

ponenten bei der Herstellung des F₁-Saatgutes in wechselnden Streifen angebaut werden.

Die Versuche haben folgendes gelehrt:

Die Weizenpollen sinken aus 1 m Höhe in unbewegter Luft 0,6 m pro Sec. Da der Weizenpollen in jener Höhe entsteht, in der sich auch die Befruchtung abspielt, dürfte es günstiger sein, wenn die pollengebenden Vatersorten bedeutend höher im Wuchs sind als die Muttersorten.

Die Beobachtungen an frisch gesammelten und sonnenbestrahlten oder im Schatten gehaltenen Weizenpollen haben gezeigt, daß sich die Vitalität des Blütenstaubes durch Sonnenbestrahlung nur wenig verringert.

Die hinsichtlich der Produktion von F₁-Saatgut angestellten Modellversuche haben bewiesen, daß der Samenansatz gegen die Mitte der Streifen geringer wird, weil die übrigen sterilen Ähren die Bewegung des Blütenstaubes behindern. Die Muttersorte sollte daher nicht über eine Mähdreschschnittbreite angebaut werden.

Die Versuche haben auch bewiesen, daß begrannete Ähren die Verbreitung der Pollen stärker behindern als die unbegranneten. Im Hinblick auf die Hybrid-saatguterzeugung ist es daher günstiger, wenn die Muttersorte unbegrannt ist.

Da es sich nur um einjährige Beobachtungen handelt, müssen die Versuche weitergeführt werden, aber die Erfahrungen des ersten Jahres weisen bereits darauf hin, daß diese Fragen in Zukunft große Bedeutung haben werden.

Danksagung: Ich danke Herrn L. PARÁDI für die gewissenhafte Durchführung der Versuche und für seine guten Ideen und Herrn J. CSÁSZÁR für die Durchführung der Pollenanalyse.

Literatur

1. BRIGGLE, L. W.: Heterosis in wheat. *Crop Science* 3, 407–412 (1963). — 2. BRIGGLE, L. W.: Hybrid wheat, what it means to wheat production. *Cereal Science Today* 9, 59–65 (1964). — 3. FUKASAWA, H.: Studies on restoration and substitution of nucleus (genome) in *Aegiloptricum*. IV. Genome exchange between durum

and ovata cytoplasm and its theoretical consideration for male-sterility. *Cytologia* 22, 30–39 (1957a). — 4. FUKASAWA, H.: Studies on restoration and substitution of nucleus (genome) in *Aegiloptricum*. V. Critical evidence for uneffectiveness of alloplasm on hybridisation. *Jap. J. Genetics* 32, 269–276 (1957b). — 5. FUKASAWA, H.: Fertility restoration of cytoplasmic male-sterile Emmer wheat. *Wheat Information Service* 7, 21 (1958). — 6. FUKASAWA, H.: Nucleus substitution and restoration by means of successive backcrosses in wheat and its related genus *Aegilops*. *Jap. J. Botany* 17, 55–91 (1959). — 7. FUKASAWA, H.: Biochemical mechanism of pollen abortion and other alterations in cytoplasmic male-sterile wheat. *Proceedings of the second wheat genetics symposium, Japan. Seiken Ziho* 13, 107–111 (1962). — 8. GANDHI, S. M., M. P. BHATNAGAR, and A. K. SANGHI: Heterosis in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journ. Ind. Bot. Soc.* 41, 448–455 (1962). — 9. KIHARA, H.: Fertility and morphological variation in the substitution and restoration backcrosses of the hybrids *Triticum vulgare* × *Aegilops caudata*. *Proceedings Intern. Congr. Genetics* 1, 142–171 (1958). — 10. LAZÁNYI, L.: Sexuelle Vermehrung der wichtigsten Kulturpflanzen. *Mezőgazdaság es Erdészet, Budapest*, 2, 142–155 (1957). — 11. LEIGHTY, C. E., and J. W. TAYLOR: Studies in natural hybridisation of wheat. *J. Agric. Res.* 35, 865–887 (1927). — 12. LELLEY, J.: Versuchsergebnisse mit einer neuen Schnellkastrationsmethode. *Agrártudomány* 3, 475–477 (1951). — 13. LIVERS, R. W.: Fertility restoration and its inheritance in cytoplasmic male-sterile wheat. *Science* 36, 420 (1964). — 14. NOSZATOVSKIJ, A. J.: *Der Weizen*. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó 1951. — 15. (RAJKI SÁNDORNE) CZICZER, ERNA: Blüten- und Befruchtungsbiologie des Weizens. *Die Kulturflora Ungarns. Der Weizen*, S. 142–154. Budapest: Akadémiai Kiadó 1963. — 16. SCHMIDT, J. W., V. A. JOHNSON and S. S. MAAN: Hybrid wheat. *Nebraska Exp. Stat. Quarterly* 5, 9 (1962). — 17. SUNESON, C. A.: Use of Pugsley's sterile wheat in cross breeding. *Crop Science* 2, 534–535 (1962). — 18. WILSON, J. A., and W. M. ROSS: Cross breeding in wheat, *Triticum aestivum*. I. Frequency of the pollen-restoring character in hybrid wheat having *Aegilops ovata* cytoplasm. *Crop Science* 1, 191–193 (1961). — 19. WILSON, J. A., and W. M. ROSS: Male sterility interaction of the *Triticum aestivum* nucleus and *Triticum timopheevi* cytoplasm. *Wheat Information Service*, 14, 29 (1962a). — 20. WILSON, J. A., and W. M. ROSS: Cross breeding in wheat, *Triticum aestivum* L. II. Hybrid seed set on a cytoplasmic male-sterile winter wheat composite subjected to cross pollination. *Crop Science* 2, 415–417 (1962b).

Die Eignung einiger Blatt- und Verzweigungsmerkmale für die Unterscheidung von Schwarzpappel-Hybridklonen

HANS H. HATTEMER

Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung in Schmalenbeck der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft

The suitability of some leaf and twig characteristics for the discrimination of Black Poplar hybrid clones

Summary

1. Descriptions for field identification of 16 clones of wide economic use are given; the characteristics include tree habit, and color and morphology of leaves.

2. Five leaf and four branching characteristics were used in discriminatory analyses of the 120 possible comparisons between individual clones; 111 of these proved to be significant.

3. The discriminatory value of a variable was defined as additional information supplied in the ninth position. It was estimated for each of the nine characteristics by using and omitting each in turn from an estimate of the difference. Discriminatory value varied considerably between

the nine variables. The greater the mean discriminatory value of a variable, the greater was its clonal specificity.

4. There was a negligible difference between the average discriminatory value of the characteristics of leaves and branches.

5. Variability within clones of five of the nine variables was heterogeneous. Clones differed significantly in overall variability.

6. The three characteristics of greatest discriminatory value proved to be efficient for the formation of groups within the sample of 16 clones. Knowledge of these characteristics would have avoided about one-half of the computational work.

7. 'Heritabilities' could be used to predict discriminatory values of the variables in this material; but it is suspected that this has no general validity.

8. Sample size of ten trees per clone was below optimum because of the variability within clones and the number of characteristics used.

Einleitung

Bei der Klonidentifikation ist der Züchter vielfach auf rein vegetative Merkmale angewiesen. MÜLLER und SAUER (1961) haben gezeigt, daß mit solchen Eigenschaften Klone relativ gut gegeneinander abgegrenzt werden können, sofern deren Zahl nicht zu groß wird. Hier soll versucht werden, Klonunterschiede nur mit einigen wenigen zahlenmäßig erfaßbaren, quantitativen Eigenschaften auszudrücken.

Wie erwähnt, haben MÜLLER und SAUER (1961) in vielen derartigen Merkmalen Unterschiede gefunden und sichere Grundlagen für die Anwendung dieser Methoden erarbeitet. BROEKHUIZEN (1964) hat in einer Beschreibung von 6 Klonen ähnliche Merkmale verwendet und die Messung einiger zusätzlicher Variabler eingeführt. Für die Unterscheidung einiger der untersuchten Klone wurden von BROEKHUIZEN die Quotienten aus Blattdimensionen verwendet, was offensichtlich mehr Informationen lieferte als der Vergleich anhand der betreffenden Variablen allein. JEFFERS (1965) konnte anhand von Messungen dreier Blattmerkmale mit Diskriminanzfunktionen bei nur geringen Zuordnungsfehlern zwischen den Klonen *P. × euramericana* cv. 'Gelrica' und cv. 'Serotina' unterscheiden. Anhand der Darstellung der aus 9 Blattmerkmalen ermittelten Hauptkomponenten gelang schon mit dem ersten beiden Komponenten die Trennung in einem Teil der zwischen 6 Klonen möglichen Vergleiche; für einen weiteren Teil der Vergleiche reichten Darstellungen der ersten vier Komponenten. Die Merkmale waren die Dimensionen des Blattes und Blattstiels, die Winkel an der Blattbasis und zwischen Haupt- und Nebenadern, ferner die Blattbreite in verschiedenen Entfernungen von der Basis. JEFFERS bemerkt, daß die Anwendung der Diskriminanzfunktionen auf paarweise Vergleiche reichlich umständlich ist; jedenfalls ist der erforderliche Zeitaufwand für die Berechnung solcher Funktionen im allgemeinen recht hoch und wächst progressiv mit der Zahl der verwendeten Variablen. Doch bietet diese Methode einige Ansatzpunkte, um sich Klarheit über auftretende Probleme zu verschaffen; sie hat für die praktische Anwendung große Vorteile, wenn vorher mittels anderer Methoden die Zahl anzustellender Vergleiche stark eingengt wurde.

Herkömmliche Methoden

Über das Sortenbild der am weitesten verbreiteten Wirtschaftspappeln in der Baumschule haben MÜLLER und SAUER (1961) sehr eingehend veröffentlicht und die von ihnen angewandten Methoden sind heute allgemein in Gebrauch. Anlässlich der Überprüfung einer Feldversuchserie mit solchen Klonen zeigte sich jedoch, daß für das Alter von 5–8 Jahren einige zusätzliche Merkmale zu nutzen sind, dagegen andere vor allem bei kümmerndem Wuchs der Pappeln für die Unterscheidung gänzlich entfallen. Nachfolgend seien einige Möglichkeiten der Ansprache im Bestand mitgeteilt.¹ Im wesentlichen sind aber die auch in der

Baumschule verwendbaren Merkmale auf diese Altersstufe sinngemäß zu übertragen. Neben den Merkmalen der Tab. 1 wird die Ansprache der Klone erleichtert bzw. sind zur sicheren Ansprache notwendig besondere Kennzeichen, die in einigen Fällen die Unterscheidung des betreffenden Klons von einigen oder allen andern gewährleisten.

Bei 'Brabantica' ist dies die auffallende Größe der sattelförmig abgebogenen Blätter. Zum Unterschied von dem ähnlich aussehenden Klon 'Drömling' reichen aber an den jungen Trieben die Nebenblätter nur bis etwa zum dritten Blatt herunter, während bei 'Drömling' selbst unter wenig günstigen Standortverhältnissen an den Astspitzen noch etwa das sechste bis siebente Blatt solche Nebenblätter aufweist. Im allgemeinen ist aber dieser Unterschied auf das Vorhandensein üppiger, kantiger Triebe beschränkt.

Bei 'Eckhof' fällt die stark ausgeprägte Randwelle, besonders der ganz jungen Blätter, sofort ins Auge. Dieses Kennzeichen ist mit dem Fernglas eigentlich immer zu finden. Gegenüber 'Marilandica' sind Verwechslungen nicht möglich, wenn auf die Form der Blattbasis und den Grünton der Belaubung sowie das Vorhandensein von Austriebstönung geachtet wird. (Bei den Tönungsmerkmalen wurde nicht der Farbton beachtet, sondern nur bei einigen Sorten die Tönung an sich; diese Merkmale erweisen sich bei den meisten Sorten im Gelände und in dieser Altersstufe als äußerst unzuverlässig.)

An 'Forndorf' ist die spärlich wirkende Belaubung hervorzuheben; bei diesem Klon treten die ausgeprägtesten Herzformen der Blattbasis auf, und zwar auch bei weniger großen, schwach belichteten Blättern.

'Gelrica' hat eine sehr starke Tönung der Schaftspitze und der obersten Blätter. Man hat den Eindruck, daß der Unterschied der Tönung von Schaft- und Astspitzen typisch ist. Der Winkel zwischen der Blatthauptader und der ersten kräftigen Seitenader ist meist um 90°, worauf BROEKHUIZEN (mündl. Mitt. 1964) aufmerksam macht.

Für 'Grandis' ist neben dem auffallenden Habitus das relativ lange Blatt mit den wenig ausgerundeten Wangen besonders kennzeichnend.

Auch 'Leipzig' hat wenig ausgerundete Blattwangen; im Zusammenhang mit der bei 'Flachslanden' längeren Blattspitze ist dies neben der weniger dichten Bestattung ein gutes Unterscheidungsmerkmal gegenüber dieser Sorte.

'Löns' hat — wie 'Brabantica' — sattelförmige Abwölbung der Blattspreiten, jedoch ist das Blatt meist breiter als lang und hat im allgemeinen weit weniger Tönung in Blattstiel und Blatthauptader (auch dies kommt vor!). Die Blattspitze erscheint bei dem breiten 'Löns'-Blatt kurz aufgesetzt.

'Marilandica' hat oft eine in der Form dem Klon 'Eckhof' ähnliche Randwelle, die aber weit unterhalb der Blattspitze aufhört, so daß bei seitlicher Betrachtung Ähnlichkeit mit einer Speerspitze entsteht (MÜLLER, mündl. Mitt. 1964). Nur sehr selten ist hier an Blättern oder Trieben Tönung festzustellen; an den jüngsten Blättern bleibt aber dann beiderseits der Hauptader ein sog. Mittelfeld rein grün.

'Missouriensis' ist so gut wie immer an den besonders langen Triebentzellen kenntlich, die unter den Blattnarben gehäuft stehen. Sonst sind Habitus und

¹ Herrn Landforstmeister Dr. RUDOLF MÜLLER bin ich für die Einarbeitung in die Handhabung der von ihm entwickelten Methoden sehr zu Dank verpflichtet.

Tabelle 1. Hilfstabelle zur Ansprache der Klone.

Klon	Schaft		Krone			Blätter			Stiel
	Form	Stand	Form	Beastung	Farbe	Basisform	Hauptader		
Brabantica			breit	quirlig	Austrieb stark getönt	Querbasis	rot		
Drömling	krumm	schräg	breit	viellastig, nicht quirlig	Austrieb stark getönt	in der Kronenspitze Herzbasis			
Eckhof	krumm	schräg	breit			Herzbasis	roter Punkt		
Flachslanden				sehr astreich steilastig		Herzbasis			
Forndorf					Austrieb grün	Herzbasis		sehr kurz	
Gelrica	krumm	schräg			Austrieb stark getönt	Quer- oder Herzbasis			
Grandis			schmal	kurzastig, quirlig	Austrieb leicht ocker	Herzbasis		kurz	
Leipzig			breit	astreich	Austrieb grün	Herzbasis	roter Punkt		
Löns		schräg			Austrieb grün	Quer- oder Herzbasis			
Marilandica	krumm abformig	schräg	sehr breit		hellgrünes Laub	Keil- oder Querbasis		kurz	
Missouriensis			schmal	locker				rot	
Neupotz			schmal	astreich	Austrieb getönt	Keil- oder Querbasis			
Regenerata		aufrecht	sehr schmal	astreich, nicht quirlig, steil		Herzbasis		sehr lang	
Robusta	sehr gerade	aufrecht	schmal	quirlig	dunkelgrünes Laub				
Serotina				sehr locker		Herz- oder Querbasis		rot	
Virginiana de Frignicourt	krumm	schräg	sehr breit		hellgrünes Laub	Querbasis		sehr lang, rot	

Blattform der 'Robusta' ähnlich; letztere ist aber durch die immer auch mit unbewaffnetem Auge sichtbare Behaarung an Trieb und Blattstielen von den andern 15 Klonen unterscheidbar.

Das Ansprechen von 'Neupotz' bereitet unter allen Klonen die meisten Schwierigkeiten. Dieser Klon hat in den meisten Eigenschaften etwa durchschnittliche Ausprägung und kann bei oberflächlichem Arbeiten und besonders bei kümmerndem Wuchs der Bäume mit vielen anderen Sorten verwechselt werden.

Bei 'Regenerata' ist nie ein so enger Einzug an der Blattbasis wie bei 'Flachsländen' festzustellen, sondern das Herz an der Blattbasis erscheint wesentlich breiter. Vielfach, je nach den standörtlichen Bedingungen, fällt die Tönung des Blattstiels bei Abwesenheit irgendwelcher Farbstoffe in der Blatt-hauptader ins Auge.

Bei 'Serotina' sind — mehr noch als bei dem folgenden Klon — die roten Blattstiele weithin sichtbar, auch wenn entsprechend den Temperaturverhältnissen ganz allgemein wenig Tönung an den übrigen Sorten auftritt. 'Virginiana de Frignicourt' hat darüber hinaus einen ganz anderen Habitus als 'Serotina' und ist vor allem an den im Verhältnis zu den kurzen breiten Blättern sehr langen Blattstielen kenntlich.

Mit diesen Eigenschaften ist im allgemeinen — namentlich auf einer Versuchsfläche — eine sichere Zuordnung von Bäumen möglich. Ohne die Vergleichsbasis der anderen Klone und vor allen Dingen ohne das Wissen, daß nur einer der erwähnten 16 Klone in Frage kommt, müssen mehr Merkmale hinzutreten. Denn in diesem Fall entbehrt man der Möglichkeit, bei Aufzählen der typischen Kennzeichen der anderen Klone sie der Reihe nach auszuschließen. Die jahreszeitliche Variation vieler Merkmale ist beträchtlich, man denke nur an die in der Regel erst im Sommer einsetzende Ausbildung von Herzbasis an den Blättern; sicher gelingt die Unterscheidung und Zuordnung nur in der zweiten August- und ersten Septemberhälfte.

Abgesehen von den zwangsweise etwas vagen Beschreibungen fällt an diesem System etwas auf: Ein Standardsortiment von Merkmalen reicht zu einer vorläufigen Zuordnung zu einer bestimmten Gruppe einander ähnlicher Klone; sodann werden für die Unterscheidung bestimmter Klone ein oder zwei spezifische Merkmale benötigt. Dadurch wird die Zahl der für einwandfreie Entscheidungen notwendigen Merkmale außerordentlich hoch. Stellt man sich nur die doppelte Anzahl von Klonen vor, beginnt auch für den Fachmann die Aufgabe des Erkennens einzelner Klone bereits sehr unübersichtlich zu werden. Es ist dabei zu beachten, daß nach der Entstehungsgeschichte dieser Klone (MÜLLER und SAUER 1961) nur wenige Verwandtschaften zu erwarten sind. Außerdem ähneln sich nach Beobachtungen in der Baumschule Klone aus nicht zu sehr verschiedenen Herkunftsgebieten bei *Populus deltoides*, *P. nigra* und *P. trichocarpa* wesentlich mehr. Es ist also zu befürchten, daß mit Anwachsen des Sortimentes an zu unterscheidenden Klonen, bei Auftreten eng verwandter Klone oder für die Unterscheidung von Klonen innerhalb reiner Arten mehr notwendig ist als die Beibehaltung dieser Methoden. Diese haben ihre große Bedeutung bei der Entzerrung des mitteleuropäischen Sortimentes bewiesen, werden aber mit der Verände-

rung dieses Sortimentes durch exakte Messungen ergänzt werden müssen.

Material

Die 16 Klone sind auf einer Versuchsserie mit mehr als 20 Versuchsorten in der Bundesrepublik angebaut*. Der hier herangezogene, seit der Pflanzung vierjährige Teilversuch Pa 28 enthält 5 Wiederholungen mit Parzellen zu je zwei Bäumen im balancierten Gitter. Pro Baum wurden im Monat September von je zwei Ästen der oberen Kronenhälfte aus der Mitte der jungen Triebe (durch Knicken festgestellt) die Dimensionen eines Blattes gemessen sowie der Blattbasiswinkel und einseitig die Zahl der Randzähne ermittelt. Die Verzweigungsmerkmale wurden an vorjährigen Trieben der gleichen Äste erhoben und das Mittel der beiden Äste als Merkmalswert des betreffenden Baumes angesehen.

Daneben wurden durch eine Person ohne jegliche Sortenkenntnis verschiedene Habitus- und Blattmerkmale bonitiert. Für die Blattmerkmale war die Stichprobe auf das zweitunterste Blatt des neuen Jahrestriebs an den beiden benutzten Ästen fixiert. Diese Blätter sind demnach immer eindeutig aufzufinden gewesen, und es entfiel die Gefahr des willkürlichen Bonitierens eines Blattes mit besonders eindeutig ins Auge fallender Merkmalsprägung. Diese für die Bonituren benutzten Blätter sind in Form und Farbe nicht mit denen im oberen Drittel eines Triebes vergleichbar. Tab. 2 gibt alle erhobenen Merkmale sowie die angewendeten Bonitierungsschlüssel wieder.

Tabelle 2. Beschreibung der gemessenen bzw. bonitierten Merkmale.

x_1	Zahl der Blattrandzähne, einseitig gezählt
x_2	Blattbasiswinkel: Winkel zwischen Blatthauptader und Ablauf des Blattrands von der Basis, einseitig gemessen, in Grad
x_3	Blattstiellänge in mm
x_4	Länge der Blatthauptader in mm
x_5	größte Blattspaltenbreite in mm
x_6	Länge des vorjährigen Triebes in cm
x_7	Entfernung zwischen der Ansatzstelle des obersten Seitentriebs und der Spitze des vorjährigen Triebes
x_8	Entfernung zwischen der Ansatzstelle des untersten Seitentriebs und der Basis des vorjährigen Triebes
x_9	Zahl der Seitentriebe am vorjährigen Trieb
x_{10}	Kronenform: 1 schmal; 2 oval; 3 breit, rund
x_{11}	Schafthaltung: 1 lotrecht; 2 schräg
x_{12}	Schafform: 1 gerade; 2 leichte Krümmungen; 3 starke Krümmungen
x_{13}	Astwinkel: 1 sehr spitz; 2 mittel; 3 gegen 90°
x_{14}	Astzahl: 1 astreich; 2 astarm
x_{15}	Astdurchmesser: 1 feinastig; 2 grobastig
x_{16}	Laubfarbe (Grüntön): 1 hellgrün; 2 mittel; 3 dunkelgrün
x_{17}	Blattstieltönung: 1 mattgrün; 2 leicht getönt; 3 stark getönt
x_{18}	Hauptadertönung: 1 mattgrün; 2 leicht getönt; 3 stark getönt
x_{19}	Höhenwachstum zu Ende der Vegetationsperiode in m

Methoden

Mit den Variablen x_1 bis x_9 wurde für jeden der 120 denkbaren Klonvergleiche mittels der Koeffi-

* Diese Versuchsserie wird nunmehr durch den Ausschuß für die Biologie der Pappel der Deutschen Pappelkommission, Erster Vorsitzender Herr Professor Dr. E. ROHMEDER, München, betreut.

zienten der linearen Diskriminanzfunktion¹ der Unterschied

$$d_X = \sum_{i=1}^p b_i d_i$$

auf Grund von $p = 9$ Variablen mit je $N = 10$ Bäumen pro Klon berechnet und durch

$$F = \frac{N(2N - p - 1)}{2p} d_X$$

mit $n_1 = p$; $n_2 = 2N - p - 1$ Freiheitsgraden auf Signifikanz geprüft. Die Daten von x_1 und x_9 wurden zu diesem Zweck nicht transformiert. Der diskriminante Wert eines Merkmals wurde hier durch die Senkung von d_X bei seiner Weglassung ermittelt. Im übrigen kamen in einigen Fragen Verfahren der univariaten Biometrie zur Anwendung.

Ergebnisse

a) Unterschiede zwischen den Klonen

Bei Betrachtung der Mittelwerte in Tab. 3 zeigen sich in fast allen Merkmalen deutliche Unterschiede zwischen den Klonen. Die Habitusmerkmale, die bei der Untersuchung eines Baums hinsichtlich seiner Klonzugehörigkeit zunächst beachtet werden, eignen sich an diesem Material auf Grund ihrer nicht normalen Verteilung nicht für die diskriminanzanalytische Auswertung; jedoch zeigen sie wohl die größten auf das jeweilige Mittel bezogenen Unterschiede. Anhand dieser Merkmale ließen sich leicht einige Typen unterscheiden, die die Zahl der mit der Diskriminanzanalyse zu beurteilenden Vergleiche stark vermindern könnte.

Den geradesten Schaft besitzt 'Robusta'; es folgt bald 'Regenerata D.', die daneben in Schafthaltung und Kronenform zwei Extreme auf sich vereinigt. Drei auffallend breitkronige, schrägstehende und krummschäftige Klone sind 'Marilandica', 'Virginiana de Frignicourt' und 'Drömling'; die Baumhöhe des letztgenannten Klons ist dabei recht groß. Die Zusammenhänge zwischen Höhenwachstum und Schaftform dürften hier besonders viel Informationen erbringen, jedoch gehörte hierzu Material aus anders geplanten Feldversuchen. Das gleiche gilt für Kronenform und Beastung; die relativ schmale Kronenform von 'Grandis' kommt durch kurze Äste zustande, während 'Regenerata D.' ihre noch viel schmalere Krone den sehr spitzen Astwinkeln verdankt. 'Flachslanden' hat trotz steiler Aststellung wiederum eine recht breite Krone und ist extrem astreich. Astzahl und Astdurchmesser sind nach dieser pauschalen Einschätzung nicht — wie man erwarten könnte — negativ korreliert. SAUER (1959) hat die Beastung dieser 16 Klone an Baumschulpflanzen kovarianzanalytisch untersucht und an seinem Material in allen Merkmalen ausgeprägte Klonunterschiede gefunden. Es lassen sich sogar einige Ähnlichkeiten zwischen jenen Baumschulmerkmalen und dem Sortenbild im Alter von 4 Jahren finden.

Auch bei den Farbmerkmalen lassen sich einige auffallende Unterschiede nachweisen, etwa das be-

¹ Die Diskriminanzanalysen wurden im Institut für Biometrie und Statistik der Tierärztlichen Hochschule in Hannover gerechnet. Dem Direktor dieses Instituts, Herrn Prof. Dr. RUNDFELDT, und dem Verfasser der Programme, Herrn Dr. PRINZ, Essen, sei sehr herzlich gedankt.

Tabelle 3. Klonmittelwerte in allen Merkmalen.

Klon	Blattmorphologie									Verzweigung			Habitus				Farben			Höhe \bar{x}_{10}
	\bar{x}_1	\bar{x}_2	\bar{x}_3	\bar{x}_4	\bar{x}_5	\bar{x}_6	\bar{x}_7	\bar{x}_8	\bar{x}_9	\bar{x}_{10}	\bar{x}_{11}	\bar{x}_{12}	\bar{x}_{13}	\bar{x}_{14}	\bar{x}_{15}	\bar{x}_{16}	\bar{x}_{17}	\bar{x}_{18}		
Brabantica	38,6	89,4	48,2	77,5	74,2	53,4	7,2	13,8	11,5	2,7	1,3	2,1	2,2	1,8	1,3	2,0	1,0	1,0	4,32	
Drömling	34,9	82,3	50,8	82,2	83,1	46,7	3,5	14,8	12,1	2,8	2,0	2,8	2,2	1,1	1,6	1,7	1,2	1,0	4,45	
Eckhof	38,8	84,0	44,8	82,4	81,5	54,5	4,4	15,1	13,6	2,6	2,0	2,4	2,2	1,3	1,8	1,9	1,8	1,1	4,19	
Flachslanden	37,8	95,5	46,2	72,6	77,0	43,6	4,8	9,7	12,7	2,2	1,6	1,7	1,3	1,0	1,5	2,0	1,4	1,0	3,96	
Fornsdorf	34,2	104,6	32,9	68,2	70,7	38,7	5,5	8,8	8,8	2,4	1,4	1,8	2,0	1,7	1,3	2,0	1,0	1,0	4,02	
Gelrica	35,6	93,4	38,9	71,6	71,6	55,9	6,5	13,2	13,2	2,3	2,0	2,3	2,6	1,3	1,6	2,0	1,0	1,0	4,54	
Grandis	33,3	91,6	38,8	73,5	66,6	45,1	3,9	10,7	10,7	2,0	1,6	1,8	2,5	1,3	1,4	2,0	1,2	1,0	4,30	
Leipzig	37,2	107,1	38,3	67,6	72,3	42,7	5,2	12,6	10,9	2,5	1,7	1,6	2,0	1,9	1,8	2,3	1,3	1,6	4,03	
Löns	37,2	93,1	38,9	70,9	68,5	52,0	7,6	13,2	12,7	2,4	1,9	1,6	2,0	1,9	1,5	1,8	1,0	1,0	4,29	
Marilandica	36,2	76,7	35,6	72,0	63,9	41,6	4,8	16,8	8,4	3,0	1,9	2,9	2,9	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	3,80	
Missouriensis	42,5	81,4	54,0	94,8	97,3	59,9	2,3	19,1	13,4	1,9	1,3	2,1	2,1	1,4	1,6	2,2	2,0	1,7	4,70	
Neupotz	36,8	78,9	39,2	68,5	60,4	42,9	4,5	13,6	11,3	1,9	1,4	1,9	1,9	1,1	1,1	2,0	1,6	1,1	4,21	
Regenerata D.	39,3	98,1	46,6	72,2	75,0	49,1	5,2	15,4	11,9	1,1	1,0	1,7	1,1	1,1	1,1	2,0	1,3	1,0	4,64	
Robusta	39,0	77,0	50,6	76,6	77,1	49,2	3,5	16,4	12,5	2,0	1,1	1,2	2,0	1,4	1,3	2,6	1,2	1,2	4,55	
Serotina	34,0	91,2	46,0	76,9	73,6	59,1	7,4	16,3	12,2	2,4	1,3	1,9	2,1	1,6	1,5	2,2	2,5	1,0	4,42	
Virginiana de Fr.	39,7	89,7	45,1	67,9	79,1	46,8	7,2	15,1	11,3	3,0	2,0	2,9	2,6	1,5	1,6	1,0	1,6	1,0	4,17	
Gesamtmittel	37,2	90,9	43,4	74,7	74,5	48,8	5,2	14,7	11,7	2,3	1,6	2,0	2,1	1,4	1,5	1,9	1,4	1,1	4,29	

Tabelle 4. Mittelquadrate innerhalb der 16 Klone für 9 Merkmale.

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
Brabantica	7,025	29,989	50,678	207,136	139,336	89,211	2,511	9,233	1,389
Drömling	3,222	10,400	75,903	202,836	301,303	52,067	0,581	15,233	1,858
Eckhof	7,844	11,667	40,459	80,544	69,278	174,692	8,447	17,322	10,414
Flachslanden	4,458	26,836	26,400	82,378	88,278	65,581	1,289	5,844	2,844
Forndorf	3,178	43,656	29,378	36,281	67,558	69,511	0,500	14,567	2,181
Gelrica	22,822	12,989	22,433	69,100	89,025	23,267	1,944	6,400	1,003
Grandis	9,289	31,267	42,458	268,469	309,989	102,100	0,767	13,844	4,392
Leipzig	6,281	30,044	26,067	61,247	75,069	27,225	4,011	1,878	1,711
Löns	21,392	25,822	26,933	50,614	89,944	170,858	1,044	25,011	4,900
Marilandica	14,122	38,011	24,711	194,556	51,267	29,767	0,458	8,400	1,669
Missouriensis	5,969	6,336	35,389	117,400	92,511	110,225	0,347	31,711	4,558
Neupotz	15,956	15,669	41,058	53,803	28,711	61,725	2,525	5,469	7,233
Regenerata D.	5,125	8,913	42,211	117,178	235,414	41,969	1,233	12,711	4,114
Robusta	13,303	33,191	55,525	91,489	176,303	37,392	0,778	19,392	7,000
Serotina	22,692	23,122	47,000	141,225	105,933	105,303	2,711	6,236	8,169
Virginiana	6,233	11,233	15,767	45,267	45,692	62,236	1,836	15,469	3,511
Mittel	10,557	22,447	37,655	113,720	122,851	76,446	1,936	13,045	4,184

sonders helle Grün des Laubs von 'Marilandica' und 'Virginiana de Frignicourt' im Vergleich zu dem dunklen Grün von 'Robusta'. In der Tönung der Blattstiele unterscheidet sich 'Serotina' gut von allen anderen Klonen, während die Tönung der Blattoberfläche wenig Variation zeigt. Entsprechend der Definition der Entnahmestelle der bonitierten Blätter, dem Alter der Bäume und den auf jenem Standort im allgemeinen blassen Tönungen ist das leicht erklärlich und berührt nicht die Tatsache, daß dieses Merkmal in der Baumschule sehr wertvolle Dienste leistet.

Von den ersten 9 Merkmalen wurde angenommen, daß sie (neben dem nicht einbezogenen Höhenwachstum) hinsichtlich ihrer Verteilung die Voraussetzungen für die Anwendung der Diskriminanzanalyse erfüllen. Doch sei auf einige Probleme hingewiesen. Die in Tab. 4 zusammengestellten Mittelquadrate innerhalb der einzelnen Klone, also die Elemente a_{ii} der individuellen Kovarianzmatrizen, sind zum Teil unterschiedlich. Tab. 5 gibt die Ergebnisse von BARTLETTS Test wieder. Die Fehler der Klonmittel sind

Tabelle 5. Werte der Prüfgröße χ^2 für Unterschiede der Streuungen innerhalb der 16 Klone bei 9 Merkmalen.

x_1	28.124*	x_6	23.999
x_2	20.715	x_7	52.163***
x_3	6.185	x_8	27.242*
x_4	23.972	x_9	29.881*
x_5	29.837*		

Hier und im folgenden bedeuten:

- * Signifikanz bei $P = 0,05$;
- ** Signifikanz bei $P = 0,01$;
- *** Signifikanz bei $P = 0,001$.

also in 5 der 9 Merkmale heterogen; und zwar sind die beiden Variablen, die auf Zählungen beruhen, darunter. Dagegen ist der Fehler in Merkmal 2 homogen, obwohl man bei der Messung des Ablaufwinkels der Blattbasis infolge deren klonweise unterschiedlicher Ausrundung hier am ehesten Subjektivität vermuten sollte. Eine Erklärung für diese Verhältnisse ist nicht möglich. Die vor der Bepflanzung tiefgepflügte Versuchsfläche bildet ein regelmäßiges Rechteck, in dem die einzelnen Wiederholungen langgestreckte Streifen aus zwei Baumreihen bilden. Die Parzellen zu je zwei Bäumen liegen quer zur Längserstreckung der Wiederholungen. Vielleicht wären bei völliger Zufallsanordnung der Bäume andere Verhält-

nisse anzutreffen. Damit ist unter Umständen ein Teil der berechneten Unterschiede zwischen den Klonen verzerrt; (auf die gesamten Kovarianzmatrizen wurde die Prüfung jedoch nicht ausgedehnt). Für Schwarzapfeln, bei denen dazu im Alter von 5 Jahren kaum mehr Verklonungseffekte (LIBBY and JUND 1962) auftreten dürften, ist das nicht unbedingt zu erwarten.

Bei Anwendung von FRIEDMANS Rangtest auf die Tab. 4 ergab sich darüber hinaus klonweise unterschiedliche Heterogenität für die 16 Klone ($\chi^2 = 44.083^{+++}$ mit 15 Freiheitsgraden). Es gibt also Klone, die im Mittel der 9 Merkmale größere Heterogenität besitzen als andere. Die Summe der 9 Mittelquadrate beträgt bei der „einheitlichsten“ Sorte 'Virginiana de Frignicourt' 207.0, dagegen 782.6 bei der am wenigsten einheitlichen Sorte 'Grandis'. Auch dieses Ergebnis ist schwer zu deuten, doch liegt nach der Art der Anzucht des Materials und nach dem Ergebnis nochmaliger genauer Überprüfung der Versuchsfläche auf Grund anderer Merkmale mit Sicherheit kein Hinweis auf Unreinheit der Klone vor. Das Erkennen der nach dieser Tabelle besonders heterogenen Klone bietet gerade die geringsten Schwierigkeiten bei Benutzung der Merkmale der Tab. 1.

Die Abstände d_x der Tab. 6, die also angesichts der möglicherweise nur annähernd erfüllten Voraussetzungen nebst den Ergebnissen der Tests cum grano salis zu betrachten sind, erwiesen sind in 111 Fällen als signifikant. In Anbetracht der wenig systematischen Auswahl der benutzten Merkmale ist dieser Anteil unerwartet hoch. Die geringsten signifikanten Unterschiede werden zum Teil sehr beträchtlich überschritten, und zwar lassen sich die Größen der Unterschiede nicht aus den Unterschieden in einzelnen Merkmalen voraussagen. d_x nimmt beispielsweise den höchsten Wert im Vergleich zwischen 'Drömling' und 'Regenerata D.' an — zwei Klonen, die in keinem der 9 Merkmale die Extreme der Verteilung bilden. Der Klon 'Missouriensis', der dagegen in 7 der 9 Merkmale extreme Werte annimmt, hebt sich im Durchschnitt nicht besser von den anderen 15 Klonen ab als andere. Dies erklärt sich aus der Nutzung der Information nicht nur aus den Varianzen, sondern auch den Kovarianzen der Merkmale, deren Wirkungsweise bei der Schätzung diskriminanter Funktionen LUBISCHEW (1962) veranschaulicht hat.

Tabelle 6. Übersicht der Abstände d_x auf Grund von 9 Merkmalen in 120 paarweisen Vergleichen.

	Drömling	Eckhof	Flachslanden	Forndorf	Gelrica	Grandis	Leipzig	Löns	Marilandica	Missouriensis	Neupotz	Regenerata	Robusta	Serotina	Virginiana
Brabantica	1,4266**	1,4897**	0,9227**	1,3088**	1,5064**	1,9964**	1,8250**	0,6742*	1,7743**	1,9923**	1,3621**	1,4511**	1,7476**	0,3294	1,5729**
Drömling		0,4084	1,3726**	6,2349**	5,5572**	0,9495**	2,4343**	4,9953**	1,2655**	2,4246**	0,9171**	9,9993**	0,2594	2,7524**	7,3844**
Eckhof			1,6832**	2,4224**	1,2568**	1,3060**	2,7161**	1,1123**	1,2961**	4,3964**	2,2224**	2,6615**	0,4295	1,5451**	3,6410**
Flachslanden				2,3646**	1,5653**	2,3943**	2,9466**	0,8838*	1,4576**	1,5990**	3,0090**	0,2568	0,9858**	1,2917**	1,4467**
Forndorf					1,4234	1,7412**	0,9130**	1,8766**	2,6318**	4,3862**	2,4747**	1,9496**	2,7702**	1,5730**	3,3957**
Gelrica						0,8939**	1,8554**	0,2809	3,4928**	3,1153**	2,7135**	2,9067**	7,0041**	0,3553	1,5232**
Grandis							1,9904**	1,6915**	1,9355**	2,9063**	1,9426**	2,0168**	1,7184**	2,4511**	5,0092**
Leipzig								1,3868**	4,3013**	3,7520**	3,9986**	1,4355**	2,3969**	4,0084**	3,5020**
Löns									4,3130**	5,0727**	2,7903**	1,5991**	3,0973**	0,6875*	2,0086**
Marilandica										2,9969**	0,5161	4,1387**	1,4038**	2,7666**	5,3891**
Missouriensis											5,5580**	2,1861**	0,2855*	2,9421**	6,3496**
Neupotz												5,8206**	0,3723	3,8560**	3,4546**
Regenerata D.													1,0761**	3,7132**	1,6737**
Robusta														2,8483**	5,4187**
Serotina															2,6650**

b) Diagnostischer Wert einzelner Merkmale

Jeder Klonvergleich wurde anschließend der Reihe nach unter Weglassung der einzelnen Merkmale gerechnet; an der Senkung des mit 8 Merkmalen geschätzten gegenüber dem mit 9 Merkmalen geschätzten Unterschied d_x ließ sich danach ablesen, welchen diagnostischen Wert das weggelassene Merkmal vor dem Hintergrund der anderen 8 besitzt. Tab. 7 enthält einen Auszug aus der Tafel der in Ränge transformierten Senkungen von d_x . Die Merkmale stehen dabei in der Anordnung

- x_1 x_2 x_3
- x_4 x_5 x_6
- x_7 x_8 x_9

Tabelle 7. Rang der 9 Merkmale in der Höhe des F-Werts; Auszug aus der Tafel der paarweisen Vergleiche.

	Drömling	Löns	Marilandica	Missouriensis	Neupotz	Robusta	Serotina
Brabantica	9 5 6 7 8 1 4 2 3	3 4 1 2 8 9 5 7 6	9 2 3 7 1 4 8 5 6	5 7 9 8 6 2 1 4 3	1 4 2 5 6 8 3 9 7	8 7 6 9 4 1 5 3 2	1 5 3 4 8 9 2 6 7
Eckhof	2 8 1 3 7 4 9 6 5	2 1 5 4 3 8 9 6 7	7 8 9 6 5 2 3 4 1	5 1 2 4 3 8 7 9 6	3 1 8 7 2 6 5 4 9	9 4 1 3 5 8 2 7 6	4 6 9 8 7 1 5 3 2
Flachslanden	3 1 5 7 4 8 6 2 9	4 7 2 5 8 6 1 3 9	9 1 4 7 6 3 5 8 2	2 3 7 6 9 4 1 8 5	3 1 5 4 2 9 6 8 7	8 1 4 6 3 9 5 2 7	1 5 7 3 8 4 2 6 9
Grandis	6 2 1 3 9 4 8 7 5	5 8 3 7 4 9 1 6 2	5 1 6 7 8 3 9 4 2	5 9 2 3 8 6 1 7 4	2 1 7 5 6 4 8 9 3	1 2 3 4 8 9 7 5 6	6 7 5 9 8 1 2 3 4
Leipzig	8 1 2 3 5 7 6 4 9	2 1 8 9 6 7 3 4 5	4 1 9 6 8 2 5 7 3	2 1 8 6 9 4 3 7 5	2 1 5 4 3 7 6 8 9	4 1 3 2 7 6 8 5 9	2 4 8 5 6 1 9 7 3
Virginiana de Frignicourt	1 7 8 3 2 5 4 6 9	5 3 4 1 2 8 7 6 9	6 7 2 3 8 9 1 5 4	2 5 8 3 7 9 1 4 6	8 1 4 9 5 6 2 3 7	3 2 7 6 5 4 1 9 8	2 8 7 3 5 1 9 6 4

Es zeigt sich, daß die Diskriminanzfunktion als „the best discriminator“ nach FISHER maximale Nutzung der Meßwerte für jeden individuellen Unterschied gewährleistet: Mit Ausnahme des Merkmals 8, das niemals den Rang 1 innehat, nahmen alle Merkmale irgendwann einmal jeden Rang ein. Die Tab. 7 enthält Beispiele, in denen beim Vergleich bestimmter Klone mit mehreren anderen starke Verschiebungen in der Wertigkeit der Blatt- und Verzweigungsmerkmale auftreten. Beim Vergleich der Klone 'Eckhof' und 'Marilandica' besitzen die Verzweigungsmerkmale x_6 bis x_9 die Ränge 1 bis 4, sie erlauben damit eine bessere Trennung als die Blattmerkmale. Beim Vergleich des ersteren Klons mit 'Löns' oder 'Missouriensis' jedoch liegt der umgekehrte Fall vor. Also kann ein Merkmal für einen Klon ganz verschiedene diskriminante Werte annehmen. Beim Klon 'Neupotz' beispielsweise besitzen die Blattmerkmale im allgemeinen größeren diagnostischen Wert als die Verzweigungsmerkmale, die in Vergleichen mit 'Flachslanden' und 'Leipzig' als Gruppe an letzter Stelle stehen. Zwischen 'Grandis' und 'Serotina' scheinen wiederum in den Verzweigungsmerkmalen die größeren Unterschiede zu bestehen.

Faßt man nun die Tafel dieser Ränge als Stichproben vom Umfang 120 für die einzelnen Merkmale auf, läßt sich die unterschiedliche generelle Eignung der Merkmale auf Verschiedenheit testen. In der Tat

ergab sich mit $\chi^2 = 46.844^{+++}$ (FG = 8) Verschiedenheit des diagnostischen Werts der untersuchten Merkmale. Tab. 8 zeigt zum Vergleich die mittleren

Tabelle 8. Diskriminanter Wert der untersuchten Merkmale im Durchschnitt aller Klonvergleiche.

	mittl. Rang	mittl. Beitrag zu d_x in %
x_1 Zahl der Blattrandzähne	4.71	18.97
x_2 Basiswinkel	3.97	28.21
x_3 Blattstiellänge	4.64	20.58
x_4 Hauptaderlänge	5.14	14.83
x_5 größte Blattspreitenbreite	5.83	12.13
x_6 vorjährige Trieblänge	5.47	14.97
x_7 Seitentriebsabstand apikal	4.43	23.00
x_8 Seitentriebsabstand basal	5.57	11.93
x_9 Seitentriebsanzahl	5.25	15.20

Ränge der neun Merkmale sowie die mittleren prozentualen Beiträge zu d_x . Namentlich bei den Merkmalen hohen diagnostischen Werts zeigt die Berechnung über das Mittel aus 120 Rängen gute Übereinstimmung mit den Prozentzahlen. Nach den Rängen sind 4 Merkmale besser geeignet als die statistische Erwartung von 5.0; insgesamt sind die fünf Blattmerkmale mit einem Mittel von 4.40 den Verzweigungsmerkmalen mit einem Mittel von 5.75 in ihrem Wert für die Sortenunterscheidung etwas überlegen. Die Mittel der Prozentwerte von 18.6 bzw. 16.4 zeigen keinen solch ausgeprägten Unterschied. Bei den Prozentzahlen offenbart sich jedoch die außerordentliche Verschiedenheit im Wert der Merkmale: Drei Merkmale, der Blattbasiswinkel, die Blattstiellänge und der apikale Seitentriebsabstand, sind, jeweils allein, für mehr als 20% der Information über die Sortenunterschiede vor dem Hintergrund von acht anderen Merkmalen verantwortlich. Bei Hinzunahme des Blattbasiswinkels zu den acht anderen Merkmalen würden immer noch 28% Zuwachs an Informationen erreicht; solche Zuwächse an neunter Stelle erscheinen recht hoch.

Die Unterschiede im diagnostischen Wert beziehen sich nun auf das Mittel aller Sortenvergleiche. Zwischen den individuellen Vergleichen bestand aber starke Variation entsprechend den Unterschieden in den Mitteln der einzelnen Merkmale und den jeweiligen Varianzen und Kovarianzen. Unter Umständen läßt sich diese Variation wenigstens teilweise dadurch erklären, daß einzelne Merkmale besonders gut ge-

eignet sind, bestimmte Klone von allen anderen zu unterscheiden. Der Test auf sortenspezifisch unterschiedliche Eignung erfolgte nach zwei verschiedenen Annäherungen. Zuerst wurden für jedes Merkmal und die einzelnen Klone die 15 möglichen Vergleiche mit anderen Klonen als korrelierende Stichproben betrachtet und die Ränge mit FRIEDMANS Test auf Heterogenität geprüft. Dabei ist zu beachten, daß jeder Vergleich zweimal verwendet werden muß. Als zweite Annäherung wurden für jedes Merkmal über die Dreiecksmatrix 120 Ränge gebildet und Spalten und Zeilen als Stichproben vom Umfang 1, 2, . . . , 15 mit dem Test nach KRUSKALL und WALLIS für nicht korrelierende Stichproben auf Sortenunterschiede untersucht. Die Anwendung der beiden Tests ist nicht korrekt, der eine erbringt praktisch zu günstige, der andere zu ungünstige Ergebnisse. Tab. 9 zeigt nun für die neun Variablen das Ergebnis dieser Tests. Erwartungsgemäß ergibt sich im Fall des FRIEDMAN-

Tabelle 9. Sortenweise unterschiedlicher diskriminanter Wert der neun Merkmale; Werte der Prüfgröße χ^2 auf Sortenunterschiede.

	Friedmans Test	Test nach Kruskall/Wallis	
		Zeilen	Kolonnen
x_1 Zahl der Blattrandzähne	30,051*	13,911	20,670
x_2 Basiswinkel	43,307***	26,450*	27,579*
x_3 Blattstiellänge	30,456*	12,606	20,186
x_4 Hauptaderlänge	22,750	18,510	15,913
x_5 größte Blattspreitenbreite	17,612	13,428	20,106
x_6 vorjährige Trieblänge	25,110*	11,393	16,972
x_7 Seitentriebsabstand apikal	35,776*	25,031*	14,750
x_8 Seitentriebsabstand basal	11,626	8,525	11,353
x_9 Seitentriebsanzahl	22,750	14,301	15,763

Tests bei mehr Merkmalen Signifikanz der Sortenunterschiede im diskriminanten Wert. Verzichtet man auf den Vergleich mit der Verteilung von χ^2 , so können doch die Werte der Prüfgröße ein Maß dafür bieten, wie sehr der diagnostische Wert der Merkmale sortenweise variiert. Bezeichnenderweise sind die Merkmale desto klonspezifischer, je höher ihr diskriminanter Wert ist. Abb. 1 zeigt diesen Zusammenhang (a) zwischen dem mittleren Rang und der Prüfgröße nach FRIEDMAN, (b) zwischen dem mittleren Wert in Prozenten des mittleren Unterschieds d_x auf Grund von neun Merkmalen und der aus Ko-

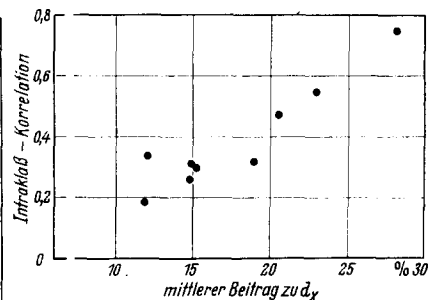
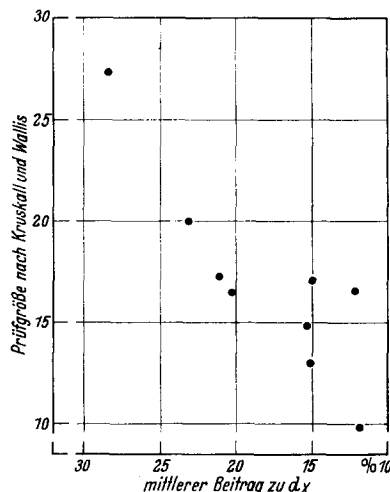
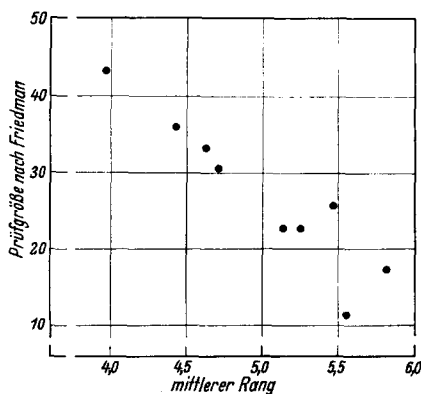


Abb. 2. Zusammenhang zwischen der Intraklass-Korrelation der von einem Klon stammenden Daten und dem diskriminanzanalytisch ermittelten diagnostischen Wert der 9 Merkmale.

Abb. 1 (links). Zusammenhang zwischen durchschnittlichem diskriminanten Wert der Merkmale und dem Grad klonweiser Spezifität.

lonnen und Zeilen gemittelten Prüfgröße nach KRUSKAL und WALLIS. Es zeigt sich deutlich, daß ein Merkmal immer dann gute Eignung zu haben scheint, wenn es einzelne Sorten besonders kennzeichnet.

Tab. 10 weist schließlich nach, durch welche Merkmale sich die 16 Klone von den jeweils 15 anderen Klonen besonders gut abheben. Die Extremwerte der Tabelle liegen beide in der Spalte für den Klon 'Leipzig': Das Merkmal x_2 , der Blattbasiswinkel, zeichnet diesen Klon besonders gut aus, während das Merkmal x_8 , der Seitentriebabstand zum basalen Triebende, für die Unterscheidung dieses Klons von allen anderen praktisch wertlos ist. Der Klon 'Leipzig' besitzt nun für das Merkmal x_2 den positiven Extremwert überhaupt; jedoch läßt sich bei näherem Eingehen auf die Tab. 3 nicht die allgemeine Regel aufstellen, daß sich ein Klon besonders gut in dem Merkmal von allen anderen abhebt, in dem er sich am meisten vom Mittel unterscheidet. Die Erklärung hierfür ist die Nutzung der Informationen auch aus den Kovarianzen; bei einer Stichprobe von $p = 9$ Merkmalen ist jedoch die Einschätzung des diskriminanten Werts anhand der Betrachtung der Tafel der Mittelwerte und der Matrix der Korrelationskoeffizienten nicht mehr möglich, worauf JEFFERS (1965) eigens hinweist. Auf die Untersuchung der Korrelationen wurde hier denn auch verzichtet.

Den hohen diskriminanten Wert von Merkmalen könnte man auf zweierlei Art und Weise verstehen und nutzen. Man könnte zunächst mit diesen Merkmalen alle Vergleiche berechnen und die Merkmale von geringem Wert dazu benutzen, nur die auf Grund der besten Merkmale nicht signifikanten Vergleiche auf eine größere Stichprobe von Merkmalen zu erweitern. Das käme einer Einteilung in häufig und weniger häufig benutzte Informationen gleich. Eine andere Möglichkeit wäre, die besten Merkmale zur Einteilung des gesamten Sortiments in Gruppen zu benutzen, so daß nur auf Vergleiche zwischen Klonen gleicher sowie benachbarter Gruppen die Diskriminanzfunktion anzuwenden wäre.

Letztere Möglichkeit reduziert drastisch die Zahl der überhaupt zu berechnenden Vergleiche. Die neun nach Tab. 6 nicht signifikanten Vergleiche verteilen sich auf Fälle, in denen bei drei (6 Fälle) oder doch bei zwei (3 Fälle) dieser Merkmale (x_2, x_3, x_7) Übereinstimmung hinsichtlich der Lage zum Gesamtmittel besteht. In Tab. 11 wurden die Klonmittel in diesen drei Merkmalen so transformiert, daß Klonmittel $< \bar{x}$ die Note 0, Klonmittel $\geq \bar{x}$ die Note 1 erhielten. Es ergaben sich 7 Gruppen. Nur noch innerhalb dieser 7 Gruppen sowie bei Nichtübereinstimmung in nur einem Merkmal auch zwischen den Gruppen wären nun die Sortenvergleiche diskriminanzanalytisch zu untersuchen gewesen und 65 von 120, d. i. 54% der rechnerischen Vergleiche hätten sich von vornherein erübrigt. Damit hätte sich fast die Hälfte der gesam-

Tabelle 10. Beiträge der Einzelmerkmale zu d_x an neuer Stelle; aufgegliedert auf die 16 Klone (Prozentwerte).

Klon	Merkmal								
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
Brabantica	11,22	12,24	22,31	10,08	14,81	26,53	15,29	19,53	24,39
Drömling	27,47	28,20	28,21	17,46	10,62	15,50	18,86	14,44	9,83
Eckhof	19,75	43,41	25,31	14,30	17,05	17,07	11,82	15,11	16,91
Flachslanden	18,95	20,55	20,75	14,52	8,82	6,87	20,35	11,70	9,65
Forndorf	11,05	28,70	14,45	8,43	10,49	14,98	15,58	13,42	10,88
Gelrica	11,92	22,07	34,04	13,59	13,96	11,85	35,75	11,96	16,66
Grandis	20,55	24,83	26,63	21,13	8,75	14,21	20,72	11,98	15,88
Leipzig	21,03	51,56	9,91	11,10	9,60	14,90	10,07	5,46	13,19
Löns	20,01	21,37	23,61	16,48	13,89	9,66	35,22	10,50	11,99
Marilandica	13,64	26,16	12,32	10,69	9,06	17,64	26,47	13,81	25,19
Missouriensis	16,11	31,26	15,24	13,16	6,10	6,37	40,68	7,31	10,62
Neupotz	29,35	44,51	8,78	11,10	16,76	9,29	11,36	7,10	9,25
Regenerata D.	13,41	35,77	30,66	14,90	12,83	17,89	23,65	15,50	17,13
Robusta	16,78	25,52	27,05	17,06	8,82	12,10	28,13	10,81	10,24
Serotina	30,54	9,42	9,57	7,13	7,57	32,61	23,66	13,01	22,22
Virginiana	21,79	25,83	19,51	36,20	24,94	11,98	30,45	9,96	10,15
Gesamt-Mittel	18,97	28,21	20,58	14,83	12,13	14,97	23,00	11,93	15,20

Tabelle 11. Einteilung der Klone in Gruppen je nach Über- oder Unterlegenheit gegenüber dem Gesamtmittel in den drei Merkmalen vom höchsten diskriminanten Wert.

Klon	Merkmal			Gruppe
	x_2	x_3	x_7	
Serotina	1	1	1	1
Regenerata D.	1	1	1	
Flachslanden	1	1	0	2
Missouriensis	1	1	0	
Brabantica	0	1	1	3
Virginiana de Fr.	0	1	1	
Forndorf	1	0	1	4
Gelrica	1	0	1	
Löns	1	0	1	
Leipzig	1	0	1	
Grandis	1	0	0	5
Drömling	0	1	0	6
Eckhof	0	1	0	
Robusta	0	1	0	
Marilandica	0	0	0	7
Neupotz	0	0	0	

ten Rechenarbeit einsparen lassen. Bei Aufstellung einer solchen Tabelle auch für die drei Merkmale von geringstem diskriminanten Wert entfallen nichtsignifikante Klonvergleiche auch auf solche Fälle, in denen alle drei Merkmale eine verschiedene Note tragen; die Ausscheidung von Gruppen anhand dieser Merkmale wäre also gänzlich unwirksam.

Steht ein größeres Sortiment von Klonen zur Untersuchung, könnte man die Gruppen nach Art der Tab. 11 auf vier oder fünf Merkmale stützen bzw. mehr als zwei Noten verwenden und den Mangel an Übersichtlichkeit durch den Einsatz so einfacher Hilfsmittel wie etwa Randlochkarten (BORS DORF 1964, FRÖHLICH 1964) wieder ausgleichen. Die Suche nach solchen Merkmalen erweist sich dadurch als erstrangiges Problem bei der Sortenidentifikation überhaupt. Voraussetzung für den Einsatz der Randlochkarte ist allerdings die vorherige Untersuchung der Tauglichkeit der Merkmale. Daß sich auch quantitative Merk-

Tabelle 12. *Varianzanalysen der einzelnen Variablen.*

Merkmal	MQ zwischen Klonen (15 Freiheitsgrade)	MQ in Klonen (154 Freiheitsgrade)	Intraklaß- Korrelation	Wiederholbarkeit der Messungen an einem Klon		
				n = 10	n = 20	n = 30
x_1	59,690***	10,557	0,318	0,823	0,905	0,933
x_2	683,552***	22,447	0,747	0,967	0,983	0,989
x_3	364,919***	37,655	0,465	0,897	0,943	0,963
x_4	505,245***	113,720	0,256	0,775	0,873	0,912
x_5	743,123***	122,851	0,336	0,835	0,910	0,938
x_6	411,803***	76,446	0,305	0,814	0,898	0,929
x_7	25,450***	1,936	0,549	0,924	0,960	0,973
x_8	44,006***	13,945	0,192	0,703	0,826	0,877
x_9	22,167***	4,184	0,301	0,811	0,896	0,928

male zur Ausscheidung von Gruppen eignen, sei hiermit nachgewiesen.

Eine stark vereinfachte Methode zur Suche nach den Merkmalen vom höchsten diskriminanten Wert ist die Bestimmung der Varianzen innerhalb und zwischen Klonen. Dies kommt etwa der Schätzung der Heritabilität der einzelnen Merkmale gleich. Die Brauchbarkeit dieses Verfahrens kann jedoch nicht generell beurteilt werden, wenn nicht gleichzeitig die Struktur der Korrelationsmatrix untersucht wird. Infolge der besonderen Struktur dieser Matrix, die für die hier verwendeten neun Merkmale ausschließlich positive Elemente enthält, ergab sich jedoch eine sichere Voraussage des diskriminanten Werts der Merkmale bei univariater Datenbehandlung, wie Tab. 12 zeigt. Die Brauchbarkeit dieses Weges wird davon abhängen, ob wie hier nur Dimensionen oder auch Proportionen pflanzlicher Organe verwendet werden, oder ob außer morphologischen auch physiologische (MELCHIOR und HATTEMER 1966) und biochemische (BÖRITZ 1962) Merkmale Verwendung finden; über Korrelationen zwischen Merkmalen solch grundlegend verschiedener Natur ist für Pappel derzeit noch nichts bekannt. Abb. 2 illustriert die Tauglichkeit der wohl einfachsten Approximation über die Intraklaßkorrelationen. In der rechten Hälfte der Tab. 12 läßt sich für den Durchschnitt der 16 Klone auch ablesen, welche Anzahlen von Bäumen pro Klon bei vollständiger Zufallsanordnung der Bäume im Experiment etwa notwendig sind, um ausreichende Genauigkeit zu erzielen. Selbst bei Merkmal x_8 ergibt sich unter Verwendung von 30 statt 20 Bäumen, also für 50% mehr Versuchsmaterial, nur noch ein Genauigkeitszuwachs von 5%, so daß also 20 Bäume pro Klon durchaus befriedigende Ergebnisse liefern dürften. Dies gilt auch im Hinblick auf die durchschnittlich zu erwartende Zahl von mehr als 5 Merkmalen, um in Einzelfällen alle Informationen über die Klonunterschiede auszuschöpfen (vgl. den Signifikanztest für d_X).

Diskussion

Der Versuch, Klone als einfachsten Fall pflanzlicher Kultursorten mit Hilfe vegetativer Merkmale zu unterscheiden, ergab in 111 von 120 Fällen ein positives Ergebnis. Wie sich bei Betrachtung der statt mit 9 nur mit 8 Merkmalen geschätzten Unterschiede und deren Signifikanztests herausstellte, ist bei der geringen Stichprobengröße von nur 10 Bäumen pro Klon noch ein Unterschied mehr signifikant. Im Hinblick auf die Anstellung von Tests bei solch geringem Material kann ein Merkmal also nicht nur redundant sein, sondern in seiner Weglassung können

noch andere als nur technische Vorteile liegen.

Die verwendeten Merkmale erfüllen wohl alle die Voraussetzung der technisch einfachen und nicht kostenaufwendigen Messung und sind mühelos auf Baumschulpflanzen zu übertragen. Dies erscheint in mancher Hinsicht besonders wertvoll, da Gutachten über die Klonzugehörigkeit fraglichen Handels-

pflanzguts im allgemeinen ein rasches Arbeiten erforderlich machen.

Die andere Grundvoraussetzung LUBISCHEWS (1962) für ein zur Unterscheidung verwendetes Merkmal, die Verlässlichkeit der Messung, wurde hier nicht untersucht. Vor allem für die Messung des Blattbasiswinkels, das hier informativste Merkmal, muß eine gewisse Subjektivität der Messung befürchtet werden, da die Blattbasis selten gerade, meist aber etwas geschwungen abläuft, so daß der von Hauptader und Blattbasis eingeschlossene Winkel nicht immer eindeutig festgelegt werden kann. Eine Verbesserung kann hier das Ausweichen auf einfacher zu messende Dimensionen des Blattes sein, sofern diese Dimensionen genügend eng zum Basiswinkel korreliert sind und dessen Varianz zwischen den Klonen ebensogut zum Ausdruck bringen.

Die übrigen bei Konstruktion von Diskriminanzfunktionen üblichen Prinzipien (LUBISCHEW 1962) wurden hier nicht primär berücksichtigt, da zunächst nur Vorstellungen von der Zahl der zu messenden Bäume und Merkmale sowie vom Wert einzelner Merkmale zu gewinnen waren.

Für die Schätzung des diskriminanten Werts von quantitativen Variablen existieren mathematisch einfachere (KAUFMANN, HÄGLER et LANG 1958) sowie elegantere (RAO 1952, WAGNER et BRONNER 1965) Methoden. Nach RAO (1952) dürfte jedoch eine Stichprobe von jeweils 8 Merkmalen etwa ausreichen, um generell den relativen diskriminanten Wert von Merkmalen zu schätzen. Der Weg über die diskriminanzanalytische Untersuchung der paarweisen Unterschiede ist im Hinblick auf die praktische Anwendung darüber hinaus wohl der nächstliegende. Die Gewinnung von Hinweisen auf den zu erwartenden klonweise verschiedenen diskriminanten Wert der verwendeten Variablen ist in der angewandten Art unbefriedigend. Die Veranschaulichung der Wirkungsweise von Einzelvariablen kann für den einzelnen Vergleich leicht schon anhand graphischer Darstellungen erfolgen (LUBISCHEW 1962); für den allgemeinen Fall müssen jedoch andere, mit der für die Praxis der Klonunterscheidung besonders geeigneten Diskriminanzanalyse nicht in Zusammenhang stehende Methoden verwendet werden (JEFFERS 1965).

Eines der vielen offenen Probleme sind die wenigen nicht signifikanten Vergleiche. Wie bereits erwähnt, liegt in diesen Fällen bei Heranziehung anderer Merkmale kein Grund vor, von identischen Klonen zu sprechen, wenn die für die Schätzung des Unterschieds verwendeten Merkmale keine signifikant von Null abweichende Größe erkennen lassen. Vergegenwärtigt man sich die Aufgabe, objektive und sichere

Urteile über Identität oder Verschiedenheit von Klonen zu fällen, ergibt sich eine Reihe logischer Probleme: das erste ist das Erkennen auf Identität, wenn der Versuchsansteller auf Grund der Planung des Experiments keinen Zweifel an der Zulässigkeit des Signifikanztests haben kann und die Nullhypothese angenommen werden muß, in Wirklichkeit aber a priori Gewißheit über die Verschiedenheit der Klone bestand. Es muß dann also die Wiederholung des Experiments unter Erweiterung des Versuchsmaterials und der Zahl der Merkmale einsetzen. Die oberen Grenzen hierfür sind jedoch nicht bekannt.

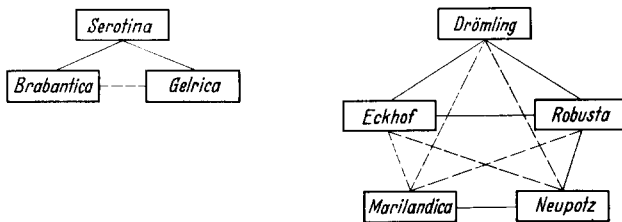


Abb. 3. Darstellung einiger Konstellationen nicht zu trennender Klone. Eine unterbrochene Verbindungslinie zwischen zwei Klone bedeutet gelungene, eine ausgezogene Verbindungslinie nicht gelungene Trennung.

Ein zweites Problem ergab sich im vorliegenden Fall: In Abb. 3 sind Fälle herausgegriffen, in denen wie im Beispiel der Klone 'Drömling', 'Eckhof' und 'Robusta' Homogenität einer Gruppe vorliegt, und in denen wie im Beispiel der Klone 'Brabantica', 'Gelrica' und 'Serotina' nur einer von zwei „identischen“ Klone einem dritten wiederum identisch ist. Das Problem ergibt sich hier einzig aus der Bedeutung, die dem Signifikanztest zukommt. JEFFERS (1965) ist inzwischen der Nachweis der Verschiedenheit von 'Gelrica' und 'Serotina' gelungen, so daß die Wiederholung und die Verfeinerung des angestellten Experiments auch aus dieser Schwierigkeit helfen werden. Bei der herkömmlichen Weise der Klonunterscheidung wird neben anderen Unzulänglichkeiten besonders dieser Punkt noch weniger befriedigend gelöst: Der Züchter kennt nicht die Zahl der qualitativen Eigenschaften noch etwa die Größe des Unterschieds in quantitativen Eigenschaften, um bei einem willkürlich festgesetzten Grad von Übereinstimmung auf Gleichheit bzw. bei Nichtübereinstimmung auf Verschiedenheit der untersuchten Klone zu erkennen. Darüber hinaus kennt er nie den Grad der Wahrscheinlichkeit falscher Entscheidungen sowie die Wahrscheinlichkeit für Fehlzuordnung fraglicher Individuen — das Maß für die Güte der angewandten Methode. Es bleibt also zu untersuchen, inwieweit Verbesserung der angestellten Experimente beziehungsweise Heranziehung weiterer, bei Berechnung linearer Funktionen nicht ausgeschöpfter Informationen sich die Fälle vermeiden lassen, in denen die Trennung verschiedener Klone nicht gelingt.

Zusammenfassung

1. Für die Feldidentifikation der 16 Altstammsorten wird das Sortenbild beschrieben; die benutzten Merkmale beziehen sich auf den Habitus junger Bäume sowie Farben und Morphologie der Blätter.
2. Für die Diskriminanzanalysen der 120 möglichen paarweisen Klonvergleiche werden 5 Blatt- und

4 Verzweigungsmerkmale verwendet; von diesen Vergleichen erwiesen sich 111 als signifikant.

3. Der diskriminante Wert einer Variablen war definiert als die zusätzliche Information bei Hinzunahme an neuer Stelle. Er wurde für jedes Merkmal geschätzt, in dem man alle Merkmale der Reihe nach von der Schätzung des Unterschieds zwischen Klone wegließ. Die Unterschiede im diskriminanten Wert der Merkmale waren beträchtlich. Mit der Höhe des diskriminanten Werts war der Grad klonspezifischer unterschiedlicher Eignung korreliert.

4. Der Unterschied zwischen den mittleren diskriminanten Werten der Blatt- und Verzweigungsmerkmale war gering.

5. Bei fünf von den neun untersuchten Variablen war die Varianz innerhalb der Klone heterogen. Die Klone unterschieden sich signifikant in der allgemeinen Variabilität.

6. Mit Hilfe der drei Merkmale vom höchsten diskriminanten Wert gelang die wirksame Ausscheidung in sich ähnlicher Gruppen innerhalb der Stichprobe von 16 Klone. Bei Kenntnis dieser Merkmale ließen sich etwa 50% der Rechenarbeit einsparen.

7. Der diskriminante Wert der Merkmale ließ sich näherungsweise aus den Intraklaskorrelationen voraussagen; es ist jedoch zu vermuten, daß dieses Ergebnis keine allgemeine Gültigkeit beanspruchen kann.

8. Der Stichprobenumfang von 10 Bäumen pro Klon war gering hinsichtlich der Variabilität innerhalb der Klone und der Zahl der verwendeten Merkmale.

Literatur

1. BORS DORF, W.: Fortschritte in der Bestimmbarkeit von Pappelsorten. Der Züchter 34, 286–292 (1964).
2. BÖRTITZ, S.: Papierchromatographische Differenzierung einiger Arten und Sorten der Gattung *Populus*. Der Züchter 32, 24–33 (1962).
3. BROEKHUIZEN, J. T. M.: De herkenning van populierenrassen in de kwekerij. Nederlands Bosbouw Tijdschrift 36, 105–118 (1964).
4. FRÖHLICH, H. J.: Identifikationsmerkmale von Pappeln der Sektion *Aigeiros*. Merkblatt 3, Forschungsinstitut für Pappelwirtschaft Hann. Münden 1964.
5. JEFFERS, J. N. R.: Principal component analysis in taxonomic research. Forestry Commission, Forest Research Station Alice Holt Lodge, Statistics Section Paper No. 83, 1965.
6. KAUFMANN, H., K. HÄGLER et R. LANG: Analyse anthropologique et statistique des Walsers orientaux de Romanches de l' Oberhalbstein (Grisons, Suisse). Archives suisse d'Anthropologie générale 23, 1–328 (1958).
7. LIBBY, W. J., and E. JUND: Variance associated with cloning. Heredity 17, 533–540 (1962).
8. LINDER, A.: Statistische Methoden. Basel und Stuttgart 1960.
9. LUBISCHEW, A. A.: On the use of discriminant functions in taxonomy. Biometrics 18, 455–477 (1962).
10. MELCHIOR, G. H., and H. H. HATTEMER: Unterscheidung von Pappelklone mit physiologischen Merkmalen. Silvae Genetica 15, 111–120 1966.
11. MÜLLER, R., and E. SAUER: Altstammsorten der Schwarzpappelbastarde. Sonderdrucke aus Holz-Zentralblatt 1958–1961, erweiterte Ausg. Stuttgart 1961.
12. RAO, C. R.: Advanced statistical methods in biometric research. New York and London 1952.
13. SAUER, E.: Über die Bestandungsverhältnisse von 1jährigen Baumschulpflanzen der 16 Wirtschaftspappel-Altstammsorten. Silvae Genetica 8, 161–172 (1959).
14. WAGNER, E., et A. BRONNER: Sélection progressive de variables utilisant la statistique D^2 de Mahalanobis. Application à la détermination de la meilleure fonction discriminante séparant deux populations de semis de vigne. Annales de l'Amélioration des Plantes 15, 159–181 (1965).