

- This is required in order to maintain an adequate number of large branches in the main whorls.
8. Prune with caution in orchards characterized by rapid growth when the orchards are located in heavy snow zones. Avoid providing flat-topped trees in such snow zones.

Summary

Douglas-fir grafts in two Oregon and two Washington seed orchards were leader-pruned for 6 successive years in July or September to yearly leader growth increments of 1.0 or 1.5 feet. In the 7th year, cone production in each pruning class was as follows: 1.0 foot, 191 cones; 1.5 foot, 207 cones; unpruned, 313 cones. But the number of cones produced per foot of tree height was nearly the same for both pruned and unpruned trees. Lower production per pruned tree apparently occurred because of a reduction in the vegetative base upon which flower buds were laid down, not because pruning induced the trees to become more vegetative. Pruning results in a height reduction in two ways. First, part of each year's leader is cut off. Second, reduced leader growth occurs. Because of this second type

of growth reduction, pruning every other year would have been nearly as effective as annual prunings in controlling height growth. In order to provide a large crown surface for cone production, it is recommended that ramets be permitted to grow at least 15 to 20 feet tall before annual or every-other-year pruning is started.

Key words: Douglas-fir, *Pseudotsuga menziesii*, pruning, seed orchards.

Literature Cited

- DOUGLASS, B. S.: Leader growth control studies for Douglas-fir. Am. Christmas Tree Growers' J. 17 (2): 13-44 and 55-56 (1963). —
 DOUGLASS, B. S.: Douglas-fir Christmas trees in the Northwest. Am. Christmas Tree Growers' J. 8 (2): 16 and 49 (1964). —
 NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY: Fourteenth Annu. Rep. North Carolina State University cooperative tree improvement and hardwood research programs. School of Forest Resour., North Carolina State Univ., Raleigh, p. 41 (1970). —
 SACHS, R. M., HACKETT, W. P., MAIRE, R. G., KRETCIUN, T. M., and DEBIE, J.: Chemical control of plant growth in landscapes. Calif. Agric. Exp. Sta. Bull. 844, 18 p. (1970). —
 VAN BUITENEN, J. P., and BROWN, C. L.: The effect of crown pruning in strobili production of loblolly pine. Proc. Forest Genet. Workshop, Macon, Ga. 1962: 88-93 (1963).

Charakterisierung von Fichten-Klonen (*Picea abies Karst.*) mit Hilfe morphologischer, physiologischer und biochemischer Methoden

I. Variation der untersuchten Merkmale¹⁾

Von A. SAUER, J. KLEINSCHMIT und J. LUNDERSTÄDT²⁾

(Eingegangen April / Revision Juli 1973)

1. Problemstellung

Die Entwicklung der Verfahren der Stecklingsvermehrung von Fichte zur Praxisreife wurde 1972 abgeschlossen (KLEINSCHMIT *et al.*, 1973). Damit werden in Zukunft verstärkt in ihrem Genpool stark eingeengte Bestände begründet werden. Um den daraus erwachsenden, aus dem Pappelanbau, aus Gartenbau und Landwirtschaft bekannten Gefahren zu begegnen, ist bei Fichte geplant, nur einen Teil der Anbaufläche mit Stecklingen zu bepflanzen und diese nur in Klongemischen mit mindestens 50 geprüften Klonen anzubauen. Hierbei ist es zur Erzielung sicherer Erträge notwendig, daß die Klonmischungen den jeweiligen Anbaustandorten so angepaßt werden, daß sie sowohl gegen abiotische als auch gegen biotische Schadeinflüsse widerstandsfähig sind und hohe Massen- und Wertleistung erbringen. Um dieses Ziel zu erreichen und um für einen Sortenschutz Identifikationsmöglichkeiten zu haben, sollte als erster Schritt in dieser Untersuchung eine Inventur der Eigenschaften der verschiedenen Klone erfolgen und Merkmale herausgearbeitet werden, die ihre Unterscheidung ermöglichen. Generell können zur Identifikation von Klonen alle Merkmale herangezogen werden, die unter

starker genetischer Kontrolle stehen und eine große Variation aufweisen.

Hier sollte geklärt werden, welche morphologischen, physiologischen und biochemischen Eigenschaften für eine Charakterisierung von Fichtenklonen geeignet sind. Dafür sollte die Merkmalsvariation zwischen verschiedenen Genotypen, die Variation beim gleichen Genotyp unter verschiedenen Umweltverhältnissen und die Variation beim gleichen Genotyp unterschiedlichen Alters untersucht werden. Die Untersuchung wurde in Zusammenarbeit zwischen der Abt. Forstpflanzenzüchtung der Nds. Forstlichen Versuchsanstalt in Escherode (KLEINSCHMIT, SAUER) und dem Institut für Forstzoologie der Universität Göttingen (LUNDERSTÄDT) durchgeführt.

Bei einer Vielzahl von Klonen der Gattung *Populus* sind die Ansprüche an den Boden (FRÖHLICH 1966, GROSSCURTH 1971), das Klima sowie ihre Resistenz gegenüber Pilzkrankheiten und Schädlingsbefall (FRÖHLICH 1968) ermittelt worden. Zur Unterscheidung der einzelnen Klone konnten Blattform, Verzweigungstypen, Austriebstermine und andere physiologische Merkmale herangezogen werden (FRÖHLICH *et al.* 1964 a, b, HATTEMER 1969, MELCHIOR/HATTEMER 1967).

Bei Fichte ist ebenfalls eine Reihe von Eigenschaften bekannt, die eine große Variation aufweisen. So konnten signifikante Unterschiede im Austriebsverhalten (DORMLING *et al.* 1968, KIELLANDER 1966, RECK 1972), den Holzeigenschaften (KLEINSCHMIT/KNIGGE 1967, KLEM 1967), der Frostresistenz (SCHEUMANN/HOFFMANN 1967), verschiedenen Samenmerkmalen (SCHMIDT-VOGT 1972), dem Höhenwachstum

¹⁾ Die Untersuchung wurde aus Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert. Den Technischen Assistentinnen Frau GILS und Frau POSTEL wird für ihre Arbeit bei den biochemischen Analysen gedankt.

²⁾ AUS der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Abt. Forstpflanzenzüchtung, D-3511 Escherode, BRD.

(KRUTZSCH 1968) und morphologischen Eigenschaften (SCHMIDT-VOGT 1972) gefunden werden.

Im Gegensatz zur Pappel ist bei der Fichte bisher jedoch noch nicht versucht worden, die Merkmale daraufhin zu überprüfen, ob sie eine Unterscheidung zahlreicher Klonen im Stadium der Jungpflanze ermöglichen. Die bisher vorliegenden Untersuchungen über die Variation der Nadelformen (FRÖHLICH 1969, KRÜSSMANN 1960, PFAUCH 1964), der Austriebszeiten sowie der Inhaltsstoffe von Fichtennadeln (BARTELS 1971 b) ließen jedoch auch für diese Baumart das Auffinden zahlreicher sicherer Unterscheidungsmerkmale aussichtsreich erscheinen. Dabei können neben morphologischen insbesondere physiologische und biochemische Unterschiede zur Erkennung von Klonen geeignet sein, die ggfs. eine Unterscheidung während des ganzen Jahres ermöglichen. Durch biochemische Analysen für verschiedene Pflanzenarten (HESS 1968), auch für Nadelbaumarten (HANOVER 1966, KENNEDY/WARREN 1969, KUPILA-AHVENNIEMI 1970, RUDLOFF 1962, STAIRS 1967) konnten Unterscheidungsmerkmale erarbeitet werden.

2. Untersuchungsmaterial und Methode

Für die Untersuchung stand ein sehr umfangreiches Stecklingsmaterial zur Verfügung, das aus Gründen der Arbeitskapazität unterschiedlich intensiv bearbeitet wurde.

a) Kamppflanzen:

aus dem Bewurzelungsjahr 1970, physiologische Merkmale wurden an je 30 Klonen aus den Herkunftsgebieten Westerhof, Süddeutschland und Schweden erhoben, morphologische Merkmale an je 10 Klonen mit je 5 Pflanzen pro Herkunftsgebiet.

b) Feldversuche:

Fichtenstecklingsversuchsflächen mit 5 Klonen in den Forstämtern Aurich, Escherode, Lingen, Schöningen und Sieber aus dem Jahr 1967 (Anlagejahr) und Stecklingsflächen in Abt. 31 und Abt. 56 des Forstamtes Escherode.

In Tab. 1 sind die Anbauorte der Versuchsflächen gekennzeichnet. Für die biochemischen Untersuchungen wurde nur Zweigmateriale aus den Feldversuchen verwendet, weil die Kamppflanzen wegen des hohen Materialbedarfes noch zu klein waren.

Morphologische Merkmale

Neben Höhenmessungen wurden Nadelmerkmale erhoben. Die Nadelzahl wurde an einem 5 cm langen Zweig-

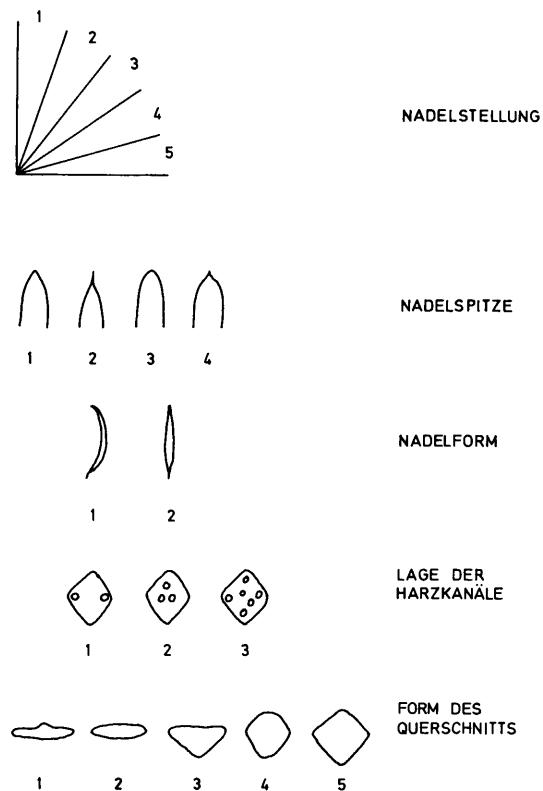


Abb. 1. — Boniturschemata der Nadelmerkmale.

stück festgestellt, alle übrigen Nadelmerkmale wurden an 30 Nadeln ermittelt. Nach KRÜSSMANN (1960) wurden Boniturschemata entworfen, die in Abb. 1 wiedergegeben sind. Aus Nadellänge und Nadelanzahl wurde die Nadelkennzahl nach PFAUCH (1964) errechnet. Nadelquerschnitte wurden 3 mm unterhalb der Spitze geführt und unter der binokularen Lupe mit einem Meßokular gemessen (20 Teilstriche = 1 mm). Widerhaken wurden in unregelmäßigen Abständen auf Nadelober- und /oder -unterseite beobachtet, die in folgender Weise bonitiert wurden: 1 = ohne Widerhaken, 2 = Widerhaken auf der Nadelunterseite, 3 = Widerhaken auf Nadelober- und -unterseite. Die Nadelfarbe wurde nach dem RAL-System unterschieden: gelbgrün = 1, maigrün = 2, grasgrün = 3, laubgrün = 4, smaragdgrün = 5.

Tabelle 1. — Kennzeichnung der Anbauorte der Fichtenstecklingsversuchsflächen.

	Aurich Abt. 158	Escherode Abt. 64	Escherode Abt. 31	Escherode Abt. 56	Lingen Abt. 317	Schöningen Abt. 60	Sieber Abt. 195
Seehöhe über NN	10 m	320 m	500 m	360 m	27 m	210 m	800 m
Niederschlag Jahr	790 mm	750 mm	850 mm	770 mm	759 mm	750 mm	1.500 mm
" Veg.-Zeit	370 mm	350 mm	400 mm	360 mm	349 mm	370 mm	610 mm
Temperatur Jahr	8,2° C	7,6° C	6,6° C	7,4° C	9,2° C	8° C	4,4° C
" Veg.-Zeit	14,1° C	13,8° C	12,8° C	13,6° C	15,4° C	14,7° C	10,4° C
Standorttyp	Podsol auf silikatarmen Sanden	Pseudogley aus Löß und Bunt-sandsteinverwitterungsboden	sek. podsolierter pseudovergleyte Braunerde	Pseudogley aus Löß und Bunt-sandsteinverwitterungsboden	Podsol auf Flugsand über Talsand, Grundwasser tiefer als 2 m	Lößlehm mit Geschiebel- lehm über Muschelkalk, Parabraunerde	starker podsolierter Pseudogley. Blocküberrollung
Besonderheiten	Hohe Luftfeuchtigkeit Starke Wind-einwirkung.				Hohe Luftfeuchte, Spätfrostgefahr	Subkontinent-tal	Extreme Winter mit hohen Schneelagen.

Physiologische Merkmale

Der Austrieb wurde nach der von VOLKERT und SCHNELLE (1966) verwendeten Bonituranleitung bonitiert. 90 ausgewählte Klone im Kamp wurden jeden zweiten Tag, die übrigen in weiteren Abständen bewertet. Jeder Klon erhielt eine Note, weil im Klon praktisch keine Variation auftrat.

Der Vegetationsabschluß wurde aufgrund der Verfärbung von Trieb und Knospen ermittelt (= Einlagerung von Lignin) und es wurde angenommen, daß die Vegetationszeit beendet ist, wenn sowohl der Terminaltrieb wie auch die Knospen braun gefärbt sind (Note 5/5). Dabei ist klar, daß dies nur die morphologische Bildung des Ruhezustandes erfaßt, die vom Eintritt des physiologischen Ruhe- oder Starrezustandes getrennt sein kann (VEGIS 1955). Die Aufnahme erfolgte einmal wöchentlich. Jeder Klon erhält eine Note.

Biochemische Merkmale

Soweit nicht anders angegeben, wurden Nadeln der jüngsten Jahrgänge westexponierter Zweige biochemisch untersucht. Die Proben wurden in Kühltaschen gelagert (Lagerzeit je nach Standort 16—48 Stunden) und vor der Aufarbeitung in Thermostaten unter Standardbedingungen äquilibriert.

Glucose-6-Phosphat-Dehydrogenase (G6PDH): 1,5 g Nadeln wurden in 20 ml Puffer (Methode s. FERET 1971) zerrieben, filtriert und der 35 000-g-Überstand isoliert (LUNDERSTÄDT 1968). Aus 0,3 ml Rohextrakt wurde die Enzymaktivität im optischen Test durch die Reduktionsrate von NADP bestimmt, die Proteingehalte nach LOWRY *et al.* (1951) ermittelt. Die elektrophoretische Trennung der Proteine erfolgte auf Polyacrylamid nach ORNSTEIN und DAVIS (1964), die Entwicklung mit Phenazinmetholsulfat-Nitroblautetrazolium nach LUNDERSTÄDT und FUCHS (1968). Phenolkörper: 0,1—0,4 g gefriergetrocknete Nadeln (LUNDERSTÄDT und CLAUS 1972) wurden in 150 ml Wasser am Rückfluß extrahiert (WELLENDORF *et al.* 1971). Die Phenole wurden mit 40 ml n-Butanol ausgeschüttelt und die organische Phase auf 10 bzw. 1 ml konzentriert. 10—50 -λ-Proben wurden eindimensional auf Kieselgel-G-Platten (WELLENDORF *et al.* 1971) getrennt und im UV-Licht zweidimensional vermesssen (Technik A). Weitere Proben wurden auf Rundfilterchromatogrammen (Kieselgel: Technik B, S&S-Papier: Technik C) nach VAN SUMERE *et al.* (1961) getrennt und im UV-Licht oder durch Anisaldehyd/H₂SO₄ bzw. SnCl₄ oder AgNO₃ (TREVELYAN *et al.* 1950) nachgewiesen.

Den auf den Farbfotos mehr oder weniger deutlich sichtbaren Farbbändern wurde für jedes Band getrennt eine Note gegeben (Note 1 = schwach sichtbar bis Note 9 = Farbe leuchtend und von hoher Intensität).

Statistische Bearbeitung

Soweit das Material statistisch bearbeitet wurde, kam es darauf an, für die einzelnen Merkmale die Anteile der Gesamtvarianz zu schätzen, die genetisch kontrolliert werden, da dieser Anteil für Identifikationszwecke wichtig ist. Dieser Anteil ist bei Klonen aus den Ergebnissen der Varianzkomponentenbestimmungen als Varianzkomponente zwischen Klonmitteln zu errechnen. Bei den Varianzanalysen wurde das Modell II mit zufälligen Effekten unterstellt, da sowohl die Herkünfte als auch die Klone und die Stichproben für die beobachteten Merkmale als Zufallsstichproben aus den entsprechenden Grundgesamtheiten betrachtet werden können (WEBER 1972). In den Fällen, wo keine eindeutigen F-Tests möglich waren, wurde die Approximation von SATTERTHWAITE verwendet. Bei den Signifikanz-

prüfungen wird * für Sicherung auf dem 5%-Niveau, ** für Sicherung auf dem 1%-Niveau und *** für Sicherung auf dem 0,1%-Niveau verwendet.

Die Merkmale: Ausbildung der Nadelspitze, Nadelform, Widerhaken, Bonitergebnisse verschiedener Farbintensitäten in den Chromatogrammen der biochemischen Analysen u. a., sind qualitative, diskrete Merkmale, bei denen keine Normalverteilung vorausgesetzt werden kann. Hier wurde mit dem $k \times 2$ -Felder- χ^2 -Test nach BRANDT-SNEDECOR bzw. der $r \times s$ -Kontingenztafel auf Homogenität geprüft. Für die Prüfung auf Signifikanz gelten die gleichen Grenzen wie bei der varianzanalytischen Auswertung.

3. Ergebnisse und Diskussion

Morphologische Merkmale

Höhe Kamppflanzen:

Für 1912 Klone wurde eine Varianzanalyse gerechnet (Tab. 2). Die Varianz zwischen Klonen (genetischer Anteil) erklärt rd. 70% der insgesamt auftretenden Varianz. Das ist auf die homogenen Umweltverhältnisse in dem Verschulbeet, die große Klonzahl und eine geringe Selektionsintensität zurückzuführen. Die Selektionsintensität bei den Stecklingen der Vorjahre war sehr viel größer, die Klonzahl geringer, dementsprechend mußte der Anteil genetischer Varianz geringer sein, was für die Stecklinge von 1969 auch noch auf heterogenere Verschulstandorte und sehr viel geringere Klonzahl zurückzuführen ist (Tab. 2).

Höhe Feldversuche:

Der Einfluß der Orte überwiegt mit 49% der Gesamtvarianz. Demgegenüber ist der durch die Klone erklärte Streuungsanteil mit 10% gering. Die Interaktion Klon × Orte ist mit 7% der Varianz hochsignifikant (Tab. 2). Interessant ist, daß die Rangfolge der Klone in klimatisch ähnlichen Gebieten (Escherode — Schöningen $r = 0,87^*$ bzw. Lingen — Aurich $r = 0,87^*$) kaum unterschiedlich ist, während die Anbauorte Aurich — Sieber die geringste Ähnlichkeit in der Rangfolge haben ($r = -0,26$ n.s.). Die Höhen sind zur Identifikation nur brauchbar, wenn die Vergleiche unter klimatisch ähnlichen Bedingungen durchgeführt werden. Bei Auswertung der Einzelversuche je Ort errechnet sich ein über dreimal so hoher Anteil genetischer Varianz mit rd. 35%. Dieser Wert entspricht gut dem bei Kamppflanzen gefundenen Anteil genetischer Varianz für das Merkmal Höhe. Die hier ermittelten Anteile genetisch bedingter Varianz entsprechen denen, die für Fichte in anderen Untersuchungen gefunden wurden (Lit. s. KLEINSCHMIT/KNIGGE 1967).

Als Ergebnis bleibt festzuhalten, daß die Höhenwuchsleistung als Identifikationskriterium nur dann geeignet ist, wenn der Anbau unter sehr einheitlichen Standortbedingungen erfolgt. Außerdem darf das Material im Merkmal Höhe nicht zu stark vorselektiert sein, weil sonst kaum genetische Varianz bei diesem Merkmal bleibt. Da aber in den Züchtungsprogrammen gerade dieses Merkmal vorrangig eingeengt wird, sinkt die Eignung der Höhe als Identifikationsmerkmal in dem Zuchtmaterial ständig.

Nadelmerkmale:

Kamppflanzen (30 ausgewählte Klone): Die *Nadelstellung* ist ein recht auffällig erscheinendes Merkmal, doch liegen hier bei allen Klonen die Werte zwischen 2 und 3, d. h. es gibt keinen Klon mit eng anliegenden oder weit abgespreizten Nadeln. Die Klonunterschiede sind hochsignifikant, während Herkunftsunterschiede nicht gesichert

Tabelle 2. — Ergebnis der Varianzanalysen.

Variationsursache	FG	MQ	F-Test	Varianz-Komponenten absolut	%
<u>Stecklinge, bewurzelt 1968, Höhe 1970</u>					
Zwischen Klonen	188	1317,0		45,0	39
In Klonen	5048	71,0		71,0	61
Gesamt	5236				
<u>Stecklinge, bewurzelt 1969, Höhe 1971</u>					
Zwischen Klonen	91	561,0	4,18***	22,0	14
In Klonen	1786	134,3		134,0	86
Gesamt	1877			156,0	
<u>Stecklinge, bewurzelt 1970, Höhe 1972</u>					
Zwischen Klonen	1911	1525,01	40,71***	85,58	70
In Klonen	31330	37,46		37,46	30
Gesamt	33241				
<u>Stecklinge Feldversuch 2 Höhe 1971</u>					
Zwischen Klonen (A)	4	184527	6,41**	371	9,9
Zwischen Orten (B)	4	799198	37,6***	1843	49,0
Zwischen Blöcken(C)	1	22917	6,19 n.s.	15	0,4
A x B	16	25089	6,49***	253	6,7
A x C	4	7565	1,96 n.s.	18	0,5
B x C	4	0	0 n.s.	0	0
A x B x C	16	3863	3,24***	64	1,7
Fehler	2090	1194		1194	31,8
Gesamt	2139				

sind (Tab. 3). Die Variation zwischen den Klonen (genetische Komponente) ist größer als innerhalb der Klone und erklärt über 50% der Gesamtvariation. Die Nadelanzahl wird stark durch Umwelteinflüsse modifiziert, selbst nebeneinanderstehende Bäume eines Klons können bemerkenswerte Unterschiede zeigen. Obwohl die Klonunterschiede hochsignifikant sind, ist der Varianzanteil „zwischen Klonen“ mit 38% gering. Die Variation der Nadellänge ist in den Klonen fast doppelt so groß wie zwischen den Klonen, die genetische Komponente macht hier sogar nur 36% der Gesamtstreuung aus. Die Nadelkennzahl gibt etwas besseren Aufschluß: Die Variation zwischen den Klonen ist gleich groß wie die innerhalb der Klone (rd. 48%, Tab. 3), Herkunftsunterschiede sind auf dem 5%-Niveau, Klonunterschiede auf dem 0,1%-Niveau gesichert. Alle gene-

tischen Einflüsse zusammen (Herkünfte und Klone) erklären rd. 51% der Gesamtstreuung. Bei der Nadelbreite sind sowohl Herkunfts- wie auch Klonunterschiede hochsignifikant gesichert. Die Varianz zwischen den Klonen liegt mit rd. 50% der Gesamtstreuung etwas über der innerhalb der Klone. Für die Nadelspitze konnten bei den Klonen der Herkunft Westerhof fast nur „zugespitzte“ Nadeln gefunden werden, während in den beiden anderen Herkünften alle Übergänge von „stachelspitz“ bis „zugespitzt“ auftraten. Die Unterschiede zwischen den Klonen sind im χ^2 -Test hochsignifikant ($\chi^2 = 150,1***$), auch Herkunftsunterschiede sind gesichert ($\chi^2 = 24,3***$). Die Nadelform bietet zur Klonidentifikation nur wenig Information, da hier kaum Streuung auftritt. Nur wenige Klone unterscheiden sich in diesem Merkmal. Klonunterschiede sind gesichert ($\chi^2 =$

Tabelle 3: — Ergebnis der Varianzanalysen für die Nadelmerkmale. — Drei Herkünfte. — Kamppflanzen.

Merkmale	F-Test		Varianzkomponenten in %			Freiheitsgrade
	Herkünfte	Klone	zwischen Herkünften	zwischen Klonen	in Klonen	
Nadel-Anzahl	1,21	4,14***	0,3	38,5	61,2	Zwischen Herkünften FG = 2
Nadel-Stellung	1,82	7,12***	0,2	54,9	44,9	
Nadel-Kennzahl	3,22*	5,99***	2,7	48,6	48,7	Zwischen Klonen FG = 27 In Klonen FG = 120
Nadellänge	85,52***	85,38***	0,0	36,0	64,0	Zwischen Herkünften FG = 2
Nadel-Breite	137,58***	154,33***	0,5	50,3	49,2	
Quer-Länge	49,12***	146,96***	3,2	47,7	49,1	Zwischen Klonen FG = 27
Quer-Breite	159,41***	110,38***	1,9	41,4	56,8	
Quer-Index	660,41***	4,95	29,9	1,8	68,3	In Klonen FG = 4470
Quer-Form	264,82***	19,18***	12,7	9,4	77,9	

54.0***), ebenso wie die Herkunftsunterschiede ($\chi^2 = 13.3***$). Die unregelmäßig auf den Nadelkanten verteilten *Widerhaken* konnten bei früheren Untersuchungen an etwa 20jährigen Bäumen nicht gefunden werden. An dem jungen Klonmaterial war deren Auftreten jedoch auffällig. Die Unterschiede sind auf der Herkunftsebene stark ausgeprägt ($\chi^2 = 10.0*$), die Klone lassen sich aufgrund dieses Merkmals gut trennen ($\chi^2 = 196.6***$). Auch in den Herkünften sind die Klonunterschiede durchweg hochsignifikant. Das Merkmal scheint durch Umwelteinflüsse kaum verändert zu werden. Nadelquerschnitte wurden hauptsächlich angefertigt, um die Lage und die Anzahl von Harzkanälen beurteilen zu können. Die Auswertungen von *Querschnittlänge* und -breite ergaben, daß der herkunftsbedingte Anteil an der Streuung mit 2 bzw. 3% gering ist und die Kloneneinflüsse über 40% der Streuung erklären.

(Querschnittlänge \times -breite)

Beim Querschnittindex $\frac{2}{\text{Querschnittlänge} \times \text{-breite}}$ sind

die Unterschiede für die Herkünfte signifikant und erklären rd. 30% der Streuung. Auffallend gering und nicht gesichert ist der Kloneneinfluß (1,8% der Gesamtstreuung). Dieser Index ist demnach für Klonidentifikationen ungeeignet.

Die *Querschnittform* war zwar in den wenigsten Fällen vierkantig, doch reichte das Boniturschema nicht aus, um die Unterschiede zu erfassen. Herkunfts- und Klonunterschiede sind gesichert, doch entfallen 78% der Streuung auf die Reststreuung, so daß auch dieses Merkmal wenig geeignet ist, Klone zu identifizieren. Die *Zahl der Harzkanäle* variierte zwischen Null, Eins und Zwei. Die Klonunterschiede sind hochsignifikant ($\chi^2: 317***, 260***, 264***$), die Streuung in den Klonen ist aber ganz erheblich. Die *Lage der Harzkanäle* war in dem untersuchten Material konstant marginal, so daß eine Klonunterscheidung unmöglich war.

Feldversuche:

Bei der *Nadelstellung* sind Kloneneinfluß, Einfluß der Anbauorte und Einfluß der Pflanzen im Klon hochsignifikant (Tab. 4). Den größten Anteil an der Gesamtvarianz haben die Klone mit 35,1%, auch die Interaktion Klon \times Orte mit 18,2% ist auffallend, was zeigt, daß sich die Nadelstellung der Klone von Ort zu Ort nicht gleichgerichtet verändert. Für Identifikationszwecke ist demnach der Vergleich der Klone in diesem Merkmal am gleichen Anbauort aussagefähiger als der Vergleich zwischen verschiedenen Anbauorten. Die *Nadelanzahl* ist hier noch weniger als bei den Kamppflanzen zur Charakterisierung von Klonen geeignet. Die Klonunterschiede erklären nur 6% der Streuung. Auffallend groß und als einzige Einflußursache gesichert ist die Interaktion Klon \times Orte, was zeigt, daß sich die Nadelzahl je 5 cm Zweig bei den Klonen von Anbauort zu Anbauort sehr unterschiedlich stark ändert. Bei der *Nadellänge* sind nur Einfluß der Klone und die dreifache Interaktion (Klon \times Orte \times Pflanzen) gesichert. Der Kloneneinfluß erklärt bei diesem Merkmal 16,5% der auftretenden Varianz. Für eine Charakterisierung der Klone ist dieses Merkmal demnach nur dann bedingt geeignet, wenn die Klone am gleichen Anbauort betrachtet werden. Einzelpflanzen und Orte üben sehr stark ungleichgerichtet Einfluß auf die Ausprägung dieses Merkmals aus. Die *Nadelbreite* ist — wie bei den Kamppflanzen — besser zur Identifikation geeignet. Klone erklären rd. 30% der Varianz, die linearen Effekte der Orte machen weitere 25,5% der Streuung aus. Die Veränderung der Nadelbreite ist demnach mit dem Wechsel des Anbauortes sehr viel mehr gleichgerichtet als die der Nadellänge. Ähnlich liegen die Ergebnisse bei der *Querschnittlänge*, die ja der

Tabelle 4. — Ergebnis der Varianzanalysen für die Nadelmerkmale (Feldversuch)

Variations- ursache	FG	Nadellänge		Nadelbreite		Querschn. Länge		Querschn. Breite		Nadelstellg.		Nadelanz.		Nadelfarbe		
		F- Test	V-A-Komp. %	F- Test	V-A-Komp. %	F- Test	V-A-Komp. %	F- Test	V-A-Komp. %	F- Test	V-A-Komp. %	F- Test	V-A-Komp. %	F- Test	V-A-Komp. %	
Klone (A)	4	8,38***	16,5	16,74***	30,0	12,96***	26,4	40,39***	57,1	4	7,36***	35,1	1,36	6,0	5,35***	7,5
Orte (B)	4	9,61	10,4	18,70***	25,5	12,09***	24,3	11,83***	9,5	4	5,13***	11,7	2,96	13,5	37,26***	58,4
Pflanzen (C)	3	1,21	0,2	0,68	0	0,57	0	0,21	0	3	5,55***	2,6	0,09	0	0,52	0,3
A \times B	16	0,90	0	2,45**	4,4	2,53**	8,4	1,56	2,6	16	2,48**	16,2	2,41**	20,5	1,22	1,8
A \times C	12	0,94	0	1,68	10,1	0,49	0	0,96	0	12	0,44	0	1,01	0,1	0,65	0
B \times C	12	0,56	0	0,71	0	0,36	0	0,12	0	0	0	1,12	1,4	0,65	0	—
A \times B \times C	48	76,96***	52,2	19,76***	11,5	33,07***	21,2	46,19***	18,5	—	—	—	—	—	—	—
Rest	2900	20,7	18,5	19,7	18,5	18,5	19,7	12,3	48	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4

Nadelbreite auch weitgehend entsprechen müssen. Auffallend stärker als bei dem Kampfmaterial ist die *Querschnittsbreite* genetisch kontrolliert. 57% der Varianz entfallen auf die Klonunterschiede. Weniger geeignet ist die *Zahl der Harzkanäle* wegen der geringen Gesamtstreuung obwohl die Kloneinflüsse statistisch gesichert sind ($\chi^2 = 476^{***}$). Der Einfluß der Anbauflächen ist ebenfalls hochsignifikant ($\chi^2 = 203^{***}$). Bei der *Nadelfarbe* ist die stärkste Einflußursache der Anbauort (58,4%), was sicher über die unterschiedliche Nährstoffversorgung zu erklären ist. Immerhin sind auch die Kloneinflüsse, die nur 7,5% der Varianz ausmachen, noch hochsignifikant. Das zeigt, daß am gleichen Anbauort die Nadelfarbe durchaus ein brauchbares Unterscheidungsmerkmal ist. Auch für die *Nadelspitze* und *Nadelform* wurden gesicherte Kloneinflüsse gefunden ($\chi^2 = 84,7^{***}$ bzw. $29,4^{***}$), die deutlich größer sind als die Einflüsse der Anbauorte ($\chi^2 = 32,4^{***}$ bzw. $16,0^{***}$). Diese Merkmale können bei der Kennzeichnung von Klonen sehr hilfreich sein.

Diese Auswertungen bestätigen im wesentlichen die Ergebnisse der Auswertungen bei den Kamppflanzen, sie zeigen aber eindrücklich, wie stark der Anbauort variierend wirken kann. Die an einem Anbauort gefundenen Ergebnisse sind nicht ohne weiteres auf andere Standorte zu übertragen.

Physiologische Merkmale

Austrieb:

Bei früheren Bonituren des Austriebs hatte sich gezeigt, daß zwischen den Einzelpflanzen der gleichen Klon praktisch keine Unterschiede im Austriebsbeginn auftraten, dieses Merkmal für Identifikationszwecke demnach gut geeignet ist. (Die Dauer des Austriebs dagegen wird entscheidend von den Temperaturen bestimmt und scheint daher zur Identifikation wenig geeignet). Im Austriebsbeginn liegen bei den Kamppflanzen die extremen Klone 40 Tage auseinander.

An 90 ausgewählten Klonen wurden Seiten- und Terminalknospen getrennt bonitiert. Der Beginn des Austriebs der Terminalknospe erfolgt i. a. dann, wenn die Seitenknospen das Stadium 2 erreicht haben. Es treten hierbei Verschiebungen von 1 bis 1,5 Wochen zwischen Beginn des Austriebs der Seitenknospen und dem der Terminalknospen auf. Der Vorsprung der Seitentriebe wird aber von den Terminaltrieben fast wieder aufgeholt, so daß der Austrieb der Terminalknospe in kürzerem Zeitraum beendet ist — ein sinnvoller Mechanismus zur Sicherung des wichtigen Mitteltriebes. Klonunterschiede sind allerdings besser an Seitenknospen zu bonitieren.

Die Austriebsbonitur für die Feldversuche bei unterschiedlichen Klimaverhältnissen zeigte sehr überzeugend, daß das Merkmal Austrieb in der Rangfolge der Klonen viel weniger durch Klima und Boden beeinflußt ist als die Höhe. Auch beim Vergleich sehr unterschiedlicher klimatischer Verhältnisse ergibt sich in der Rangfolge der Klonen kaum eine Verschiebung bei allerdings sehr großen Unterschieden im Austriebsdatum an den einzelnen Versuchsarten.

Zusammenfassend bleibt festzustellen, daß in Übereinstimmung mit anderen Untersuchungen (RECK, 1972 u. a.) das Merkmal Austrieb besonders gut für die Charakterisierung von Klonen geeignet ist.

Vegetationsabschluß:

Bei den Kamppflanzen beträgt der Unterschied zwischen den extremen Klonen 99 Tage und ist damit über doppelt

so groß wie bei dem Vegetationsbeginn. Auch hier waren die Unterschiede zwischen den Einzelpflanzen eines Klons so gering, daß sie mit dem verwendeten Boniturschema nicht erfassbar waren. Der Vegetationsabschluß ist demnach noch besser zur Charakterisierung von Klonen geeignet als der Vegetationsbeginn.

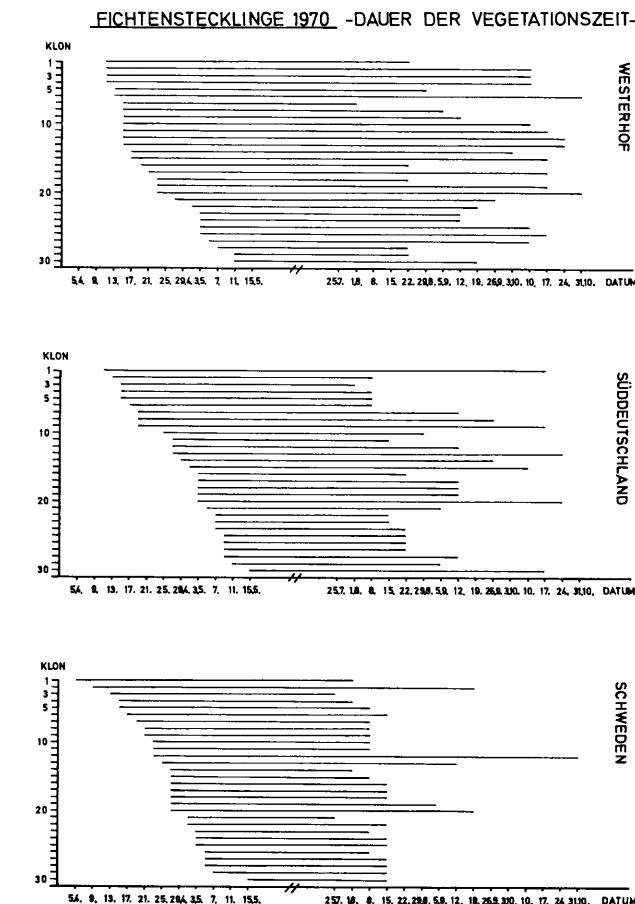


Abb. 2. — Dauer der Vegetationszeit (Austriebsbeginn bis zum Ende der Vegetationszeit) für je 30 Klonen aus 3 Herkunftsgebieten.

Bei Betrachtung der einzelnen Herkünfte fällt auf, daß die schwedische Herkunft die Vegetationszeit am frühesten abschließt, die süddeutsche eine Mittelstellung einnimmt und Westerhof deutlich den spätesten Vegetationsabschluß hat (Abb. 2). Die gleiche Rangfolge der Herkünfte erhält man bei der Ermittlung der Dauer der Vegetationszeit. Die Unterschiede zwischen den Herkünften sind im F-Test signifikant ($F = 21,4^{***}$ bei 2/87 FG). Von der Gesamtstreuung entfallen 40% auf die Ebene der Herkunft, 60% auf Klone in Herkünften, d. h. die Streuung der Klonen in den Herkünften ist auffallend groß. Für unsere Fragestellung ist besonders interessant, daß Klone, die zur gleichen Zeit austreiben, zu sehr unterschiedlichen Terminen abschließen können. Bei Betrachtung beider Merkmale können also mehr Klonen getrennt werden. Für die Anpassung von Populationen an variierte Klimaverhältnisse hat diese Populationsstruktur sicher wesentliche Selektionsvorteile. Eine gesicherte Abhängigkeit zwischen Vegetationsbeginn und Höhe konnte nur für die Herkunft Süddeutschland in der Weise gefunden werden, daß früh treibende Klonen eine geringere Höhe hatten als spätreibende ($r = 0,59^{***}$). Für die beiden anderen Herkünfte bestand eine solche Abhängigkeit nicht. Bei der Herkunft Westerhof war die Bezie-

hung sogar umgekehrt: Früh treibende Klone waren im Mittel höher als spät treibende, wenn auch diese Abhängigkeit nicht signifikant war ($r = 0,17$). Auch für das Gesamtmaterial konnte keine Abhängigkeit zwischen Austriebszeitpunkt und Höhe gefunden werden ($r = 0,17$). Eine gesicherte, wenn auch schwache Abhängigkeit besteht zwischen Höhe und Vegetationsdauer sowie Höhe und Vegetationsende für das Gesamtmaterial. Die Höhe war bei den hier vorliegenden Wuchsbedingungen am stärksten vom Ende der Vegetationszeit (spätes Ende entspricht größerer Höhe: $r = 0,29^{**}$) und dann von der Dauer der Vegetationszeit ($r = 0,21^*$) bestimmt, bei absolut geringen Bestimmtheitsmaßen (unter 10%). Die Ergebnisse deckten sich im wesentlichen mit den Untersuchungen von RECK.

Biochemische Merkmale

Glucose-6-Phosphat-Dehydrogenase:

In den Nadeln wurde das Enzym G6PDH in zwei gleichzeitig ermittelten Merkmalen bestimmt: der (potentiellen) spezifischen Aktivität und dem gelektrophoretisch erfaßten Enzymproteinmuster.

Die Auswertung aller Bestimmungen der spezifischen Aktivität (s. Tab. 5) ergab gesicherte Unterschiede der untersuchten Variationsursachen, nämlich: Klone, Termine der Nadelentnahme und Standorte (Ausnahme: Himmelsrichtungen und Höhen am Baum) (Tab. 6). Werden zahlreiche Klone am gleichen Standort untersucht, werden rd. 86% der Varianz durch Kloneinflüsse erklärt (Tab. 6: 1.1). Dieses Ergebnis läßt das Merkmal für Identifikationszwecke brauchbar erscheinen. Beim Vergleich von zwei ähnlichen Klonen zu unterschiedlichen Terminen (Tab. 6: 1.2 und 1.3) überwiegt der Einfluß der Entnahmetermine, der hier 64 bis 84% der Varianz erklärt. Demnach sollten Vergleiche möglichst zum gleichen Termin vorgenommen werden. Betrachtet man wenige Klone auf unterschiedlichen Standorten (Tab. 6: 1.4), so überwiegt bei weitem der Einfluß der Orte (93%). Demnach ist es sinnlos, Vergleiche

Tabelle 6. — Ergebnisse der Varianzanalysen für die biochemischen Merkmale.

Gruppen	Variationsursache	FG	Ergebnis F-Test	VA Komp. %	FG Ergebnis F-Test	VA Komp. %
1. Spezifische Aktivität der G6PDH						
1.1 Klone E 56	Klone	13	18,35***	86,59		
2 Termine	Termine	1	5,80*	3,42		
	Rest	13		9,98		
1.2 Klone C, F (E 56)	Klone (A)	1	1,64 ns	1,90		
Höhen	Höhen (B)	3	1,07 ns	0,77		
Termine	Termine (C)	1	62,79***	84,34		
	A x B	3	0,42 ns	0		
	B x C	3	1,37 ns	2,03		
	A x C	1	0,83 ns	0		
	Rest	3		10,96		
1.3 Klone C, F (E 56)	Klone (A)	1	0,18 ns	0		
Himmelsrichtung,	Hi-Ri (B)	3	0,64 ns	0		
	Termine (C)	1	20,74***	63,84		
	A x B	3	1,65 ns	8,32		
	B x C	3	1,19 ns	2,42		
	A x C	1	0,46 ns	0		
	Rest	3		25,42		
1.4 Klone B, C, J, L, R S 60, A 158	Klone (A)	4	3,31 ns	0		
	Orte (B)	1	162,06***	92,58		
	A x B	4	2,87 ns	2,77		
	Rest	6		4,64		
2. Gesamtphenolkörper und Phenolkörper C						
2.1 Klone E 56	Klone	12	3,73*	29,73	12	10,47***
2 Termine	Termine	1	29,93***	48,49	1	47,80***
	Rest	12		21,78	12	10,71
2.2 Klone C, F (E 56)	Klone (A)	1	15,35*	64,66	1	14,88*
Höhen	Höhen (B)	3	0,96 ns	17,31	3	2,08 ns
	Rest	3		18,03	3	19,96
2.3 Klone C, F (E 56)	Klone (A)	1	27,57***	86,49	1	42,66***
Himmelsrichtung,	Hi-Ri (B)	3	1,08 ns	0,49	3	0,97 ns
	Rest	3		13,02	3	8,75
2.4 Klone B, C, J, L, R S 60, A 158	Klone (A)	4	62,74***	55,27	4	65,27***
	Orte (B)	1	30,90***	41,87	1	18,42***
	A x B	4	0	0	4	1,74 ns
	Rest	6		2,88	5	3,92

der spezifischen Aktivitäten über mehrere Anbauorte anzustellen.

Für die Enzymmuster wurde im χ^2 -Test eine hochsignifikante Verschiedenheit der fünf näher untersuchten Klone auf drei unterschiedlichen Standorten in 27 Vergleichen gefunden, 1 Vergleich war auf dem 5%-Niveau signifikant und 1 Vergleich war nicht signifikant. Beim Vergleich der Klone über die Mittelwerte der relativen Peakhöhen je Rf-Klasse aus allen G6PDH-Pherogrammen für den Einzelkロン ergaben von 10 Vergleichen 9 χ^2 -Werte, die bei 0,1% und 1 χ^2 -Wert, der bei 5% signifikant war. Die Enzym-

Tabelle 5.

Standort	E 56	E 56	E 56	E 56	E 56	E 56	E 31	E 31	S 60	A 158	E 56	E 56	E 56	S 60	Si 195	A 158	Li 317	
Ernte	IX, 71	XI, 71	IX, 71	XII, 71	X, 71	XI, 71	X, 71	XI, 71	X, 71	XI, 71	IV, 72	IV, 72	IV, 72	IV, 72	VI, 72			
Alter	19	19	19	19	19	19	18	18	5	5	20	20	20	20	6			
Variante	Klon		Ast Höhe		Exposition		Erntezzeit		Alter Standort Wiederholung		Klon		Klon		Klon		Klon	
A	○ □	○ □									*	*						
B	○ □	○ □	○ □								*	*						
C	○ □	○ □	○ □	○ □	○ □	○ □	○ □	○ □	○ □	○ □	*	*						
D	○ □	○ □									*	*						
E	○ □	○ □									*	*						
F	○ □	○ □	○ □	○ □	○ □	○ □	○ □	○ □			*	*						
G	○ □	○ □	○ □								*	*						
H	○ □	○ □	○ □								*	*						
J	○ □	○ □									*	*						
K	○ □	○ □									*	*						
L	○ □	○ □									*	*						
N	○ □	○ □									*	*						
P	○ □	○ □									*	*						
Q	○ □	○ □									*	*						
R									○ □	○ □	○ □	○ □	○ □	○ □	○ □	○ □	○ □	

Übersicht über Art und Anzahl der an fünfzehn Klonen durchgeföhrten biochemischen Untersuchungen in Abhängigkeit von der Fragestellung.

○ Spezifische Aktivität der G6PDH, △ Pherogramm der G6PDH, Chromatographische Phenolkörperbestimmung
□ Technik A, * Technik B, o Technik C.

muster sind demnach im Gegensatz zu den spezifischen Aktivitäten auch für die Unterscheidung der Klone über verschiedene Standorte geeignet. Beim Vergleich der unterschiedlichen Expositionen am Baum ergaben sich für die Enzymmuster fast durchweg hochsignifikant gesicherte Unterschiede im χ^2 -Test. Bei Untersuchung dieses Merkmals muß auf die Probenahme besondere Sorgfalt verwendet werden. Beim Vergleich gleicher Himmelsrichtungen sind die Klonunterschiede meist gesichert. Unter den Voraussetzungen, daß die Nadeln von Ästen vergleichbarer Exposition stammen und genügend Analysen vorliegen, erscheint eine Klonidentifikation an Hand des Merkmals Enzymmuster der G6PDH sowohl am gleichen Ort als auch zwischen verschiedenen Orten möglich.

Phenolkörper:

Eine weitere, für die Charakterisierung von Klonen erfolgversprechende Gruppe von Pflanzeninhaltsstoffen, sind die Phenolkörper. In dem Fließmittel n-Butanol-Essigsäure-Wasser werden die fluoreszierenden Phenolkörper im wesentlichen in drei Gruppen aufgetrennt, die mit A, B und C bezeichnet wurden (Abb. 3). Von diesen ist die Gruppe C besonders interessant, da bei dieser — im Gegensatz zu der Summe aller Phenolkörper — das Ergebnis der Varianzanalyse einen hohen Prozentsatz (50—91%) für die Variationsursachen „Klon“ ergibt, während er für die weiteren untersuchten Ursachen: Erntetermin (38%), Standort (1%), Höhe (11%) bzw. Exposition des Astes (1%), vergleichsweise gering ist (Tab. 6). Die starke genetische Kontrolle läßt auch dieses Merkmal gut für Identifikationszwecke geeignet erscheinen, besonders dann, wenn gleiche Erntetermine eingehalten werden.

Mit Hilfe der Rundfiltertechnik konnten bei guter Trennqualität bis zu 20 Proben unter identischen Bedingungen analysiert werden (Abb. 4). Durch sofortige Aufnahme auf Farbfilm im UV-Licht wurden verfälschende Einflüsse (wie durch Zutritt von Luftsauerstoff) weitgehend ausgeschaltet. Mit der oben angegebenen Skala wurden die Chromatogramme bonitiert. Im χ^2 -Test ergaben 14 Klonen in 103 Vergleichen beim Träger Kieselgel 5 signifikante Unterscheidungen, beim Träger Papier 16 signifikante Unterschiede zwischen den Klonen. Die hohe Stabilität des Fluoreszenzmusters der einzelnen Klone in Abhängigkeit vom Standort (Abb. 4 c, d) erlaubt in dem untersuchten Beispiel, Klon R — allerdings mit unterschiedlich hoher Signifikanz — von den anderen Klonen zu trennen. Auch beim Vergleich der verschiedenen Anbauflächen — gemittelt über alle Klonen — treten gesicherte Unterschiede auf. Vergleiche sollten nach Möglichkeit bei dieser Technik auf gleiche Anbauorte beschränkt bleiben.

Zusammenfassend ist zu den biochemischen Analysen festzustellen, daß sich die Vertreter dieser zwei Stoffgruppen bei ähnlichen Fragestellungen als brauchbar erwiesen haben, nämlich Enzyme (BARTELS 1971 a, FERET 1971, RASMUSON und RUDIN 1971) und phenolische Inhaltsstoffe (ERDTMAN et al. 1966, HOFF 1968, THIELGES 1969, WELLENDORF et al. 1971). Wie bei den Befunden von RASMUSON und RUDIN an Pherogrammen der Esterasen aus Kiefernneedeln kann auch an Hand des Enzyms G6PDH für die Nadeln der 5 näher untersuchten Fichtenklone am gleichen Standort eine starke genetische Variation nachgewiesen werden. Es erscheint deshalb sinnvoll, spezielle Fragestellungen, wie sie von BARTELS oder FERET aufgestellt wurden, auch mit diesem Enzym zu untersuchen. Sorgfältig sind dagegen Informationsgewinn und Arbeitsaufwand für den Einsatz dieses Enzyms zur Klonendifferenzierung abzuwegen. Für derartige

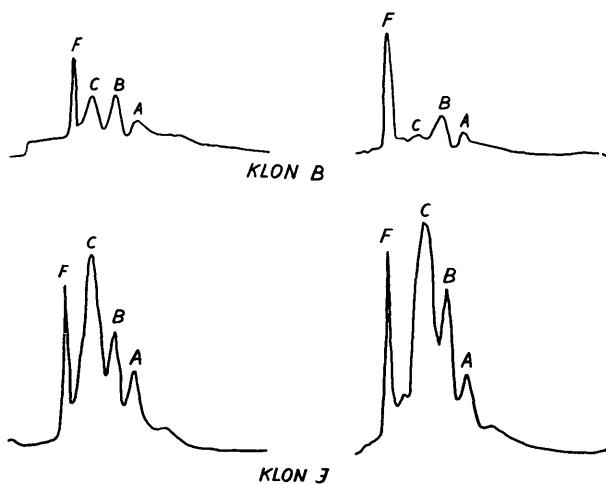


Abb. 3. — Photometrische Vermessung der Phenolkörper A, B und C aus Nadeln der Klonen B und J (Standort A 158, je 2 Wiederholungen). Dünnschichtchromatographische Trennung (Technik A). F = Front des Chromatogrammes.

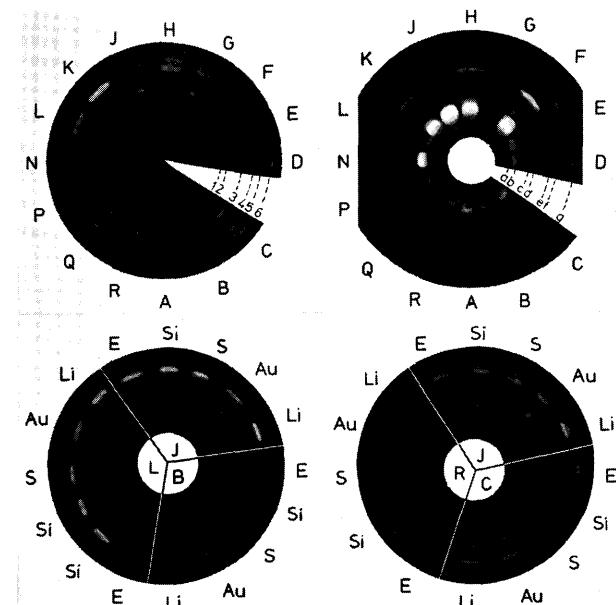


Abb. 4. — UV-Aufnahmen chromatographisch getrennter Phenolkörper aus Fichtenneedeln. — Abb. 4 a + b: Fluoreszenzmuster von fünfzehn Klonen nach dünnschichtchromatographischer Trennung (links, Technik B) und papierchromatographischer Trennung (rechts, Technik C). Standort Escherode. — Abb. 4 c + d: Fluoreszenzmuster der Klonen B, C, J, L, und R auf fünf Standorten nach dünnschichtchromatographischer Trennung (Technik B). Rf-Werte und Farben rotfluoreszierender Verbindungen werden auf dem Schwarzweißfoto nicht wiedergegeben.—

Nr.	1	2	3	4	5	6
Abb. 4 a: Farbe	blau	blau	gelb	rot	blau	rot
Rf	.20	.35	.51	.63	.81	.96

Nr.	a	b	c	d	e	f	g
Abb. 4 b: Farbe	gelb	blau	blau	blau	blau	blau	rot
Rf	.17	.28	.38	.50	.67	.73	1.0

Untersuchungen sind die Bestimmungen relativ stabiler Pflanzeninhaltsstoffe — wie Terpene oder Phenole — besser geeignet. Sie haben den Vorteil, ggf. durch sehr einfache Methoden in eine analysenbereite Form gebracht werden zu können, etwa bei Phenolen in Form von Preßsäften oder bei Terpenen durch Einbringen ganzer Nadeln

für die Analyse (v. RUDLOFF 1967). Von WELLENDORF *et al.* (1971) u. a. wurden charakteristische Phenolkörpermuster für verschiedene Fichtenarten beschrieben. Unsere Untersuchungen zeigen, daß Ähnliches für einzelne Fichtenkronen gilt, wobei die hohe Stabilität der Muster in Abhängigkeit vom Standort bemerkenswert ist.

4. Schlußfolgerung

Ziel dieses I. Teiles der Untersuchungen sollte sein, die Variation verschiedener Merkmale bei Fichtenkronen zu untersuchen

1. im Hinblick auf deren Eignung zur Klonidentifikation
2. um einen Aufschluß über die natürlichen Variationsmuster in diesen Merkmalen zu erhalten und daraus Hinweise für den Anbau synthetischer Sorten mit dem Ziel hoher Betriebssicherheit abzuleiten.

Merkmale, die zur Klonidentifikation geeignet sind, sollten:

1. einer starken genetischen Kontrolle unterliegen,
2. eine große Variation aufweisen,
3. mit geringem Aufwand erfaßbar sein,
4. zur Bestimmung möglichst keine starke Schädigung der Pflanze erfordern.

Ordnet man die untersuchten Merkmale unter diesen 4 Gesichtspunkten, so zeigt sich, daß zur Charakterisierung von Kronen die physiologischen Merkmale (Austriebsbeginn, Vegetationsabschluß) besonders gut geeignet sind (sie erfüllen alle 4 Bedingungen). Es folgen die biochemischen Merkmale (Enzyme, Phenole), wobei allerdings der hohe Erhebungsaufwand und die Schädigung der Pflanzen die Anwendbarkeit begrenzen. Ein Teil der Nadelmerkmale (Nadelänge, Nadelbreite, Nadelanzahl, Widerhaken, Nadelstellung, Nadelform, Nadelspitze, Nadelfarbe — in absteigender Folge des Erhebungsaufwandes) hat eine mittlere Eignung, während der Arbeitsaufwand zur Herstellung von Nadelquerschnitten sehr groß und die aus diesen gewonnenen Ergebnisse nur als zusätzliche Informationsquelle in fraglichen Fällen herangezogen werden sollten.

Etwas willkürlich bleibt die Zuordnung der Merkmale zu Polymorphismen bzw. quantitativen Merkmalen. Die genetische Basis für beide Arten von Variation ist gleich, die Unterschiede liegen vorwiegend in der Zahl und Wirkungsweise der beteiligten Gene (METTLER und GREGG 1969). Wir haben immer dann quantitativ genetisch variierende Merkmale unterstellt und varianzanalytische Auswertungsmethoden benutzt, wenn das Merkmal in dem Untersuchungsmaterial kontinuierliche Variationsmuster zeigte, χ^2 -Tests bei diskreten Variationsmustern angewendet.

Dieses Vorgehen kann — insbesondere bei den biochemischen Merkmale — dazu führen, daß echte Polymorphismen den quantitativen Merkmalen zugeordnet werden, wenn z. B. differentielle Genaktivitäten vorliegen (STERN 1970), die in unterschiedlichen Teilen der Pflanzen oder und zu unterschiedlichen Zeitpunkten Veränderungen der Muster hervorrufen, oder wenn durch stärkere Umwelteinflüsse (auch z. B. Analysengenauigkeit) die Verteilungsmuster so variiert werden, daß kontinuierliche Verteilungsmuster vorgetäuscht werden. Gerade bei den biochemischen Merkmale sind eher Polymorphismen zu erwarten, weil sie näher an der primären Genwirkung liegen als morphologische und physiologische.

Mit diesen Einschränkungen handelt es sich bei 7 der untersuchten Merkmale um Polymorphismen, die u. U. trotz geringer Zahl von Allelen und damit geringer Variation für Identifikationszwecke gute Information liefern können. Alle anderen Merkmale (17) variieren quantitativ gene-

tisch. Eine genauere genetische Analyse war an diesem Material nicht möglich und auch nicht Ziel dieser Untersuchungen. Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Merkmalen sollen später untersucht werden.

Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden 24 Merkmale an Fichtenstecklingskronen unterschiedlichen Alters und auf unterschiedlichen Standorten untersucht. Ziel der Untersuchung war es:

1. Einblick in die Variationsmuster bei diesen Merkmalen in Fichtenbeständen zu erhalten, um beim Anbau von Fichtenkronen betriebssichere Bestände aufzubauen zu können.
2. Eine Identifikation von Fichtenkronen vorzubereiten.

Für Identifikationszwecke sehr gut geeignet sind die physiologischen Merkmale Austriebsbeginn und Vegetationsabschluß, da sie nahezu 100% genetisch kontrolliert werden (kaum feststellbare Variation innerhalb eines Klons am gleichen Standort), es folgen die biochemischen Merkmale Enzyme und Phenole mit der Einschränkung, daß die Nadelproben zum gleichen Zeitpunkt und vom gleichen Anbauort entnommen werden. Von den morphologischen Merkmalen sind auf klimatisch vergleichbaren Standorten in der Reihenfolge des Arbeitsaufwandes und der genetischen Kontrolle gut geeignet: Höhe (geringer Aufwand, je nach Selektionsintensität unterschiedlich hoher Anteil genetischer Varianz), Nadelstellung, Nadelspitze, Nadelform, Nadelfarbe, Nadellänge, Nadelbreite, Widerhaken, Nadelanzahl. Es folgen schließlich die Merkmale mit hohem Erhebungsaufwand: Nadelquerschnittslänge, Nadelquerschnittsbreite, Querschnittsform, Zahl der Harzkanäle, Lage der Harzkanäle, wobei die zuletzt genannten 4 Merkmale die geringste Information für Identifikationszwecke liefern.

Schlagworte: Fichtenstecklingskronen, Identifikation, Merkmalsvariation.

Summary

24 traits of clones of Norway spruce cuttings of different age and from different sites have been analyzed. The purpose of the analysis was:

1. to know more about the varietal design of these traits in spruce stands, in order to be able to get reliable stands when cultivating spruce clones.
2. to prepare an identification of spruce clones.

The physiological traits the beginning of flushing time and end of vegetation are very well suited for identification purposes since they are almost fully genetically controlled (variation hardly noticeable within a clone on the same location), they are followed by the biochemical traits enzymes and phenols provided that the samples of needles are taken at the same time and from the same location. The following morphological traits are suitable on locations which are climatically comparable, in the order of expenditure of work and genetic control: height (not much work, according to intensity of selection the portion of the genetic variance varies), position of needles, width of needles, form of needles, colour of needles, length of needles, tip of needles, barbed hook, number of needles. Finally the traits with high expenditure of work: cross-sectional length of needles, cross-sectional width of needles, cross-sectional form, number of resin ducts, position of resin ducts. The 4 traits mentioned last are supplying the least information for identification purposes.

Literatur

- BARTELS, H.: Isoenzyme und ihre Bedeutung für Forstpflanzenzüchtung und -genetik. Allgem. Forstzeitschrift 26, 50–52 (1971). — BARTELS, H.: Genetic control of Multiple Esterases from Needles and Macrogametophytes of *Picea abies*. Planta (Ber.) 99, 238–289

- (1971). — DORMLING, J., GUSTAFSSON, A., und von WETTSTEIN, D.: The experimental control of the life cycle in *Picea abies* (L.) KARST. I. Some basis experiments on the vegetative cycle. *Silv. Genetica* **17**, 44—64 (1968). — ERDTMAN, H., KIMLAND, B., and NORIN, T.: Pine Phenolics and Pine Classification. *Bot. Mag. Tokyo* **79**, 499—505 (1966). — FERET, P. P.: Isoenzyme Variation in *Picea glauca* (MOENCH) Voss Seedlings. *Silv. Genetica* **20**, 46—50 (1971). — FRÖHLICH, H. J.: Pappelzüchtung und -anbau. *Forst- und Holzwirt* **21**, 273—277 (1966). — FRÖHLICH, H. J.: Beispiele der Resistenzzüchtung von Waldbauarten als Vorbeugungsmaßnahme gegen abiotische und biotische Gefahrenquellen. *Allgem. Forstzeitschrift* **23**, 167, 170, 182 (1968). — FRÖHLICH, H. J.: Untersuchungen über die Benadelungsverhältnisse an Fichten. *Theoretical and Applied Genetics* **39**, 214—231 (1969). — FRÖHLICH, H. J., BAUMEISTER, G., LINDEMANN, W., und VAUPEL, E.: Identifikationsmerkmale von Pappeln der Sektion Leuce. Merkblatt des Dtsch. Pappelinstitutes, Hann. Münden, 2, 1—47 (1964). — FRÖHLICH, H. J., HOFFMANN, E., LINDEMANN, W., und VAUPEL, E.: Identifikationsmerkmale von Pappeln der Sektion Aigeiros. Merkblatt des Dtsch. Pappelinstitutes Hann. Münden, 3, 1—44 (1964). — GROSCHURTH, W.: Die Beurteilung von Pappelklonen der Sektionen Aigeiros und Tacamahaca nach 15jähriger Beobachtungsdauer auf ihre Anbaeignung. Dissertation München, 1971, 187 Seiten. — HANOVER, J. W.: Inheritance of 3-carene concentration in *Pinus monticola*. *Forest Sci.* **12**, 447—450 (1966). — HATTEMER, H. H.: Unterscheidung von Pappelklonen. *Silv. Genetica* **18**, 167—172 (1969). — HESS, D.: Biochemische Genetik. Springer Berlin/Heidelberg/New York 1968. — HOFF, R. J.: Chemical Verification of the Hybrid of *Pinus monticola* and *Pinus flexilis*. *Forest Sci.* **14**, 119—121 (1968). — KENNEDY, R. W., and WARREN, W. G.: Within-Tree Variation in Physical and Chemical Properties of Douglas-Fir. *World Cons. on Forest Tree Breeding*, Wash., 1969, 1—20. — KIELLANDER, C. L.: Om förkomsten av sent knoppsprickande granprovenienser i nagra sydsvenska sortförsök. *Sveriges Skogsvårdförbunds Tidskrift* **8**, 735—748 (1966). — KLEINSCHMIT, J., und KNIGGE, W.: Durch Umwelt und Erbanlagen bedingte Variation der Trockensubstanzerzeugung, Struktur und Rohdichte junger Fichten (*Picea abies* KARST.). *Allgem. Forst- und Jagdzeitung* **138**, 189—198 (1967). — KLEINSCHMIT, J., MÜLLER, W., SCHMIDT, J., und RACZ, J.: Entwicklung der Stecklingsvermehrung von Fichte (*Picea abies* KARST.) zur Praxisreife. *Silv. Genetica* **22**, 4—15 (1973). — KLEM, G. S.: Darrgewichtsvariation bei gewöhnlicher Fichte (*Picea abies* KARST.) gewachsen in Norwegen. *Norsk. Skogsind. ref. Holzforschung* **21**, 30 (1967). — KRÜSMANN, G.: Die Nadelgehölze. Verlag P. Parey, Berlin, 1960. — KRUTZSCH, P.: Pflanzschulergebnisse eines inventierenden Fichtenherkunftsversuches. Lizenziatenarbeit, Kgl. Skogshögskolan Stockholm, 1968, 47 Seiten. — KUPIALA-AHVENNIEMI, S.: Morphogenesis and nucleic acid content of developing vegetative and floral primordia of Scots pine. Proceed. IUFRO Sect. 22. Working group on Sexual reproduction, Finnland 1970, Bd. II, 9 Seiten. — LOWRY, O. H., ROSEBROUGH, N. J., FARR, A. L., and RANDALL, R. J.: Protein measurement with the Folin Phenol reagent. *J. biol. Chem.* **193**, 265—275 (1951). — LUNDERSTÄDT, J., und FUCHS, W. H.: Zur Hexokinaseaktivität in rostinfizierten Weizenprimärblättern. *Z. Pflanzenphysiol.* **59**, 445—456 (1968). — LUNDERSTÄDT, J., und CLAUS, G.: Zur Nahrungsqualität von Fichtennadeln für forstliche Schadinsekten. *Z. angew. Entom.* **70**, 386—403 (1972). — MELCHIOR, G. H., und HATTEMER, H. H.: Die Unterscheidung von Pappelklonen mit Hilfe physiologischer Merkmale. *Forstpflanzen-Forstsamen*, 1967, Heft 2. — METTLER, E., and GREGG, TH. G.: Population Genetics and Evolution. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1969. — ORNSTEIN, L.: Disc electrophoresis. I. Background and theory. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **121**, 321—349 (1964). — PFAUCH, W.: Über Benadelungsunterschiede an Kamm- und Plattenfichten. *Arch. f. Forstwesen* **13**, 535—544 (1964). — RASMUSON, B., und RUDIN, D.: Variations in esterase zymogram patterns in needles of *Pinus silvestris* from provenances in northern Sweden. *Silv. Genetica* **20**, 39—41 (1971). — RECK, S.: Austriebsverhalten und Wuchs-eigenschaften bei Fichten aus einem Fichten-Kreuzungsversuch. *Forstarchiv* **43**, 91—94 (1972). — RUDLOFF, E. VON: Gas-Liquid Chromatography of Terpenes. VI. The Volatile Oil of *Thuja plicata* DONN. *Phytochemistry* **1**, 195—202 (1962). — RUDLOFF, E. VON: Chemosystematic studies in the Genus *Picea* (Pinaceae). Introduction. *Canad. J. Bot.* **45**, 891—901 (1967). — SCHMIDT-VOGT, H.: Studien zur morphologischen Variabilität der Fichte (*Picea abies* [L.] KARST.). 2. Untersuchungen zur morphologischen Variabilität der Fichte im europäischen Verbreitungsgebiet. *Allgem. Forst- und Jagdzeitung* **143**, 177—186, Literatur 239—240 (1972). — SCHEUMANN, W., und HOFMANN, K.: Die seriennäßige Prüfung der Frostresistenz einjähriger Fichtensammlinge. *Arch. f. Forstwesen* **16**, 701—705 (1967). — STAIRS, G. R.: Monoterpene Composition in *Larix*. IUFRO Congr. München, 1967, 10 Seiten. — STERN, K.: Genetik für Forstwirte. Vorlesung Ws. 1970, Forstl. Fakultät Göttingen. — SUMERE, C. F. VAN, PARMENTIER, F., and TEUCHY, H.: Quantitative paper chromatographic determinations. II. Phenolic acids, especially vanillie acid and p-hydroxybenzoic acid. *J. Chromatogr.* **6**, 484—485 (1961). — TREVELyan, W. E., PROCTER, D. P., and HARRISON, J. I.: Determination of sugars on paper chromatograms. *Nature* **166**, 444—445 (1950). — THIEGES, B. A.: A chromatographic investigation of interspecific relationships in *Pinus* (Subsection *Sylvestres*). *Amer. J. Bot.* **56**, 406—409 (1969). — VEGIS, A.: Über den Einfluß der Temperatur und der täglichen Licht-Dunkel-Periode auf die Bildung der Ruheknospen, zugleich ein Beitrag zur Entstehung des Ruhezustandes. *Symp. Bot. Upsaliensis*, XIV, 1, 1—175 (1955). — VOLKERT, E., und SCHNELLE, F.: Arboreta Phaenologica. Mitt. d. Arb. gem. Internat. Phaen. Gärten, 1966. — WEBER, E.: Grundriß der biologischen Statistik. Fischer-Verlag, 1972. — WELLENDORF, H., KAUFMANN, U., and HANSEN, M.: Thin layer chromatography of fluorescent phenolic compounds in needles. A contribution to chemotaxonomy in *Picea*. *Forest Tree improvement*. Akademisk Forlag Kobenhavn, 1971, 19—39.

Cytological Studies of Himalayan Rutaceae

By P. N. MEHRA and P. K. KHOSLA

Botany Department, Panjab University, Chandigarh
(India)

(Received May / August 1973)

Introduction

The family Rutaceae embraces 1,600 species in 150 genera (BRIZICKY, 1962). It is widely distributed throughout the warmer regions of the world, extending into temperate regions of Europe, Asia and America. The family is best represented in S. Africa and Australia. About 50 species among 20 genera are reported from India, out of which 9 species are classed as commercial timbers (PEARSON & BROWN, 1932). The most important genus is *Citrus* LINN. which yields the well known citrus fruits of commerce.

SMITH-WHITE (1954, 1959) made a detailed study on the cytology of Australian Rutaceae, Tribe Boronieae. Almost a

complete lack of cytological data on Indian species initiated the present investigations on the Himalayan taxa. The aim of the work has been to determine their chromosomal constitution, process of meiosis, pollen fertility and biology of flowering and fruiting.

Material and Methods

Material for meiotic studies was collected from wild sources in the forests of Nainital (lat. 29° 22' N, long. 79° 29' E), Darjeeling (lat. 27° 30', long. 88° 18' E) and Khasia and Jaintia hills (lat. 25° 40' N, long. 91° 55' E). Flower buds were fixed in CARNOY's fluid. Squashing of anthers