone ergibt sich auch auf der Trichocarpa-Fläche in Moritzburg.

Der Versuch war im Frühjahr 1961 ebenfalls mit zweijährigen Pflanzen angelegt worden; zum Zeitpunkt der Messungen waren die Pappeln vierjährig. Die einzelnen Klone sind auf der Fläche reihenweise im rechten Winkel zum Bestandesrand eines 80jährigen Laubholzmischbestandes im Abstand von etwa 3 m angepflanzt; das Kronendach des Altbestandes überschirmt die Versuchspflanzen teilweise bis in Höhe der zweiten Pflanzreihe.

Die unterschiedliche Reaktion der einzelnen Klone auf Seitenlicht äußert sich sowohl in der absoluten

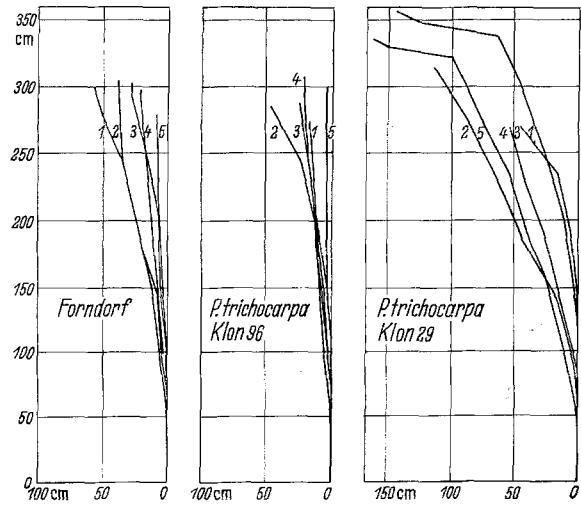


Abb. 12. Versuchsfäche Moritzburg. Unterschiedliche Reaktion von Pappelklonen auf einseitige Belichtungsverhältnisse. (Die Zahlenfolge gibt den zunehmenden Abstand der Pflanzen vom beschattenden Bestandsrand an: Pfl. 1 in ca. 3 m, Pfl. 5 in ca. 15 m Entfernung.)

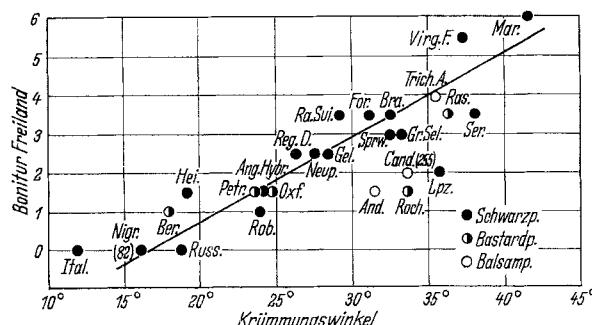


Abb. 13. Beziehungen zwischen der Reaktion von Pappelsorten auf Seitenlicht und den ermittelten Krümmungswinkeln im Labortest. — (Erläuterung der verwendeten Abkürzungen siehe Abb. 11).

Größe der Krümmung als auch in dem Maße, in dem die Abweichungen aus der Lotrechten mit der Entfernung vom Bestandesrand abnehmen. Abb. 12 zeigt die aufgetretenen Reaktionsunterschiede innerhalb des angebauten Sortiments am Beispiel zweier *Trichocarpa*-Klone, die auch im Test in ähnlicher Weise reagierten: Klon 96 mit auffallend geringen Abweichungen aus der Lotrechten, Klon 29 mit starken Lichtkrümmungen noch bis in eine Entfernung von 15 m vom Bestandsrand. Die Abbildung beweist gleichzeitig, daß sich die Krümmungen nicht nur auf die am jetzigen Standort der Pflanzen zugewachsenen Jahrestriebe beschränkt, sondern auch auf die unteren Teile der Schäfte übergegriffen haben, die nach der Pflanzung zunächst mehr oder weniger senkrecht standen.

Der Aussagewert beider Flächen ist allerdings infolge der geringen Pflanzenzahlen und fehlender Wiederholungen nicht allzu hoch zu veranschlagen. Aus diesem Grunde wurden in weiteren älteren Pappelversuchsflächen und Sortenregistern vergleichende Sortenbonitierungen auf Lichtwendigkeit durchgeführt. Die Bonitierung erfolgte nach



Abb. 15. Altstamm des Klones B 88 (Taucha b. Leipzig). Ausbildung eines lotrechten Schaftes trotz starker einseitiger Beschattung.

einem 6-Punkte-Schema, wobei mit der Note 1 eine sehr geringe, mit der Note 6 eine sehr starke Lichtwendigkeit bezeichnet wurde. Die Ergebnisse der Bonitur decken sich weitgehend mit der entsprechenden Bewertung der einzelnen Sorten durch MÜLLER (1958, 1961) und RÖHRIG (1959).

Setzt man die Meß- und Bonitierungsergebnisse in Beziehung zu den Krümmungswinkeln der Dauerlichtserie, so ergeben sich ziemlich enge Zusammenhänge (Abb. 13). Die Korrelation beider Merkmale ist mit  $r = 0,855 \pm 0,059$  zufriedenstellend straff. Lediglich die 'Androscoggin' und einige weitere Balsampappeln fallen aus dem Rahmen der übrigen Sorten etwas heraus; ihre Krümmungswinkel im Test sind größer, als nach der Wuchsform der Altbäume zu erwarten wäre.

Bei den Baumweiden ließen sich mangels älterer Sortenvergleichsanpflanzungen solche Beziehungen noch nicht rechnerisch nachweisen. Obwohl aus dem Phänotyp der Klonmutterbäume i. allg. nur sehr bedingt auf deren erbliche Veranlagung geschlossen werden kann, ist in einigen Fällen eine geringe Empfindlichkeit gegen Seitenlicht mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen, wie z. B. bei *Salix alba* var. *pyramidalis* Wrobl. (Abb. 14). Wie ersichtlich, zeigen die Randbäume der dargestellten Baumgruppe keinerlei Neigung, dem „Schattendruck“ der Nachbarbäume auszuweichen.

Ähnliche Veranlagung läßt der Mutterbaum des Klons B 88 erkennen (Abb. 15). Obwohl einer starken seitlichen Beschattung — teilweise sogar Überschirmung — durch benachbarte Altpappeln ausgesetzt, hat der Baum trotzdem einen lotrechten Schaft ausgebildet; die einseitig verringerte Belichtung hat lediglich zum Absterben einiger Äste auf der stärker beschatteten Kronenseite geführt. Beide



Abb. 14. *Salix alba* var. *pyramidalis* Wrobl. im Arboretum zu Kórnik,

Klone, die angesichts ihrer ausgeprägten Gerad- und Wipfelschäftigkeit für die weitere züchterische Verbesserung der Baumweiden von besonderem Interesse sind, stehen auch im Test an der Spitze der Rangfolge.

In diesem Zusammenhang erschien die Frage einer Untersuchung wert, ob aus dem Kronenhabitus und darüber hinaus aus der Aststellung Rückschlüsse auf die Neigung des jeweiligen Baumindividuums zu lichtwendigen Krümmungen gezogen werden können.

Bereits eine oberflächliche Betrachtung läßt erkennen, daß die gegen ungleichseitige Belichtung besonders wenig empfindlichen Pappel- und Baumweidensorten in der Regel durch schmale Kronenform bei steiler Aststellung gekennzeichnet sind. Ähnliche Tendenzen finden sich offensichtlich auch bei einer Anzahl weiterer Laubgehölze, so z. B. bei der Robinie, bei der SCHRÖCK (1953, S. 270) annimmt, daß „zwischen der Geradschaftigkeit und spitzer Aststellung sehr enge Korrelationen zu bestehen scheinen“.

Zur Prüfung der aufgeworfenen Frage wurden im Frühjahr 1962 an 25 Klonen im Pappelsortenregister Loschwitz (Dresden) vergleichende Astwinkelmessungen durchgeführt.

Die Anlage war zu diesem Zeitpunkt vierjährig, die Pappeln erreichten Höhen zwischen 5 und 7 m.

Über die im einzelnen erzielten Ergebnisse der Untersuchungen wird noch gesondert berichtet. Sie sollen hier nur insoweit Erwähnung finden, als zur Beantwortung der oben aufgeworfenen Frage notwendig erscheint. — Infolge des weiten Verbandes von  $4 \times 4$  m hatte sich die gegenseitige Beschattung der Pappeln bis zum Meßtermin in mäßigen Grenzen gehalten, die Pflanzen waren noch bis zum Stammfuß beastet. Ermittelt wurden an jeweils 5 Pappeln pro Klon die Abgangswinkel der bis zur Kronenperipherie durchlaufenden Äste vom Stamm sowie ein mittlerer, von uns als „Neigungswinkel“ bezeichneter Wert für die Schräglage des Astes. Die Feststellung der Kronenumrißform erfolgte an Hand von Einzelfotos der aufgemessenen Bäume.

Wie aus Abb. 16 ersichtlich, nimmt die Größe der Astwinkel im allgemeinen von unten nach oben ab. Der Verlauf der Abnahme ist im Rahmen der gegebenen Verhältnisse sortentypisch. Im einzelnen ist die Größenzunahme der Astwinkel von der Spitzens- zur Basisregion und das Verhältnis zwischen

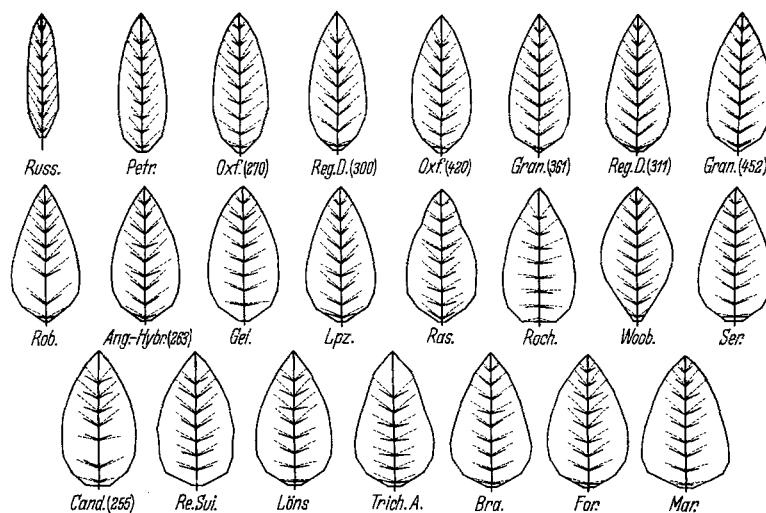


Abb. 16. Relative Kronenbreite und Aststellung 4jähriger Pappelpflanzen verschiedener Sorten (ermittelt in Stufen von jeweils 10% der Höhe des Einzelbaumes). Abweichung der ausgezogenen Linie aus der Lotrechten = Abgangswinkel. Abweichung der gestrichelten Linie aus der Lotrechten = Neigungswinkel. — (Erläuterung der verwendeten Abkürzungen siehe Abb. 11).

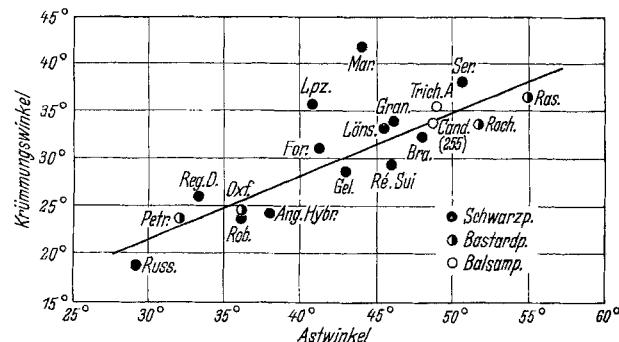


Abb. 17. Durchschnittlicher Neigungswinkel der oberen 10 Äste von Pappelarten im Vergleich zu dem jeweiligen Krümmungswinkel im Labortest. — (Erläuterung der verwendeten Abkürzungen siehe Abb. 11).

Abgangs- und Neigungswinkel innerhalb des Sortiments sehr unterschiedlich. Klonen mit ausgeglichenen Astwinkelverhältnissen ('Régénéré de Suisse', 'Woobstii') stehen andere mit starken Schwankungen der Astwinkelgröße gegenüber, die eine ausgeprägte Astquirlbildung erkennen lassen ('Robusta', 'Angulata-Hybride Klon 263). Die Vergrößerung der Astwinkel nach der Stammbasis zu ist bei manchen Klonen sehr auffallend ('Rochester'), tritt aber bei anderen nicht wesentlich in Erscheinung ('Rasumowskyana', 'Russkij'). Im allgemeinen bleibt der Abgangswinkel der Äste größer als der Neigungswinkel; die Differenz beider Werte ist mitunter gering, manchmal überschreitet sie die 10%-Grenze. Eine Überschneidung tritt nur im Fall der *P. candicans* ein, wo sich die unteren Äste soweit abwärts neigen, daß der Neigungswinkel größer als der Abgangswinkel wird.

Setzt man die absolute Größe der Astwinkel der einzelnen Klone in Beziehung zu den oben dargestellten Testergebnissen, so treten — wie schon vermutet — deutliche Zusammenhänge zwischen phototropischer Reaktion und Aststellung dahingehend zutage, daß sich die mittleren Astwinkel mit zunehmender phototropischer Reagibilität des Klones vergrößern. Die Korrelationen gestalten sich besonders eng, wenn man lediglich die Winkel der oberen Äste zum Vergleich heranzieht.

Das Korrelationsdiagramm (Abb. 17) veranschaulicht die Beziehungen zwischen dem Neigungswinkel der obersten 10 Äste und den bei der Dauerlichtserie ermittelten Krümmungswinkeln. Die Korrelation beider Merkmale ist mit  $r = 0,751 \pm 0,16$  bemerkenswert straff. Sogar dann, wenn man nicht nur die oberen, sondern die gesamten Äste zum Vergleich heranzieht, erhält man noch gesicherte Beziehungen zwischen Neigungs- bzw. Abgangswinkel und den ermittelten Testwerten.

Von der Winkelstellung der Äste ist wiederum die Kronenform der einzelnen Klone weitgehend abhängig; insbesondere bestehen enge Beziehungen zwischen dem Längen-Breiten-Verhältnis der Krone und der jeweiligen Aststellung der untersuchten Klone (Abb. 16). Auch rechnerisch ergeben sich befriedigend straffe Korrelationen, wobei die Beziehungen zwischen dem Längen-Breiten-Index der Krone und dem Gesamtdurchschnitt der Neigungs-

winkel mit einem Korrelations-Koeffizienten von  $r = 0,796 \pm 0,082$  enger sind als die zwischen dem entsprechenden Index und dem mittleren Astabgangswinkel;  $r$  ist hier  $0,676 \pm 0,12$ .

Da andererseits die Aststellung mit der im Test ermittelten phototropischen Reaktion der Sprosse korreliert, lassen sich auch Beziehungen zwischen dieser und dem Längen-Breiten-Index der Krone nachweisen, die mit einem Korrelationskoeffizienten  $r = 0,663 \pm 0,13$  noch rechnerisch zu sichern sind.

### 3. Diskussion der Ergebnisse

Wie erklären sich die festgestellten Zusammenhänge? Bekanntlich ist die Hauptursache für den Schrägwuchs der Seitenäste in dem Gegenspiel zwischen Geotropismus und Epinastie zu suchen. Daß die schließlich erreichte Gleichgewichtslage der Seitenäste von Gehölzen in komplizierter Weise auch durch die Biegefestigkeit des Holzes, die Schwere der Äste und Blattorgane, die korrelative Beeinflussung durch den Gipfeltrieb und einer Reihe weiterer innerer und äußerer Faktoren mitbestimmt wird, bedarf keiner besonderen Erwähnung. Der Phototropismus spielt bei dem Zustandekommen der Schräglage der Äste freistehender Bäume normalerweise sicherlich eine durchaus untergeordnete Rolle. Die dargelegten engen Beziehungen zwischen Aststellung und Kronenform der Pappelsorten einerseits und der phototropischen Reaktion der Steckholzsprosse im Test andererseits sind offensichtlich nicht direkter, sondern indirekter Natur. Das verbindende Glied ist der Geotropismus, der an allen diesen Erscheinungen maßgebenden Anteil hat. Es ist bezeichnend, daß die Beziehungen zwischen den im Test ermittelten phototropischen Krümmungswinkeln und den Astwinkeln dort am engsten sind, wo die Stellung der Äste — noch unbeeinflußt von dem Gewicht größerer Blattmassen und dem einseitigen Lichtentzug durch höher inserierte Äste — im wesentlichen nur durch das Gegenspiel zwischen Geotropismus und Epinastie bestimmt wird: nämlich in der oberen Kronenregion.

Die Straffheit der Korrelationen zwischen Aststellung und Kronenform einerseits und dem Krümmungswinkel im Test andererseits kann als Gradmesser dafür betrachtet werden, welchen maßgeblichen Anteil die Stärke der (negativ-) geotropischen Veranlagung des jeweiligen Pappelklons an allen diesen Vorgängen hat.

Indirekter Art sind auch die Zusammenhänge zwischen der Lichtwendigkeit von Pappelsorten und einigen anderen Erscheinungen.

So wird in der Pappelliteratur allgemein die Feststellung wiedergegeben, daß Steckhölzer der phototropisch stärker reagiblen Sorten, wie z. B. der 'Marilandica', unter bestimmten Voraussetzungen schrägwüchsige Pflanzen liefern, während andererseits Säulenpappelsteckhölzer durchweg geradschaffiges Pflanzenmaterial ergeben. Auch MÜLLER (1961, S. 80) vertritt diese Ansicht, wenn er feststellt, daß die zur Seite gerichtete Wuchsanlage eines Stecklings um so stärker in die daraus entstehende Pflanze übergeht, „je mehr heliotrop eine Sorte veranlagt ist“. Nun ist der Plagiogeotropismus der Steckholzpflanzen eine Folge epinastischer Krümmungstendenzen, die unabhängig vom jeweiligen Grad der photo-

tropischen Veranlagung auftreten. Die Zusammenhänge zwischen dem Plagiogeotropismus und der Lichtwendigkeit von Pappelklonen ergeben sich ebenfalls dadurch, daß bestimmte Sorten infolge ihrer schwachen geotropischen Veranlagung den vorwiegend endogen bedingten epinastischen Krümmungstendenzen ebensowenig Widerstand entgegensezten können wie den durch äußere Momente ausgelösten. So findet auch die Erscheinung, daß die als lichtwendig bekannten Pappelsorten in windexponierter Freilage häufig starke Stammkrümmungen nach der der Hauptwindrichtung entgegengesetzten Seite zeigen, ihre Erklärung in einer zu schwachen geotropischen Reaktionsfähigkeit, die nicht imstande ist, die senkrechte Lage des Baumes aufrechtzuerhalten.

Die Lichtwendigkeit von Pappel- und auch Baumweidensorten dürfte daher weniger auf ein „Zuviel“ an phototropischer Veranlagung, als vielmehr — ebenso wie die anderen genannten Krümmungserscheinungen — auf ein „Zuwenig“ an geotropischer Energie zurückzuführen sein. Der geotropischen Veranlagung kommt daher insofern eine weit umfassendere Bedeutung bei der Gestaltung der Wuchsform der einzelnen Pappeln und Baumweiden zu als etwa der phototropischen Reizempfindlichkeit.

Wie oben dargelegt, ist eine Frühbeurteilung der Lichtwendigkeit von Pappel- und Baumweidensorten mit Hilfe der phototropischen Testung von Steckholzsprossen mit relativ großer Sicherheit möglich. Dagegen muß die für die züchterische Bearbeitung der Gattung *Salix* ebenfalls bedeutsame Frage, ob eine Trennung von Baum- und Strauchformen bei dieser Gehölzgattung durch geeignete Testverfahren auf Grund einer ggf. unterschiedlichen phototropischen Reaktion möglich ist, nach den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen verneint werden.

Wie sowohl bei den Freiland- als auch bei den Laboruntersuchungen beobachtet werden konnte, bewegen sich die Krümmungswinkel der Strauchweiden-Steckholztriebe durchaus in dem Bereich der baumförmigen Weiden- und Pappelklone. Die Annahme WIESNERS (1897), daß sich die strauchigen von den baumförmigen Gehölzen generell durch stärkere Lichtwendigkeit unterscheiden, erweist sich damit zumindest für die Weide als nicht zutreffend. Gegen die Allgemeingültigkeit der WIESNERSchen Auffassung spricht bereits das bei zahlreichen Straucharten nachgewiesene Auftreten säulenförmiger Spielarten mit steiler Aststellung und damit zweifellos starker geotropischer Veranlagung (SCHENCK 1916).

### 4. Zusammenfassung

Aufgabe der dargestellten Arbeiten war die Entwicklung einer Testmethode zur Frühauslese guter Stammbildner bei Pappel- und Baumweidenklonen.

Unter der Voraussetzung, daß die Lichtwendigkeit als wesentlichste Ursache für das Auftreten von Stammkrümmungen bei den genannten Baumarten zu betrachten ist, wurden Möglichkeiten untersucht, die phototropische Reaktion von Steckholztrieben unter Freiland- und Laborbedingungen als Kriterium für die bei ständig einseitigen Belichtungsverhältnissen zu beobachtenden Abweichungen älterer Pappel- und Baumweidenstämme aus der Lotrechten zu verwenden.

Es wird der Nachweis erbracht, daß mit Hilfe geeigneter Testverfahren eine Frühbeurteilung der Lichtwendigkeit von Schwarzpappel-, Balsampappel- und Baumweidenklonen anhand der phototropischen Reaktion wenige Tage alter Steckholztriebe möglich ist. Von den überprüften Testmethoden erweist sich die Anzucht von Steckholzpflanzen in Wasserkultur unter einseitiger Dauerbelichtung als das geeignetste Verfahren. Die Beziehungen zwischen den im Test ermittelten Krümmungswinkeln der Steckholztriebe und dem entsprechenden Altersverhalten der überprüften Pappelsorten sind mit einem Korrelations-Koeffizienten  $r = 0,835 \pm 0,05$  relativ eng. Bei Kulturpappelsorten sind darüber hinaus Beziehungen zwischen dem jeweiligen Grad der Lichtwendigkeit und der Aststellung bzw. Kronenform statistisch nachweisbar.

#### Literatur

1. BARNER, J.: Eine Selektionsmöglichkeit verschieden ichtreagibler Pappelklone. *Z. f. Forstgenetik u. Forstpfl.-Züchtung* **3**, 135 (1954). — 2. CASTERSON, G.: Über die Bildung der Zellwand beim Reaktionsholz. *Holztechnologie* **3**, 217—223 (1962). — 3. ENGLER, A.: Tropismen und exzentrisches Dickenwachstum der Bäume. Ein Beitrag zur Physiologie und Morph. d. Holzgewächse. Zürich 1918. — 4. ENGLER, A.: Heliotropismus und Geotropismus der Bäume und deren waldbaul. Bedeutung. *Mitt. Schweiz. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchswesen* **13**, 225—283 (1924). — 5. FRÖSCHEL, P.: Untersuchungen über die heliotropische Präsentationszeit I, II. *Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturwiss. Kl.* **117**, 235 (1908); **118**, 1247 (1909). — 6. GÜNTHER, H.: Beobachtungen über die Schattenerträglichkeit verschiedener Pappelsorten. *Wiss. Abh. d. DAL zu Berlin* Nr. 52, Beitr. z. Pappelforsch. VI, 37—52 (1961). — 7. HARTMANN, F.: Untersuchungen über Ursachen und Gesetzmäßigkeit exzentrischen Dickenwachstums bei Nadel- und Laubbäumen. *Forstwiss. Centralbl.* **54**, 497—517, 581—590 (1932). — 8. HARTMANN, F.: Das statische Wuchsgesetz bei Nadel- und Laubbäumen. *Wien* 1942. — 9. JOACHIM, H. F.: Über Frostschäden an der Gattung *Populus*. *Arch. f. Forst-*
- wesen
- 6**, 601—678 (1957). — 10. KALDEWEY, H.: Kapitel „Plagio- und Diageotropismus der Sprosse und Blätter, einschließlich Epinastie, Hyponastie, Entfaltungsbewegungen“. In: *Handb. d. Pflanzenphys.* **XVII**, Teil 2, 200—321. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1962. — 11. KARSCHON, R.: Untersuchungen über die physiologische Variabilität von Föhrenkeimlingen autochthoner Populationen. *Mitt. d. schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen* **XXVI**, 205—244 (1949). — 12. KÖLBL, F.: Versuche über den Heliotropismus von Holzgewächsen. *Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturwiss. Kl.* **118**, I, 1295—1336 (1909). — 13. KRAHL-URBAN, J.: Untersuchungen über den Phototropismus bei Buchenkeimlingen. *Silv. Gen. Frankfurt/M.* **11**, 63—66 (1962). — 14. MAYER-WEGELIN, H.: Die Verwendbarkeit des Papelholzes auf Grund seines Aufbaues und seiner kennzeichnenden Eigenschaften. *Holzforschung* **11** (Sonderheft Pappelforschung), 130—139 (1958). — 15. MÜLLER, R., und E. SAUER: Altstammsorten der Schwarzpappelbastarde für den Anbau in Deutschland. I. Teil, 1958. — 16. MÜLLER, R., und E. SAUER: Altstammsorten der Schwarzpappelbastarde für den Anbau in Deutschland. II. Teil, 1961. — 17. NUERNBERGK, E. L.: Das Wirkungsspektrum des Photoperiodismus und photoformativen Effektes. Zur Technik der Strahlungsmessungen. *Z. Bot.* **42**, 247—282 (1954). — 18. RÖHRIG, E.: Kap. „Arten und Sorten“. In: *Die Pappel - Anbau, Pflege, Verwertung*. Hamburg und Berlin 1959. — 19. SCHENCK, H.: Die Pyramideniche bei Harreshausen. *Mitt. d. Dtsch. Dendrol. Ges.* **52**—60 (1916). — 20. SCHMIDT, W.: Über Tropismen von Coniferenkeimlingen. *Ber. dtsch. bot. Ges.* **51/2**, 58—60 (1933). — 21. SCHMIDT, W.: Das Ostwestgefälle der Kiefernrasen, neue Einblicke und Methodenvorschläge für internationale Versuche. *Intersylva III*, 473—494 (1943). — 22. SCHÖNBACH, H.: Die bisherigen Ergebnisse der Züchtungsarbeiten mit verschiedenen Pappelarten der Sektion Leuce. *Wiss. Abh. d. DAL Berlin* Nr. 27, Beitr. z. Pappelforsch. II, 149—178 (1957). — 23. SCHRÖCK, O.: Beitrag zur Züchtung der Robinie (*Robinia pseudacacia*). Der Züchter **23**, 266—272 (1953). — 24. SCHRÖCK, O.: Die Untersuchung der phototropischen Reaktion als Auslesemethode bei Kiefern-Sämlingen auf Geradschaftigkeit. Der Züchter **28**, 320—323 (1958). — 25. SCHUMACHER, W.: Kapitel „Physiologie“. In: *Lehrbuch der Botanik für Hochschulen*. 28. Aufl. Jena 1962. — 26. WIESNER, J.: Der Lichtwuchs der Holzgewächse. *Centralblatt f. d. ges. Forstwes.* **23**, 247—260 (1897).

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung der Karl-Marx-Universität Leipzig

## Versuche zur vegetativen Annäherung von Steinkleearten (*Melilotus*)

Von ERICH TELLHELM

Mit 3 Abbildungen

### Einleitung

Der weiße Steinklee (*Melilotus albus*) gilt als eine relativ anspruchslose, doch sehr wüchsige und eiweißreiche Futterpflanze, die allerdings vom Vieh infolge des hohen Bitterstoffgehaltes nur ungern gefressen wird; außerdem besteht Vergiftungsgefahr. Der wichtigste Bitterstoff der *Melilotus*-Arten wird allgemein „Cumarin“ genannt, doch nach KAHNT und SCHÖN (1962) handelt es sich um cis-o-Oxyzimtsäure-Glucosid.

Schon seit langem bemüht man sich um die Züchtung ertragreicher Steinkleeformen mit weitgehend reduziertem Bitterstoffgehalt. Die Erreichung dieses Zuchzieles und die Schaffung von krankheitsresistentem Zuchtmaterial ist durch Artkreuzungen möglich, welche jedoch trotz gleicher Chromosomenzahl ( $2n = 16$ ) Schwierigkeiten bereiten.

Der Erfolg von Bastardierungen kann durch die verschiedensten Ursachen beeinträchtigt werden: vom Nichtkeimen des Pollens auf der fremden Narbe und gehemmtem Schlauchwachstum über Störungen bei der Befruchtung der Eizelle bis zum Absterben der Embryonen bzw. der Sämlinge. Bei Steinklee-Artkreuzungen kommt dem Absterben der Embryonen die Hauptbedeutung zu. Dieses Hindernis kann durch künstliche Embryonenkultur überwunden werden. Weiterhin sind in der  $F_1$ -Generation Entwicklungsstörungen bei Jungpflanzen und Fertilitätsstörungen zu nennen (RUDOLF, 1959; SCHLOSSER-SZIGAT, 1962; JARANOWSKI, 1961, 1962a, b, 1963).

Andererseits kann die Kreuzungskompatibilität zwischen verschiedenen Formen durch die vegetative Annäherung im Sinne MITSCHURINS ausgeschaltet werden. Ältere Literatur über diese allerdings sehr