

- 398 (1954). — (6) KANZOW, H.: Auswertung einiger Provenienzversuche mit der Douglasie. Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 48, 235—254 (1936). — (7) KANZOW, H.: Die Douglasie. Zeitschr. Forst- und Jagdwesen 69, 65—93, 113—139, 241—271 (1937). — (8) LIESE, J.: Die Anfälligkeit der Douglasienrassen gegenüber der Douglasien-schüte. Dtsch. Forstwirt 17, 959—961, 973—975 (1935). — (9) LIESE, J.: Die Douglasienrassen und ihre Anfälligkeit gegenüber der Douglasien-nadelschüte (*Rabdodline pseudotsugae*). Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 48, 259—264 (1936). — (10) MARQUARDT, H.: Genetische Grundlagen der Adelopus-Resistenz von *Pseudotsuga Douglasii* und mögliche Verfahren zur Gewinnung resistenteren Pflanzenmaterials. Allg. Forst- und Jagdzeitung 122, 201—205, (1951). — (11) MEYER, H.: Über die Beweggründe für die Anlage von Douglasienplantagen. Allg. Forstzeitschrift 8, 74—76 (1953). — (12) MÜNCH, E.: Anbauversuch mit Douglasfichten verschiedener Herkunft und anderen Nadelholzarten. Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 33, 61—79 (1923). — (13) MÜNCH, E.: Klimarassen der Douglasie. Centralbl. gesamte Forstwesen 54, 254—260 (1928). — (14) MÜNCH, E.: Nachtrag zu meinem Anbauversuch mit Douglasfichten verschiedener Herkunft. Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 34, 373 (1924). — (11) ROHMEDE, E.: Erreiches und Erreichbares in der forstlichen Resistenz-züchtung. Allg. Forstzeitschrift 9, 529—536 (1954). — (16) SCHENCK, C. A.: Fremdländische Wald- und Parkbäume. II. Bd. Berlin, 1939. — (17) SCHOBER, R.: Douglasien-Provenienzversuche, I. Allg. Forst- und Jagdzeitung 125, 160—178 (1954). — (18) SCHOBER, R. und MEYER, H.: Douglasien-Provenienzversuche, II. Allg. Forst- und Jagdzeitung 126, 221—243 (1955). — (19) SCHWAPPACH, A.: Einfluß der Herkunft des Samens von *Pseudotsuga Douglasii* auf das Wachstum der Pflanzen. Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 23, 35—36 (1914). — (20) STERN, K.: Rassenbildung und Bestandesanerkennung. Z. Forstgenetik 5, 5—44 (1956). — (21) STREHLKE: Bericht über die Reise in den USA vom 9. 7. bis 9. 10. 1955. (Unveröffentlicht.)

Heterosiserscheinungen bei Hybriden zwischen Breitengradrassen von *Populus tremula*

Von HELGE JOHNSSON

Verein für Forstpflanzenzüchtung, Ekebo, Källstorp, Schweden

(Eingegangen am 11. 7. 1956)

Eine der aussichtsreichsten Perspektiven der forstlichen Pflanzenzüchtung besteht in der Ausnutzung der Heterosiserscheinungen, die bei Bastardierung von Eltern verschiedener Herkunft, besonders bei Artkreuzungen, auftreten. Die Möglichkeiten, Arthybriden herzustellen, sind jedoch bei den meisten Bäumen ziemlich begrenzt, da die verschiedenen Arten oft durch starke Sterilitäts-schranken getrennt sind. Bei Kreuzungen zwischen verschiedenen Rassen derselben Art kann man dagegen im allgemeinen mit guter Fertilität rechnen. Vom praktischen Gesichtspunkt aus ist es deshalb von größtem Interesse, zu untersuchen, in welchem Maße Heterosiserscheinungen bei Hybriden zwischen verschiedenen geographischen Rassen, Provenienzen, auftreten. Das Studium der Provenienzhybriden kann auch eine vertiefte Kenntnis von der Natur der intraspezifischen Variation geben und ist darum von bedeutendem theoretischem Wert. Die Rassenaufspaltung bei den Waldbäumen in nördlichen Gebieten ist in der Richtung des Meridians besonders ausgeprägt und hat dort den Charakter einer „Breitengradkline“ mit einer kontinuierlichen Veränderung der physiologischen Reaktionsweise der Populationen mit zunehmender geographischer Breite. Deshalb treten Untersuchungen an Provenienzhybriden vom Typ *Süden X Norden* in den Vordergrund. Im folgenden sind einige Daten eines zehnjährigen Versuchs dieser Art mit Provenienzhybriden von *Populus tremula* vorgelegt, was in einem dem Gedächtnis von Professor ERNST MÜNCH gewidmeten Heft motiviert sein dürfte, da dieser hervorragende Forstwissenschaftler sich für Herkunftsfragen sehr interessierte und auch selbst mit Klimarassen der Espe arbeitete (MÜNCH 1949).

Material und Methoden

Das Untersuchungsmaterial besteht aus 12 Nachkommenschaften, die aus künstlichen Bestäubungen im Jahre 1946 hervorgegangen sind. Sechs dieser Familien repräsentieren reine Provenienzen und sechs sind Provenienzhybriden. Die Herkunft der Nachkommenschaften geht aus dem Schema in Tabelle 1 hervor, wo P Provenienzfamilien und H Hybridenfamilien bezeichnet.

Die Höhenlagen der Herkunftsorte sind zwar etwas, jedoch nicht sehr verschieden und sind als Variationsursache im folgenden unbeachtet geblieben.

Während der ersten Vegetationsperiode würden die Pflanzen in kalten Kästen in Parzellen mit 112 Individuen bei dreifacher Wiederholung aufgezogen. Im folgenden Frühling wurde das Material in den Zuchtgarten bei Ekebo als „Kurzdauerversuch“ mit dem Pflanzenverband von 0,35 X 0,35 m und mit 100 Pflanzen pro Parzelle verpflanzt. Auch jetzt wurden drei Wiederholungen angelegt. Die Versuche im Freien umfaßten demnach 300 Pflanzen pro Nachkommenschaft oder insgesamt 3.600 Pflanzen auf einer rechteckigen Fläche von 440 m². „Durchforstungen“ wurden in den Jahren 1951, 1952 und 1954 vorgenommen. Hierdurch sank die Individuenanzahl auf 572, d. h. auf 15,9% der anfänglichen Anzahl herab. Während der beiden letzten Jahre betrug der durchschnittliche Pflanzenabstand 0,9 X 0,9 m. Die Durchforstungen wurden in der Weise ausgeführt, daß bei jeder Durchforstung alle schwachen und unterdrückten Pflanzen entfernt wurden. Dies bedeutet, daß eine Auslese in Richtung auf eine Anpassung an die Bedingungen des Versuchsortes betrieben

Tab. 1. — Herkunft der Nachkommenschaften

| Ursprung der Vaterbäume | Ursprung der Mutterbäume | | | | | Ljuså 65°54' |
|-------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|------------------|-----------------|
| | Ekebo 55°55' | Björnklo 57°59' | Gunnarskog 59°05' | Dal fors 61°01' | Sundmo 63°33' | |
| Ekebo 55°45' | P 56° | | H 60°X56° | | H 63°X56° | |
| Kovrabo 57°55' | | P 58° | P 60° | | H 63°X60° | |
| Brunnsberg 59°38' | H 56°X60° | | | P 61° | | |
| Dal fors 61°13' | | | H 60°X63° | | P 63° | |
| Sundmo 63°33' | H 56°X63° | | | | | P 66° |
| Holmträsk 66°06' | | | | | | |

wurde. Wie alle Espenverjüngungen in diesen Gegenden war auch die Versuchspflanzung zuwachshemmenden Angriffen von *Pollacia radiososa* und *Melampsora Rostrupii* ausgesetzt. Auch Beschädigungen durch *Saperda populnea* kamen vor.

Pflanzenhöhe und Stammdurchmesser wurden — 1953 ausgenommen — jährlich gemessen. Da die Pflanzenhöhe der beste Ausdruck für den Entwicklungsgang des Versuches zu sein scheint, sind hier nur die Meßergebnisse des Höhenzuwachses behandelt.

Der Höhenzuwachs

Sämtliche Meßergebnisse des Höhenzuwachses sind mit der Heimatfamilie als Standard als Vergleichszahlen in Tabelle 2 zusammengefaßt. Für diese sind auch die absoluten Durchschnittszahlen angegeben. Wie schon oben erwähnt, ist der Höhenzuwachs durch parasitische Beschädigungen kräftigen Störungen ausgesetzt worden, weshalb die Durchschnittshöhen auch für die besten Familien im Alter von 10 Jahren nur etwa fünf Meter betragen. Während der ersten sechs Jahre sind die Populationen unbeeinflußt geblieben, seit 1952 aber durch die Durchforstungen selektiert worden. Die Beziehungen zwischen den verschiedenen Familien sind während der zehn Versuchsjahre in keiner entscheidenden Weise verändert worden, und die Durchforstungen haben auch keine beträchtlicheren Störungen bewirkt. Schwankungen kommen jedoch vor. Absolute Konstanz ist natürlich niemals zu erwarten, weil schon die statistischen Versuchsfehler zufällige Abweichungen von Jahr zu Jahr verursachen. Die Durchschnittsfehler des Versuches betragen bei allen Messungen etwa 5%. Dadurch, daß eine Familie (die Heimatprovenienz) als Einheit für die übrigen gewählt wurde, entstehen bei diesen auch scheinbar größere Unregelmäßigkeiten, als dies der Fall gewesen wäre, wenn stattdessen die Gesamtdurchschnittszahl des Versuches als Einheit verwendet worden wäre. Es ist indessen viel instruktiver, sämtliche Familien mit der Heimatfamilie zu vergleichen als mit der abstrakten Gesamtdurchschnittszahl.

Man kann auch in Erwägung ziehen, ob es nicht am richtigen wäre, für den Vergleich der Familien auch in früheren Jahren nur die schließlich übriggebliebenen Individuen zu benutzen. Die Durchschnittszahlen dieser selektionierten Populationen sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Die Variation der Vergleichszahlen von Jahr zu Jahr ist, wie erwartet, jetzt etwas geringer als für die ganzen Populationen in Tabelle 2. Im Durchschnitt ist die Differenz zwischen den höchsten und den niedrigsten Vergleichszahlen der Familien jetzt 15,3 Einheiten gegen 18,6 Einheiten für die ganzen Populationen. Jedoch entsteht keine durchgreifende Veränderung des Gesamteindrückes.

Welche Vergleichszahlen zu wählen sind, um für die Beziehungen zwischen den Familien den richtigen Ausdruck zu finden, dürfte letzten Endes eine Beurteilungsfrage sein. Verschiedene Möglichkeiten können diskutiert werden. Die nicht selektionierten Populationen müssen an sich die verschiedenen Familien am besten repräsentieren, und die Vergleiche sollten folglich auf den Meßergebnissen von 1946—1951 aufgebaut werden. In diesem Falle könnte es richtig sein, den Zuwachs im ersten Jahr, wo das Material auf einem anderen Platz und unter anderen Bedingungen angezogen worden war, auszuschließen und nur die Durchschnittszahlen für die fünf Jahre 1947—1951 zu verwenden. Hierbei ist jedoch die Entwicklung während der letzten vier Jahre nicht berücksichtigt. Eine andere Möglichkeit ist die Verwendung der Durchschnittszahlen der übriggebliebenen Populationen, entweder während der ganzen Versuchperiode (1947—1951) oder während der letzten Jahre, beispielsweise 1950—1955. Es ist jedoch zu befürchten, daß die Auslesewirkung der Durchforstungen hierfür zu stark gewesen ist.

Diese verschiedenen Berechnungsmöglichkeiten sind in Tabelle 4 aufgeführt, wo auch die Vergleichszahlen für das erste und letzte Jahr angegeben sind. Es wird deshalb für wahrscheinlich gehalten, daß die Durchschnittszahlen aller Messungen die besten Relationen ergeben, weil damit sowohl die ursprüngliche Zusammensetzung der Populationen wie die Entwicklung während der letzten Jahre

Tab. 2. — Pflanzenhöhe, Vergleichszahlen aller Messungen

| Jahr | Provenienzen | | | | | | Provenienzhybriden | | | | | | Höhe der Vergleichsfamilie cm |
|------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------------------|
| | 56° | 58° | 60° | 61° | 63° | 66° | 56°×60° | 60°×56° | 56°×63° | 63°×56° | 60°×63° | 63°×60° | |
| 1946 | 100 | 104 | 114 | 62 | 11 | 8 | 102 | 111 | 68 | 90 | 93 | 76 | 43,6 ± 2,2 |
| 1947 | 100 | 113 | 116 | 73 | 33 | 20 | 132 | 110 | 89 | 85 | 86 | 83 | 68,0 ± 3,4 |
| 1948 | 100 | 105 | 112 | 60 | 36 | 21 | 128 | 101 | 90 | 78 | 83 | 87 | 110 ± 4,9 |
| 1949 | 100 | 101 | 114 | 61 | 42 | 24 | 133 | 103 | 95 | 76 | 89 | 92 | 135 ± 5,4 |
| 1950 | 100 | 105 | 124 | 71 | 51 | 34 | 141 | 106 | 103 | 85 | 98 | 105 | 164 ± 7,2 |
| 1951 b. D. | 100 | 102 | 121 | 71 | 57 | 25 | 138 | 107 | 103 | 82 | 95 | 105 | 192 ± 10,1 |
| 1951 n. D. | 100 | 101 | 119 | 63 | 50 | 22 | 141 | 105 | 103 | 77 | 92 | 109 | 215 ± 11,5 |
| 1952 b. D. | 100 | 101 | 119 | 61 | 48 | 19 | 140 | 111 | 104 | 78 | 94 | 110 | 248 ± 13,4 |
| 1952 n. D. | 100 | 101 | 119 | 59 | 47 | 19 | 141 | 115 | 104 | 75 | 92 | 110 | 257 ± 15,7 |
| 1954 b. D. | 100 | 93 | 105 | 65 | 51 | 22 | 128 | 108 | 106 | 76 | 99 | 108 | 368 ± 21,6 |
| 1954 n. D. | 100 | 90 | 100 | 72 | 51 | 19 | 121 | 105 | 99 | 85 | 88 | 100 | 446 ± 23,3 |
| 1955 | 100 | 94 | 105 | 74 | 49 | 20 | 123 | 108 | 101 | 87 | 88 | 102 | 486 ± 25,0 |

Tab. 3. — Pflanzenhöhe der im Jahre 1955 übriggebliebenen Populationen, Vergleichszahlen

| Jahr | Provenienzen | | | | | | Provenienzhybriden | | | | | | Höhe der Vergleichsfamilie cm |
|------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------------------|
| | 56° | 58° | 60° | 61° | 63° | 66° | 56°×60° | 60°×56° | 56°×63° | 63°×56° | 60°×63° | 63°×60° | |
| 1947 | 100 | 96 | 96 | 70 | 37 | 12 | 113 | 98 | 82 | 80 | 76 | 74 | 99 ± 5,2 |
| 1948 | 100 | 92 | 96 | 61 | 38 | 15 | 116 | 96 | 85 | 67 | 79 | 79 | 165 ± 9,1 |
| 1949 | 100 | 85 | 92 | 60 | 41 | 15 | 117 | 94 | 86 | 77 | 78 | 82 | 222 ± 10,0 |
| 1950 | 100 | 90 | 98 | 68 | 47 | 21 | 122 | 99 | 94 | 84 | 86 | 93 | 269 ± 13,8 |
| 1951 | 100 | 91 | 102 | 68 | 48 | 19 | 125 | 103 | 97 | 84 | 85 | 100 | 302 ± 16,0 |
| 1952 | 100 | 90 | 107 | 66 | 51 | 20 | 123 | 103 | 95 | 82 | 85 | 97 | 342 ± 16,4 |
| 1954 | 100 | 90 | 100 | 72 | 51 | 19 | 121 | 105 | 99 | 85 | 88 | 100 | 446 ± 23,3 |
| 1955 | 100 | 94 | 105 | 74 | 49 | 20 | 123 | 108 | 101 | 87 | 88 | 102 | 486 ± 25,0 |

Tab. 4. — Verschiedene Vergleichsmöglichkeiten, Vergleichszahlen

| Zeitperioden | Provenienzen | | | | | | Provenienzhybriden | | | | | |
|--|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 56° | 58° | 60° | 61° | 63° | 66° | 56°×60° | 60°×56° | 56°×63° | 63°×56° | 60°×63° | 63°×60° |
| Nach dem ersten Jahr | 100 | 104 | 114 | 62 | 11 | 8 | 102 | 111 | 68 | 90 | 93 | 76 |
| Mittelzahl aller Messungen 1947—1955 | 100 | 101 | 114 | 66 | 46 | 20 | 133 | 107 | 100 | 80 | 91 | 101 |
| Mittelzahl der ganzen Populationen 1947—1951 | 100 | 105 | 117 | 67 | 44 | 25 | 134 | 105 | 96 | 81 | 90 | 94 |
| Mittelzahl der im Jahre 1955 übriggebliebenen Populationen 1947—1951 | 100 | 91 | 100 | 67 | 45 | 18 | 120 | 101 | 92 | 81 | 83 | 91 |
| Mittelzahl der im Jahre 1955 übriggebliebenen Populationen 1950—1955 | 100 | 91 | 102 | 70 | 49 | 21 | 123 | 104 | 97 | 84 | 86 | 98 |
| Nach zehn Jahren | 100 | 94 | 105 | 74 | 49 | 20 | 123 | 108 | 101 | 87 | 88 | 102 |

berücksichtigt werden. Übrigens ist die Korrelation zwischen den Durchschnittszahlen aller Messungen von 1947 bis 1955 und den unbbeeinflußten Populationen 1947—1951 so stark, daß es ziemlich gleichgültig sein mag, welche dieser Durchschnittsreihen man wählt, um die Zuwachsenergie der verschiedenen Familien anzugeben. Der Korrelationskoeffizient ist + 0,9994.

Die Beziehungen zwischen dem Zuwachs der Nachkommenschaften und der Herkunft der Eltern

Herkunft der Eltern

In dem Diagramm, Abb. 1, sind die Durchschnittszahlen aller Messungen von 1947—1955 für die 12 Familien über den geographischen Breiten der Herkunftsorte der Eltern eingetragen. Dabei sind die Provenienzhybriden über den durchschnittlichen Breitengrad der Eltern aufgetragen worden. Die Durchschnittswerte der fünf Provenienzfamilien 56°, 58°, 61°, 63° und 66° können zu einer mit steigender geographischen Breite fallenden Kurve vereinigt werden. Diese Kurve läßt sich ziemlich gut durch die Funktion $z = 100 - k_1 \times d^{k_2}$ beschreiben. Hierin ist z der Höhenzuwachs (die Heimatprovenienz = 100 gesetzt), d = die Differenz zwischen den Breitengräden des Herkunfts-ortes und des Anbauortes. Logarithmisch geschrieben, heißt das demnach: $\log(100 - z) = k_1 + k_2 \times \log d$, und mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate wird $k_1 = -0,0535$ und $k_2 = 2,0515$ berechnet.

Die Übereinstimmung zwischen der tatsächlichen und der berechneten Kurve ist im großen und ganzen sehr zu-

friedenstellend, außer ganz im Norden, wo der berechnete Wert wesentlich unter dem tatsächlichen liegt. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist jedoch der tatsächliche Wert, und nicht der berechnete, fehlerhaft. Zufolge spontaner Mortalität sind nämlich nicht weniger als 284 der ursprünglichen 300 Pflanzen der nördlichsten Provenienzfamilie schon vor der ersten Durchforstung gestorben. Vor dieser Durchforstung im Herbst 1951 waren die unten angegebene Pflanzenzahlen (von anfänglich 300) der verschiedenen Familien übrig geblieben:

| | | | |
|-----|--------------|-----------|--------------|
| 56° | 232 Pflanzen | 56° × 60° | 263 Pflanzen |
| 58° | 259 Pflanzen | 60° × 56° | 245 Pflanzen |
| 60° | 246 Pflanzen | 56° × 63° | 260 Pflanzen |
| 61° | 182 Pflanzen | 63° × 56° | 205 Pflanzen |
| 63° | 125 Pflanzen | 60° × 63° | 230 Pflanzen |
| 66° | 16 Pflanzen | 63° × 60° | 252 Pflanzen |

Diese bedeutende, natürliche Ausscheidung innerhalb der nördlichsten Provenienzfamilie hat unzweifelhaft eine starke Auslese bedeutet. Die Rest-Population muß darum aus denjenigen Individuen der Ursprungspopulation bestehen, die den Bedingungen des Anbauortes am besten angepaßt sind, d. h. der in dem Versuch gefundene Wert für die Familie 66° ist zu hoch, um die durchschnittliche Zuwachsfähigkeit der Familie zu repräsentieren.

Die Provenienzfamilie 60° liegt erheblich über der durchschnittlichen Provenienzkurve und muß als ein Plusabweicher betrachtet werden. Von den sechs Hybridenfamilien liegen fünf über der Durchschnittskurve. Nur die Hybride 63° × 60° liegt etwas unter dieser Kurve. Folglich kann man feststellen, daß die Provenienzhybriden im allgemeinen einen wesentlich besseren Zuwachs als die reinen Provenienzen ergeben haben. Die Mehrleistung der Hybriden im Verhältnis zur durchschnittlichen Provenienzkurve ist:

| | | | |
|-----------|--------------|-----------|--------------|
| 56° × 60° | 37 Einheiten | 56° × 63° | 14 Einheiten |
| 63° × 60° | 33 Einheiten | 60° × 56° | 11 Einheiten |
| 60° × 63° | 19 Einheiten | 63° × 56° | 6 Einheiten |

Besonders die zwei erstgenannten Provenienzhybriden, welche beide 60° als Vater haben, sind durch kräftigen Zuwachs gekennzeichnet. Der selbe Baum ist auch der Vater der in positiver Richtung abweichenden Provenienzfamilie 60°. Dieser Baum hat offenbar einen günstigen Genotypus, der sich in seinen Nachkommenschaften mit verschiedenen Müttern geltend macht.

Diskussion der Versuchsergebnisse

Es hat sich wiederum bestätigt, daß nördliche Herkünfte von *Populus tremula* auf eine Verpflanzung nach Süden mit gehemmtem Zuwachs reagierten, was zum erstenmal von SYLVEIN (1940) nachgewiesen wurde, der den Begriff

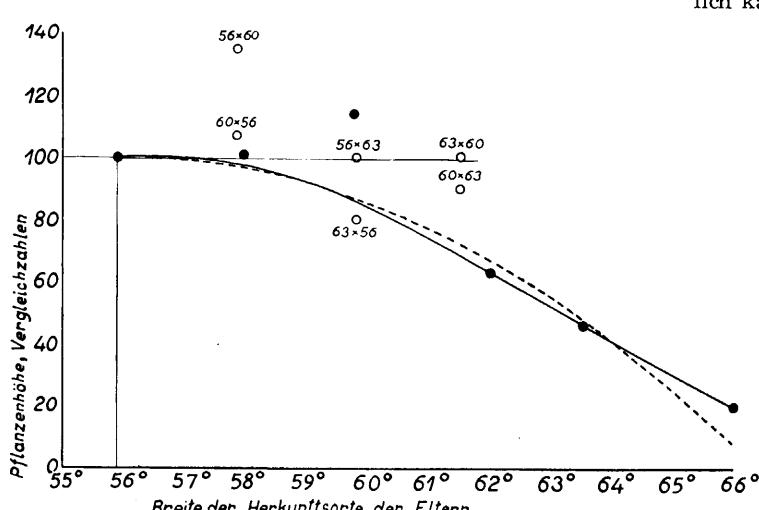


Abb. 1. — Graphische Darstellung der Beziehung zwischen der Pflanzenhöhe der Nachkommenschaften und der nördlichen Breite der Herkunftsorte der Eltern. Die Punkte geben die Provenienzen an, die Kreise die Provenienzhybriden. Die ausgezogene Kurve ist die tatsächliche Zuwachs-Herkunfts-kurve, die gestrichelte die errechnete Kurve nach $z = 100 - k_1 \cdot d^{k_2}$. — Der Breitengrad des Anbauorts des Versuches = 55°50'.

vegetative Lang- und Kurztagtypen bei den Waldbäumen einführt. Diese geographische Variation ist klinaler Natur. Die Beziehung zwischen den zuwachsphysiologischen Reaktionen der Populationen und deren Herkunft kann etwa durch die Funktion $z = 100 - k_1 \cdot d^{k_2}$ ausgedrückt werden. In diesem Ausdruck ist z die Pflanzenhöhe und d die Differenz zwischen den Breitengraden der Anbau- und Herkunftsorte. Diese Funktion gilt auch für die Kiefer (der Verfasser, unveröff.). Durch diese werden jedoch nur die Durchschnittswerte der Variationskurve angegeben, um welche beträchtliche Schwankungen vorkommen können. In dem hier erörterten Versuch ist eine Familie mit wesentlich besserem Zuwachs aufgetreten als derjenige, der für ihre Herkunft durchschnittlich vorhanden ist. Auch bei Birke und Kiefer findet man oft Nachkommenschaften, die entweder in positiver oder negativer Richtung von der durchschnittlichen Variationskurve abweichen (JOHNSSON 1951 und 1955).

In dem Versuchsmaterial sind sechs Familien enthalten, welche durch Kreuzung zwischen Mutter- und Vaterbäumen verschiedener Herkunft hergestellt worden sind. Der Zuwachs bei fünf dieser Provenienzhybridien war größer, als dies in der geographischen Zuwachskurve angegeben ist. In zwei dieser Fälle hat unzweifelhaft der besondere Genotypus des Vaters eine große Rolle gespielt. In den übrigen drei Fällen muß die Zuwachssteigerung ganz als Ausdruck einer allgemeinen Heterosiswirkung betrachtet werden. Dies bedeutet nicht, daß die Hybridfamilien besser gewachsen sind als die beiden zusammengehörenden Provenienzfamilien. Sie sind jedoch besser als deren Durchschnittswert. Die beiden reziproken Provenienzhybridien zwischen 56° und 60° haben die Vergleichszahlen 133 und 107, die zusammengehörenden Provenienzfamilien 100 bzw. 114 oder im Durchschnitt 107. Die Vergleichszahlen für die Hybriden zwischen 56° und 63° betragen 68 bzw. 90, die der Provenienzfamilien 100 und 46, im Durchschnitt 73 und die Hybriden zwischen 60° und 63° erreichen 91 bzw. 101 Einheiten gegenüber 114 und 46, im Durchschnitt 80 für die betreffenden Provenienzen. Diese Auffassung von dem Sinn des Heterosisbegriffes wird auch von vielen Verfassern geteilt. So betont z. B. MÜNTZING (1954), daß es zwischen Fällen, wo die F_1 das arithmetische Mittel der Eltern übertrifft, und Fällen, wo die F_1 besser als beide Eltern ist, keinen wesentlichen Unterschied gibt. MÜNTZING hebt weiter hervor, daß letzteres um so seltener zutreffen muß, je mehr sich die Eltern voneinander unterscheiden.

Bei Anbau auf 56° N.B. haben sich die Provenienzhybridien $56^\circ \times 60^\circ$, $60^\circ \times 56^\circ$, $56^\circ \times 63^\circ$ und $63^\circ \times 60^\circ$ als gleich gut oder besser als die Provenienzfamilie der Heimat erwiesen, nur die Hybriden $63^\circ \times 56^\circ$ und $60^\circ \times 63^\circ$ sind unterlegen gewesen. Dieser Befund gibt an, daß Provenienzhybridien von Espe, deren Eltern aus der Zone 56° – 60° und 63° stammen, vorteilhaft in dem südlichsten Gebiet dieser Zone angebaut werden können. Ob sie sich auch mit demselben Vorteil in dem nördlichsten Teil der Zone kultivieren lassen, wird sich danach richten, ob sie winterfest genug sind, was sich nur durch Anbauversuche weiter nordwärts entscheiden läßt.

Aller Wahrscheinlichkeit nach können diese mit der Espe gewonnenen Erfahrungen zum Teil verallgemeinert werden, und u. a. auch für die Kiefer, die dasselbe Variationsmuster zeigt wie die Espe, als gültig betrachtet werden. Dies besagt, daß Samenplantagen von Klonen aus ziemlich weiten Gebieten zusammengesetzt werden

können, was von mehreren Gesichtspunkten aus vorteilhaft ist.

Die hier gezogenen Schlußfolgerungen gründen sich auf die Mittelwerte jährlicher Messungen während einer zehnjährigen Periode, in welcher drei Durchforstungen vorgenommen wurden. Schon der Zuwachs des ersten Jahres führt indessen in der Hauptsache zu demselben Schluß wie der durchschnittliche Zuwachs der zehnjährigen Periode. Der Korrelationskoeffizient für die Pflanzenhöhe im Alter von einem Jahr und für den „dynamischen Durchschnitt“ der zehnjährigen Periode erreicht + 0,984. Die momentane Situation nach 10 Jahren mit drei Durchforstungen stimmt auch gut mit der Lage nach dem ersten Sommer überein. Die Korrelation zwischen den Familiedurchschnittszahlen im Alter von einem und zehn Jahren wird durch den Koeffizienten $r = + 0,980$ ausgedrückt. Hieraus erhält man den ermutigenden Eindruck, daß man möglicherweise einen für eine beträchtliche Zeitdauer entscheidenden Schluß aus Versuchen mit sehr jungen Nachkommenschaften ziehen könne. Doch ist zu beachten, daß diese starken Korrelationen aus einem sehr heterogenen Versuchsmaterial hervorgegangen sind. In einem mehr homogenen Material kann man einen solchen starken Zusammenhang gar nicht erwarten, und zwar schon deswegen, weil die statistische Unsicherheit einen sehr viel größeren Einfluß ausübt. Wir müssen uns immer fragen, ob der Zuwachs während einer Jugendperiode für die ganze Umtriebszeit einigermaßen ausschlaggebend sein kann (MÜNCH 1949).

Zusammenfassung

Der Gang des Zuwachses während der ersten zehn Jahre hat sich für sechs Espenfamilien (*Populus tremula*), die Provenienzen aus Gebieten von 56° bis 66° N. B. in Schweden repräsentieren, nochmals bestätigt: Nördliche Provenienzen zeigen beim Verpflanzen nach Süden eine verminderte Zuwachsfähigkeit. Allem Anschein nach ist diese Breitengradvariation klinaler Natur, d. h. die genetische Zusammensetzung der Populationen ändert sich kontinuierlich mit steigender geographischer Breite. Die Korrelation zwischen Herkunft und Zuwachs der Provenienzen läßt sich annähernd durch den Ausdruck $z = 100 - k_1 \cdot d^{k_2}$ angeben. z drückt den Höhenzuwachs einer Population im Vergleich zu dem der Heimatprovenienz des Anbauortes und d die Differenz zwischen den geographischen Breiten des Anbauortes und des Herkunfts-ortes. Dieser Zusammenhang scheint auch für die Kiefer (*Pinus silvestris*) gültig zu sein. Von diesem allgemeinen Gesetz kommen Abweichungen vor, welche der individuellen Konstitution der Eltern zuzuschreiben sind.

In derselben Versuchspflanzung sind ferner auch sechs Provenienzhybridien mit Eltern aus verschiedenen Breiten enthalten. Bei fünf von diesen liegt der Zuwachs über der Provenienzdurchschnittszahl der Eltern, d. h. es zeigen sich Heterosiseffekte. Vier Hybridfamilien sind gleich gut oder besser als die Heimatprovenienz des Anbauortes. Hieraus wird geschlossen, daß Samenplantagen mit Klonen aus ziemlich weiten Herkunftsgebieten zusammengesetzt werden können und daß dadurch das in der Plantage erzeugte Saatgut dann in weiteren Zonen verwendbar werden kann, da die positiven Heterosiseffekte bei den in der Plantage erzeugten Provenienzhybridien den möglichen negativen Verpflanzungseffekten entgegenwirken.

Summary

Title of the paper: *Heterosis occurring in hybrids of provenance crossings of different latitude in Populus tremula.* —

The development during the first ten years of six aspen families (*Populus tremula*), representing provenances from 56° N. lat. to 66° N. lat. in Sweden, has again shown that northern strains react with decreased growth when cultivated on southern localities. This latitudinal variation seems to be clinal by nature, i. e. the hereditary constitution of the populations changes continuously with the latitude of their origin. The correlation between origin and growth may be expressed approximately by the equation $z = 100 - k_1 \cdot d^{k_2}$. z designates the height growth in relation to the growth of the provenience, indigenous to the place of cultivation, and d the difference in latitudes between the place of origin and the place of cultivation. The same connection seems to apply also to pine (*Pinus silvestris*). From this general rule deviations occur, which are to be attributed to the individual constitution of the parents.

The same experiment also includes six hybrid families with parents from different latitudes. The growth of five of these hybrids is superior to the average growth of the parental provenances, which means that effects of heterosis are expressed in these intraspecific hybrids. Four of the hybrids are as good as or better than the provenience indigenous to the place of cultivation. From this fact, the author draws the conclusion that seed orchards can be constructed of clones from rather large areas, which makes it possible to use the seeds from the orchard within a rather extensive region. Negative effects caused by moving the provenances will be counterbalanced by positive effects of heterosis in the hybrids produced in the orchard.

Résumé

Titre de l'article: *Manifestation d'hétérosis dans des populations issues d'hybridations entre Populus tremula provenant de latitudes différentes.*

Le développement pendant les dix premières années de 6 familles de trembles représentant des provenances suédoises du 56° au 66° de latitude N, a déjà montré que les races septentrionales ont une croissance d'autant plus ralente qu'elles sont cultivées plus au Sud. Cette variation semble être de nature clinale, ce qui signifie que la constitution héréditaire des populations varie d'une manière continue avec la latitude de leur station. La corrélation entre l'origine et la croissance peut être exprimée d'une façon approximative par l'équation $z = 100 - K_1 \cdot d^{K_2}$. z désigne le rapport de la croissance en hauteur à la croissance de la provenance indigène au lieu de l'expérience et d la différence de latitude entre la station d'origine et le lieu de l'expérience. La même relation semble s'appliquer également au pin sylvestre. Les exceptions que l'on relève à cette règle générale peuvent être attribuées à la constitution individuelle des parents.

La même expérience porte également sur six familles d'hybrides, dont les parents étaient situés à diverses latitudes. La croissance de cinq de ces familles est supérieure à la croissance moyenne des provenances parentales; ces hybrides intraspécifiques manifestent donc un hétérosis. Quatre de ces hybrides sont égaux ou supérieurs à la provenance indigène du lieu de l'expérience.

L'Auteur en conclut qu'on peut établir des vergers à graines à partir de clones provenant d'une région assez vaste, ce qui permet d'utiliser les graines également dans une zone assez étendue. Les effets défavorables causés par le déplacement des provenances seront contrebalancés par le gain de croissance obtenu grâce à l'hétérosis des hybrides produits dans le verger.

Literatur

- JOHNSON, H.: Avkommeprövning av björk — preliminära resultat från unga försöksplanteringar. Svensk Papperstidn. 1951, N. 11, 12, p. 379—393, 412—426. — JOHNSON, H.: Utvecklingen i 15 — åriga försöksodlingar av tall i relation till proveniens och odlingort. Svenska Skogsvårdsf. Tidskr. 1955, 57—88. — MÜNTZING, A.: An analysis of hybrid vigour in tetraploid rye. Hereditas 40, 265—277 (1954). — SYLÉN, N.: Lång- och kortdagstyper av de svenska skogsträd. Svensk. Papperstidn. 1940, Nr. 17—19. — MÜNCH, E.: Beiträge zur Forstpflanzenzüchtung. (Herausgegeben von B. HUBER.) München, 1949.