

Tab. 2. — Geographic data for 6 American Douglas-fir provenances and the allele frequencies at a SAP-locus found in seed samples from these provenances (200 seeds per provenance).

Provenance Name	Region/Country	Geographic Data			Allele Frequencies at SAP-Locus		
		Lat.	Long.	Alt.	SAP-1/2	SAP-3	SAP-0
Dunster	Br. Columbia/Canada	53°07'	119°50'	820 m	92.7	2.6	4.7
Merritt	Br. Columbia/Canada	50°04'	120°51'	900 m	91.1	3.3	5.6
Franklin River	Vancouver Island/Canada	49°06'	124°46'	150 m	58.5	34.9	6.6
Cedar District	Vancouver Island/Canada	49°10'	124°30'	100 m	54.5	38.9	6.6
Corvallis	Oregon/USA	44°42'	123°13'	80 m	62.3	31.3	6.4
Happy Camp	California/USA	41°57'	123°30'	980 m	91.7	8.3	

as in Douglas-fir, the allelic types coding for double-band enzymes in the zymogram occur predominantly in moderate climate zones, whereas the alleles coding for single-band enzymes are more frequently found in colder areas. However, the frequency values of the corresponding alleles in both tree species do not reach the same levels (see Tab. 1 and 2), which may be dependent on the probable differences in intensity of the effective climatic factors or is related to a species-specific enzyme behaviour. The so-called null-alleles (without enzyme activity in the zymogram) appearing in both tree species nearly always have a constant but low frequency, which can be explained as a constant rate of negative mutations. Although the selective climatic factors responsible for the different allele preferences are not yet identified, this marked genetic variation should be a valuable help for the necessary provenance differentiation. In further investigations, we are trying to detect the one or more temperature factors that are correlated with the allele frequencies determined at the SAP-loci in forest tree seeds.

Summary

In the endosperm of dormant seeds of Norway spruce and Douglas-fir, a gene locus coding for acid phosphatases (SAP) could be identified, which shows a marked environmentally-dependent variation. In both tree species, the SAP-alleles coding for single-band enzymes in the zymogram dominate in colder zones, whereas the alleles coding for double-band enzymes are more frequent in all moderate climate zones of the ranges, respectively. It is assumed

that one or more temperature parameters represent the selective factors.

Key words: Adaptive Isoenzyme Polymorphism, Acid Phosphatases, Conifer Seeds, Genetic Variation, Climate Zones.

Zusammenfassung

Im Endosperm von Fichten- und Douglasien-Samen konnte ein saure Phosphatasen (SAP) steuernder Isoenzym-Genlocus identifiziert werden, der eine deutliche umwelt-abhängige Variation aufweist. Dabei zeigte es sich, daß sowohl bei Fichte als auch bei Douglasie die SAP-Allele, die sich phänotypisch im Zymogramm als Einband-Enzyme ausprägen, in kälteren Zonen des jeweiligen Verbreitungsgebietes dominieren, während die SAP-Allele, die sich als Doppelband-Enzyme ausprägen, jeweils in den gemäßigten Klimazonen häufiger vorkommen. Man kann daraus schließen, daß ein oder mehrere Temperatur-Parameter für eine derartige Selektion an diesem Isoenzym-Locus der Koniferen-Samen verantwortlich sind.

References

- BERGMANN, F.: The genetics of some isoenzyme Systems in spruce endosperm (*Picea abies*). Genetika 6, 353-360 (1974). — FERET, P. P. and BERGMANN, F.: Gel electrophoresis of proteins and enzymes. In: Modern Methods in Forest Genetics. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York (1976) (im Druck). — HOLZER, K.: Die See-höhengliederung der Fichtentypen in den österreichischen Alpen. In: Forstsamengewinnung und Pflanzenanzucht für das Hochgebirge. BLV-Verlagsgesellschaft, München (1964). — HOLZER, K. and NATHER, J.: Die Identifizierung von forstlichem Vermehrungsgut. In: 100 Jahre Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien (1974). — STERN, K. and ROCHE, L.: Genetics of Forest Ecosystems. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York (1974).

Möglichkeiten der Früherkennung quantitativer Saatgutertragsleistungen bei Klonen von *Pinus sylvestris* L. in Samenplantagen

Von Gabriele BAUMEISTER¹⁾

Institut für Forstpflanzenzüchtung der
Hessischen Forstlichen Versuchsanstalt
Hann. Münden

(Eingegangen Mai 1973 / Oktober 1975)

Einleitung

Die Anlage von Samenplantagen als Möglichkeit zur Verbesserung der Saatgutversorgung gehört heute zum festen Bestandteil der Forstpflanzenzüchtung. Hierbei sind zwei Forderungen zu erfüllen:

- das Saatgut aus Samenplantagen muß in seinen Nachkommenschaften eine deutliche Leistungssteigerung gegenüber vergleichbaren Bestandesabsaaten bringen
- die Saatguterträge der Samenplantage müssen ökonomisch vertretbar sein.

Im allgemeinen geht man beim Aufbau einer Samenplantage von verklontem Plusbaummaterial aus, das zunächst meist nach rein phänotypischen Merkmalen ausge-

¹⁾ Adr.: Dr. G. BAUMEISTER, 351 Hann. Münden, Prof. Oelkers-Str. 6, BRD

wählt wird. Die geforderte Leistungssteigerung gegenüber den Bestandesabsaaten ist bei dieser Form der Auswahl nicht ohne weiteres vorauszusetzen. Erst eine Prüfung des Zuchtwertes, wie auch der Kombinationseignung der am Plantagenaufbau beteiligten Klone kann Aufschluß über ihre Veranlagung bringen und macht den Weg zur angestrebten Hochzucht-Plantage frei.

Material und Methodik

In bisher fünfjährigen Kreuzungsversuchen auf drei Kiefern-Samenplantagen wurde versucht, bereits in diesem Frühstadium der Prüfung Auskünfte über klonspezifisches Verhalten der ausgewählten Plusbäume zu erhalten.

Das von uns verwendete Prüfverfahren gliedert sich in zwei einanderfolgende Abschnitte:

- I. Kombination der Klone in kontrollierten Kreuzungen, Selbstungen und klonweise Beerntung der Freien Abblüte (Saatgutgewinnung).
- II. Freilandtest der erhaltenen Nachkommenschaften bei Variation des Standortes, mit parallelem Vergleich der vegetativ vermehrten Elternklone und von Absaaten entsprechenden Bestandes- bzw. Handelssaatgutes.

Während im ersten Abschnitt vor allem Hinweise auf die Eignung der Klone für die Saatgutproduktion — Rentabilität der Plantage — gewonnen werden, stehen beim Freilandtest Leistungsprüfungen des Einzelklones und seiner Kombinationen, vor allem das Adaptationsvermögen an den Standort, sein Wuchs- und Resistenzverhalten im Vordergrund. Erst nach abschließender Bewertung der Ergebnisse aus beiden Prüfabschnitten kann eine Auswahl der Klone zur Anlage von Hochzucht-Plantagen getroffen werden.

Im Frühjahr 1968 wurde für 65 ausgewählte Klone von *Pinus sylvestris*, ausgepflanzt in drei Samenplantagen der Hessischen Staatsforstverwaltung im Weserbergland, der erste Prüfabschnitt eingeleitet. Jeder Klon ist mit jeweils 25—30 Pflöpfingen vertreten. Das Material stammt von ausgewählten Plusbäumen folgender Herkünfte:

Samenplantage Hombressen:

Kontinentale Tieflagen: *Chorin* und *Rendsburg* (Ostpreußen)

Samenplantage Gahrenberg:

Hessische Herkünfte: *Homburg*, *Kirtorf*, *Romrod*, *Nieder-Ohmen* (Basalt-Vogelsberg)

Samenplantage Veckerhagen:

Bayerische Herkünfte: *Stettfeld*, *Ebern* (Haßwald).

Insgesamt 9 Klone aus diesen drei Herkunftsgebieten wurden als 'Testgameten' in einem unvollständigen Diallel ('Partielle Gametenselektion' nach FRÖHLICH u. a., 1967) eingesetzt. Die Verwendung der gleichen Tester auf den drei voneinander isoliert liegenden Plantagen ermöglicht einen Vergleich des Kombinationsverhaltens aller Herkünfte.

In den inzwischen abgeschlossenen fünf Kreuzungsjahren wurden an mehr als 30 000 Blütenständen etwa 300 gezielte Kombinationen durchgeführt, 36 Klone wurden geselbstet und für 49 Klone liegt Saatgut aus der klonweisen Beerntung der Freien Abblüte vor, z. T. aus mehreren Jahren.

Versuche zur Kreuzungstechnik in den Jahren 1968 und 1969, bei denen verschiedene Isolierungs- und Bestäubungsmethoden der weiblichen Blüten erprobt wurden, u. a. ein Vergleich von Pergamin-, Viledontüten und Plastikschläuchen, wie auch von vier Pollen-Zerstäubertypen (M. ROHMEDER, 1954; DAGENBACH u. HAUFF, 1971; RUDEN, 1968) ergaben,

daß unter den bei uns vorliegenden klimatischen Bedingungen die Verwendung von doppelwandigen Pergamintüten verschiedener Länge und eine Handbestäubung mit Hilfe eines feinen Haarpinsels direkt auf die Blüte die besten Ansatzergebnisse brachten.

Für die statistischen Berechnungen wurde die Großrechenanlage UNIVAC — 1108 der Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung m.b.H. in Göttingen benutzt. Verwendete Standard-Software:

1. Biomedical Computer Programs. W. J. DIXON, University of California Press, Berkeley 1967
2. DRZ — Statistische Programme des DRZ, Dr. Friedrich GEBHARDT, Darmstadt 1969
3. STAT — PACK, Sperry Rand Corporation, Division UNIVAC, 1970
4. SSP — IBM.

Blühverhalten

Die 65 Klone der drei Samenplantagen konnten in den Jahren 1958 bis 1964 nur sukzessiv ausgepflanzt werden. Dadurch bot sich die Möglichkeit, verschieden alte Pflöpflinge gleicher Herkünfte bei gleichen Umweltbedingungen auf ihre Blühreaktion zu beobachten. Abgesehen von einer durch den Pflanzschock bedingten geringen Blüte in dem der Pflanzung folgenden Jahr, setzte erst im 8. Plantagenjahr wieder eine sporadische Blüte ein, die mit steigendem Alter ständig zunahm. Erst von 12 Plantagenjahren ab ist eine Blüte zu erwarten, die sich für größere Kreuzungsvorhaben lohnt. Ähnliche Erfahrungen führen BANO (1969) und NANSON (1972) für Ungarn und Belgien an. Auch hier stiegen nach einem Plantagenalter von 10 Jahren die Samenerträge merkbar an.

Die jungen Pflöpflinge scheinen zunächst überwiegend weiblich zu blühen, erst später nahm der Anteil an männlichen Blüten zu. Das Blühverhalten der Klone ist aber nicht nur vom Alter abhängig. Bei den 14- bis 15jährigen Pflöpfingen stellten wir neben Klonen mit alljährlich gutem Blütenbesatz auch solche fest, die entweder überwiegend männlich oder weiblich blühten. Schwach weiblich blühende Klone reagierten häufig mit einem verminderten Samenansatz in den Zapfen, ließen sich jedoch als Pollenspender zufriedenstellend kombinieren. Entsprechend gab es Klone, die kaum als Pollenspender, jedoch mit gutem Erfolg als weibliche Kreuzungspartner verwendet werden konnten. STERN und GREGORIUS (1972), die in ihren populationsgenetischen Untersuchungen entsprechende Erfahrungen machten, erklären diese Erscheinung mit dem Vorhandensein bestimmter Gene, die die männliche bzw. weibliche Blüte regulieren. Auch RETKES (1965) hatte schon darauf hingewiesen, daß die Zahl der männlich oder weiblich blühenden Zweige durch die genetische Veranlagung des Mutterbaumes gesteuert wird.

Der Blütenbesatz war auf den drei Samenplantagen einheitlich in der Süd- bzw. Südwestexposition der Bäume am stärksten. Die Bestäubung konnte hier 2—3 Tage eher erfolgen als bei den Blüten der Nordseiten. Die Kreuzungen wurden deshalb im Abstand von einigen Tagen wiederholt, um alle Blüten zu erfassen. Bei diesen kontrollierten Kreuzungen mit reichlichem Pollenangebot ließ der prozentuale Zapfenbehang — bezogen auf die Ausgangszahl der Blüten — keine expositionsbedingten Unterschiede erkennen. Anders verhielt sich die Freie Abblüte, die auf den Nordseiten eine Minderung des Zapfenbehangs aufwies, analog zu den Befunden von BROWN (1971). Bei ihr können sich, neben der o. a. reduzierten Blütenzahl, auch noch Bestäubungsschwierigkeiten auswirken, bedingt durch ein zu geringes Pollenangebot bei der Windbestäubung

oder aber die verspätete Bestäubungsreife auf der Nordseite, die erst einsetzt, wenn der Hauptpollenflug der Plantage bereits abgeschlossen ist.

Ernteergebnisse

Zapfenansatz

Alle in den Jahren 1968—1972 (Erntejahre 1970—1974) kontrolliert gekreuzten Blüten wurden auf ihren Zapfenansatz überprüft. Der Zapfenertrag wird in Prozent der ursprünglich bestäubten Blütenzahl ausgedrückt. Als Bezugsgröße für das Verhalten der einzelnen Klone wurde aus den jährlichen Gesamtzahlen der Blüten und Zapfen für jede Plantage ein 'Plantagenmittel' errechnet. Die Plantagenmittelwerte, die auf den drei Plantagen unterschiedlich hoch lagen, ließen dennoch gleichsinnig verlaufende Schwankungen zwischen den Jahren erkennen (Abb. 1). Danach wechselt der Zapfenertrag zwischen *guten* und *geringeren* Jahren. Ein Vergleich des Kurvenverlaufs der *Plantagenmittel* scheint auf eine Konsolidierung des mittleren Ertrages mit steigendem Plantagenalter hinzuweisen, zumindest bei den beiden älteren Plantagen Hombressen und Gahrenberg. Bei der Plantage Veckerhagen, mit ihrem höheren Anteil an jüngeren Pflanzungen, sind die jährlichen Schwankungen noch stark ausgeprägt. Schwache Blühjahre resultieren offenbar in besseren Zapfenerträgen

als starke. Der Beobachtungszeitraum ist jedoch noch zu kurz, um hier endgültige Schlüsse zu ziehen.

Von den einzelnen Klonen wurden für den Vergleich des Zapfenansatzes mit dem *Plantagenmittel* nur solche herangezogen, die in wenigstens vier der fünf Kreuzungsjahre ausreichende Zapfen/Blüte-Zahlen brachten, um eine statistische Auswertung zu ermöglichen.

Nach ihrer Anpassung an die Ansatzschwankungen der Jahre ließen sich mit Sicherheit zwei Typen von Klonen unterscheiden (Abb. 1):

Typ I reagierte konform zum *Plantagenmittel*. Etwa 70% aller Klone dürften diesem Typ entsprechen.

Typ II verhält sich den jährlichen Schwankungen gegenüber weitgehend indifferent. Die Höhe des Zapfenansatzes ist relativ konstant. Hierzu können etwa 20—30% der Klone gerechnet werden.

Ein dritter Typ, dessen Ansatzverhalten gegenläufig zu dem des *Plantagenmittels* ist, wurde bisher nur bei jeweils einem Klon in jeder Plantage beobachtet und ist noch zu überprüfen.

In Tab. 1 sind die Ergebnisse aus einer 2faktoriellen Varianzanalyse mit einfacher Besetzung (F-Test nach SACHS 1972) für die in Abb. 1 dargestellten Zapfenansatz-Typen, wie auch für das Verhalten der Klone zueinander, angeführt.

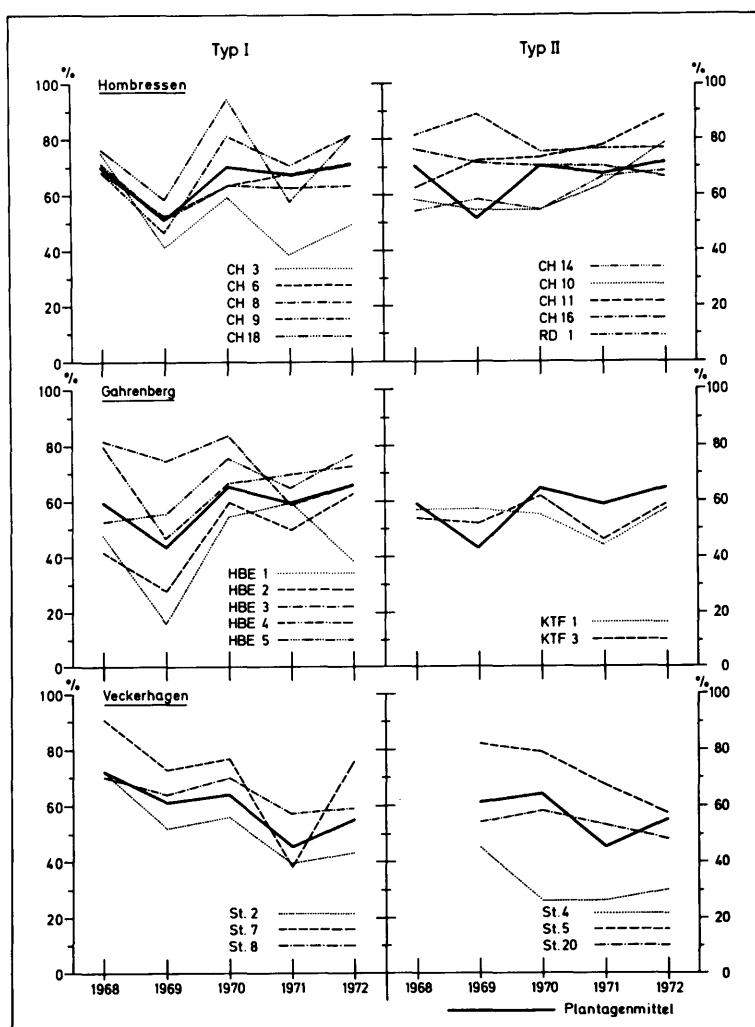


Abb. 1. — Zapfenansatz-Typen bei Kiefern-Klonen. Zapfenansatz in Prozent der ursprünglich bestäubten Blütenstände, getrennt nach den drei Kiefern-Samenplantagen. Ergebnisse der Jahre 1968—1972.

Tab. 1. — F-Werte und Signifikanzgrenzen der Unterschiede zwischen den Jahren und den Klone der beiden Zapfenansatz-Typen.

Samenplantage	Ansatz Typ	Jahre		Klone						Rest FG		
		FG	F Wert	Signifikanzgrenze			FG	F Wert	Signifikanzgrenze			
				5%	1%	0,1%			5%		1%	0,1%
Hombressen	I	4	6,17 ⁺⁺	—	4,77	7,94	4	4,05 ⁺	3,01	4,77	—	16
	II	4	1,60	3,01	—	—	4	6,99 ⁺⁺	—	4,77	7,94	16
Gahrenberg	I	4	3,27 ⁺	3,01	4,77	—	4	6,63 ⁺⁺	—	4,77	7,94	16
	II	4	5,35	6,39	—	—	1	0,08	7,71	—	—	4
Veckerhagen	I	4	5,78 ⁺	3,84	7,01	—	2	5,75 ⁺	4,46	8,65	—	8
	II	3	2,81	4,76	—	—	2	32,66 ⁺⁺⁺	—	—	27,0	6

Die jahresbedingten Unterschiede im Zapfenansatz des Klon-Typ I waren auf allen drei Plantagen signifikant abzusichern, bei Typ II traten erwartungsgemäß keine gesicherten Unterschiede auf. In beiden Zapfenansatz-Typen differierten die Einzelklone in ihrer Veranlagung zum Zapfenertrag. Neben Klone, die stets zu starkem Abwurf neigen, konnten solche festgestellt werden, die in ihren Ansatzprozenten durchweg oberhalb des *Plantagenmittels* blieben.

Für die Höhe des Zapfenansatzes ist offenbar ausschließlich der weibliche Partner bestimmend. In keinem Fall konnte eine Beeinflussung durch den eingekreuzten Pollen nachgewiesen werden. Bei Kombination von fünf verschied-

enen Pollensorten (Ch 3, Ch 8, Ch 14, Ch 16, Ch 18) mit dem gleichen weiblichen Elter Ch 11 (Typ II, s. Abb. 1) während der Jahre 1968, 1969 und 1971 ergab eine zweifache Varianzanalyse mit den Faktoren *Jahre* und *männliche Kreuzungspartner* einen F-Wert von 0,97 (Signifikanzgrenze für $\alpha = 5\%$: 4,46) für die Jahre und einen F-Wert von 0,27 (Signifikanzgrenze für $\alpha = 5\%$: 3,84) für die männlichen Kreuzungspartner.

Für den Saatgutertrag einer Samenplantage ist es wünschenswert, Klone zu finden, bei denen sich ein möglichst konstanter, hoher Zapfenansatz mit einer guten Kompatibilität gegenüber den verschiedenen Pollenspendern verbindet.

Samenansatz

Aus der Zahl der pro Kreuzungskombination geernteten Zapfen und dem aus ihnen erhaltenen Gesamtgewicht an gereinigtem Saatgut wurde der durchschnittliche Samenertrag pro Zapfen errechnet. Nachdem wir im Erntejahr 1971/72 die Kornzahlen pro Zapfen — aufgliedert nach Voll- und Hohlkornanteil — für gezielte Kombinationen, Selbstungen und Freie Abblüten ausgezählt hatten, verwendeten wir in den übrigen Jahren zur Arbeitsvereinfachung folgende Berechnungsformel:

$$\text{mittleres Samengewicht pro Zapfen} \times 1000 = \text{Kornzahl pro Zapfen}$$

Tausendkorngewicht

Ein Vergleich der ausgezählten und der berechneten Kornzahlen brachte gute Übereinstimmungen, wie das Beispiel der Kreuzung *St. 2* \times *St. 5* (Samengewicht/Zapfen:

$$0,154; \text{TKG} : 6,88) \text{ zeigt: } \frac{0,154 \times 1000}{6,88} = 22,4 \text{ Vollkörner/Zapfen (ausgezählt: 23 Vollkörner).}$$

Die Gesamtkornzahlen pro Zapfen, die letztlich von der Anzahl der befruchtungsfähigen Samenanlagen abhängig sind, variierten in unseren Versuchen zwischen 10 bis etwa 40 ausgebildeten Körnern. Für die Mehrzahl der Klone lag der durchschnittliche Kornbesatz zwischen 20 bis 30 Körnern, analog zu den Ergebnissen bei BANO (1969) und BROWN (1971). Der eingekreuzte Pollen wirkte sich auf die Gesamtkornzahl ebensowenig aus wie auf den vorher besprochenen Zapfenansatz, soweit der Pollen in guter Qualität und ausreichender Menge angeboten wurde. Der Anteil der Hohlkörner an der Gesamtkornzahl war hingegen ein Maßstab für die Kompatibilität der beiden Kreuzungspartner.

Freie Abblüte

Der Samenertrag der Freien Abblüte gleicher Mutterklone blieb im allgemeinen weit unter dem ihrer kontrolliert bestäubten Kombinationen (Abb. 2). Die 1971 durchgeführte Analyse auf Gesamt-, Voll- und Hohlkornanteil pro Zapfen ergab, daß bei der Freien Abblüte weniger Samenanlagen befruchtet worden waren als bei den kontrollierten Kreuzungen, seien es nun Fremdlingen oder Selbstungen. Nur in Einzelfällen, z. B. HBE 2 in Abb. 2, entsprachen die Gesamtkornträge der frei-bestäubten Zapfen den für den Klon erreichbaren Werten.

Der Vergleich der Samengewichte pro Zapfen zeigte in der Freien Abblüte der einzelnen Klone erstaunliche Übereinstimmung in den Jahreswerten:

Klon	1969	1970	1971	1972
Ch 3	0,083 g	0,100 g	0,100 g	0,086 g
St. 8	0,050 g	0,049 g	0,052 g	0,048 g
St. 7	0,040 g	0,029 g	0,031 g	0,050 g
KTF 3	0,011 g	0,022 g	0,033 g	0,031 g

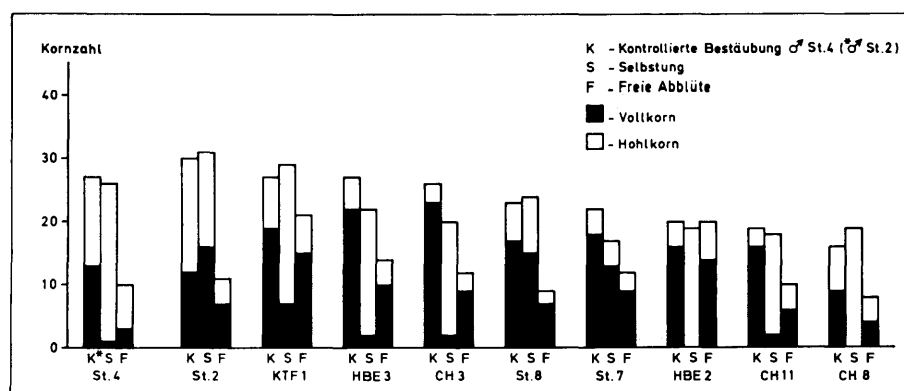


Abb. 2. — Gesamt-, Voll- und Hohlkornzahlen pro Zapfen bei Kombination verschiedener weiblicher Klone mit dem ♂ Elter St. 4 (St. 2⁺), in ihren Selbstungen und bei Freier Abblüte im Erntejahr 1971.

Es scheint, als ob die Veranlagung des weiblichen Elternteils einen bedeutenden Einfluß auf die Höhe des Samenertrags pro Zapfen ausübt. Auf diese Frage wird später noch näher einzugehen sein.

Unsere Befunde eines in der Freien Abblüte verminderten Samenertrages stehen in Gegensatz zu den Erfahrungen von BROWN (1971), der in der Freien Abblüte bessere Kornserträge als bei den kontrollierten Kreuzungen fand. Die Erklärung ist wahrscheinlich in der unterschiedlichen Kreuzungsmethodik zu suchen. Während unsere Pinselbestäubung der weiblichen Blüte ein optimales Pollenangebot bietet, vermutet BROWN als Ursache für den geringen Ansatz in seinen kontrollierten Kreuzungen u. a. die nur in einer Richtung wirkende Pollenzufuhr durch den Zerstäuber, eine mangelnde Pollenzirkulation in den Isolierungsschläuchen und einen möglicherweise falschen Zeitpunkt der Bestäubung.

Selbstungen

Die Selbstungen wurden entsprechend den kontrollierten Kombinations-Kreuzungen mit der Pinselbestäubung durchgeführt. Im Selbstfertilitätsverhalten waren Klon- und auch Herkunftsunterschiede zu erkennen. Nur bei 4 der untersuchten 36 Klone wurde eine eingeschränkte Selbstfertilität festgestellt, vor allem die Klone der hessischen und kontinentalen Herkünfte waren hochgradig selbststeril.

Wie Abb. 2 zeigt, bringen Selbstungen und Fremdbestäubungen annähernd gleiche Gesamtkornzahlen, die Selbststerilität äußert sich nur in dem hohen Anteil an Hohlkorn, der meist zwischen 90—100% lag. Das deckt sich mit den Befunden von Koski (1973), nach denen etwa 90% der Samen aus Selbstungen bei Kiefern bereits vor der Samenreife ausgeschaltet werden.

Die fast gleiche Zahl der zur Entwicklung gekommenen Samenanlagen bei Selbstungen und Fremdbestäubungen unter optimalen Bestäubungsbedingungen deutet darauf hin, daß die Unverträglichkeitsreaktion mit dem eigenen Pollen nicht in einer Befruchtungsschranke zu suchen ist. HAGMAN und MIKKOLA (1963) fanden bei Selbstbestäubungen an *Pinus peuce*, daß eine Samenanlage sich nur dann entwickelte, wenn sie Pollen erhalten hatte. Die Entwicklung der Pro-Embryonen verlief konform zu der bei Fremdbestäubungen. KRIEBEL (1967) und Koski (1971) beobachteten bei *Pinus strobus* resp. bei *Pinus sylvestris* eine gleichverlaufende Entwicklung der Pro-Embryonen bis wenigstens zum Stadium der ersten Suspensorbildung. Erst dann starb bei den Selbstungen der Embryo ab. Als Ursache ist eine

Häufung von Letalgelen anzunehmen, die auch nach BRAMLETT und POPHAM (1971) hauptverantwortlich für den hohen Anteil an Hohlkörnern bei Inkompatibilitätsreaktionen sind, wenn außer genetische Faktoren, wie z. B. ein nicht ausreichendes Pollenangebot auszuschließen sind. Auch bei Fremdbestäubungen durch Partner gleicher Herkunftsgebiete kann eine Kumulation von Letalgelen zu hohen Hohlkornanteilen führen, wie aus dem Beispiel der Kreuzungskombination St. 2 × St. 4 und reziprok mit mehr als 50% Hohlkornanteil (Abb. 2) geschlossen werden kann.

Kreuzungskombinationen

Bei den kontrollierten Kreuzungskombinationen, die die höchsten Samenerträge pro Zapfen brachten, betrug der Hohlkornanteil im Durchschnitt 20% (Koski, 1971: 18,2%). Je nach der Kompatibilität mit dem männlichen Partner variierte er zwischen 4 bis über 50%. Gute Pollenverträglichkeit äußerte sich in gleichmäßig guten Samenerträgen während aller Versuchsjahre.

An außer genetischen Faktoren können Pollenmenge und Pollenqualität den Samenansatz beeinflussen. Der Pollen kann witterungsbedingt in einzelnen Jahren eine Qualitätseinbuße erfahren, er kann ebenso auch klonbedingt zu Defekten neigen. Keimprüfungen des Pollens, jährlich parallel zu den Kreuzungen vorgenommen, geben die notwendigen Hinweise.

Klonbedingte Pollendefekte waren z. B. bei dem Klon *Stettfeld 2* zu beobachten, der bei einem hohen Anteil an Pollenkörnern mit beschädigten Luftsäcken alljährlich sehr niedrige Keimraten hat. In allen Kombinationen erwies sich dieser Klon als schlechter männlicher Partner, mit unterdurchschnittlichem Samenertrag.

Der gleiche Klon ließ sich als weiblicher Elter mit geeigneten Partnern durchaus zufriedenstellend kombinieren, wie ein Vergleich der Vollkornserträge aus Kombinationen mit 5 verschiedenen Partnern zeigt:

	1968/70	1969/71	1970/72	1971/73
♀ 'St. 2'				
×				
♂ Ch 14	31	32	—	—
HBE 2	—	27	27	—
HBE 3	—	27	—	27
St. 5	24	23	22	23
St. 4	20	18	13	20

Die in den Kombinationen mit St. 5 und St. 4 (gleiche Herkunft!) verminderten Kornzahlen lassen das Vorhan-

densein von Letalgenen vermuten, ähnlich wie die bereits besprochene Kombination St. 4 × St. 2.

Die Überprüfung des Kornertrages pro Zapfen bzw. der Hohl- und Vollkornanteile bei den einzelnen Klonkombinationen, ermöglicht uns bereits jetzt, Aussagen zur Eignung einer Anzahl von Klonen als weiblicher oder männlicher Kreuzungspartner zu machen.

Klonbedingte Unterschiede

Samenertrag

Ähnlich wie beim Zapfenansatz liegen auch beim Samenertrag pro Zapfen klonbedingte Unterschiede vor, wie die Ergebnisse bei der Freien Abblüte erkennen ließen. Bei den kontrolliert gekreuzten Klonkombinationen trat die Tendenz der weiblichen Elterklone zu hohen oder niedrigen Kornerträgen noch deutlicher hervor, da hier der Faktor der unzureichenden Pollenversorgung auszuschließen war. Jeder Klon zeigte ein spezifisches Variationsmuster, das sich während der 5 Prüffahre wiederholte. In fünf verschiedenen Testkonstellationen — berechnete und ausgezählte Gesamtkornerträge, mittlerer Vollkornerntrag, absolut erreichte Maximum- und Minimum-Zahlen je Klon — wurden an 41 Einzelklonen im paarweisen Mittelwertvergleich — t-Test-Programm PAMV (Irrtumswahrscheinlichkeit 0.05) — die erhaltenen Werte aus den kontrollierten Kreuzungen überprüft. Hierbei ließen sich drei Klongruppen absichern, innerhalb derer die Klone mit fließenden Übergängen einzuordnen waren:

1. Gruppe: 5 Klone mit Gesamtkornzahlen zwischen 5 bis max. 19
2. Gruppe: 24 Klone mit Gesamtkornzahlen zwischen 20 bis max. 30
3. Gruppe: 12 Klone mit Gesamtkornzahlen zwischen 31 bis max. 40

lenspenders als ohne Bedeutung für den Gesamtkornertrag pro Zapfen erweisen, bei der Voraussetzung, daß der Pollen in ausreichender Menge angeboten worden war. Wir untersuchten deshalb den Einfluß verschiedener männlicher Partner bei Einkreuzung in den gleichen Mutterklon, resp. Kombinationen des gleichen Vaters mit verschiedenen Müttern. Da während der fünf Kreuzungsjahre nicht jede Kombination in allen Jahren wiederholt werden konnte, wurden zu den varianzanalytischen Untersuchungen nur solche Klonkombinationen herangezogen, für die Werte aus wenigstens drei gleichen Jahren vorlagen. In der Varianzanalyse mit doppelter Gruppierung sollte neben dem Einfluß der Kombinationspartner auch der der Kreuzungsjahre festgestellt werden. Grundlage der Berechnungen waren die jeweiligen Samengewichte/Zapfen der einzelnen Kombinationen. Von den insgesamt 15 weiblichen und 8 männlichen Klonen, die auf diese Weise überprüft werden konnten, sind in Tab. 3 die Ergebnisse für 5 Klone aufgezeigt, die sowohl als männlicher als auch als weiblicher Partner den Versuchsanforderungen entsprachen.

In keinem Fall konnte eine Beeinflussung der Höhe des Gesamtkornertrages durch den männlichen Elter abgesichert werden, während sich die Mutterklone bei Einkreuzung mit dem gleichen Pollenspender meist hochsignifikant unterschieden. Die Berechnung der Varianzkomponenten (nach LINDER, 1964 und WEBER, 1972) für die in Tab. 3 aufgeführten Klone ergab (Abb. 3):

gleicher Pollenspender — verschiedene Mutterklone: der

Tab. 2. — Ergebnisse des Bartlett- und des t-Testes zur Prüfung von Gruppenunterschieden im Kornertrag pro Zapfen.

Vergleich Klongruppen	Bartlett-Test auf Gleichheit der Varianzen			t-Test auf Gleichheit der Mittelwerte		
	FG	Chi- quadrat	Irrtumswahr- scheinlich.	FG	t	Irrtumswahr- scheinlich.
<i>Gesamtkornzahl/Zapfen (ausgezählt 1971/72)</i>						
1—2	1	0.855	0.355	27	6.532	0.000
1—3	1	1.303	0.254	15	8.797	0.000
2—3	1	0.271	0.603	34	4.823	0.000
<i>Gesamtkornzahl/Zapfen (berechnet)</i>						
1—2	1	0.620	0.431	27	6.423	0.000
1—3	1	0.948	0.330	15	10.873	0.000
2—3	1	0.191	0.662	34	7.901	0.000
<i>mittlere Vollkornzahl/Zapfen</i>						
1—2	1	0.043	0.836	27	5.186	0.000
1—3	1	0.006	0.937	15	9.223	0.000
2—3	1	0.196	0.658	34	7.818	0.000

Die Ergebnisse für drei der fünf Testanordnungen sind in Tab. 2 dargestellt.

Die Zugehörigkeit der Klone zu den einzelnen Gruppen konnte in einer Diskriminanzanalyse (Programm MDISC) für die Gruppe 1 mit Wahrscheinlichkeiten von 98 bis über 99% nachgewiesen werden. In den Gruppen 2 und 3 sanken an den Übergangsstellen zu den benachbarten Klongruppen die Wahrscheinlichkeiten für die Gruppenzugehörigkeit der betreffenden Klone bis auf 70% ab, so daß auch zwischen den Gruppeneinteilungen fließende Übergänge in den Kornzahlen zu vermuten sind.

Die o. a. Untersuchungen gingen von der Annahme aus, daß allein der weibliche Elter den Gesamtkornertrag bestimmt. In diesem Fall mußte sich der Einfluß des Pol-

Einfluß der Mutterklone auf die Varianz konnte bis zu 50% ansteigen, der Einfluß der Jahre war meist nur gering;

gleiche Mutter — verschiedene Pollenspender: fast kein Einfluß der Pollenspender, häufig jedoch starker Anteil der unterschiedlichen Jahreseinflüsse an der Gesamtvarianz.

Daß in Ausnahmefällen die Pollenqualität eine Rolle spielen kann, zeigt das Beispiel des Klones St. 2 als Pollenspender. Wie bereits angeführt, enthält der Pollen dieses Klones immer einen hohen Prozentsatz an defekten Pollenkörnern (in einzelnen Jahren bis zu 80%). Auch bei reichlichem Pollenangebot wird nur ein Teil der Samenanlagen befruchtet, die annähernd mögliche Gesamtkornzahl der Mutterklone wird bei weitem nicht erreicht. Die Zahlen der Vollkornernträge der Mutterklone gleichen sich an,

Tab. 3. — F-Werte der Varianzanalyse mit doppelter Gruppierung zur Prüfung der Beeinflussung der Höhe des Samenertrages/Zapfen durch die Partnerklone und die Kreuzungsjahre.

Einfluß durch	FG	F-Wert	Signifikanzgrenze			Einfluß durch	FG	F-Wert	Signifikanzgrenze		
			5%	1%	0,1%				5%	1%	0,1%
Klon: <i>Ch 8</i>						als ♂ Partner					
♀ Klone	11	5,68 ⁺⁺⁺	—	—	4,39	♂ Klone	2	0,84	6,94	—	—
Jahre	4	8,87 ⁺⁺⁺	—	—	6,59	Jahre	2	4,92	6,94	—	—
Rest	24					Rest	4				
Klon: <i>Ch 14</i>						als ♀ Partner					
♀ Klone	7	5,27 ⁺⁺	—	4,14	6,78	♂ Klone	1	2,92	18,51	—	—
Jahre	4	1,23	3,06	—	—	Jahre	2	20,26 ⁺	19,00	99,00	—
Rest	15					Rest	2				
Klon: <i>HBE 2</i>						als ♂ Partner					
♀ Klone	6	4,91 ⁺⁺	—	4,32	7,09	♂ Klone	4	1,30	3,84	—	—
Jahre	3	0,14	3,29	—	—	Jahre	2	2,64	4,46	—	—
Rest	15					Rest	8				
Klon: <i>HBE 3</i>						als ♀ Partner					
♀ Klone	5	4,47 ⁺	3,11	5,06	—	♂ Klone	2	0,60	5,14	—	—
Jahre	3	2,25	3,49	—	—	Jahre	3	0,26	4,76	—	—
Rest	12					Rest	6				
Klon: <i>St. 2</i>						als ♂ Partner					
♀ Klone	10	1,65	2,32	—	—	♂ Klone	1	0,16	10,13	—	—
Jahre	4	2,50	2,84	—	—	Jahre	3	0,69	9,28	—	—
Rest	21					Rest	3				

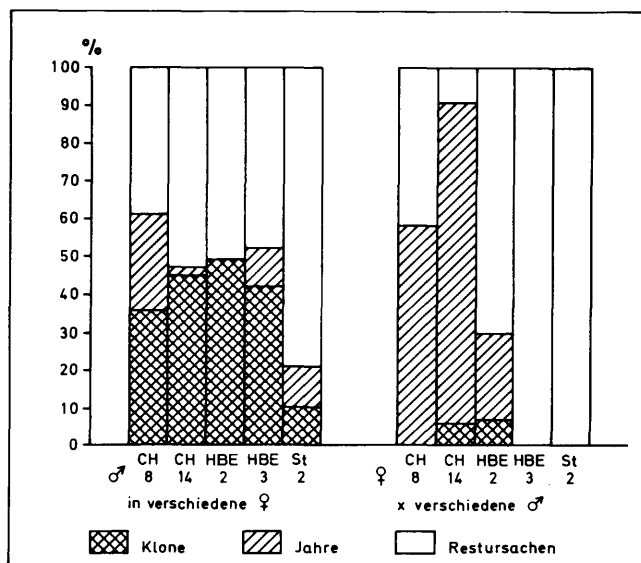


Abb. 3. — Anteile der Varianzkomponenten bei unterschiedlicher Verwendung gleicher Klone als männliche oder weibliche Kreuzungspartner (siehe Tab. 3).

Klonunterschiede lassen sich nicht mehr absichern (siehe Tab. 3).

Normalerweise ist der Gesamtkornerntrag durch die Veranlagung des Mutterklones determiniert, wie die o. a. Beispiele ergaben. Ob diese Verhältnisse auch für die Freie Abblüte mit ihrem verringerten Pollenangebot zutrafen, sollte durch eine Gegenüberstellung der Saatguterträge gleicher Klonmütter aus kontrollierten Kreuzungen und Freier Abblüte für jede Samenplantage getrennt überprüft werden (Abb. 4). Verglichen wurden die Ertragsmittel aus den Kreuzungsjahren 1969 bis 1972, wobei die jeweiligen Pollenspender unberücksichtigt blieben. Zur Berechnung verwendeten wir das Modell der gemischten dreifaktoriellen Varianzanalyse mit einfacher Besetzung, die Variablen 1 und 2 fest, die Variable 3 zufällig (nach WEBER, 1972).

Wie Tab. 4 zeigt, sind sowohl die Unterschiede zwischen den Klonen als auch zwischen den beiden Bestäubungsverfahren hochsignifikant.

Die Kreuzungsjahre wirken sich — wenn auch geringer — gleichfalls auf die Höhe der Samenerträge aus. Interaktionen zwischen den Klonen und den Bestäubungsverfahren, bzw. zwischen den Klonen und Jahren waren nicht nachweisbar. Interaktionen zwischen den Bestäubungsverfahren und den -jahren ließen sich für die Samenplantagen Gahrenberg und Veckerhagen mit 1% resp. 5% Signifikanz absichern, allerdings nicht für die Plantage Hombressen.

Für die unterschiedlichen Reaktionen auf den drei Plantagen bietet sich auch hier wieder der Klon St. 2 als Ursache an. Wegen seiner alljährlich sehr starken männlichen Blüte war dieser Klon zunächst als Tester ausgewählt worden und darf auf der Samenplantage Veckerhagen als Hauptpollenspender für die Freie Abblüte gelten. In den kontrollierten Klonkombinationen wurde er bisher nur in den Plantagen Veckerhagen und Gahrenberg eingekreuzt, nicht aber in die Klone der Plantage Hombressen. Bei der bereits angeführten Polleninsuffizienz der Stettfeld 2 können sich Interaktionen zwischen den Bestäubungsmethoden und den Jahren um so mehr auswirken, je stärker dieser Klon am Gesamtpollenangebot des jeweiligen Jahres oder des Bestäubungsverfahrens beteiligt ist.

Abgesehen von solchen Sonderfällen der Polleninsuffizienz einzelner Klone, darf nach den vorliegenden Ergebnissen als gesichert angenommen werden, daß die Ertrags- höhe der Samenplantage weitgehend durch die Veranlagung des Mutterklones bestimmt wird. Auch bei bester Pollenversorgung sind aus Klonen mit geringer Samenertragsveranlagung (z. B. 5—14 Korn/Zapfen) keine hohen Samenernten zu erwarten. Erst die Kombination gut veranlagter weiblicher Klone mit geeigneten Pollenspendern sichert eine ausreichende Saatgutversorgung.

Tausendkorngewicht

Der weibliche Kreuzungspartner ist ebenfalls für das Gewicht, die Größe, Form und Farbe des Samenkornes maßgebend. Die Disposition der Mutter läßt einen Einfluß durch das Kreuzungsjahr oder durch den männlichen Partner nur innerhalb einer klonbedingten Variationsbreite zu. Für das Tausendkorngewicht (TKG) — bestimmt aus gereinigten Vollkornernträgen — werden in Tab. 5 Zwei Beispiele angeführt.

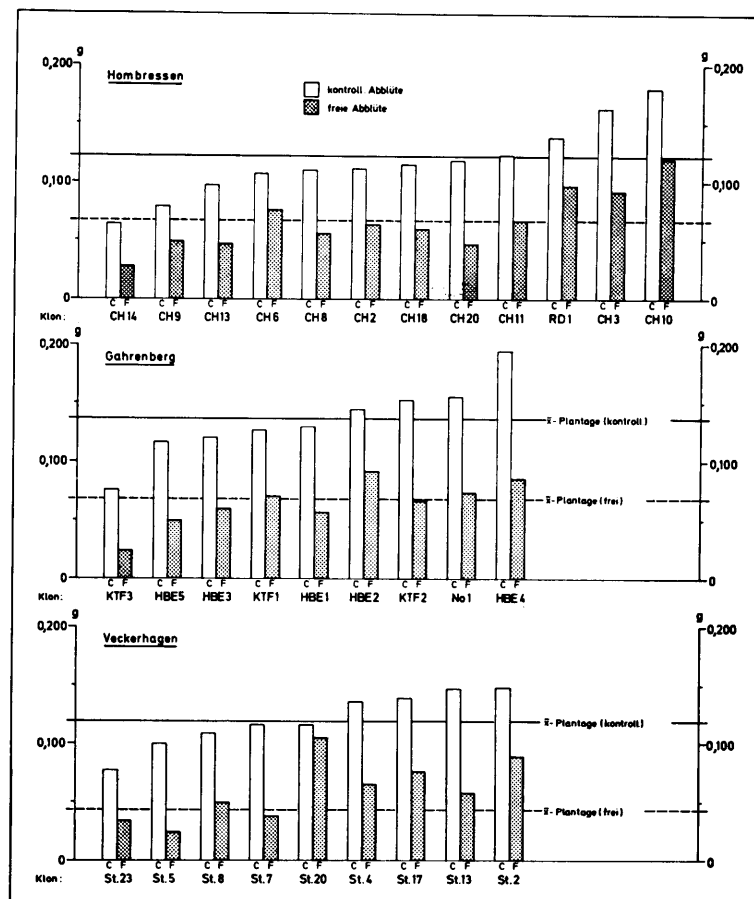


Abb. 4. — Vergleich der durchschnittlichen Samengewichte pro Zapfen bei kontrollierten Kreuzungen und Freien Abblüten verschiedener Mutterklone in den drei Samenplantagen. Gesamtmittelwerte aus den Jahren 1969–1972.

Tab. 4. — Vergleich der Samenerträge/Zapfen in den drei Samenplantagen 3-faktorielle Varianzanalyse, gemischtes Modell, mit einfacher Besetzung

1. Unterschiede zwischen den Klonen (fest)
2. Unterschiede zwischen kontroll. und freier Bestäubung (fest)
3. Unterschiede zwischen den Jahren (zufällig)
- 1–2. Interaktionen Klon — Bestäubungsmethoden
- 1–3. Interaktionen Klon — Jahre
- 2–3. Interaktionen Bestäubungsmethoden — Jahre

		FG	SQ	MQ	F-Wert	Signifikanz-Niveau		
						5 %	1 %	0,1 %
Hombressen								
1 Klon	11	70496,61	6408,78	17,30***	—	—	—	4,23
2 Best.Methoden	1	60752,34	60752,34	1598,00***	—	—	—	13,29
3 Jahre	3	3284,78	1094,93	3,35*	2,89	4,44	—	—
1–2	11	4065,03	369,55	1,13	2,09	—	—	—
1–3	33	14993,83	454,36	1,39	1,81	—	—	—
2–3	3	114,87	38,29	0,12	2,89	—	—	—
Rest	33	10767,24	326,28					
Gesamt	95	164474,70						
Gahrenberg								
1 Klon	8	40408,00	5051,00	12,94***	—	—	—	4,99
2 Best.Methoden	1	97608,33	97608,33	61,05***	—	—	—	14,03
3 Jahre	3	3941,04	1313,68	4,30*	3,01	4,72	—	—
1–2	8	5577,29	697,16	2,28	2,36	—	—	—
1–3	24	9368,33	390,35	1,28	1,98	—	—	—
2–3	3	4796,27	1598,76	5,24**	—	4,72	7,55	—
Rest	24	7326,58	305,27					
Gesamt	71	169025,84						
Veckerhagen								
1 Klon	8	26844,53	3355,57	2,46*	2,36	3,36	—	—
2 Best.Methoden	1	34980,12	34980,12	10,13**	—	7,82	14,03	—
3 Jahre	3	15361,15	5120,38	4,59*	3,01	4,72	—	—
1–2	8	14185,75	1773,22	1,59	2,36	—	—	—
1–3	24	32713,46	1363,06	1,22	1,98	—	—	—
2–3	3	10359,27	3453,09	3,10*	3,01	4,72	—	—
Rest	24	26745,34	1114,39					
Gesamt	71	161189,62						

Die männlichen Partner bleiben bei Einkreuzung in die gleiche Mutter ohne nachweisbaren Einfluß, die Tausendkorngewichte der Mutterklone heben sich, bei Einkreuzung des gleichen Pollenspenders, deutlich voneinander ab.

Ein Vergleich der TKG bei 25 Klonen über einen Zeitraum von vier Jahren ergab sowohl in den Freien Abblüten als auch in den kontrollierten Kreuzungen durchschnittliche Gewichte zwischen 6 g bis 11 g, je nach der klonalen Veranlagung, und kam damit dem für Handelsaatgut geforderten Durchschnitt von 6,3 g (ROHMEDER, 1972) nach. Herkunftsabhängige Unterschiede im Tausendkorngewicht wurden nicht beobachtet (Abb. 5). Die Freien Abblüten hatten durchweg höhere Korngewichte als die kontrollierten Kombinationen, auch die Jahre wirkten sich unterschiedlich aus. Die Unterschiede zwischen den Klonen konnten in einer zweifaktoriellen Varianzanalyse (WEBER, 1972) mit F-Werten von 59,82+++ resp. 38,13+++ ebenso abgesichert werden wie die Unterschiede zwischen den beiden Bestäubungsmethoden (F-Wert: 86,91+++) und zwischen den Jahren (F-Wert: 53,61+++).

Entsprechende Ergebnisse erhielten wir, wenn wir die durchschnittlichen Kornzahlen/Zapfen für die einzelnen Klonen und Jahre verglichen. Mit steigender Kornzahl pro Zapfen sank das Gewicht des Einzelkornes. In Jahren mit großen Ernteerträgen, wie z. B. 1974, war das TKG allgemein deutlich niedriger als in Jahren mit geringer Ernte. Die Annahme, daß zwischen der Höhe des TKG und den Kornzahlen pro Zapfen Korrelationen bestehen müssen, lag nahe. Als Grundlage zur Berechnung der Korrelationen verwendeten wir:

1. die Gesamt-Jahresmittel der einzelnen Mutterklone, ge-

Tab. 5. — Vergleich der TKG in kontrollierten Bestäubungen der gleichen Mutter mit verschiedenen Pollenspendern bzw. Einkreuzung des gleichen Pollenspenders in verschiedene Mütter. 2-faktorielle Varianzanalyse, F-Test (SACHS, 1972).

♀ St. 8	1969	1970	1971	\bar{x} Klone	♂ HBE 3	1969	1970	1971	\bar{x} Klone
♂					♀				
St. 4	5,53	5,92	5,37	5,61	St. 7	8,12	5,74	7,12	6,99
Ch. 8	7,43	5,65	5,72	6,27	St. 8	6,16	5,89	6,19	6,08
HBE 2	6,17	5,70	6,05	5,97	HBE 2	8,01	8,13	8,33	8,16
HBE 3	6,16	5,89	6,19	6,08	HBE 4	8,69	7,60	7,26	7,85
Rom 1	6,29	5,71	6,11	6,04	HBE 5	9,33	9,45	10,08	9,62
\bar{x} Jahre	6,31	5,77	5,88		\bar{x} Jahre	8,06	7,36	7,80	

	F-Wert	Sign. Niveau 5%	1%	0,1%		F-Wert	Sign. Niveau 5%	1%	0,1%
Klone	0,81	3,84	—	—	Klone	13,37**	—	7,01	14,39
Jahre	1,89	4,46	—	—	Jahre	1,58	4,46	—	—

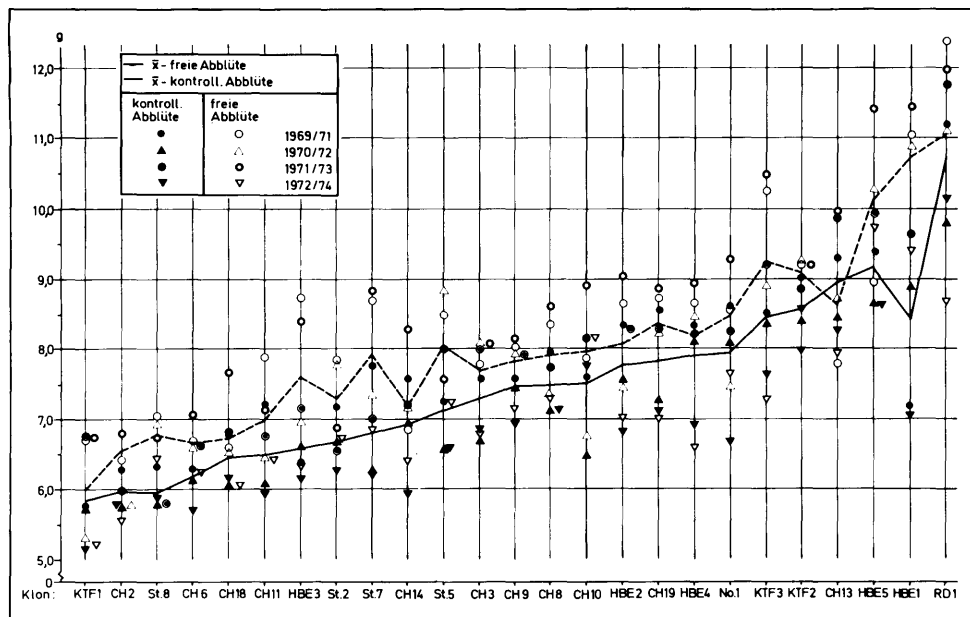


Abb. 5. — Tausendkorngewichte von 25 Kiefern-Klonen in kontrollierten Kreuzungen und bei Freier Abblüte. Gesamtmittel sowie Jahresmittelwerte für die Kreuzungsjahre 1969—1972.

- bildet aus den Ergebnissen aller kontrollierten Kombinationen, den Selbstungen und den freien Bestäubungen;
2. die jährlichen Mittelwerte nur der kontrollierten Kombinationen unter Ausschluß des Klones St. 2, infolge seiner Polleninsuffizienz;
3. die Jahresmittel der Freien Abblüte jedes Mutterklons. Die Ergebnisse in Tab. 6 bestätigen:
 - daß zwischen den Tausendkorngewichten, die in den vier Jahren für jeden Einzelklon erhalten wurden, Abhängigkeiten bestehen, sowohl bei den Gesamtmitteln als auch bei den Werten aus den kontrollierten und den freien Bestäubungen;
 - wenn auch bei gleichen Klonen signifikante Unterschiede in den absoluten TKG aus kontrollierter Kombination und Freier Abblüte nachzuweisen sind (s. o.), so sind doch starke Korrelationen zwischen beiden Bestäubungsarten vorhanden;
 - für die Kornzahlen pro Zapfen gelten entsprechende Korrelationen wie für die Tausendkorngewichte;
 - die Tausendkorngewichte und die Kornzahlen pro Zapfen sind negativ korreliert. In drei der vier Beobach-

tungsjahren erwiesen sich beim Vergleich der Gesamtmittel diese negativen Korrelationen als signifikant, während bei den Freien Abblüten die Werte in zwei Jahren und bei den kontrollierten Kreuzungen nur für das Jahr 1971/73 signifikant waren. Da bei den kontrollierten Kreuzungen durch das optimale Pollenangebot alljährlich annähernd gleich hohe Kornerträge/Zapfen erzielt werden, sind auch die Tausendkorngewichte gegenüber denen aus der Freien Abblüte ausgeglichener. Nur in Jahren mit einem allgemein reduzierten Ertrag — wie 1973 — wirken sich die verminderten Kornzahlen auch bei den kontrollierten Kreuzungen in einem Anstieg des Tausendkorngewichtes aus, die vorhandene negative Korrelation wird signifikant.

Das Tausendkorngewicht wird ebenso wie die Gesamtkornzahl pro Zapfen durch die individuelle Veranlagung des Mutterklones determiniert. Nur innerhalb eines klon-spezifischen Rahmens sind Variationen durch Umwelteinflüsse oder den männlichen Kreuzungspartner möglich. Je nach der Zahl der pro Zapfen ausgebildeten Vollkörner kann das Tausendkorngewicht ansteigen oder absinken. Die Festlegung der Tausendkorngewichte auf ihren klon-

Tab. 6. — Korrelationen bei Tausendkorngewichten und Kornzahlen/Zapfen bei 25 Klonen während der vier Beobachtungsjahre
Product-Moment-Correlations, Program MIS 1, L. POECKER

Vergleich	Korrelations-Koeffizient				PG			
	*69/71	70/72	71/73	72/74	69/71	70/72	71/73	72/74
TKG								
Gesamt-Gesamt								
1969/71		0,94***	0,94***	0,90***	20	18	20	
1970/72			0,95***	0,89***		21	23	
1971/73				0,91***			21	
Kontroll.-Kontroll.								
1969/71		0,85***	0,86***	0,90***	22	22	22	
1970/72			0,93***	0,84***		23	23	
1971/73				0,92***			23	
frei-frei Best.								
1969/71		0,81***	0,79***	0,65***	21	19	21	
1970/72			0,84***	0,86***		21	23	
1971/73				0,84***			21	
Kontr.-frei	0,87***	0,89***	0,92***	0,97***	20	23	21	23
Kornzahl/Zapfen								
Gesamt-Gesamt								
1969/71		0,60**	0,80***	0,75***	20	18	20	
1970/72			0,73***	0,68***		21	23	
1971/73				0,73***			21	
Kontroll.-Kontroll.								
1969/71		0,59**	0,66***	0,70***	22	22	22	
1970/72			0,62***	0,75***		23	23	
1971/73				0,76***			23	
frei-frei Best.								
1969/71		0,56**	0,48*	0,48*	21	19	21	
1970/72			0,54**	0,76***		21	23	
1971/73				0,47*			21	
Kontr.-frei	0,41	0,57**	0,41*	0,77***	20	23	21	23
TKG-Kornzahlen								
Gesamt-Gesamt	-0,54**	-0,25	-0,61**	-0,42*	20	21	21	23
Kontr.-Kontr.	-0,25	-0,19	-0,50*	-0,32	22	23	23	23
frei-frei Best.	-0,23	-0,43*	-0,42*	-0,31	21	23	21	23

*Jahre: Kreuzung/Ernte

typischen Rahmen gibt die Möglichkeit, sie — ähnlich wie die Samenfarbe und -form — als zusätzliches Hilfsmittel bei Klonidentifizierungen zu verwenden.

Bewertung der Ergebnisse für die Praxis

Nach fünfjährigen Beobachtungen der Einzelklone und ihrer Kombinationseignung ist es möglich, eine verhältnismäßig sichere Voraussage über den für jeden Klon zu erwartenden Samenertrag zu machen. Aus der Kenntnis des Blühverhaltens, der Veranlagung zum Zapfenansatz, der klonspezifischen Gesamtkornzahlen, wie auch aus der Kombinierbarkeit mit den geprüften Pollenspendern, können wir schon heute die ungefähren Zahlen an weiblichen Blüten festlegen, die zur Gewinnung einer bestimmten Saatgutmenge erforderlich sind.

Für die Kiefer konnten wir, nach den besprochenen Erfahrungen, eine allgemeine Faustregel aufstellen, die sich am Ansatzdurchschnitt der Samenplantagen orientiert. Bei unbekanntem Material rechnen wir für den Gewinn von 1 g Saatgut mit 8 bis 10 Zapfen. d. h. bei einem durchschnittlichen Zapfenansatz von 50% benötigen wir 18—20 Blüten für die kontrollierte Kreuzung, für die Freie Abblüte sind etwa doppelte Blüten- und Zapfenzahlen anzusetzen.

Das Berechnungsmodell läßt sich ohne weiteres auch auf andere Baumarten übertragen, z. B. auf Lärche, wenn man der Baumart entsprechend von anderen Ansätzen ausgeht.

Ein Vergleich der mit diesem Verfahren geschätzten und den tatsächlich erhaltenen Erträgen brachte in den vergangenen Kreuzungsjahren gute Übereinstimmungen. Zu Fehleinschätzungen kam es nur dann, wenn zwischen den

Mutterklonen und noch ungeprüften Pollenspendern Inkompatibilitäten auftraten, die zu unerwartet hohen Hohlkornanteilen führten.

Aufgrund unserer — am Material gemessen — kurzfristigen Versuche von nur fünf Jahren, können wir bereits gesicherte Aussagen über die Eignung der bisher geprüften Klone zur Steigerung des Saatgutertrags unserer Plantagen machen. Über die Leistungsfähigkeit der Nachkommenschaften aus diesen Klonen wird allerdings erst der zweite Prüfabschnitt, der Freilandtest entscheiden. Nach Abschluß auch dieser Untersuchungen können für die Anlage zukünftiger Hochzuchtplantagen diejenigen Klone ausgewählt werden, bei denen sich ein guter Zuchtwert mit der Veranlagung zu ausreichenden Saatguterträgen verbindet.

Zusammenfassung der Ergebnisse

1. Die Blühbereitschaft wird durch das Plantagenalter der Pflöpfinge beeinflusst. Jüngere Bäume bilden vorrangig weibliche Blüten aus. Einzelne Klone ließen eine altersunabhängige Veranlagung zur Diözie erkennen. Südexpositionen fördern den Blütenansatz und beschleunigen die Bestäubungsreife.

2. Der Zapfenansatz wird, unabhängig vom eingekreuzten Pollen, durch den weiblichen Klon gesteuert. Nach ihrem Verhalten in den verschiedenen Jahren waren zwei Klontypen zu unterscheiden:

Typ I: der Zapfenansatz reagiert in seinen jährlichen Schwankungen entsprechend dem Plantagenmittelwert

Typ II: der Zapfenansatz verhält sich relativ konstant. In der Tendenz zu erhöhtem Zapfenansatz bzw. -abwurf wurden klonbedingte Unterschiede abgesichert.

3. Der Samenansatz pro Zapfen kann als Bezugsgröße zur Wertung der Kombinationseignung der Einzelklone für den Samenertrag verwendet werden. Die Gesamtkornzahl wird von dem weiblichen Partner bestimmt, das Verhältnis zwischen den Voll- und Hohlkornanteilen hängt von der Kompatibilität mit dem männlichen Elter ab.

4. Menge und Qualität des Pollens entscheiden über die Zahl der zur Entwicklung kommenden Samenanlagen. Bei einem zu geringen Pollenangebot ist mit einer Ertragsminderung der Samenplantage zu rechnen.

5. Fast alle bisher von uns untersuchten Kieferklone waren hochgradig selbststeril.

6. Die Kombinationseignung eines Klones kann unterschiedlich sein, je nach der Verwendung als weiblicher oder männlicher Elter.

7. Der weibliche Kreuzungspartner ist maßgebend für das Tausendkorngewicht, das in einem klonspezifisch geprägten Rahmen variieren kann. Zwischen TKG und Vollkornerntrag/Zapfen besteht eine negative Korrelation.

8. Der für eine Samenplantage zu erwartende quantitative Saatgutertrag läßt sich frühzeitig aus der Kenntnis des Blühverhaltens, der klonalen Veranlagung zum Zapfen- und Samenansatz, wie auch aus der Kompatibilität der Mutterklone mit den möglichen Pollenspendern in gewissen Grenzen vorausberechnen.

Summary

1. In seed orchards the plantation age of the grafted trees influences their ability to induce flowering. An increasing flower development can be expected from ten years after the planting onwards. A few clones showed a distinct disposition to produce predominantly male or female flowers, which is apparently not related to the age of the grafts. A southern exposition on the tree stimulates flowering and accelerates the readiness for the pollen-uptake.

2. Cone yield depends clearly on the disposition of the female clone, the influence of the male parent being insignificant. According to their tendency of keeping or dropping cones two types of clones can be distinguished: type I: cone development is corresponding to the annual variations of the *plantation means*. type II: cone development is relatively constant every year.
- There were significant clone specific differences in the tendency to keep or drop cones.
3. The seed yield per cone may be used as unit of reference for evaluating the mating disposition of the clones in quantitative terms. The number of the total seeds per cone is determined by the female parent, but the relation between full and empty seeds in a cone depends on the compatibility with the male parent.
 4. Quantity and quality of pollen decide upon the number of ovules in a cone which will develop. Therefore, in a seed orchard with insufficient pollen production only poor seed yields are to be expected.
 5. With a few exceptions most of the examined pine clones showed a high self-sterility.
 6. Mating disposition of a clone may differ according to its utilization as female or male partner.
 7. The female parent determines also the thousand seed weight, which may vary in a certain margin. Between the TSW and the number of cones per cone exist negative correlations.
 8. The probable seed yield of a seed orchard can be forecast with acceptable reliability, if flowering behaviour, cone drop, total seed yield as well as mating disposition of the clones are known.

Key words: Seed orchard, progeny test, flowering behaviour, clones, cone set, seed yield, thousand seed weight.

Abstract

In three seed orchards of *Pinus sylvestris* L. five years observations on the flowering, cone set and seed crop behaviour of clones in controlled and free pollinations as well as in selfings yielded valuable aspects to the estimation of presumable seed productions in seed orchards.

The age of the grafted trees will influence the flowering capacity, the disposition of the clone may regulate the degree of the male or female florescence.

Clone specific reactions could be observed in respect to cone set, seed yield per cone and thousand seed weights. These characters are determined by the female crossing partner. The male partner or influences by climatic conditions (years of pollinations) will only take effect within

a clone specific range set by the female. But quantity and quality of the used pollen will decide upon the number of ovules which may develop. Self-sterility or incompatibility in the crossing partners show in an increased amount of empty seeds per cone. The relation between full and empty seeds can be used as unit of reference for evaluating the mating disposition of the clones. The mating disposition of a clone may differ according to its utilization as female or male parent.

The probable seed yield of a seed orchard can be forecast with acceptable reliability, if flowering behaviour, cone set and total seed yield as well as the mating disposition of the clones are known.

Literaturangaben

- BÁNÓ, I.: Scotch pine clone tests for determining seed growing value. *Erdészeti Kutatások* 65, 117—132 (1969). — BRAMLETT, D. and POPHAM, W.: Model relating unsound seed and embryonic lethal alleles in self-pollinated pines. *Silvae Genetica* 20, 192—193 (1971). — BROWN, J. R.: Flowering and seed production in grafted clones of Scots pine. *Silvae Genetica* 20, 121—132 (1971). — DAGENBACH, H. und HAUFF, U.: Zur Kreuzungstechnik bei Waldbäumen. *Mitteilungen d. Vereins für Forstl. Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung* 20, 89—93 (1971). — DIXON, W. J.: *Biomedical Computer Programs*. University of California Press, Berkeley (1967). — FRÖHLICH, H. J., BAUMEISTER, G., GROSSCURTH, W. und WEISGERBER, H.: Untersuchungen zur Erbwertprüfung von Samenplantagen. XIV. IUFRO-Kongress, Section 22, III, 467—490 (1967). — GEBHARDT, F.: *Statistische Programme des DRZ*. DRZ Darmstadt (1969). — HAGMAN, M. und MIKKOLA, L.: Observations on cross-, self- and interspecific pollinations in *Pinus peuce* Griseb. *Silvae Genetica* 12, 73—79 (1963). — KOSKI, V.: Embryonic lethals of *Picea abies* and *Pinus sylvestris*. *Comm. Instituti Forest. Fenniae* 75, 1—30 (1971). — KOSKI, V.: On self pollination, genetic load and subsequent inbreeding in some conifers. *Comm. Instituti Forest. Fenniae* 78, 1—42 (1973). — KRIEBEL, H. B.: The timing of the incompatibility reaction in interspecific crosses of *Pinus strobus* L. XIV. IUFRO-Kongress, Section 22, III, 77—85 (1967). — LINDER, A.: *Statistische Methoden*. Birkhäuser Verlag, Basel (1964). — NANSON, A.: *Peuplements, arbres 'plus' et vergers à graines de Pinus nigra* CV Koekelare. *Trav. Stat. Rech. Eaux et Forêts Groenendal-Hoeilaart*, Ser. E, Nr. 5, 1—48 (1972). — RETKES, J.: *Bewertungsmöglichkeiten von Kiefernklonen hinsichtlich ihrer Blühfähigkeit*. Tagungsber. Nr. 69, Deutsche Akad. d. Landwirtschaftswissenschaften, Berlin (1965). — ROHMEDER, E.: *Das Saatgut in der Forstwirtschaft*. Parey-Verlag, Hamburg (1972). — ROHMEDER, M.: Ein zweckmäßiges Bestäubungsgerät. *Zeitschr. f. Forstgenetik u. Forstpflanzenzüchtung* 3, 54—55 (1954). — RUDEN, T.: Mündliche Mitteilung, Norwegian Forest Research Institute, Vollebek — Ås (1968). — SACHS, L.: *Statistische Auswertungsmethoden*. Springer-Verlag Berlin und Heidelberg (1972). — STERN, K. und GREGORIUS, H. R.: Schätzungen der effektiven Populationsgröße bei *Pinus sylvestris*. *TAG* 42, 107—110 (1972). — WEBER, E.: *Grundriß der biologischen Statistik*. Fischer-Verlag, Stuttgart (1972).

Male Meiosis in Sitka Spruce, *Picea sitchensis* (Bong.) Carr.

By R. B. MOIR and D. P. FOX¹⁾

Department of Genetics,
University of Aberdeen.

(Received October / November 1975)

Introduction

It is only recently that there has been a growing interest in the process of meiosis in Conifers (see ANDERSON *et al.* 1969). Although the course of meiosis is similar to that found in other higher plants, there are two features, clumping of chromosomes around the nucleolus at prophase-I

and diffuse diplotene, which are typical of some conifer genera but are not general features of meiosis in all higher plants.

The ability to study meiosis is essential for any crop plant since defects in the process may often give rise to reduced fertility. In this respect we were particularly anxious to study meiosis in Sitka spruce for, in addition to its importance as a timber crop (FLETCHER and FAULKNER, 1972) some provenances also contain supernumerary chromoso-

¹⁾ Full address: Dr. R. B. MOIR, Dr. D. P. FOX, Department of Genetics, University of Aberdeen, 2 Tillydrone Avenue, Aberdeen, AB9 2TN, Scotland.