

# Entwicklung der genetischen Varianzen des Höhenwachstums in einem Feldversuch mit *Betula verrucosa*<sup>1)</sup>

Von P. M. A. TIGERSTEDT<sup>2)</sup>

Der Züchtungsfortschritt wird bei langlebigen Objekten maßgeblich durch die Dauer der Nachkommenschaftsprüfungen mitbestimmt. Es ist also interessant und notwendig zu wissen, bis zu welchem Alter der Versuche man zu warten hat, um einigermaßen zuverlässige Aussagen über die relativen Leistungen der Nachkommenschaften machen zu können, und ähnliches gilt auch für die genetischen Parameter, die für die Voraussage des Zuchterfolgs und die Entscheidung über das optimale Züchtungsverfahren benötigt werden. Im folgenden wird das Ergebnis eines Kreuzungsversuchs mit Sandbirken mitgeteilt, das es erlaubt, die Entwicklung des Höhenwachstums und der genetischen Varianzen dieses Merkmals über mehrere Jahre zu verfolgen. Natürlich kann das Ergebnis dieses kleinen Versuchs nicht verallgemeinert werden, aber es gibt doch Hinweise auf etwa zu erwartende Verhältnisse auch in anderen Versuchen.

Dem Versuch liegt ein Kreuzungsplan zugrunde, der alle Kombinationen der vier einbezogenen Bäume in beiden Kreuzungsrichtungen vorsah. Lediglich die Selbstungen mußten ausfallen, da *B. verrucosa* selbstunverträglich ist (Fig. 1). Von jeder der so entstandenen 12 Familien wurden zunächst 6 X 12 Sämlinge nach Aussaat im Gewächshaus im Alter von 6 Wochen in Art eines Blockversuchs im Kaltkasten ausgepflanzt. Am Ende der ersten Vegetationsperiode (1958) wurden die mittleren Höhen auf den Parzellen bestimmt. Im darauffolgenden Frühjahr wurde mit dem gleichen Material ein Feldversuch ausgelegt mit 10 Pflanzen je Familie und Parzelle und 6 Wiederholungen. Die Versuchsfläche war zuvor voll umgebrochen worden. Bei der Auswertung war zu beachten, daß die reziproken Kreuzungen jeweils auf benachbarten Parzellen standen.

Messungen der Baumhöhen wurden in den Jahren 1959, 1960, 1961 und 1963 vorgenommen. 1963 wurden außerdem die Durchmesser in Brusthöhe gemessen. 1965 mußte der Versuch aufgegeben werden. Pflanzenausfälle und Versuchsfehler waren bis dahin relativ gering. Die Art der Auswertung entspricht der bei HINKELMANN und STERN (Silvae Genetica 9, 1960) angegebenen.

## 1. Entwicklung der Baumhöhen

In *Tabelle 1* ist das Ergebnis des Baumschulversuchs angegeben. Die 12 Familien sind demzufolge im Merkmal Höhenwachstum signifikant verschieden. Die Unterschiede werden im großen ganzen unverändert beibehalten, wie der graphische Vergleich in *Fig. 2* zeigt. Lediglich die Kombination 66 X 67 vertauscht im Mittelfeld ihren Platz in der Reihenfolge mit 66 X 68. In der *Fig. 2* wurde jeweils über die reziproken Kreuzungen gemittelt. Die drei besten Kom-

| ♀    | ♂ | Z 66 | Z 67 | Z 68 | Z 69 |
|------|---|------|------|------|------|
| Z 66 |   | —    | X    | X    | X    |
| Z 67 |   | X    | —    | X    | X    |
| Z 68 |   | X    | X    | —    | X    |
| Z 69 |   | X    | X    | X    | —    |

Fig. 1. — Das Kreuzungsschema.

<sup>1)</sup> Herrn Prof. Dr. W. LANGNER zum 60. Geburtstag gewidmet.

<sup>2)</sup> Aus dem Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung in Schmalenbeck der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft. — Jetzige Anschrift des Verf.: Metsäntutkimuslaitos, Unionink. 40 A, Helsinki, Finnland.

Tabelle 1. — Höhenwuchs im Saatbeet.

| Ursache | Freiheitsgrade | Quadratsumme | Mittelquadrat |
|---------|----------------|--------------|---------------|
| Gesamt  | 71             | 3008,38      |               |
| Blocks  | 5              | 384,67       | 76,93         |
| Sorten  | 11             | 1298,39      | 118,04        |
| Fehler  | 55             | 1325,32      | 24,10         |

binationen liefert Baum Nr. 69, dessen sämtliche Nachkommen bereits im Saatbeet überlegen waren.

In *Fig. 3* wurden die aus dem Versuchsmodell berechneten allgemeinen Kombinationseignungen der vier Bäume aufgetragen. Hier zeichnet sich die Überlegenheit des Baumes 69 gegenüber den drei anderen besonders deutlich ab, mit zunehmendem Alter zeigt sich jedoch eine fallende Tendenz. Das ist sicher kein Zufall, denn in einem anderen Versuch mit Nachkommen des gleichen Baumes, dessen Resultat wir hier nicht mit einbeziehen können, wurde die gleiche Beobachtung gemacht. Eine fallende Tendenz zeigt aber auch die Kombinationseignung des Baums 67, während die Nachkommenschaften der Bäume 66 und 68 aufholen.

## 2. Entwicklung der Muttereffekte

Der Versuch im Kaltkasten ergab in keinem Fall signifikante Unterschiede zwischen reziproken Kreuzungen, also keinen Hinweis auf das Vorhandensein von Muttereffekten irgendeiner Art. Dagegen sind, wie *Tabelle 2* zeigt, vom zweiten Jahr an deutliche Unterschiede zwischen reziproken Kreuzungen vorhanden. Jedoch nimmt ihre relative Bedeutung langsam ab und ist im Alter 6 gerade noch signifikant.

Man kann es deshalb für wahrscheinlich halten, daß die Deutung der Unterschiede zwischen Reziproken als „Muttereffekte“ nicht richtig ist, sondern daß es sich um die Nachwirkungen von Umweltunterschieden in der Baumschule handelt.

## 3. Die Entwicklung der genetischen Varianzen

Wie aus *Fig. 4* hervorgeht, betrug der Anteil der additiv-genetischen Varianz (berechnet unter der Annahme, die vier Bäume stellten eine zufällsmäßige Stichprobe aus einer zufallspaarenden Population dar) im Verschulbeet 70%.

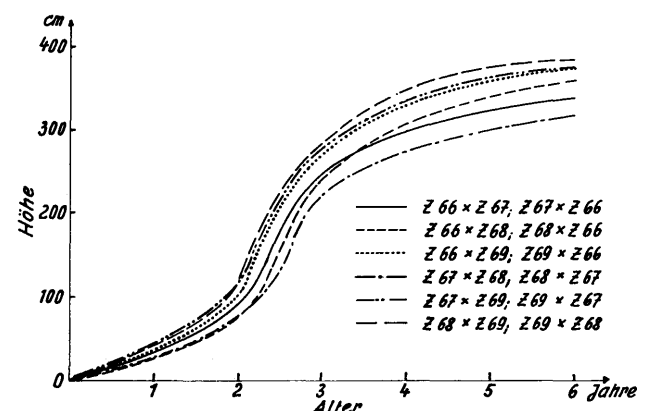


Fig. 2. — Entwicklung des Höhenwachstums der sechs Kombinationen (Mittelwerte aus den reziproken Kreuzungen).

Tabelle 2. — Entwicklung der „Muttereffekte“.

| Alter             | Interaktion |      | Kreuzungsrichtung |      | F-Wert |
|-------------------|-------------|------|-------------------|------|--------|
|                   | FG          | MQ   | FG                | MQ   |        |
| 1                 | 30          | 2953 | 6                 | 2114 | 0,70   |
| 2                 | 30          | 72   | 6                 | 350  | 4,86** |
| 3                 | 30          | 259  | 6                 | 905  | 3,49** |
| 4                 | 30          | 372  | 6                 | 1355 | 3,64** |
| 6 a <sup>1)</sup> | 30          | 983  | 6                 | 2607 | 2,65*  |
| 6 b               | 30          | 515  | 6                 | 1272 | 2,47*  |

<sup>1)</sup> 6 a = Durchmesser D 1,3.

Die nichtadditive genetische Varianz (Dominanzvarianz) betrug demgegenüber weniger als 15%. Nach dem Umpflanzen ins Feld ändern sich diese Verhältnisse radikal: Die additiv-genetische Varianz fällt ab und die „Dominanz“-Varianz wird verdreifacht.

Die Ursache hierfür ist eine doppelte: Zunächst besteht eine negative Korrelation zwischen Pflanzengröße und Zuwachs im ersten Jahr nach dem Umpflanzen, d. h. der Pflanzschock ist größer bei größeren Pflanzen. Dies muß zum Absinken der additiv-genetischen Varianz der Gesamthöhe führen. Umgekehrt gehen Nachwirkungen von Umweltunterschieden in der Baumschule in den Schätzwert für Dominanzvarianz ein und fallen besonders ins Gewicht, weil entsprechend dem Versuchsmodell ihr Beitrag mit 4 multipliziert erscheint. Vom 4. Jahr ab scheint die Störung durch Umpflanzen wieder ausgeglichen zu werden. Der Beitrag der additiv-genetischen Varianz bleibt etwa konstant, während der Beitrag der nichtadditiven (teilweisen) genetischen Varianz einen abnehmenden Trend zeigt. Erstaunlich ist hier, daß schon die im Versuchsgebiet erhal-

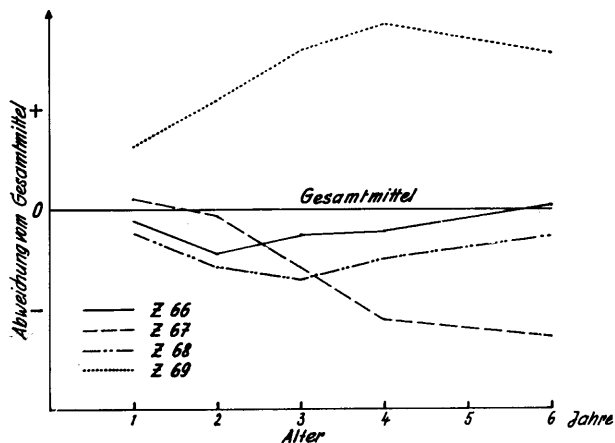


Fig. 3. — Die mittleren additiven Effekte (allgemeine Kombinationseignung) der vier Kreuzungspartner.

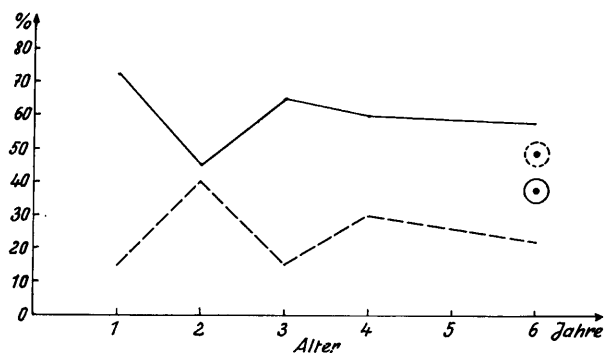


Fig. 4. — Anteile der additiven (ausgezogene Linie) und nichtadditiven (gestrichelt) genetischen Varianz an der Gesamtvarianz des Versuchs unter der Annahme, die vier Bäume stellten eine zufallsmäßige Stichprobe aus einer zufallspaarenden Population dar. Die Punkte im 6. Jahr sind BHD (1,3)-Messungen.

tenen Werte den späteren sehr ähnlich sind. Anders verhalten sich die im 6. Jahr gemessenen Durchmesser. Hier scheinen nichtadditive Effekte von größerer Bedeutung zu sein und betragen etwa 50%.

Nun ist die Annahme, die vier Bäume stellten eine zufallsmäßige Stichprobe aus einer zufallspaarenden Population dar, nicht sehr realistisch. Außerdem muß man erwarten, daß die aus den Nachkommenschaften von nur vier Kreuzungspartnern abgeleiteten Varianzkomponenten einen hohen Stichprobenfehler aufweisen, wenn man daraus auf Parameter der Population schließen will. Deshalb wurden in Fig. 5 nochmals die vier Varianzkomponenten bzw. ihre relativen Beiträge zur Gesamtvarianz des Versuchs dargestellt, diesmal ohne Annahmen über die Population und Erklärung als Kovarianzen zwischen Verwandten (Halb- und Vollgeschwisterkovarianzen). Weitaus größte „genetische“ Komponente ist auch hier die für allgemeine Kombinationseignung. Erst mit großem Abstand folgen die Varianzkomponenten für spezifische Kombinationseignung und Muttereffekte, die, wie wir gesehen haben, mit großer Wahrscheinlichkeit zudem noch einen größeren Umweltanteil enthalten dürften. Für den Forstpflanzenzüchter dürfte interessant sein, daß die aus der Varianz der Zuchtwerte der einzelnen Bäume resultierende Varianz weitaus die größte ist und damit Massenauslese nach der Nachkommenschaftsprüfung erfolgreich sein muß. Diese ihn am meisten interessierende Varianzkomponente bleibt darüberhinaus im untersuchten Altersintervall relativ gleich groß.

### Summary

Subsequent measurements of a 4 × 4 diallel progeny test of *Betula verrucosa* indicated the following results: —

- (1) General combining ability was the main source of genetic variance,
- (2) genetic non-additivity as well as maternal effects can probably be interpreted as partly environmental effects,
- (3) negative correlation between plant size and height increment of first year after transplantation caused an appreciable drop of additive-genetic variance of that year,
- (4) relations of components of variance remained about constant over a period of six years,
- (5) general combining ability of trees seems to be different in different ages of the progenies.

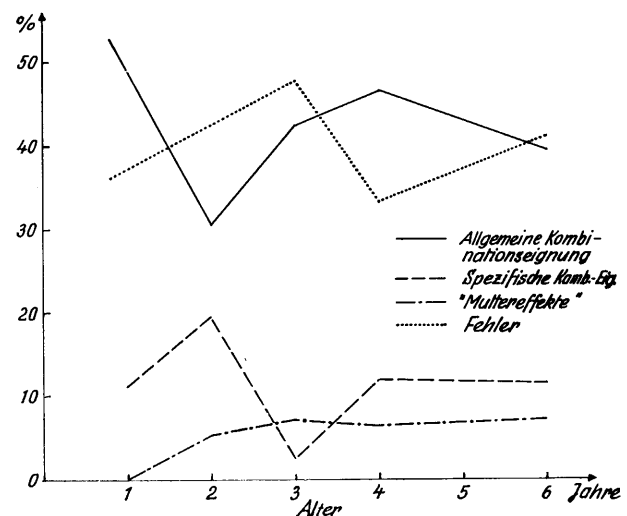


Fig. 5. — Prozentuale Anteile der Varianzen für allgemeine Kombinationseignung, spezifische Kombinationseignung, Muttereffekte und Fehler an der Gesamtvarianz des Versuchs.