

zwischen Blütengröße und Größe der Kelchblätter scheint nicht zu bestehen. Es treten alle möglichen Kombinationen auf.

1. Große Blüte und große Kelchblätter:

Terras Exalda, Schreibers Rapida, v. Wav. Titan, Alderman, Riesen Säbel, Breust. Vesta.

2. Große Blüte und kleine Kelchblätter:

Haubners Diamant, Schreibers Duplika, Salz. Edelperle, v. Wav. Juwel, Graue buntblühende.

3. Kleine Blüte und kleine Kelchblätter:

Dr. Neuers Kronenperle, Schreibers Delisa, (Lincoln).

4. Kleine Blüte und große Kelchblätter:

Gebr. Dippes Maiperle.

Die weiter oben erwähnten Unterschiede der Kelchblattgröße zwischen Großh. Schnabel und Franz. Schnabel lassen sich auch zahlenmäßig belegen, wie Tab. 4 zeigt.

Neben der Kelchblattlänge und -breite ist in der Tabelle auch die Laubfarbe, der Blüh- und Pflückbeginn, sowie der Feldbefund bezüglich der Sortenechtheit aufgeführt. Alle Herkünfte waren als Großh. Schnabel bezeichnet.

Tab. 4 läßt erkennen, daß die 4 unter Nummer 8—11 aufgeführten Herkünfte von den anderen deutlich abweichen.

Zusammenfassung

Es wurden 3jährige Untersuchungen und Messungen an Erbsenblüten an dem derzeitigen Gemüseerbsen-

Tabelle 4.

Herk. Nr.	Laubfarbe	Blühbeginn	Pflückreifebeginn	Kelchblatt-			Beurteilung auf Sortenechtheit
				form	länge mm	breite mm	
1	mittel bis dunkelgrün (bläulich)	10. 6.	29. 6.	stumpf	8,6	5,9	typisch
2	wie Nr. 1, aber etwas heller	14. 6.	2. 7.	stumpf, teilw. bes. stumpf	7,9	5,4	noch typisch
3	wie Nr. 1	10. 6.	30. 6.	stumpf	9,1	5,4	noch typisch
4	wie Nr. 1	11. 6.	30. 6.	stumpf	8,9	5,5	typisch
5	wie Nr. 2	13. 6.	1. 7.	bes. stumpf	8,2	5,6	noch typisch
6	wie Nr. 1	10. 6.	29. 6.	stumpf	9,1	5,8	vorw. typisch
7	wie Nr. 1	13. 6.	1. 7.	stumpf	8,9	6,0	typisch
8	hellgrün	15. 6.	3. 7.	spitz	11,3	5,5	entspr. der Sorte Franz. Schnabel
9	hellgrün	15. 6.	3. 7.	spitz	11,2	5,5	Franz. Schnabel
10	hellgrün	16. 6.	3. 7.	spitz	11,0	5,3	Franz. Schnabel
11	hellgrün	16. 6.	2. 7.	spitz	11,0	5,3	Franz. Schnabel
12	wie Nr. 1	11. 6.	30. 6.	stumpf	8,7	5,7	vorw. typisch

sortiment durchgeführt. Sortentypische Unterschiede in der Blütengröße, an den Fahnen, den Flügeln und den beiden oberen Kelchblättchen wurden aufgezeigt. An Hand solcher Blütenmerkmale ist es möglich, manche Sorten schon z. Zt. der Blüte zu erkennen. Als besonders charakteristisch für einzelne Sorten erwiesen sich z. B. die Fahnenbasis und die Form und Größe der beiden oberen Kelchblättchen.

Literatur

1. FOURMONT, R.: Quelques Caractères Floraux Chez Le Pois Cultivé: Extrait des Ann. de L' I. N. R. A., livraison du Nr. 2, 253—273 (1953). — 2. FOURMONT, R.: Les Variétés De Pois Cultivés en France, 67—73 (1956). — 3. PECH: Sortenbeschreibung der zugelassenen Gemüseerbsen, Berlin 1941. (Aus dem Sortenregister des RNST.) — 4. Roux, A.: Vergleichende Untersuchungen an den Blüten von Tomaten, Puffbohnen und Gemüserbsen (Pal und Mark) zum Zwecke der Verwendbarkeit als Unterscheidungsmerkmal. Saatgutwirtsch. 8, Nr. 5, 134 (1956). — 5. Roux, A.: Morphologische Merkmale zur frühzeitigen Untersuchung und Kennzeichnung von Gemüsesorten, Referat, gehalten am 11. 7. 57 in Königswinter (Lehrgang für gartenbauliche Pflanzenzucht und Samenbau der Landw. Kammer Rheinland).

(Aus dem Forstbotanischen Institut der Universität Freiburg, Direktor: Prof. Dr. Dr. H. MARQUARDT)

Untersuchungen über die Vererbung eines anatomischen Merkmals bei Kreuzungen von Pappeln verschiedener Sektionen*

Von K.-H. MEYER-UHLENRIED

Mit 5 Abbildungen

Einleitung

Auf die Bedeutung der anatomischen Arbeitsweise für Untersuchungen über die Vererbung von Merkmalen bei Kreuzungen nahe verwandter Arten hat schon R. v. WETTSTEIN (1888) hingewiesen. In den letzten Jahren wurde diesem Fragenkomplex für Holzpflanzen sowohl von der Forstpflanzenzüchtung als auch von der Holztechnologie wieder gesteigertes Interesse entgegengebracht. In der vorliegenden Arbeit soll an einem Beispiel der Gattung *Populus* — die auf Grund ihrer leichten vegetativen Vermehrung genetisch einwandfrei identifiziertes Material liefert — gezeigt werden, wie durch Verwendung von holzanatomischen

Befunden forstpflanzenzüchterische Einsichten gewonnen werden können.

Die Gattung *Populus* wird meist in vier Sektionen eingeteilt, von denen die Sektion *Aigeiros* (Schwarzpappeln) und die Kreuzungen zwischen den Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca* (Balsampappeln) besondere wirtschaftliche Bedeutung haben. Die verschiedenen Sektionen unterscheiden sich in zahlreichen morphologischen und physiologischen Eigenschaften (Blattform, Lenticellenzahl und -größe, Astwinkel, Beginn des Treibens, Dürresistenz, Rohwichte u. a. m.) HOUTZAGERS (1941), H. H. HILF (1947), HESMER (1951), WALKENHORST (1954). Abgesehen von der xyotomischen Beschreibung verschiedener Pappelsorten bei GREGUSS (1945), einer mehr technologischen Eigenschaftsaufzählung der ENTE NAZIONALE PER LA CEL-

* Teil einer Dissertation an der nat.-math. Fakultät der Universität Freiburg. — Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

LULOSA E LA CARTA (1953) und einer Arbeit von WALEK-CERNECKA (1952) für drei Sorten innerhalb der Sektion *Leuce* (Weiß- u. Zitterpappeln) liegen bisher keine eingehenden vergleichend-anatomischen Untersuchungen vor.

Material und Methode

Zur Untersuchung wurde seiner genetischen Herkunft nach einwandfrei bekanntes Material¹ von den Standorten Stuttgart-Weilimdorf (Standort Nr. II), Ludwigsburg (III) und Freiburg-Lehen (IV) verwendet, und zwar verschiedene Pappelarten aus den Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca* sowie Hybriden verschiedenen Grades zwischen beiden Sektionen. Außerdem wurden einige Probestämme aus Brühl bei Köln (I) ausgewertet.

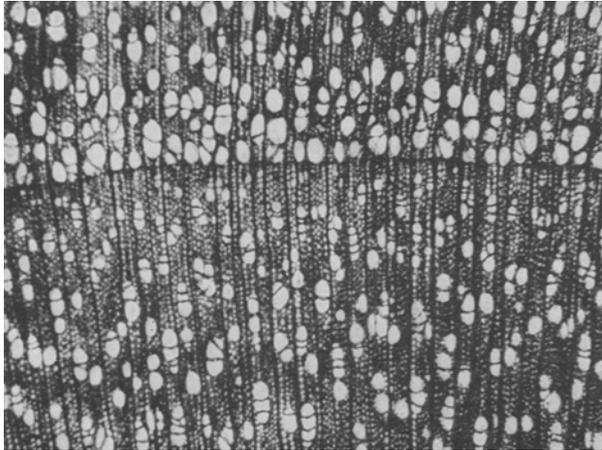


Abb. 1. Querschnitt durch das Holz von *Populus* mit Jahrringgrenze.

Im einzelnen wurden 4—6jährige Exemplare folgender Sorten untersucht:

	Bezeichnung
<i>Pop. robusta</i>	B
<i>Pop. generosa</i> × <i>serotina</i>	C
<i>Pop. Rochester</i>	D
<i>Pop. candicans</i> × <i>trichocarpa</i>	E
<i>Pop. deltoides</i> × <i>Simonii</i>	A
<i>Pop. regenerata</i> Harff	F

Die Verwandtschaft dieser Sorten untereinander ist aus Abb. 4 ersichtlich.

Wie in einer früheren Arbeit, MEYER-UHLENRIED (1957), dargestellt wurde, eignet sich als repräsentative Größe für eine quantitative Charakterisierung des holz-anatomischen Aufbaues am besten der Durchmesser der Tracheen, gemessen an Querschnitten in tangentialer Richtung zur Jahrringgrenze. Die gleiche Methode wurde auch hier verwendet, und — wie dort — die Meßergebnisse nach dem Multiplikationsverfahren statistisch ausgewertet und nach der Methode der gesicherten Differenzen gegenübergestellt. Danach ist der Unterschied zwischen zwei Kollektiven statistisch dann gesichert, wenn der Quotient (= Sicherungswert) aus der Differenz der beiden arithmetischen Mittel (= A) einerseits und der Wurzel aus der Summe ihrer Fehlerquadrate andererseits größer als 3 ist.

Die Gewebemessungen wurden mit dem Leitz-Integrationstisch, LIESE und MEYER-UHLENRIED (1957), durchgeführt.

Ergebnisse

Die Gattung *Populus* und ihre allgemeinen anatomischen Eigenschaften

Die Pappel wird im allgemeinen zu den zerstreutporigen Hölzern gerechnet, (MAYER-WEGELIN (1951), TREDELENBURG-MAYER-WEGELIN (1955)). Alle Arten besitzen jedoch nach jeder echten Jahrringgrenze

¹ Herrn Reg. Rat Dr. SCHLENKER, Weilimdorf, gilt für die Überlassung der Probestämme unser besonderer Dank.

eine deutliche Zone großlumiger Frühholztracheen, Abb. 1. In radialer Richtung neigt die Gattung *Populus* zur Ausbildung von „Porenstrahlen“, Abb. 2c, GREGUSS (1945), und in tangentialer Richtung von „zusammengesetzten Gefäßen“ Abb. 2d. Die stets einschichtigen Markstrahlen sind homogen und bilden mit ihren Kantenzellen, Abb. 2e, das wesentlichste Merkmal zur Differentialdiagnose gegenüber der Gattung *Salix*, BURGERSTEIN (1911).

Die Gefäßglieder besitzen bei allen Sorten einfache, ellipsenförmige Durchbrechungen und sind an den Enden zugespitzt oder schräg abgeschnitten, Abb. 2a. Mit den Markstrahlen, besonders den Kantenzellen, sind sie durch große Tüpfel verbunden, die, auf den Gefäßwänden sich berührend, netzförmig angeordnet sind. Die Anzahl der Einzeltracheen, die einen Porenstrahl oder ein zusammengesetztes Gefäß bilden, ist für die verschiedenen Sorten in Tab. 1 zusammengestellt, ebenso das Verhältnis der Anzahl der Gefäße im Frühholz zu der im Spätholz = P: p (Porenverhältnis nach GREGUSS (1945)).

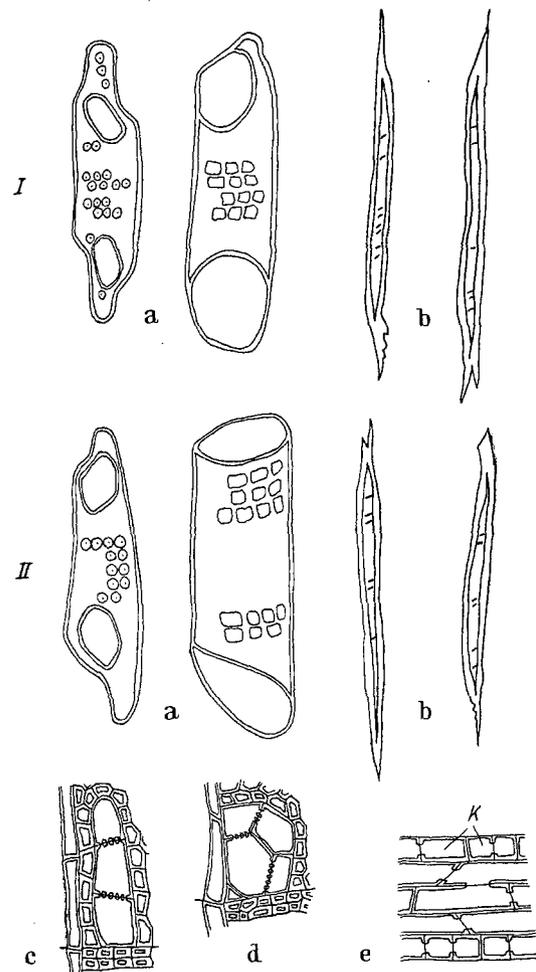


Abb. 2. Zellelemente des Pappelholzes. — I. Sektion *Tacamahaca* (*Pop. trichocarpa*); II. Sektion *Aigeiros* (*Pop. robusta*). — a) Tracheen; b) Holzfasern; c) Porenstrahl (quer); d) zusammengesetzte Gefäße (quer); e) Markstrahl (radial) mit Kantenzellen K.

Das Verhältnis zwischen einfachen Gefäßen und zusammengesetzten Gefäßen schwankt sowohl innerhalb einer Sproßachse als auch bei der gleichen Sorte so stark, daß eine sinnvolle Gegenüberstellung nicht möglich ist.

Die Holzfasern sind bei allen Sorten verhältnismäßig dünnwandig, spaltenförmig getüpfelt und an den

Tabelle 1. Porenverhältnis und Anzahl der Einzeltracheen bei zusammengesetzten Gefäßen von verschiedenen Pappelsorten.

Sektion	Sorte	P:p ¹	Anzahl der Einzeltracheen	
			Porenstrahl	zus. ges. Gefäß
Leuce	<i>P. alba</i>	2:1	2—6	3—6 (8)
	<i>P. tremula</i>	2:1	2—5	3—6 (9)
	<i>P. deltoides</i>	2:1	2—4	3—6
Aigeiros	<i>P. nigra</i>	2:1	2—8	3—5
	<i>P. robusta</i>	3:1	2—6	3—6
Tacamahaca	<i>P. Simonii</i>	3:1	2—5	2—6 (8)
	<i>P. trichocarpa</i>	2:1	2—4	3—6 (8)

Die in Klammern gesetzten Zahlen bedeuten in der Literatur gefundene Höchstwerte.

¹ nach GREGUSS (1945) Porenverhältnis

P = Porenzahl im Frühholz

p = Porenzahl im Spätholz } je Flächeneinheit (= 0,5 mm²)

Enden zugespitzt, gelegentlich auch stumpf oder schnabelartig gespalten, Abb. 2b.

Auch im Bau der Markstrahlen unterscheiden sich die verschiedenen Sorten nicht. Im tangentialen Längsschnitt zeigt sich ihre Einschichtigkeit besonders deutlich, während der Radialschnitt ihre Höhe ausweist. In Tabelle 2 ist der Markstrahlbau verschiedener Sorten gegenübergestellt.

Tabelle 2. Aufbau der Markstrahlen verschiedener Pappelsorten.

Sektion	Sorte	Markstrahlen		
		Anzahl pro 1 mm	Höhe Zahl der Zellen	Breite
Leuce	<i>P. alba</i>	10—16	5—30(33)	1
	<i>P. tremula</i>	12—14	4—24(35)	1
	<i>P. deltoides</i>	14—18	3—20	1
Aigeiros	<i>P. nigra</i>	14—16	4—20	1
	<i>P. robusta</i>	14—16	2—40	1
Tacamahaca	<i>P. Simonii</i>	14—16	5—25	1
	<i>P. trichocarpa</i>	15—20 (22)	2—25	1

Auch der prozentuale Anteil der einzelnen Zellelemente am Aufbau des Holzkörpers ist bei allen Sektionen sehr ähnlich, wie aus der Zusammenstellung in Tabelle 3 hervorgeht.

Tabelle 3. Anteil der einzelnen Zellelemente am Aufbau des Holzkörpers bei verschiedenen Sektionen der Gattung *Populus*, gemessen an Querschnitten.

Sektion	Prozentualer Anteil des Holzquerschnittes an		
	Holzfasern %	Tracheen %	Markstrahlen %
<i>Aigeiros</i> ¹	61,7	26,5	11,8
<i>Tacamahaca</i> ¹	61,8	26,1	12,1
<i>Leuce</i> ²	60,9	26,4	12,7

¹ Mittel aus je 15 Messungen mit dem Leitz-Integrationstisch

² nach HUBER u. PRÜTZ (1938).

Das von HERRMANN (1922) beschriebene Längsparenchym konnte bei den untersuchten Pappeln nur an der ersten Jahringgrenze vom Mark aus in Form von Terminalparenchym festgestellt werden.

Sowohl diese Befunde als auch die Auswertung der Literatur zeigen, daß die qualitativen Merkmale der anatomischen Struktur des Pappelholzes zur Unterscheidung der einzelnen Arten ungeeignet sind. Anordnung und Ausformung der einzelnen Zellelemente sind vielmehr bei allen Arten der Gattung *Populus* weitgehend ähnlich bzw. variieren innerhalb der einzelnen

Art so stark, daß sich daraus keine Alternativen ableiten lassen.

Die quantitative Erfassung der Zellelemente

In den Ausmaßen bestimmter Zellelemente ergab sich dagegen ein brauchbarer Maßstab zum Vergleich verschiedener Sorten. Als besonders gut meßbare Komponente bot sich das Lumen der Gefäße auf dem Querschnitt an. Die dabei gefundenen Gesetzmäßigkeiten über die Größenverteilung der Tracheen innerhalb der Sproßachse wurden von uns in früheren Arbeiten dargelegt, MEYER-UHLENRIED (1957 a, b). Die an mehreren Exemplaren von *Pop. robusta* auf gleichem und auf verschiedenen Standorten erhobenen Befunde seien hier kurz zusammengefaßt:

a) Die ersten nach der Vegetationsruhe im Frühjahr angelegten Tracheen (= EF-Tracheen) unterscheiden sich in der mittleren Größe ihres tangentialen Durchmessers grundsätzlich von den später, im Laufe der Vegetationsperiode angelegten Gefäßen. Die gefundenen Gesetzmäßigkeiten beziehen sich ausschließlich auf diese EF-Tracheen.

b) Der durchschnittliche tangentiale Durchmesser der EF-Tracheen verändert sich innerhalb einer Sproßachse gesetzmäßig: Im Süden ist ihr Durchmesser kleiner als in den übrigen drei Haupthimmelsrichtungen. — Mit zunehmendem Alter nimmt der Durchmesser der Gefäße kontinuierlich zu. — Innerhalb eines Jahrestriebes nimmt der mittlere Durchmesser der Tracheen in apikaler Richtung ab. Zu Beginn des neuen Triebes ist der Gefäßquerschnitt wieder größer, ohne jedoch den basalen Wert des vorhergegangenen Triebes zu erreichen.

c) Astinsertionsstellen wirken sich durch eine Verkleinerung des durchschnittlichen Gefäßquerschnittes aus und können — vor allem bei jüngeren Stämmen — die oben beschriebenen Gesetzmäßigkeiten stören.

d) Die durchschnittliche Größe der EF-Tracheen erwies sich bei entsprechender Orientierung der Vergleichsstellen innerhalb der Sproßachsen für die untersuchten Pappelsorten unabhängig vom Standort als konstant.

e) Die Gesetzmäßigkeit der Größenausbildung der EF-Tracheen und deren Unabhängigkeit vom Standort konnte darauf zurückgeführt werden, daß diese Gefäße vor Beginn des Treibens angelegt werden und deshalb überwiegend der Beeinflussung durch innere Faktoren unterliegen.

f) Als einzig wesentliche Fehlerquelle für Vergleiche konnte die verschiedene Lokalisation der Vergleichsstellen innerhalb der Sproßachsen eliminiert werden. Besonders wichtig ist neben der Höhe am Stamm und der Himmelsrichtung das gleiche Alter der zu vergleichenden Jahringgrenzen. Als beste Vergleichsstelle ergab sich für unser rel. junges Untersuchungsmaterial die vierte (evtl. auch dritte) Jahringgrenze vom Mark aus in 50 cm Höhe vom Stammfuß.

Der Vergleich zweier Pappelsorten

Genauere Aufschlüsse über die Unterscheidungs-möglichkeit zweier Pappelsorten mit Hilfe quantitativer anatomischer Merkmale wurden zunächst an *Pop. robusta* und *Pop. generosa* × *serotina* gewonnen. Beide Sorten, die sich morphologisch auffallend unterscheiden, standen reinklonig jeweils in mehreren

wobei einmal die Mutter und einmal der Vater aus der Sektion *Tacamahaca* stammt.

6. × Nr. 7 (Probe C) der Württ. Forstl. Versuchsanstalt ist eine Kreuzung aus × *Pop. generosa* und × *Pop. serotina*. Wie aus der Abb. 4 hervorgeht, ist sie also ein Doppelbastard, d. h. aus einer meiotisch-konjugativen Vererbung zweier Heterozygoten entstanden. Und zwar ist × *Pop. generosa* — als Mutter — eine Kreuzung aus *Pop. angulata* (Sekt. *Aigeiros*, Amerika) und einer *Pop. trichocarpa* (Sekt. *Tacamahaca*, Amerika); und × *Pop. serotina* — als Vater — ein Hybrid aus *Pop. deltoides* (Sekt. *Aigeiros*, Amerika) und *Pop. nigra* (Sekt. *Aigeiros*, Europa), und somit Hybrid aus einer F₂-Generation.

Bei jedem Vergleich wurden die Verhältnisse bei Exemplaren von gleichen und von verschiedenen Standorten geprüft, um eine erhöhte statistische Sicherheit zu erhalten. Dabei wurden nicht mehr die einzelnen Sproßachsen völlig analysiert, sondern wir beschränkten uns auf die Stellen bester Vergleichbarkeit.

Die Gegenüberstellung verschiedener Sorten innerhalb der Sektion *Aigeiros*

Eine Gegenüberstellung zweier verschiedener Sorten innerhalb der Sektion *Aigeiros*, nämlich *Pop. robusta* (Probe B) und *Pop. regenerata* (Probe F) ergab, daß die Differenzen der statistischen Werte der EF-Tracheen wie auch die Sicherungswerte innerhalb des gleichen Rahmens liegen, in dem sie beim Vergleich von verschiedenen Exemplaren der gleichen Sorte streuen. Dies trifft nicht nur für den gleichen Standort zu, sondern wird auch durch einen Vergleich von Pappeln verschiedener Standorte bestätigt, wie die Beispiele in Tabelle 5 zeigen.

Tabelle 5. Gegenüberstellung zweier verschiedener Sorten innerhalb der Sektion *Aigeiros*.

Sorte	Sorte	Differenz in μ	Sicherungswert
-------	-------	--------------------	----------------

a) auf gleichem Standort

<i>Pop. robusta</i>		<i>Pop. regenerata</i>		0,66		0,296
---------------------	--	------------------------	--	------	--	-------

b) auf verschiedenen Standorten

<i>Pop. robusta</i>		<i>Pop. regenerata</i>		1,56		1,005
---------------------	--	------------------------	--	------	--	-------

(Durchschnitt aus je 5 Vergleichen)

Diese Zahlen zeigen, daß zwischen den beiden reinen Schwarzpappeln bezüglich der Größe des mittleren Durchmessers der EF-Tracheen kein anatomischer Unterschied besteht. Das heißt, daß die einzelnen Sorten innerhalb einer Sektion in diesem Merkmal nicht unterschieden werden können.

Der Vergleich der Sektion *Aigeiros* und der Sektion *Tacamahaca*

Beim Vergleich verschiedener Sorten aus den beiden Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca* liegen die Differenzen sowohl auf gleichem als auch auf verschiedenen Standorten wesentlich höher, wie aus den Zahlen in Tabelle 6 ersichtlich ist.

Die sehr streng gewählte kritische Differenz von 6,62 μ , die einem Sicherungswert von 3,00 bzw. einer

Überschneidungswahrscheinlichkeit von 0,27% entspricht, wird in keinem Fall unterschritten. Daraus muß gefolgert werden, daß sich die Sektion *Aigeiros* von der Sektion *Tacamahaca* bezüglich des mittleren Durchmessers der EF-Tracheen anatomisch unterscheidet und dieser Unterschied statistisch gesichert ist.

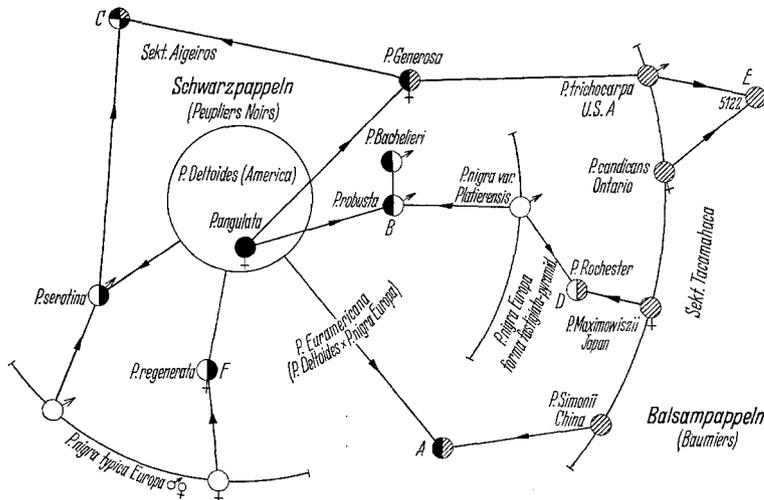


Abb. 4. Schema der Herkunft des Untersuchungsmaterials.

Tabelle 6. Vergleich der Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca* bezüglich des Merkmals „mittlerer Durchmesser der EF-Tracheen“.

gleicher Standort		Himmelsrichtung	verschiedene Standorte	
Differenz in μ	Sicherungswert		Differenz in μ	Sicherungswert
11,84	6,340	N	11,27	6,583
12,14	6,812		10,55	5,697
13,78	7,804		11,31	6,874
12,26	6,895	S	9,58	5,388
12,51	6,610		13,72	7,631
13,67	7,392		11,66	6,115
8,84	4,713	W	7,61	4,387
10,82	5,869		9,48	5,142
12,88	6,319		11,03	6,329
12,23	6,728	O	10,32	5,618
			ganzer Jahrring	

Der Vergleich von Kreuzungen zwischen den beiden Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca* in der F₁-Generation

Die vorstehenden Tatsachen beweisen, daß die Größe des mittleren tangentialen Durchmessers der EF-Tracheen — im Gegensatz zu den später angelegten Gefäßen — unabhängig vom Standort für jede der beiden Sektionen spezifisch ist und damit vornehmlich genetisch gesteuert erscheint. Im folgenden sollen die Verhältnisse bei den Kreuzungen zwischen den beiden Sektionen betrachtet werden, um festzustellen, wie sich dieses Merkmal bei den Hybriden vererbt. Dabei ergab sich, daß die Unterschiede der Hybriden (Proben A und D) gegenüber den reinen Schwarzpappeln genau so groß sind wie die der Sektion *Aigeiros* gegenüber der Sektion *Tacamahaca*, wie aus der folgenden Tabelle 7 hervorgeht.

Aus Tabelle 7 ist weiter ersichtlich, daß die Unterschiede der beiden Hybriden gegenüber der Sektion *Tacamahaca* im gleichen Rahmen liegen, wie sie uns vom Vergleich verschiedener Exemplare der gleichen Sorte her bekannt sind. Dies trifft sowohl bei den

Tabelle 7. Vergleich der Hybriden A und D mit den Sektionen Aigeiros und Tacamahaca bezüglich des mittleren Durchmessers der EF-Tracheen.

Hybrid	Himmelsrichtung	Sektion Aigeiros		Sektion Tacamahaca	
		Differenz in μ	Sicherungswert	Differenz in μ	Sicherungswert
A	N	11,01	7,125	1,13	0,401
D		11,67	6,782	0,47	0,245
A	S	12,17	8,592	0,09	0,055
D		11,84	7,384	0,42	0,280
A	W	10,80	7,287	2,87	1,512
D		12,61	8,100	1,06	0,543
A	O	10,52	6,781	0,30	0,158
D		10,64	6,271	0,18	0,093
A	ganzer Jahrring	11,26	7,362	0,97	0,516
D		11,69	7,150	0,54	0,276

Kreuzungen der Balsampappel mit der europäischen als auch mit der amerikanischen Schwarzpappel zu.

Diese Befunde sind so zu interpretieren, daß der genetische Einfluß der Sektion Tacamahaca bezüglich des anatomischen Merkmals „mittlerer Durchmesser der EF-Tracheen“ größer ist als derjenige der Sektion Aigeiros, daß also die Balsampappel gegenüber der Schwarzpappel in diesem Merkmal dominant ist.

Die besondere Stellung der Probe C (F₂-Generation) mit unbekannter genetischer Konstitution hinsichtlich des untersuchten Merkmals

In Tabelle 8 ist die Probe C sowohl der Sektion Aigeiros als auch der Sektion Tacamahaca gegenübergestellt.

Tabelle 8. Vergleich der doppelt-heterozygoten Probe C mit den Sektionen Aigeiros und Tacamahaca bezüglich des mittleren Durchmessers der EF-Tracheen.

Probe C	Himmelsrichtung	Sektion Aigeiros		Sektion Tacamahaca	
		Differenz in μ	Sicherungswert	Differenz in μ	Sicherungswert
ganzer Jahrr.	N	9,77	6,310	2,37	1,251
	S	11,28	7,954	0,98	0,510
	W	11,97	7,121	1,70	0,825
	O	10,40	6,278	0,42	0,213
	ganzer Jahrr.	10,88	6,622	1,35	0,686

Die Zahlen zeigen, daß die Probe C gegenüber den Schwarzpappeln nicht nur erheblich größere Differenzen aufweist, als sie zwischen verschiedenen Sorten innerhalb der Sektion Aigeiros festgestellt wurden, sondern sie zeigen Größenordnungen, wie sie beim Vergleich der Sektionen Aigeiros und Tacamahaca auftraten. Entsprechend sind die Differenzen zwischen der Probe C und der Balsampappel gering. Das bedeutet aber, daß der gleiche, dominante Erbfaktor, den die einfachen Hybriden zwischen Schwarzpappeln und Balsampappeln in Bezug auf das Merkmal „mittlerer Durchmesser der EF-Tracheen“ enthalten, auch in der doppelhybriden Probe C vorhanden sein muß.

Unter der Annahme, daß das Merkmal „mittlerer Durchmesser der EF-Tracheen“ von einem Maior-Gen gesteuert wird und in einem Allelenpaar vorhanden ist, also einer typischen Mendelspaltung folgt, müssen nach unseren Befunden für die sexuelle Nachkommenschaft aus der Kreuzung zwischen x *Pop. generosa* und x *Pop. serotina* folgende Genkombinationen bezüglich dieses einen Merkmals eingesetzt werden, wenn das durch seine Dominanz markierte Gen aus der Sektion

Tacamahaca mit T, und die nicht zu unterscheidenden Gene von den verschiedenen Sorten aus der Sektion Aigeiros mit x bezeichnet werden:

		<i>Pop. generosa</i>		
		x	T	T
<i>Pop. serotina</i> ♂	x	x x	x T	x T
	x	x x	x T	x T

Da aber durch das dominante Gen für den EF-Tracheendurchmesser das betreffende Chromosom aus der Sektion Tacamahaca markiert ist, läßt sich ableiten, daß die Sorte Nr. 7 (Probe C) aus dem Teil der Nachkommenschaft selektiert sein muß, der für unser Merkmal das Gen „T“ enthält. Es kann jedoch nicht ausgesagt werden, ob das allele Gen von einer amerikanischen oder einer europäischen Schwarzpappel stammt.

Die doppelt-heterozygote Probe C gestattet darüber hinaus den Nachweis, daß das „Markierungs-Gen T“ ein Maior-Gen, vermutlich ohne weitere Komplikation durch andere Gene, ist. Die Gattung *Populus* enthält im diploiden Kern 38 Chromosomen. Da bei der Meiosis die homologen Chromosomen auf die Tochterkerne nach dem Gesetz des Zufalls verteilt werden, wird die ursprüngliche Situation der elterlichen, haploiden Geschlechtszellen nicht wieder hergestellt, sondern innerhalb der beiden Genome kommen neue Kombinationen zustande. Wenn nun, wie wir für unsere Probe C unterstellt haben, ein bestimmtes Merkmal von Genen gesteuert wird, die nur auf einem Chromosom lokalisiert sind, so ist die Wahrscheinlichkeit, daß ein bestimmtes von den beiden homologen Chromosomen in das eine oder in das andere Genom gerät 1:1 oder 50%. Sollte dieses Merkmal jedoch von Genen gesteuert werden, die auf mehreren verschiedenen Chromosomen lokalisiert sind, so sinkt die Wahrscheinlichkeit, daß alle diese Chromosomen in das gleiche Genom gelangen bei n = 19 mit ihrer steigenden Zahl und zwar:

- bei 2 Chromosomen auf 0,1462%
- bei 3 Chromosomen auf 0,0129%
- bei 4 Chromosomen auf 0,0016%.

Da aber schon 0,1462 eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit darstellt, kann rückschließend theoretisch abgeleitet werden, daß die Gene, die für die Dominanz des Merkmals „Durchmesser der EF-Tracheen“ verantwortlich sind, vermutlich auf einem Chromosom lokalisiert sind.

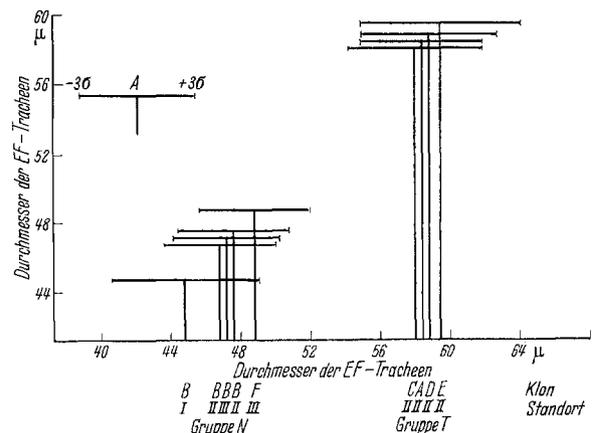


Abb. 5. Die arithmetischen Mittelwerte von den Durchmessern der EF-Tracheen und ihre Fehlergrenzen bei den untersuchten Pappelsorten. (Erklärung im Text).

Die Ergebnisse über den anatomischen Vergleich verschiedener Pappelsorten in bezug auf ihre gegenseitige Verwandtschaft sind in Abb. 5 noch einmal graphisch zusammengefaßt. Dabei sind auf der Ordinate die arithmetischen Mittel = A der EF-Tracheendurchmesser eingezeichnet. Der Abstand der Fußpunkte entspricht ebenfalls den A-Werten. Jeweils am Gipfelpunkt der einzelnen Ordinaten sind die dreifachen Fehler von $A = \sigma$ sowohl nach der negativen als auch nach der positiven Seite aufgetragen. Es sind deutlich zwei Gruppen zu unterscheiden: in Gruppe N (links) befinden sich alle Schwarzpappeln, in Gruppe T (rechts) die Balsampappeln und alle Hybriden aus den beiden Sektionen einschließlich der doppelt-heterozygoten Probe C. Während sich die dreifachen Fehlerwerte innerhalb der einzelnen Gruppen stark überschneiden, wird durch den Abstand zwischen den beiden Gruppen die statistische Sicherung des Unterschiedes demonstriert.

Diskussion

In unseren Untersuchungen konnten wir eindeutig nachweisen, daß durch eine genaue Lokalisation der Vergleichsstellen innerhalb der Sproßachsen und durch Vermessung des Durchmessers der EF-Tracheen eine anatomische Unterscheidung des Holzes der beiden Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca* innerhalb der Gattung *Populus* gelingt. Diese Möglichkeit der Unterscheidung jedoch erlaubt Einblicke in das genetische Verhalten der einzelnen Pappelarten, die für die Züchtung nicht unwesentlich sein können. Trotz der zahlreichen Kreuzungsversuche innerhalb der Gattung *Populus* in den letzten 40 Jahren mit dem Zuchtziel, die wirtschaftlich besten Sorten zu finden, erscheinen erst in allerjüngster Zeit in der Literatur Hinweise, daß diese oder jene Eigenschaft des Pappelholzes — als dem dabei wirtschaftlich einzig wichtigen Produkt — sortenbedingt sei. So stellten JAYME und HARDERS-STEINHÄUSER (1954) eine sortenbedingte Neigung zur Ausbildung von Reaktionsholz fest. Auch neuere Untersuchungen von SCHÖNBACH (1956) über Cellulosegehalt und Raumgewicht einkloniger Pappeln auf verschiedenen Standorten ergaben, daß genetisch bedingte Unterschiede im Raumgewicht vorliegen und daß bei verschiedenen Bodenverhältnissen keine Unterschiede im Cellulosegehalt festgestellt wurden, so daß mehr sortenbedingte als standortsbedingte Einflüsse maßgebend sein müssen. Aus unseren Ergebnissen über den Vergleich von verschiedenen Sorten zweier Sektionen und den Hybriden zwischen beiden Sektionen wird — im eng begrenzten Rahmen der EF-Tracheen — ein Beispiel für die Sortenabhängigkeit eines anatomischen Merkmals und dessen Vererbung gegeben.

Schlußfolgerungen aus den anatomischen Befunden auf den genetischen Zustand der Pappeln

Der Unterschied zwischen dem Überwiegen endogener Faktoren bei der Ausdifferenzierung der EF-Tracheen einerseits und der empfindlichen Reaktion auf ökologische Einflüsse bei der Ausbildung der späteren Gefäße andererseits, MEYER-UHLENRIED (1957 b) macht es verständlich, daß die beiden untersuchten Sektionen nur durch quantitative Bestimmung an den EF-Tracheen anatomisch unterschieden werden können. Die nachgewiesene genetische Steuerung der

Größe des Durchmessers der EF-Tracheen ermöglichte uns den Beweis der Dominanz der Sektion *Tacamahaca* gegenüber der Sektion *Aigeiros* bezüglich dieses Merkmals.

Die Durchsicht der Literatur unter diesem Gesichtspunkt ergab weitere Hinweise darauf, daß die Sektion *Tacamahaca* für zahlreiche züchterisch interessante Eigenschaften dominant sein muß. SEBALD (1956) beobachtete den Beginn des Treibens der von uns untersuchten Pappelsorten in Ludwigsburg und Weilmündorf. Danach lassen sich diese in folgende Gruppen einteilen:

Tabelle 9. Beginn des Treibens der untersuchten Pappelsorten.

Sorte Nr.	Abkz.	Name	treibt aus	Gruppe
33	A	<i>Pop. deltoides</i> × <i>Simonii</i>	sehr früh	T
5122	E	<i>Pop. canadensis</i> × <i>trichocarpa</i>	früh	T
32	D	<i>Pop. Rochester</i>	früh	T
7	C	<i>Pop. generosa</i> × <i>serotina</i>	früh	T
17H	C	<i>Pop. generosa</i> × <i>serotina</i>	früh	T
10H	B	<i>Pop. robusta</i>	mittel	N
14	B	<i>Pop. robusta</i>	mittel	N
1	F	<i>Pop. regenerata</i>	spät	N

Es befinden sich in der Gruppe „T“, die sehr früh bis früh austreibt, die reinen Balsampappeln und alle Hybriden zwischen der Sektion *Tacamahaca* und der Sektion *Aigeiros*, während die Gruppe „N“, mittel bis spät austreibend, alle Schwarzpappeln enthält und sich somit die gleiche Gruppierung ergibt, wie sie von uns bezüglich des mittleren Durchmessers der EF-Tracheen gefunden wurde. GÜNTHER führte Versuche über das photoperiodische Verhalten von Pappeln durch und hat dabei nach SCHÖNBACH (1956) in Bezug auf Cellulosegehalt und Darrgewicht die Überlegenheit der Langtagtypen gegenüber den Kurztagtypen festgestellt. Dabei gehörten — von dem dort beschriebenen Material — zur Gruppe der typischen Langtagpappeln ausschließlich Klone von *Pop. trichocarpa* und *Pop. berolinensis*, also eine reine Balsampappel und ein Hybrid zwischen den Sektionen *Tacamahaca* und *Aigeiros*. Die Vertreter der Kurztagsgruppe umfassten ausnahmslos Kreuzungen innerhalb der Sektion *Aigeiros*. Auch in bezug auf die Rohwichte ordnen sich die von WALKENHORST (1954) untersuchten Pappeln derart, daß auf jedem Standort die Sorten der Sektion *Aigeiros* — das sind dort: *Pop. robusta*, *Pop. regenerata*, *Pop. marilandica* und *Pop. serotina* — mit schwerem Holz der *Pop. trichocarpa* als reiner Balsampappel und der *Pop. berolinensis* als Hybrid zwischen den Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca* mit leichterem Holz gegenüberstehen. — Auch morphologisch sind die Kreuzungen zwischen Balsampappeln und Schwarzpappeln der Sektion *Tacamahaca* zuzurechnen, was besonders daraus hervorgeht, daß in der Bestimmungstabelle für die Gattung *Populus* von HOUTZAGERS (1941) alle beschriebenen Hybriden zwischen den Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca* unter der Gruppe Balsampappeln erscheinen. Außerdem wird dort ausgeführt, daß die Blätter von Bastarden zwischen Schwarz- und Balsampappeln eine länglich-eirunde, zugespitzte Form zeigen, wie sie für die Sektion *Tacamahaca* typisch ist im Gegensatz zu den mehr dreieckigen Blättern der Schwarzpappeln.

Alle diese Tatsachen weisen auf eine Dominanz zahlreicher Gene von der Sektion *Tacamahaca* gegen-

über der Sektion *Aigeiros* hin. Nach SCHÖNBACH (1956) ist aber *Pop. trichocarpa* — als die wichtigste Balsampappel — auf Grund verschiedener ungünstiger Eigenschaften von der Anbauliste gestrichen worden. Wegen ihres hohen Cellulosegehaltes soll diese Sorte jedoch als Kreuzungspartner weiter in der Züchtung Verwendung finden. Nach den vorstehenden Befunden erscheint es aber fraglich, ob die erwünschte Eigenschaft „hoher Cellulosegehalt“ in das Kreuzungsprodukt gelangen kann, ohne daß sich andere, nicht erwünschte Eigenschaften ebenfalls darin niederschlagen.

Zusammenfassung

1. Es wurden 14 Pappelsorten der Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca* mit verschiedenen Verwandtschaftsbeziehungen auf die Vererbung anatomischer Merkmale hin untersucht.

2. Zwischen den verschiedenen Pappelsorten ließ sich kein qualitativer Unterschied im anatomischen Bau des Holzkörpers nachweisen.

3. Der mittlere Durchmesser der ersten, im Frühjahr nach einer Vegetationsruhe angelegten Gefäße (= EF-Tracheen) erwies sich als brauchbare Größe zur quantitativen Kennzeichnung des anatomischen Baues einer Pappelsorte.

4. Der mittlere Durchmesser der EF-Tracheen erscheint vorwiegend genetisch gesteuert und unterliegt in seiner Größe innerhalb einer Sproßachse gesetzmäßigen Veränderungen.

5. Die gesetzmäßigen Veränderungen der Größe der EF-Tracheen innerhalb einer Sproßachse setzen beim Vergleich zweier Sorten eine genaue Beachtung der Lokalisation der Vergleichsstellen nach Höhe am Stamm, Himmelsrichtung und Alter des betreffenden Jahrringes voraus.

6. Die beiden Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca* unterscheiden sich bezüglich des mittleren Durchmessers der EF-Tracheen. Dieser Unterschied ist sowohl auf gleichem, als auch auf verschiedenen Standorten statistisch gesichert.

7. Die verschiedenen Sorten innerhalb der Sektion *Aigeiros* bzw. *Tacamahaca* unterscheiden sich in diesem Merkmal nicht.

8. Die Sektion *Tacamahaca* erwies sich gegenüber der Sektion *Aigeiros* bezüglich des Merkmals „Durchmesser der EF-Tracheen“ als dominant.

9. Von einem Klon, der aus einer F₂-Generation heterozygoter Eltern selektioniert wurde, konnte nachgewiesen werden, daß er für das Merkmal „Durch-

messer der EF-Tracheen“ das dominante Gen der Sektion *Tacamahaca* enthält.

10. Es konnte abgeleitet werden, daß das Merkmal „Durchmesser der EF-Tracheen“ von einem Major-Gen gesteuert sein muß.

Herrn Prof. Dr. Dr. H. MARQUARDT danke ich herzlich für die Überlassung des Themas sowie auch Herrn Dr. W. LIESE für wertvolle Anregungen.

Literatur

1. BURGERSTEIN, A.: Diagnostische Merkmale der Markstrahlen von *Populus* und *Salix*. Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. 29 (1911).
2. ENTE NAZIONALE PER LA CELLULOSA E LA CARTA: Notes préliminaires à la connaissance de quelques types de peupliers cultivés en Italie. 7^{me} session de la Comm. Intern. du Peuplier (1953).
3. GREGUSS, P.: Bestimmung der mitteleuropäischen Laubhölzer und Sträucher auf xylotomischer Grundlage. Budapest 1945: Verlag des ungarischen Naturwiss. Museums.
4. HERRMANN, H.: Vergleichende Holzanatomie der Pappeln und Baumweiden. Botanisches Archiv, Königsberg II. Band VII—XII, 35 (1922).
5. HESMER, H.: Das Pappelbuch. Bonn, 1951.
6. HILF, H. H.: Das Pappeljahrbuch 1947. Hannover 1947.
7. HOUTZAGERS, G.: Die Gattung *Populus* und ihre forstliche Bedeutung. Aus dem Holländischen übersetzt von W. KEMPER. Hannover 1941.
8. HUBER, B., und G. PRÜTZ: Über den Anteil von Fasern, Gefäßen u. Parenchym am Aufbau verschiedener Hölzer. Holz als Roh- und Werkstoff 1, 377 (1938).
9. JAYME, G., u. M. HARDERS-STEINHÄUSER: Durch Unterdrückung im engen Wachstumsverband hervorgerufene Eigenschaftsänderungen junger Pappelhölzer. Holz als Roh- und Werkstoff 12, 3—7 (1954).
10. LIESE, W., u. K.-H. MEYER-UHLENRIED: Zur quantitativen Bestimmung der verschiedenen Zellarten im Holz. Zeitschrift für wiss. Mikroskopie 64, (1957).
11. MAYER-WEGELIN, H.: Das Pappelholz in HESMER, Das Pappelbuch. Bonn 1951.
12. MEYER-UHLENRIED, K.-H.: Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie des Holzes verschiedener Pappeln. Dissertation, Freiburg 1957 a.
13. MEYER-UHLENRIED, K.-H.: Holzanatomische Untersuchungen an der Pappel. Holzforschung, 11, 150—157 (1957b).
14. SCHÖNBACH, H.: Untersuchungen über Cellulosegehalt und Raumgewicht von Pappelhölzern im Rahmen der Züchtung. Wiss. Abhandlungen Nr. 16, Berlin 1956: Akademie-Verlag.
15. SEBALD, O.: noch unveröffentlicht.
16. TRENDELENBURG, R.: Das Holz als Rohstoff. 1. Auflage. München 1939.
17. TRENDELENBURG, R., u. H. MAYER-WEGELIN: Das Holz als Rohstoff. 2. Auflage. München 1955.
18. WAŁEK-CERNECKA, A.: Anatomia porównawcza drewna *Pop. alba*, *Pop. tremula*, *Pop. canescens*. Rocznik sekeji dendrologicznej Polsk. Tow. Bot. VIII, 1—3 (1952).
19. WALKENHORST, R.: Die Holzeigenschaften verschiedener Pappelsorten unter besonderer Berücksichtigung der Zugholzbildung. Dissertation, Hann-Münden 1954.
20. v. WETTSTEIN, R.: Über die Verwertung anatomischer Merkmale zur Erkennung hybrider Pflanzen. Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Naturwissenschaftliche Classe. Band 96/1, 312. Wien 1888.