

(Aus der Zentralforschungsanstalt für Pflanzenzucht (ERWIN-BAUR-Institut) Müncheberg/Mark, Abt. für Lupinenzüchtung, und dem Institut für Obstbau und Obstzüchtung der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin in Marquardt bei Potsdam.)

Ein Beitrag zur Ertragszüchtung beim Winterraps.

Von G. STOLLE.

Mit 9 Textabbildungen.

I. Einleitung.

Die Zuchtziele, die für den Winterraps aufgestellt wurden, lassen sich unter zwei Gesichtspunkten zusammenfassen: 1. Erhöhung der Ertragssicherheit, 2. Steigerung des Fettertrages je Flächeneinheit. Die Züchtung auf Ertragssicherheit hat sich in erster Linie mit der Verbesserung der Winter- und Frühjahrstfestigkeit, der Resistenz gegen Schädlinge, der Platzfestigkeit und der Herabsetzung der Empfindlichkeit gegen spätere Aussaat zu befassen. Der zweite Gesichtspunkt verlangt eine Verbesserung aller der Merkmale, die direkt auf die Höhe des erblich bedingten Potentials des Fettertrages einwirken. Diese sind der Samenertrag und der Ölgehalt, wobei sich der Samenertrag der Einzelpflanze aus der Schotenzahl, der durchschnittlichen Samenzahl je Schote und dem Tausendkorngewicht zusammensetzt. Die Züchtung auf diese Merkmale, im folgenden als Ertragszüchtung bezeichnet, ist bisher im praktischen Zuchtbetrieb kaum durchgeführt worden. FRANKEL (4) weist jedoch in einer neueren Arbeit über Weizenzüchtung darauf hin, daß in dem Augenblick eine Ertragszüchtung notwendig wird, wo ein gewisser Stand der Züchtung auf die anderen Merkmale erreicht ist. Dabei soll an dieser Stelle nicht entschieden werden, ob beim Winterraps bereits der Stand erreicht ist, der den Züchter zwingt, zur Ertragszüchtung überzugehen. Es ist aber eine Selbstverständlichkeit, und das betont auch FRANKEL, daß man nicht erst dann mit der Ertragszüchtung beginnen darf, wenn alle anderen Möglichkeiten erschöpft sind. Die in der Literatur vorhandenen Angaben reichen aber als Grundlage für eine erfolgreiche Züchtungsarbeit in dieser Richtung bei weitem nicht aus. BAUR (2) gibt die Ergebnisse eigener Untersuchungen und anderer Autoren über Variabilitäts- und Korrelationsverhältnisse wieder. Diese Angaben sind jedoch alle älteren Datums und können nur als Vorarbeiten gewertet werden. Vor allem sind die Angaben über die Variabilität des Ölgehaltes und seine Beziehungen zu den anderen Ertragskomponenten sehr lückenhaft. Der Eiweißgehalt, der Bedeutung für den Futterwert der Rapsextraktionsschrote hat, fand bisher so gut wie keine Beachtung.

In der vorliegenden Arbeit wurden daher die Ergebnisse von BAUMANN (1), BAUR (2) und MANDEKIC (Zit. nach 2) unter dem Gesichtspunkt der Ertragszüchtung nochmals überprüft. Öl- und Eiweißgehalt wurden in die Betrachtung einbezogen. Dem Verlauf der Variationskurven wurde besondere Beachtung geschenkt und untersucht, bei welchen Merkmalen die Schiefheit der Verteilungskurven ein brauchbares Kriterium zur Beurteilung von Selektionsmöglichkeiten darstellt. Ferner war es notwendig, die Zusammenhänge zwischen den Ertragskomponenten zu analysieren, um zu erkennen, welchen Anteil die einzelnen Komponenten am Zustandekommen des Ertrages haben. Unter dem Ertrag ist hier der Ölertrag der Einzelpflanze zu ver-

stehen. Mit Hilfe der Berechnung von Bestimmtheiten, Korrelationen und Regressionen sollte gezeigt werden, bei welchen Merkmalen eine wirkungsvolle Selektion auf hohen Ertrag möglich ist. Die Untersuchungen beschränken sich auf Einzelpflanzen ohne Berücksichtigung der Pflanzenzahl je Flächeneinheit.

II. Material und Methodik.

Die Untersuchungen wurden 1951 in Müncheberg und 1952 in Müncheberg und Marquardt durchgeführt. Für Einzelpflanzenuntersuchungen standen 1951 Standardteilstücke der Sorte „Lembkes Winterraps“ zur Verfügung, die 40 mal 10 cm handgelegt waren. 1952 wurden die Einzelpflanzen der Sorten „Lembkes Winterraps“ und „Quedlinburger“ in Müncheberg aus einer Sortenprüfung (auf 40 cm gedrillt) entnommen. In Marquardt erstreckten sich die Einzelpflanzenuntersuchungen auf die Sorten „Lembkes Winterraps“, „Quedlinburger“ und „Janetzki“ (30 cm Drillreihenentfernung). Für die Sortenauswertungen lag mehrjähriges Zahlenmaterial in Müncheberg vor.

Die Schotenzahl wurde bei der Ernte auf dem Felde ermittelt. Alle aufgeplatzen Schoten, auch wenn diese noch Samen enthielten, wurden je Pflanze gezählt und von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Im Labor wurden die Schoten aufgerieben und der Samenertrag der Einzelpflanzen bestimmt. Da sich der Samenertrag nur auf die nicht aufgeplatzen Schoten bezog, wurden für die weiteren Berechnungen die Samenerträge unter Zugrundelegung der Gesamtschotenzahl korrigiert. Die Zahl der aufgeplatzen Schoten war so gering, daß diese Manipulation berechtigt erschien. Es folgte die Bestimmung des Tausendkorngewichtes. Aus diesen Daten lassen sich die Samenzahl und die durchschnittliche Samenzahl je Schote leicht errechnen.

Der Öl- und Eiweißgehalt konnte nur an dem Material bestimmt werden, welches ausreichende Samenerträge der Einzelpflanzen gebracht hatte. Die Ermittlung des Ölgehaltes erfolgte durch Auswiegen des Rückstandes nach fünfständiger Extraktion mit dem Soxhletapparat. Die Eiweißbestimmungen wurden nach dem Verfahren von KJELDHAL (Mikroapparat nach PARNAS) durchgeführt.

Bei der Auswertung der Versuche wurde angestrebt, alle Ergebnisse, soweit es sinnvoll erschien, einer statistischen Analyse zu unterwerfen. Auch wurde angestrebt, die statistische Symbolik den internationalen Vereinbarungen anzugleichen. Danach wird der Mittelwert durch Überstreichen des für die Einzelwerte verwendeten Symbols (z. B. \bar{x} , \bar{y} , \bar{d}) bezeichnet. Ferner wurden für die Streuung s , die Differenz d , die Streuung der Differenzen s_d , den Variationskoeffizienten $s\%$, die Varianz s^2 , die Summe der Abweichungsquadrate SQ , die Freiheitsgrade FG , die Individuenzahl n und als Summensymbol S verwendet. Lediglich bei manchen Formeln, die aus Arbeiten älteren Datums entnommen wurden, sind die Symbole angegeben, die von diesen Autoren gebraucht wurden. Als Maßstab der statistischen Sicherheit wurde bei doppelseitiger Fragestellung eine Grenzwahrscheinlich-

keit von $P = 5\%$ zugrunde gelegt. Je nach der Art des Materials und der Fragestellung wurden verschiedene Methoden der statistischen Prüfung angewandt:

1. Der Vergleich der Mittelwerte zweier Messungsreihen, deren Werte nicht gepaart sind, erfolgte mittels t -Test, wobei $t = \frac{\bar{d}}{s_d}$ ist. Da alle Messungsreihen ungleiche Individuenzahlen enthielten, ist

$$s_d = \sqrt{s^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}, \text{ wobei } s^2 = \frac{SQ_1 + SQ_2}{(n_1 + n_2) - 2} \text{ ist.}$$

Die Anzahl der Freiheitsgrade ist $FG = (n_1 + n_2) - 2$.

2. Zur Prüfung der Differenz zweier Streuungen wurde der F-Test angewandt.

3. Die Berechnung der Schiefeit einer Verteilungskurve erfolgte nach der Formel von JOHANNSEN (15).

4. Mehrere Messungsreihen wurden mit der Varianzanalyse auf ihre Homogenität geprüft.

5. Sollte das Bestehen eines Zusammenhanges zwischen zwei Merkmalen (Messungsreihen) geprüft werden, so wurde der Korrelationskoeffizient r und die Bestimmtheit B errechnet. Da die Berechnung von r nur bei linearer Korrelation berechtigt ist, kann in Zweifelsfällen die Korrelation nach einem von LINDER (6) angegebenen Verfahren auf ihre Linearität geprüft werden. Da es sich in allen Fällen um umfangreiche, in Klassen eingeteilte Reihen handelte, wurde der Korrelationskoeffizient nach der Formel

$$r_{xy} = \frac{S f a_x a_y - n b_x b_y}{(n - 1) s_x s_y}$$

berechnet, wobei f die Klassenhäufigkeit, a die Abweichung der Einzelwerte vom angenommenen Mittelwert (in Klassen) und b die Abweichung des angenommenen Mittelwertes vom arithmetischen Mittel bedeuten. Das Bestimmtheitsmaß, welches sich aus $B = r^2$ ergibt, läßt den Zusammenhang anschaulicher erscheinen. B gibt an, wieviel Prozent der Streuung der einen Variablen auf die Veränderung der anderen zurückzuführen sind. Liegt z. B. ein $B = 0,5$ vor, dann sind 50% der Streuung von x auf der Veränderung von y begründet. Da sich jedoch zum Prüfen in manchen Fällen der Korrelationskoeffizient besser eignet, wurden beide Größen verwendet.

Stehen mehr als zwei Merkmale miteinander im Zusammenhang, so gibt die einfache Korrelation kein einwandfreies Bild über die gegenseitigen Beziehungen. Die „reinen“ Beziehungen wurden durch Berechnung der partiellen oder teilweisen Korrelationen ermittelt. Bei drei Veränderlichen ergibt sich der teilweise Korrelationskoeffizient aus

$$r_{xy \cdot z} = \frac{r_{xy} - r_{xz} r_{yz}}{\sqrt{(1 - r_{xz}^2)(1 - r_{yz}^2)}}$$

Stehen vier Veränderliche miteinander im Zusammenhang, dann müssen zwei in ihrer Wirkung ausgeschaltet werden. Man spricht hier von einem teilweisen Korrelationskoeffizienten zweiten Grades, der sich nach der Formel

$$r_{xy \cdot zu} = \frac{r_{xy \cdot u} - r_{xz \cdot u} r_{yz \cdot u}}{\sqrt{(1 - r_{xz \cdot u}^2)(1 - r_{yz \cdot u}^2)}}$$

errechnen läßt. Zu jedem Korrelationskoeffizienten gehört das entsprechende Bestimmtheitsmaß. Der Regressionskoeffizient wurde nach der Formel $b = r \frac{s_y}{s_x}$ bestimmt.

6. Die Grenzwerte r_{max} bzw. B_{max} lassen sich für die gewünschte Grenzwahrscheinlichkeit bei den entsprechenden Freiheitsgraden leicht den Tabellen (6, 15) entnehmen. Um den Unterschied zwischen zwei Korrelationskoeffizienten zu prüfen, müssen diese in die Größe z nach der Formel $z = \frac{1}{2} \ln(1 + r) - \ln(1 - r)$ oder nach der Tabelle (15) umgewandelt werden. Die Größe z ist normal

verteilt mit der Streuung $s_z^2 = \frac{1}{N - 3}$. Daraus ergibt sich

$s_d = \sqrt{s'^2_z + s''^2_z}$. Es läßt sich danach der Wert $u = \frac{z' - z''}{s_d}$ errechnen, der es gestattet aus einer Tafel für Normalverteilung (6) den Wert P direkt zu entnehmen.

7. Die Darstellung von vergleichbaren Verteilungskurven erfolgte nach einem Verfahren von BREITINGER (3). Danach ergeben sich die Abszissenwerte aus der Multiplikation der Klassenmittel mit dem Prozentwert der Maßeinheit $\frac{100}{x}$. Für die Ordinatenwerte müssen die relativen Klassenhäufigkeiten durch die relativen Klassenbreiten $\left(\frac{\text{Klassenbreite} \cdot 100}{x} \right)$ dividiert und die Quotienten zweckmäßig mit einem beliebigen Faktor (z. B. 10 oder 100) multipliziert werden. Auf diese Weise lassen sich Variationskurven mehrerer Merkmale in einem Koordinatensystem darstellen. Es sind dann nur die Kurven einer Zeichnung vergleichbar. Sollen mehrere Zeichnungen verglichen werden, dann ist ein gemeinsamer Maßstab notwendig.

8. Die Homogenität von Varianzen wurde mittels BARTLETT-Test (12) geprüft.

III. Die Variabilität der Ertragskomponenten.

Für die Züchtung ist die Variabilität der Merkmale in verschiedener Hinsicht von Interesse. Von besonderer Wichtigkeit ist sie für die Auslese auf quantitative Merkmale. Der Züchter muß hier immer bestrebt sein, die Gesamtvariabilität ihren Ursachen entsprechend in umweltbedingte und genetisch bedingte Variabilität aufzugliedern. Er muß also wissen in welchem Ausmaß die züchterisch wichtigen Merkmale modifizierbar sind. Sinkt die Variabilität eines Ausgangsmaterials für ein Merkmal unter dem Einfluß fortgesetzter Auslese auf einen Wert, welcher durch weitere Selektion nicht mehr vermindert werden kann, so ist dies ein Zeichen dafür, daß die noch vorhandene Variabilität nur modifikativ bedingt sein kann. Weitere Auslese ist sinnlos, und der Züchter muß seine Zuchtmethodik ändern oder ein neues Ausgangsmaterial beschaffen.

1. Die Variabilität des Samenertrages und der Samenertragskomponenten.

Bedingt durch das Material und die Betrachtungsweise erschien es sinnvoll, vorerst den Samenertrag und seine Komponenten gesondert vom Öl- und Eiweißgehalt zu behandeln. Die Untersuchungen konnten an neun verschiedenen Varianten durchgeführt werden. Der Einfachheit halber werden im folgenden für die einzelnen Varianten Abkürzungen benutzt:

- Le₁ = „Lembkes Winterraps“ Müncheberg 1951
- Le₂ = „Lembkes Winterraps“ Müncheberg 1952
- Le₃ = „Lembkes Winterraps“ Marquardt 1952
(Kontrollpflanzen)
- Le₄ = „Lembkes Winterraps“ Marquardt 1952
(bestäubte Pflanzen)
- Q₁ = „Quedlinburger“ Müncheberg 1952
- Q₂ = „Quedlinburger“ Marquardt 1952
(Kontrollpflanzen)
- Q₃ = „Quedlinburger“ Marquardt 1952
(bestäubte Pflanzen)
- J₁ = „Janetzki“ Marquardt 1952
(Kontrollpflanzen)
- J₂ = „Janetzki“ Marquardt 1952
(bestäubte Pflanzen)

Die Varianten „Kontrollpflanzen“ und „bestäubte Pflanzen“ ergaben sich aus der Tatsache, daß auch noch andere Untersuchungen an dem Material durchgeführt wurden.

Die Tab. 1 gibt die Mittelwerte und die Variationskoeffizienten für die einzelnen Merkmale und Varian-

ten wieder. Die Variabilität des Samenertrages ist, abgesehen von einer Ausnahme (Q_2), am größten. Die relativ geringe Variabilität des Samenertrages bei Le_1 ist wahrscheinlich durch die größere Standweite bedingt (40×10 cm). Mit abnehmender Variabilität folgen dann die Merkmale Schotenzahl, Samenzahl je Schote und Tausendkorngewicht. Bei allen Merkmalen ist klar zu erkennen, daß die Variationskoeffizienten eines Merkmals jeweils in einer Größenordnung liegen. Die Unterschiede zwischen den Merkmalen sind so deutlich, daß auf eine statistische Prüfung verzichtet werden kann. Zur besseren Übersicht wurde in der letzten Spalte der Tab. 1 das gewogene Mittel der

gung oder Zählung zu ermitteln sind. Eine besondere Schwierigkeit liegt in dem Umstand, daß oft nicht alle Pflanzen einen so hohen Samenertrag bringen, wie zur Untersuchung notwendig ist. Man ist dann gezwungen, einen Teil der Pflanzen von den Untersuchungen auszuschließen. Dies ist aber nur berechtigt, wenn der Beweis erbracht ist, daß zwischen Samenertrag und Ölgehalt bzw. Eiweißgehalt keine Korrelation besteht. Wenn dies der Fall ist, wie in Abschnitt IV gezeigt wird, entspricht die so errechnete Variabilität den wahren Verhältnissen. Ferner sind für diese Untersuchungen größere Aufwendungen und geeignete Serienmethoden notwendig. In der Literatur sind des-

Tabelle 1. Mittelwerte und Variationskoeffizienten des Samenertrages, der Schotenzahl, der Samenzahl je Schote und des Tausendkorngewichtes bei neun Varianten.

| | n | Le_1 | Le_2 | Le_3 | Le_4 | Q_1 | Q_2 | Q_3 | J_1 | J_2 | $\bar{s}\%$ |
|---------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| | | 160 | 98 | 100 | 89 | 95 | 95 | 85 | 99 | 96 | |
| Samenertrag | \bar{x} | 16,5 | 6,4 | 3,0 | 2,8 | 7,8 | 3,6 | 3,1 | 3,5 | 3,0 | 71,3 |
| | s% | 53,0 | 84,3 | 81,5 | 72,0 | 63,9 | 67,0 | 70,6 | 88,1 | 72,3 | |
| Schotenzahl | \bar{x} | 178,5 | 83,7 | 44,0 | 41,0 | 142,6 | 58,2 | 48,7 | 56,6 | 51,8 | 62,0 |
| | s% | 49,8 | 58,9 | 68,6 | 69,0 | 58,2 | 73,2 | 60,6 | 73,3 | 54,0 | |
| Samenzahl je Schote | \bar{x} | 18,8 | 16,4 | 12,8 | 14,0 | 11,6 | 10,9 | 10,8 | 12,0 | 13,0 | 30,0 |
| | s% | 31,3 | 24,0 | 33,9 | 30,5 | 35,2 | 29,3 | 28,5 | 29,4 | 24,3 | |
| Tausendkorngewicht | \bar{x} | 4,7 | 4,4 | 5,2 | 4,9 | 4,7 | 5,7 | 5,9 | 4,8 | 4,7 | 17,1 |
| | s% | 14,2 | 16,2 | 18,6 | 18,8 | 20,3 | 15,0 | 17,0 | 17,6 | 18,6 | |

Variationskoeffizienten angegeben. An Hand der vorliegenden Zahlen lassen sich auch Untersuchungen über die unterschiedliche Modifizierbarkeit der einzelnen Merkmale anstellen. Prüft man mittels BARTLETT-Test die Homogenität der Varianzen bei den einzelnen Merkmalen, so erhält man für jedes Merkmal einen χ^2 -Wert. Unter der Voraussetzung, daß alle Merkmale gleich stark modifizierbar sind, müßten alle Werte gleich groß sein. Sind sie ungleich groß, dann läßt das größere χ^2 einen Schluß auf eine größere, das kleinere χ^2 auf eine geringere Modifizierbarkeit des Merkmals zu. Die Ergebnisse der Homogenitätsprüfung der Varianzen für fünf Merkmale sind in Tab. 2 zusammengestellt. Es zeigt sich, daß die Varianzen nur beim Ölgehalt als homogen anzusehen sind. Wesentlich ist

halb Angaben über die Variabilität von Öl- und Eiweißgehalt seltener zu finden als über andere Merkmale. Sie werden aber in dem Augenblick notwendig, wo man sich mit der Züchtung auf diese Merkmale befaßt. Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen sind in Tab. 3 zusammengestellt. Öl- und Eiweißgehalt zeigen eine deutlich geringere Variabilität als die anderen untersuchten Merkmale. Dabei liegt der Eiweißgehalt noch höher als der Ölgehalt.

Tabelle 2. χ^2 -Werte und Wahrscheinlichkeit (P%) der Homogenität der Varianzen von fünf Merkmalen.

| Merkmal | χ^2 | P% |
|-------------------------------|----------|-------|
| Samenertrag | 443,7 | < 1,0 |
| Schotenzahl | 332,5 | < 1,0 |
| Samenzahl je Schote | 67,6 | < 1,0 |
| Tausendkorngewicht | 24,1 | < 1,0 |
| Ölgehalt | 3,2 | 20,0 |

Tabelle 3. Mittelwerte und Variationskoeffizienten des Öl- und Eiweißgehaltes von drei Varianten.

| | Ölgehalt | | | Eiweißgehalt | | |
|--------|----------|-----------|-----|--------------|-----------|------|
| | n | \bar{x} | s% | n | \bar{x} | P% |
| Le_1 | 149 | 45,9 | 7,0 | 90 | 21,0 | 11,5 |
| Le_2 | 29 | 44,0 | 5,5 | | | |
| Q_1 | 51 | 46,7 | 6,5 | | | |

aber der Unterschied zwischen den Werten. Die Modifizierbarkeit ist also beim Samenertrag am größten und nimmt in der weiteren Reihenfolge Schotenzahl, Samenzahl je Schote, Tausendkorngewicht ab. Die Samenzahl je Schote und das Tausendkorngewicht erweisen sich also als viel unabhängiger von Umweltfaktoren als die anderen beiden Merkmale.

Die Abb. 1 und 2 geben einen zusammenfassenden Überblick über das unterschiedliche Ausmaß der Variabilität der einzelnen Merkmale. Da beide Abbildungen

2. Die Variabilität des Öl- und Eiweißgehaltes.

Beim Öl- und Eiweißgehalt lassen sich Variabilitätsuntersuchungen nicht in dem Ausmaße durchführen, wie bei Merkmalen, die durch einfache Messung, Wä-

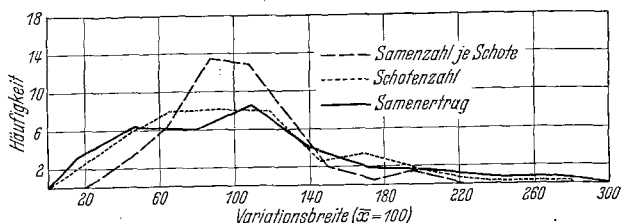


Abb. 1. Variationskurven von Samenertrag, Schotenzahl und Samenzahl je Schote von „Lembkes Winterraps“ Müncheberg 1951.

nach dem gleichen Maßstab gezeichnet wurden, sind alle Kurven vergleichbar. Die Reihenfolge der Merkmale tritt hier ganz deutlich hervor.

3. Die Schiefheit als Kriterium für die Beurteilung der Selektionsmöglichkeiten:

Der Ausprägung eines Merkmales sind durch genetische und Umweltfaktoren nach oben und unten Grenzen gesetzt. Je nach Konstellation dieser Faktoren kommt es dann zur charakteristischen Merkmalsausbildung innerhalb dieser Grenzen. Bei quantitativen

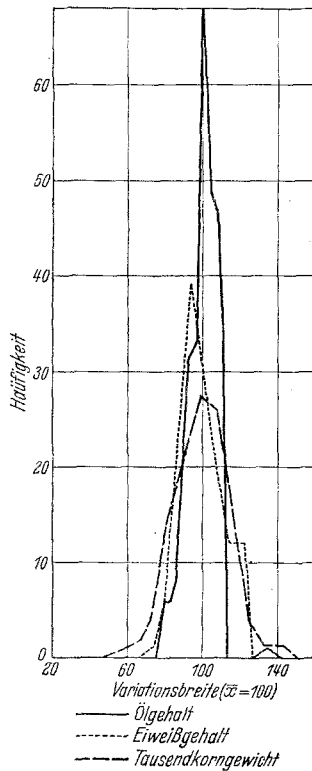


Abb. 2. Variationskurven von Tausendkorngewicht, Eiweißgehalt und Ölgehalt von „Lembkes Winterraps“ Müncheberg 1951.

Merkmale liegt immer eine fluktuierende Reihe der Merkmalsausbildung zwischen Maximal- und Minimalwert vor, die in der Variationskurve zum Ausdruck kommt. Es kann dabei durchaus möglich sein, daß weder der obere noch der untere Grenzwert erreicht wird. Man kann sich also die Variationskurve einer Population theoretisch als aus zwei Kurven zusammengesetzt denken. Eine ist als Ergebnis der Genwirkung zu werten; die andere ist die Modifikationskurve. Wirken beide Faktorenkomplexe in quantitativer Hinsicht positiv wie negativ in gleicher Weise und sind alle Faktorenkombinationen voll ausgeschöpft, dann muß dies eine Variationskurve ergeben, die der Normalkurve entspricht. Die beiden Kurven müßten in dem Falle kongruent sein. Daß die Zusammenhänge zwischen den genetischen und den Umweltfaktoren äußerst kompliziert sind durch verschiedene Arten der Genwirkung und Wechselwirkungen zwischen Umwelt und genetischer Konstitution, braucht an dieser Stelle weiter nicht erläutert werden. Nun wird es jedoch in praxi kaum Fälle geben, in denen die genetische Variationsbreite genau der Modifikationsbreite entspricht. Häufiger wird es sein, daß diese oder jene geringer ist. Von dieser Hypothese ausgehend, kann man sich folgendes Beispiel konstruieren: Die Untersuchung eines Merkmals in einer Population oder Kreuzungsnachkommenschaft zeige, daß die beiden theoretisch angenommenen Kurven aufeinander fallen. Aus dieser Population wird nun eine Auslese im positiven Sinne betrieben. Durch diesen Eingriff muß sich der Mittelwert der genetischen Variationskurve nach rechts verschieben. Unterstellt man jetzt wieder gleiche Modifikationsbedingungen, dann liegen die beiden Kurven nicht mehr aufeinander, sondern die genetische Variationskurve liegt rechts neben der Modifikationskurve. Dazu kommt, daß der Höchstwert durch die Modifikationskurve bestimmt wird, d. h. die Umweltfaktoren reichen nur für eine bestimmte Quantität aus, obwohl auf Grund der genetischen Konstitution eine höhere Leistung möglich wäre. Daraus resultiert eine Häufung von Werten zur oberen Grenze hin; das

Dichtemittel verlagert sich rechts neben das arithmetische Mittel, und das Ergebnis ist eine linksschiefe Kurve. Diesem Gedankengang entsprechend kann man auch eine negative Auslese annehmen, was zu einer rechtsschiefen Kurve führt. Der theoretische Minimalwert ist dann Null, was praktisch nicht erreicht werden kann, weil ein Merkmal mit dem Wert der Ausprägung Null nicht mehr als solches anzusprechen ist. — Voraussetzung für das Zustandekommen einer schiefen Verteilungskurve war die Tatsache, daß die genetische Variationsbreite als Folge einer Auslese die Modifikationsbreite nach einer Seite überschreitet. Ist dies nicht der Fall, dann tritt eine Schiefheit nicht oder erst spät auf; es sei denn, es liegen besondere genetische Verhältnisse vor (z. B. multiplikative Genwirkung). In gleicher Weise ist es auch möglich, bei gleicher genetischer Konstitution durch positive Veränderung der Umweltfaktoren und damit der Modifikationskurve im Vergleich zur genetischen Variationskurve zu einer schiefen Verteilungskurve zu kommen. Allerdings unter der Voraussetzung, daß der Höchstwert durch die genetischen Faktoren bestimmt wird, obwohl die Umweltverhältnisse eine höhere Leistung zulassen würden. Das gleiche ist auch im negativen Sinne denkbar. Bestimmend für den Verlauf der resultierenden Verteilungskurve ist also das Verhältnis von genetischer Variationsbreite zur Modifikationsbreite. Ist die Modifikationsbreite relativ zur genetischen Variationsbreite gering, dann ergibt sich als Folge einer Selektion aus einer Population eine schiefe Verteilung. Ist die Modifikationsbreite relativ größer, dann muß sich die Wirkung einer Selektion nicht ohne weiteres in einer Schiefheit äußern. Es sind nun die einzelnen Merkmale daraufhin zu untersuchen, welche Verhältnisse vorliegen.

Die Bedeutung der Schiefheit für die Auslese auf hohen Ölgehalt: Die Tab. 2 hatte schon gezeigt, daß der Ölgehalt am wenigsten modifikativen Einflüssen unterliegt. Hier bestehen also die größten Aussichten, die Schiefheit als Kriterium für den Erfolg und die Möglichkeiten einer Auslese heranzuziehen. Berechnet man die Schiefheiten der drei Varianten, so ergeben sich die Werte der Tab. 4. Die entsprechenden Variationskurven sind in Abb. 3

Tabelle 4. Schiefheit (S) der Ölgehaltsverteilung von drei Varianten.

| Varianten | S |
|---|--------|
| „Lembkes Winterraps“ Müncheberg 1951 | -0,215 |
| „Lembkes Winterraps“ Müncheberg 1952 | +0,041 |
| „Quedlinburger“ Müncheberg 1952 | -0,424 |

dargestellt. Danach hat die Sorte „Quedlinburger“ die größte Schiefheit aufzuweisen. Wenn die oben angeführten Überlegungen für den Ölgehalt zutreffen sollen, dann müßte die Sorte „Quedlinburger“ einen höheren Ölgehalt aufweisen als „Lembkes Winterraps“. Die größere Schiefheit bei der Sorte „Quedlinburger“ wäre dann als das Ergebnis einer Auslese anzusehen. Die Varianten Le_2 und Q_1 sind vergleichbar, und eine Prüfung ergibt in der Tat eine gesicherte Überlegenheit von Q_1 ($P\% = < 0,1$). Um die Ausführungen nicht nur auf die beiden Sorten zu

beschränken, wurden die Ergebnisse der Öluntersuchungen der in Müncheberg angelegten Winterraps- und Winterrübsensortenprüfung von 1948 bis 1951 einer varianzanalytischen Auswertung unterzogen (Tab. 5).

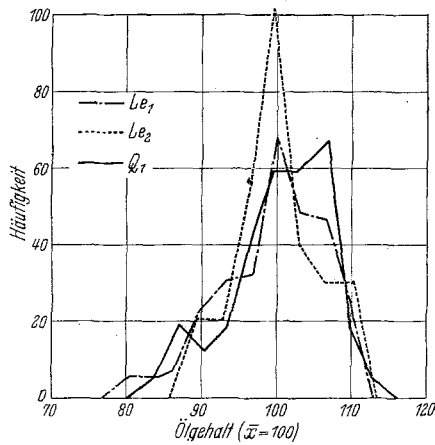


Abb. 3. Variationskurven des Ölgehaltes der Sorten „Lembkes Winterraps“ (Le_1 = Müncheberg 1951, Le_2 = Müncheberg 1952) und „Quedlinburger“ (Q_1 = Müncheberg 1952).

Tabelle 5. Varianztabelle der Ölgehalte von drei Winterraps- und zwei Winterrübsensorten der Jahre 1948 bis 1951.

| Streuungsursache | SQ | FG | s^2 | F-Test |
|--------------------------|-------|----|-------|-----------|
| Gesamt | 182,2 | 19 | | |
| Sorten | 122,6 | 4 | 30,6 | 51 (3,26) |
| Jahre | 52,1 | 3 | 17,4 | 29 (3,49) |
| WW Sorten \times Jahre | 7,5 | 12 | 0,6 | |

Der F-Test ergab gesicherte Sortenunterschiede. Die weitere Verrechnung zeigte zwischen allen Sorten gesicherte Differenzen. Betrachtet man dazu die Abb. 4, so erkennt man, daß die Differenzen relativ recht gering sind. Daraus ist eine verhältnismäßig strenge

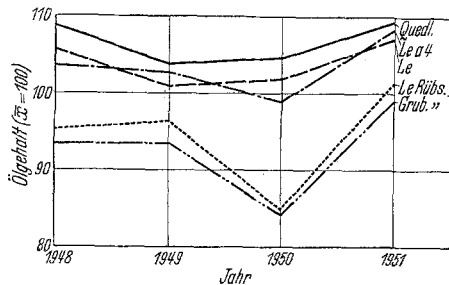


Abb. 4. Ölgehalt von drei Winterraps- und zwei Winterrübsensorten in den Jahren 1948 bis 1951 (\bar{x} = Mittel aller Sorten und Jahre).

genetische Gebundenheit des Ölgehaltes an den Sortencharakter abzuleiten. Ferner zeigt die Tab. 5 eine größere Sorten- als Jahresvarianz. Obwohl die Differenz der beiden Varianzen nicht gesichert ist, steht diese Tatsache mit den Werten der Tab. 2 im Einklang, nach der der Ölgehalt den modifizierenden Einflüssen nur im geringen Maße unterliegt. In diesem Zusammenhang interessiert auch die Wechselwirkung (WW) Sorten \times Jahre. Da infolge fehlender Wiederholungen eine Fehlervarianz nicht ermittelt werden konnte,

Tabelle 6. Varianztabelle der Samenerträge (\hat{d}_z/ha) von drei Winterraps- und zwei Winterrübsensorten der Jahre 1948 bis 1951.

| Streuungsursache | SQ | FG | s^2 | F-Test |
|--------------------------|-------|----|-------|-------------------------|
| Gesamt | 815,4 | 19 | | |
| Jahre | 431,4 | 3 | 143,8 | So/Fehler = 40,0 (2,49) |
| Sorten | 334,5 | 4 | 83,6 | WW/Fehler = 2,0 (1,88) |
| WW Sorten \times Jahre | 49,5 | 12 | 4,1 | So/WW = 20,2 (3,26) |
| Fehler | | 80 | 2,1 | |

kann nicht geprüft werden, ob die WW statistisch gesichert ist oder nicht. Aus dem sehr kleinen absoluten Wert ihrer Varianz im Vergleich zu „Sorten“ und „Jahre“ kann auf das Fehlen der WW geschlossen werden.

Zusammenfassend kann für das Merkmal „Ölgehalt“ folgendes festgestellt werden: relativ geringe Modifizierbarkeit verbunden mit verhältnismäßig strenger genetischer Fixierung, Zusammenfallen von größerer Schiefheit mit höherem Ölgehalt bei der Sorte „Quedlinburger“ und gleiche Reaktion aller Sorten auf die Einflüsse verschiedener Jahre. Diese Ergebnisse berechtigen zu der Folgerung, daß bei der Sorte „Quedlinburger“ die oberen Einzelwerte die Grenze des unter den gegebenen Bedingungen physiologisch Möglichen erreicht haben. Es hat hier eine erfolgreiche Auslese stattgefunden; eine weitere Erhöhung wird immer schwieriger. Dagegen scheint bei der Sorte „Lembkes Winterraps“, die noch weitgehend normale Verteilung zeigt, eine weitere Auslese durchaus sinnvoll und erfolgversprechend. Weitere Untersuchungen sind noch notwendig, um die hier geäußerte Annahme zu festigen. Für den Eiweißgehalt dürfen ähnliche Verhältnisse angenommen werden.

Die Bedeutung der Schiefheit für die Auslese bei den anderen Ertragsmerkmalen: Bei den Merkmalen Samenertrag, Schotenzahl, Samenzahl je Schote und Tausendkorngewicht liegen offenbar die Verhältnisse so, daß nur eigens für diesen Zweck angelegte Versuche endgültige Klarheit bringen werden. Wie schon gezeigt wurde, sind diese Merkmale weit mehr den modifizierenden Einflüssen unterworfen. Dabei können Samenertrag und Schotenzahl einerseits und Samenzahl je Schote und Tausendkorngewicht andererseits zusammengefaßt werden. Für die ersteren konnten in unserem Material keine links-schiefen Verteilungen festgestellt werden. Die Variationskurven neigen vielmehr alle mehr oder weniger zur Rechtsschiefheit. Diese Tatsache läßt darauf schließen, daß für diese Merkmale die Umweltfaktoren nicht ausreicht haben, um die genetische Kapazität voll auszuschöpfen. Die Modifikation überdeckt hier offenbar die genetische Konstitution recht eindeutig. Als Beweis kann noch eine Sortenprüfung von 3 Raps- und 2 Rübsensorten aus den Jahren 1948 bis 1951 angeführt werden. Die Tab. 6 zeigt gesicherte Sortenunterschiede. Da die Ergebnisse der einzelnen Jahre in 6 Wiederholungen vorlagen, konnte auch die WW Jahre \times Sorten statistisch geprüft werden. Es ergeben sich auch hier gesicherte Unterschiede, was verschiedene Reaktion der Sorten auf die Jahreseinflüsse beweist. Die Sortenunterschiede bleiben aber trotz verschiedener Reaktionsnorm gesichert, wie der F-Test Sorten/Wechselwirkung ergibt. Bestimmte Sorten sind demnach in allen Jahren gesichert überlegen bzw. unterlegen. Dies kommt dadurch, daß die Rübsensorten ein niedrigeres Ertragspotential aufweisen und in allen Jahren geringere Erträge bringen als Winterraps. Verrechnet man nämlich die Rapsertträge für sich, dann verwischen sich die Sortenunterschiede, und auch die Unterschiede in der Reaktionsnorm sind nicht mehr gesichert (Tab. 7). Es zeigt sich aber

jetzt beim F-Test Jahre/Sorten eine sehr gut gesichert größere Jahres- als Sortenvarianz. — Diese Tatsachen zeigen, daß die Schiefheit als Auslesekriterium für den Samenertrag und die Schotenzahl nur dann Anwendung finden kann, wenn die Umweltfaktoren so gestaltet werden, daß die günstigsten Genotypen die obere Grenze der Modifikationsbreite erreichen oder überschreiten. Dies ist offenbar ohne weiteres nicht möglich.

Die Merkmale Samenzahl je Schote und Tausendkorngewicht nehmen eine Mittelstellung ein. Die Variationskurven dieser Merkmale zeigten weitgehend normale Verteilung. Die Prüfung des Einzelpflanzenmaterials ergab, daß sie als sortentypisch angesehen werden können, was bei Samenertrag und Schotenzahl nicht der Fall war. Samenzahl je Schote und Tausendkorngewicht unterliegen also einer stärkeren genetischen Fixierung. Für das Tausendkorngewicht sei als Beweis noch folgende Untersuchung angeführt: An je 60 Rapspflanzen wurden nur die 10 bzw. 20 untersten Schoten am Haupttrieb belassen und alle übrigen Ansätze entfernt. Beim Vergleich des Tausendkorngewichtes dieser Pflanzen mit dem Tausendkorngewicht von Kontrollpflanzen (es wurde auch hier das Tausendkorngewicht an den 10 bzw. 20 untersten

Tabelle 7. Varianztabelle der Samenerträge (dz/ha) von drei Rapsorten der Jahre 1948 bis 1951.

| Streuungsursache | SQ | FG | s ² | F-Test |
|-------------------|-------|----|----------------|-----------------------|
| Gesamt | 278,4 | 11 | | |
| Jahre | 265,1 | 3 | 88,4 | So/WW = 1,06 (5,14) |
| Sorten | 3,4 | 2 | 1,7 | Ja/So = 52,00 (19,16) |
| WW Sorten × Jahre | 9,9 | 6 | 1,6 | |
| Fehler | | 68 | 2,5 | |

Gesamtheit zu betrachten. Die Frage der Sortenspezifität soll Gegenstand einer besonderen Betrachtung sein.

1. Der Zusammenhang zwischen den Samenertragskomponenten.

Die Tab. 8 enthält die totalen und teilweisen Korrelationskoeffizienten und Bestimmtheiten der Samenertragskomponenten für das gesamte Material. Bei den Abhängigkeiten, die als gesichert angesehen werden können ($P = 5\%$), sind die Korrelationskoeffizienten fett gedruckt. Zur besseren Übersicht sind die Bestimmtheiten in Abb. 5 graphisch dargestellt. Auch hier sind die Grenzen der Sicherheit bei $P = 1\%$ und $P = 5\%$ angedeutet. Dabei wurde als mittlere Individuenzahl 90 eingesetzt. Durch die geringen Abweichungen von 90 wird das Endergebnis nur unwesentlich beeinflusst. Lediglich die Variante Le_1 weicht

Tabelle 8. Totale und teilweise Korrelationskoeffizienten (r) und Bestimmtheiten (B) der Samenertragskomponenten bei 9 verschiedenen Varianten; Scho = Schotenzahl, Sa = Samenzahl je Schote, TKG = Tausendkorngewicht.

| | Le_1 | Le_2 | Le_3 | Le_4 | Q_1 | Q_2 | Q_3 | J_1 | J_2 |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $r_{Scho-Sa}$ | +0,04 | +0,14 | +0,04 | -0,22 | -0,13 | -0,40 | -0,14 | +0,06 | +0,21 |
| $B_{Scho-Sa}$ | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,05 | 0,02 | 0,16 | 0,02 | 0,00 | 0,04 |
| $r_{Scho-Sa \cdot TKG}$ | +0,01 | +0,15 | +0,06 | -0,19 | -0,08 | -0,26 | -0,03 | +0,10 | +0,32 |
| $B_{Scho-Sa \cdot TKG}$ | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,03 | 0,01 | 0,07 | 0,00 | 0,01 | 0,10 |
| $r_{Scho-TKG}$ | -0,08 | +0,34 | +0,07 | +0,27 | +0,14 | +0,42 | +0,37 | +0,26 | +0,54 |
| $B_{Scho-TKG}$ | 0,01 | 0,12 | 0,00 | 0,07 | 0,02 | 0,18 | 0,13 | 0,07 | 0,29 |
| $r_{Scho-TKG \cdot Sa}$ | -0,07 | +0,34 | +0,08 | +0,25 | +0,10 | +0,29 | +0,34 | +0,27 | +0,57 |
| $B_{Scho-TKG \cdot Sa}$ | 0,00 | 0,12 | 0,01 | 0,06 | 0,01 | 0,09 | 0,12 | 0,07 | 0,33 |
| r_{Sa-TKG} | -0,34 | 0,00 | -0,31 | -0,15 | -0,37 | -0,45 | -0,33 | -0,12 | -0,10 |
| B_{Sa-TKG} | 0,12 | 0,00 | 0,10 | 0,02 | 0,14 | 0,20 | 0,11 | 0,02 | 0,01 |
| $r_{Sa-TKG \cdot Scho}$ | -0,34 | -0,05 | -0,32 | -0,10 | -0,36 | -0,34 | -0,30 | -0,15 | -0,26 |
| $B_{Sa-TKG \cdot Scho}$ | 0,12 | 0,00 | 0,10 | 0,01 | 0,13 | 0,11 | 0,09 | 0,02 | 0,07 |

Schoten am Haupttrieb festgestellt) zeigte sich eine Erhöhung von etwa $2g = 36\%$. Die Variationskurven der behandelten Pflanzen waren deutlich linksschief gegenüber den Kontrollpflanzen. Das gleiche Bild ergab sich bei der Längenmessung der Schoten. Durch die oben angeführte Manipulation wird offenbar die Grenze des genetisch Möglichen erreicht. Weitere Untersuchungen müßten zeigen, ob für diese Merkmale die Schiefheit als Auslesekriterium brauchbar ist. Im Vergleich zu Samenertrag und Schotenzahl bestehen berechtigte Hoffnungen.

IV. Die Zusammenhänge zwischen den Ertragskomponenten.

Bevor die Abhängigkeit des Samenertrages von seinen Komponenten behandelt wird, ist eine Untersuchung darüber notwendig, ob und in welcher Weise die Komponenten selbst zusammenhängen. Um die Zusammenhänge im allgemeinen zu erkennen, erschien es zweckmäßig, das Material vorerst in seiner

stärker von 90 ab. Hier liegen aber keine Zweifelsfälle vor.

Zwischen Schotenzahl und Samenzahl je Schote läßt sich ein gesicherter Zusammenhang nur bei der Variante J_2 nachweisen. Der Wert von Q_2 liegt bei Ausschaltung des Einflusses des Tausendkorngewichtes unter der Sicherheitsgrenze. Da jedoch bei der Variante J_2 die Sicherung keine besonders große ist, kann angenommen werden, daß Schotenzahl und Samenzahl je Schote weitgehend unabhängig voneinander variieren. Der Zusammenhang zwischen Schotenzahl und Tausendkorngewicht ist offenbar enger, da bei fünf Varianten gesicherte Werte auftreten. Bei Le_2 , Q_2 , Q_3 , J_1 und J_2 liegen die Teilbestimmtheiten außerhalb der Zufallsgrenzen. Da acht Korrelationskoeffizienten positiv sind, liegt eine Beziehung in der Weise vor, daß mit einer erhöhten Schotenzahl eine Erhöhung des Tausendkorngewichtes verbunden ist. Im Falle J_2 lassen sich 33% der Streuung der Schotenzahl auf die Erhöhung des Tausend-

korngewichtes zurückführen, woraus ein deutlicher Zusammenhang zu ersehen ist. Auch für die Merkmale Samenzahl je Schote und Tausendkorngewicht ergeben sich gesicherte Zusammenhänge. Hier sind jedoch alle Korrelationskoeffizienten negativ. Dies bedeutet eine Abnahme des Tausendkorngewichtes bei ansteigender Samenzahl je Schote. Die Bestimmtheiten

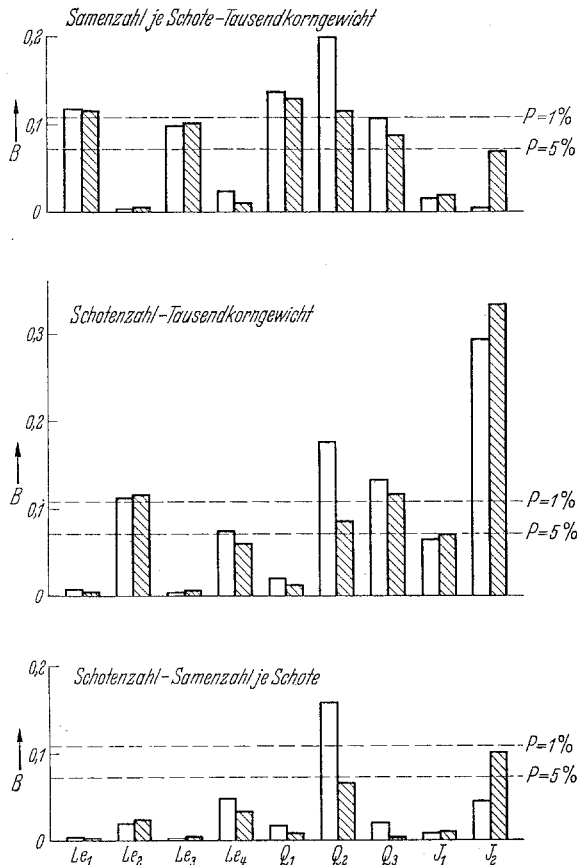


Abb. 5. Bestimmtheiten (nicht schraffiert) und Teilbestimmtheiten (schraffiert) der Samenertragskomponenten von neun Varianten.

liegen zwischen 0,09 und 0,13. Es kommt demnach vor, das 9–13% der Streuung des Tausendkorngewichtes auf die Veränderung der Samenzahl je Schote zurückzuführen sind. Im Hinblick auf die Zusammenhänge mit dem Samenertrag scheint es jetzt schon angebracht, zu untersuchen, wie sich diese Verhältnisse gewichtsmäßig auswirken. Durch die negative Korrelation wird ein gewichtsmäßiger Ausgleich des Samengewichtes je Schote angestrebt. Entscheidend für den Samenertrag je Pflanze bezüglich dieser Merkmale ist ja nicht allein die Samenzahl je Schote oder das Tausendkorngewicht, sondern das Samengewicht je Schote. Die Steigerung des einen Faktors ist wertlos, wenn der andere gleichzeitig um den gleichen Betrag gedrückt wird und das Produkt gleich groß bleibt. Diese Tendenz liegt offenbar vor, denn Pflanzen mit geringer Samenzahl je Schote streben danach, das dadurch bedingte geringe Samengewicht je Schote durch eine Vergrößerung der Samen zu erhöhen und umgekehrt. Es ist nun von Interesse zu wissen, wie weit dieser Ausgleich tatsächlich ins Gewicht fällt. Dies soll am Beispiel der Variante Le_1 gezeigt werden. Errechnet man für diese Variante den Regressionskoeffizienten b_{Sa-TKG} , so findet man den Wert $-0,038$ g. Nimmt also die Samenzahl je Schote um einen Samen zu, so entspricht dies einer Abnahme des Tausendkorngewichtes um $0,038$ g. Wenn nun eine Pflanze

mit durchschnittlich 10 Samen je Schote und einem Tausendkorngewicht von $4,0$ g angenommen wird, dann wiegen die Samen einer Schote $0,04$ g. Eine andere Pflanze habe dagegen im Durchschnitt 20 Samen je Schote. Bei dieser Pflanze müßte sich das Tausendkorngewicht um 10 mal $0,038$ g auf $3,62$ g verringern. Das Samengewicht je Schote mit 20 Samen würde dann $0,0724$ g gegenüber $0,04$ g bei 10 Samen betragen. Die doppelte Anzahl Samen je Schote bringt daher nur etwas weniger als das doppelte Samengewicht je Schote. Daraus resultiert aber, daß trotz abnehmenden Tausendkorngewichtes Pflanzen mit vielen Samen je Schote auch ein hohes Samengewicht je Schote aufweisen.

Die Sortenspezifität der Zusammenhänge: Bei der Abb. 5 fällt auf, daß bei der Sorte „Lembkes Winterraps“ jeweils eine größere Bestimmtheit bei $B_{Scho-TKG.Sa}$ mit einer kleineren bei $B_{Sa-TKG.Scho}$ zusammenfällt. Eine hohe Bestimmtheit des Tausendkorngewichtes durch die Schotenzahl schließt demnach bei dieser Sorte eine hohe Bestimmtheit des Tausendkorngewichtes durch die Samenzahl je Schote aus. Es erfolgt also bei zunehmender Schotenzahl nur dann eine Erhöhung des Tausendkorngewichtes, wenn bei steigender Samenzahl je Schote keine Abnahme des Tausendkorngewichtes erfolgt. Wie die Tab. 9 zeigt,

Tabelle 9. Wahrscheinlichkeit ($P\%$) der Differenzen zwischen den Korrelationen $r_{Scho-TKG.Sa}$ und $r_{Sa-TKG.Scho}$ bei den Varianten der Sorte „Lembkes Winterraps“.

| | $n-3$ | $z'-z''$ | $P\%$ |
|--------|-------|----------|-------|
| Le_1 | 146 | 0,28 | 2,0 |
| Le_2 | 95 | 0,40 | < 1,0 |
| Le_3 | 97 | 0,41 | < 1,0 |
| Le_4 | 86 | 0,36 | 2,0 |

sind die Differenzen zwischen $r_{Scho-TKG.Sa}$ und $r_{Sa-TKG.Scho}$ bei allen Varianten dieser Sorte gesichert. Nun gilt es noch zu untersuchen, ob die Unterschiede zwischen Le_1-Le_2 , Le_1-Le_4 , Le_2-Le_3 und Le_3-Le_4 bei $r_{Scho-TKG.Sa}$ und $r_{Sa-TKG.Scho}$ signifikant sind. Nach Tab. 10 sind diese Differenzen nicht

Tabelle 10. Wahrscheinlichkeit ($P\%$) der Differenzen zwischen den Varianten der Sorte „Lembkes Winterraps“ bei den Korrelationen $r_{Scho-TKG.Sa}$ und $r_{Sa-TKG.Scho}$.

| | $r_{Scho-TKG.Sa}$ | | $r_{Sa-TKG.Scho}$ | |
|---------------|-------------------|-------|-------------------|-------|
| | $z'-z''$ | $P\%$ | $z'-z''$ | $P\%$ |
| $Le_1 - Le_2$ | 0,42 | < 1,0 | 0,29 | 3,0 |
| $Le_1 - Le_4$ | 0,33 | 2,5 | 0,25 | 6,0 |
| $Le_2 - Le_3$ | 0,27 | 6,0 | 0,27 | 5,0 |
| $Le_3 - Le_4$ | 0,18 | 22,0 | 0,23 | 12,0 |

in allen Fällen gesichert. Die Tendenz ist jedoch deutlich. Für die Sorte „Quedlinburger“ trifft dies offenbar nicht zu, und bei „Janetzki“ müßte eine größere Anzahl von Varianten für den Nachweis vorliegen.

Da die Bestimmtheiten $B = r^2$ stets positiv sind, geben sie keinen Aufschluß über die Art des Zusammenhanges zweier Merkmale. Für die folgende Betrachtung ist dies jedoch wichtig. Deshalb wurden in Abb. 6 die Korrelationskoeffizienten graphisch dargestellt. Die Darstellung zeigt deutlich eine Sortenspezifität im Zusammenhang zwischen Schotenzahl und

Samenzahl je Schote. Bei der Sorte „Quedlinburger“ treten nur negative, bei der Sorte „Janetzki“ nur positive und bei „Lembkes Winterraps“ drei positive und eine negative Korrelation auf. Es gibt demnach Sorten, die bei steigender Schotenzahl mehr Samen je Schote ansetzen, und andere, die weniger ansetzen. Die anderen beiden Korrelationen sind, mit Ausnahme von Le_1 bei Schotenzahl-Tausendkorngewicht, bei allen Varianten gleichartig.

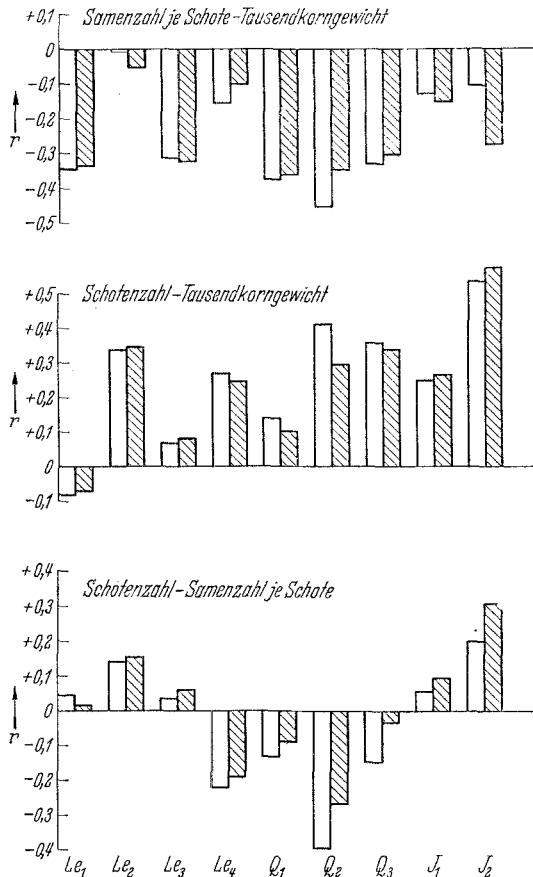


Abb. 6. Totale (nicht schraffiert) und teilweise Korrelationskoeffizienten (schraffiert) der Samenertragskomponenten von neun Varianten.

Die Zusammenhänge zwischen drei Ertragskomponenten: Die Abb. 5 und 6 zeigen, daß in einigen Fällen die Teilbestimmtheiten bzw. -korrelationen größer sind als die totalen; in anderen Fällen kehren sich diese Verhältnisse um. Diese Erscheinung läßt sich an Hand einer schematischen Darstellung erklären (Abb. 7). Es handelt sich in den obigen Ausführungen um drei Merkmale, die alle in bestimmter Weise voneinander abhängig sind. Wenn man z. B. die totale Abhängigkeit zwischen den Merkmalen 1 und 2 bestimmt, so hat man damit den Einfluß des Zusammenhanges zwischen 1 und 3 und zwischen 2 und 3 auf den Zusammenhang zwischen 1 und 2 mit erfaßt. Dieser Einfluß wird beim Errechnen der Teilkorrelation ausgeschaltet. Je nach der Art der drei Korrelationen, ob positiv oder negativ, wird dann jeweils in der totalen Korrelation ein zu hoher oder zu geringer Wert für die direkte Abhängigkeit errechnet. Abb. 7 gibt die vier Möglichkeiten bei drei Merkmalen wieder. Bei a) sind alle Merkmale positiv miteinander korreliert. Geht man von dem Zusammenhang zwischen 1 und 2 aus, so tritt bei Erhöhung von 1 auch ein Ansteigen von 2 ein. Ansteigendes 2 bedingt aber auch

erhöhtes 3, was wiederum eine nochmalige Steigerung von 1 zur Folge hat. Dadurch wird der Zusammenhang zwischen 1 und 2 verstärkt. Der Einfluß des Merkmales 3 auf die Merkmale 1 und 2 bedingt, daß der Zusammenhang zwischen 1 und 2 bei Berechnung der totalen Korrelation zu eng erscheint. Durch das Bestimmen der Teilkorrelation wird der Einfluß von 3 auf die anderen Merkmale ausgeschaltet. Dieser Koeffizient muß deshalb kleiner sein und gibt die direkten Beziehungen an. Zwei positive und eine negative Korrelation liegen bei b) vor. Nimmt man wieder den Zusammenhang zwischen 1 und 2 als Ausgangspunkt, dann erfolgt durch eine Erhöhung von 1 auch ein Ansteigen von 2 und 3. Die Merkmale 1 und 3 sind aber negativ korreliert. Zunahme von 3 hat demnach ein Absinken von 1 zur Folge. Dies bedingt eine Abschwächung des Zusammenhanges zwischen 1 und 2 unter dem Einfluß vom Merkmal 3. Die Teilkorrelation ergibt hier den höheren Wert. Es bleibt dabei

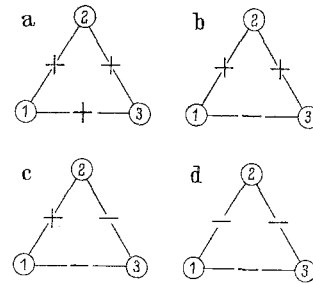


Abb. 7. Schematische Darstellung der Zusammenhänge zwischen drei Merkmalen.

gleich, welche von den 3 Korrelationen die beiden positiven oder das negative Vorzeichen haben und welche Korrelation als Ausgangspunkt genommen wird. Beim Schema c) hat eine Erhöhung von 1 Ansteigen von 2, Sinken von 3 und nochmaliges Steigen von 1 zur Folge. Die totale Korrelation ist demnach größer als die teilweise. Im Fall d) wird die Korrelation durch Ausschalten von Merkmal 3 verstärkt. Zusammenfassend kann gesagt werden, daß sich bei drei Merkmalen die totalen Korrelationen im Vergleich zu den teilweisen wie folgt verändern:

| | | | |
|--------|--------------------|---|-----------------|
| Bei a: | Totale Korrelation | > | Teilkorrelation |
| „ b: | „ | < | „ |
| „ c: | „ | > | „ |
| „ d: | „ | < | „ |

Weiterhin ergeben sich Beziehungen zwischen der Differenz aus totalen und teilweisen Korrelationskoeffizienten $r_{12} - r_{12.3}$ einerseits und der Höhe der beiden „Nebenkorrelationen“ r_{13} und r_{23} andererseits. Aus Abb. 6 kann ersehen werden, daß die Differenz zwischen totaler und teilweiser Korrelation immer groß ist, wenn die beiden „Nebenkorrelationen“ stärker ausgeprägt sind und umgekehrt. Es liegen aber offenbar keine linearen Beziehungen vor.

2. Der Zusammenhang zwischen dem Samenertrag und seinen Komponenten.

Beim Zustandekommen des Samenertrages wirken die einzelnen Komponenten in verschiedenem Grade mit. Um die Frage nach dem Einfluß der einzelnen Komponenten auf den Samenertrag erschöpfend beantworten zu können, muß eine Analyse der Zusammenhänge den weiteren Betrachtungen vorausgehen.

Das Bestimmtheitsmaß gestattet auch hier eine einleuchtende Darstellung. Es kann ermittelt werden, welcher Anteil der Samenertragsstreuung aus der Veränderung der Komponenten resultiert. In Tab. 11 sind die Teilbestimmtheiten zweiten Grades der Zusammenhänge zwischen dem Samenertrag und seinen

Regressionskoeffizienten lassen sich an Hand eines Beispielen die Verhältnisse gut darstellen. Um diesem eine reale Grundlage zu geben, wurden als Ausgangswerte die Mittel aus den neun Varianten genommen, die in Tab. 13 zusammengestellt sind. Tab. 14 gibt die Regressionskoeffizienten absolut und relativ wieder.

Tabelle 11. Teilbestimmtheiten (B) zweiten Grades des Samenertrages und seiner Komponenten bei neun Varianten (SaE = Samenertrag, Scho = Schotenzahl, Sa = Samenzahl je Schote, TKG = Tausendkorngewicht).

| | Le ₁ | Le ₂ | Le ₃ | Le ₄ | Q ₁ | Q ₂ | Q ₃ | J ₁ | J ₂ |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| B _{SaE-Scho} | 0,81 | 0,99 | 0,88 | 0,78 | 0,74 | 0,80 | 0,83 | 0,82 | 0,66 |
| B _{SaE-Sa} | 0,53 | 0,90 | 0,60 | 0,50 | 0,27 | 0,32 | 0,55 | 0,31 | 0,23 |
| B _{SaE-TKG} | 0,11 | 0,62 | 0,13 | 0,19 | 0,01 | 0,14 | 0,29 | 0,09 | 0,01 |

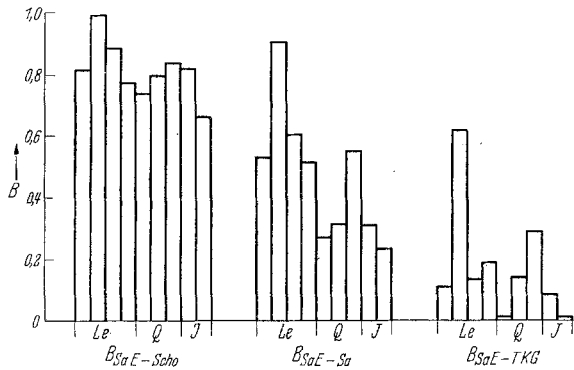


Abb. 8. Teilbestimmtheiten zweiten Grades der Zusammenhänge zwischen dem Samenertrag und seinen Komponenten bei neun Varianten (SaE = Samenertrag, Scho = Schotenzahl, Sa = Samenzahl je Schote, TKG = Tausendkorngewicht).

Komponenten wiedergegeben. Einen noch besseren Überblick gestattet die Darstellung in Abb. 8. Die entsprechenden Korrelationskoeffizienten haben ausnahmslos ein positives Vorzeichen. Alle Werte, außer denen bei Q_1 und J_2 beim Zusammenhang zwischen Samenertrag und Tausendkorngewicht, sind gesichert.

Erhöht sich also die Schotenzahl um eine Schote, dann ist dies gleichbedeutend einer Samenertragserhöhung von 0,0705 g oder 1,28%. Ein Same je Schote mehr bewirkt eine Ertragssteigerung von 0,63 g oder 11,4%, und bei einem 1 g höheren Tausendkorngewicht liegt der Wert bei 1,59 g bzw. 28,8%. Diese Werte sagen an sich noch nicht viel. Wenn man aber bedenkt, daß eine Schote = 1,26%, ein Same je Schote = 7,5% und 1 g Tausendkorngewicht = 20,1% sind, dann kann leicht errechnet werden, um wieviel Prozent sich das eine Merkmal verändert, wenn das andere um 10 Prozent erhöht wird. Es ergeben sich dann die Verhältnisse, wie sie aus Tab. 15 ersichtlich sind. Wenn sich also der Samenertrag um einen bestimmten Betrag erhöhen soll, dann ist dazu eine verschiedene Erhöhung der Ertragskomponenten notwendig.

Weiterhin interessiert noch, ob der Grad des Zusammenhanges als sortentypisch anzusehen ist. Faßt man die zu einer Sorte gehörigen Varianten zusammen, dann sind die Sortenunterschiede nicht gesichert.

3. Der Zusammenhang zwischen Öl- und Eiweißgehalt und zwischen diesen Merkmalen und den Samenertragskomponenten.

Der Zusammenhang zwischen Ölgehalt und Eiweißgehalt: Die Züchtung wird in Zukunft auch dazu übergehen müssen, dem Öl- und Eiweißgehalt

Tabelle 12. Wahrscheinlichkeit (P%) der Differenzen zwischen den z-Werten der Abhängigkeiten aus Tab. 11 bei neun Varianten.

| | Le ₁ | Le ₂ | Le ₃ | Le ₄ | Q ₁ | Q ₂ | Q ₃ | J ₁ | J ₂ |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| $r_{SaE-Scho} - r_{SaE-Sa}$ | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | 0,14 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 |
| $r_{Sa-Scho} - r_{SaE-TKG}$ | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 |
| $r_{SaE-Sa} - r_{SaE-TKG}$ | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | 0,52 | 0,52 | 11,0 | 2,1 | 2,8 | 0,52 |

Tab. 11 und Abb. 8 lassen auch den verschiedenen Grad des Zusammenhanges erkennen. Um dies rechnerisch zu ermitteln, wurden bei allen Varianten die Differenzen zwischen den z-Werten der Abhängigkeiten geprüft. Die Wahrscheinlichkeiten sind in Tab. 12 angegeben. Abgesehen von einer Ausnahme

mehr Aufmerksamkeit zu schenken. Da es sich um Merkmale handelt, die anteilmäßig im Samen vorkommen, interessiert es in erster Linie, in welcher Weise diese Merkmale voneinander abhängen. Aus 75 Individuen der Variante Le_1 wurde ein Korrelationskoeffizient $r = -0,645$ und eine Bestimmtheit $B = 0,416$ ermittelt. Der Wert

Tab. 13. Mittelwert, Streuung und Korrelationskoeffizienten der Samenertragsmerkmale (arithmetisches Mittel der neun Varianten).

| Merkmal | | \bar{x} | s | $r_{SaE-Scho}$ | r_{SaE-Sa} | $r_{SaE-TKG}$ |
|---------------------|--------|-----------|------|----------------|--------------|---------------|
| Samenertrag | = SaE | 5,5 | 3,7 | +0,90 | +0,67 | +0,37 |
| Schotenzahl | = Scho | 79,4 | 47,3 | | | |
| Samenzahl je Schote | = Sa | 13,4 | 3,9 | | | |
| Tausendkorngewicht | = TKG | 5,0 | 0,9 | | | |

sind alle Differenzen gesichert. Die Samenertragskomponenten stehen also in ganz charakteristischer Weise mit dem Samenertrag im Zusammenhang. Er ist am engsten zwischen Samenertrag und Schotenzahl; es folgen Samenzahl je Schote und Tausendkorngewicht. Hier drängt sich aber sofort die Frage nach dem quantitativen Zusammenwirken auf. Durch Errechnen der

kann als sehr gut gesichert angesehen werden. Mit dem Ansteigen des einen Merkmals ist also ein Absinken des anderen verbunden; hoher Ölgehalt bedingt einen geringen Eiweißgehalt und umgekehrt. Das Streben der Züchtung

Tabelle 14. Regressionskoeffizienten (b) des Samenertrages mit seinen Komponenten, absolut und in Prozent des Samenertrages.

| | $b_{SaE-Scho}$ | b_{SaE-Sa} | $b_{SaE-TKG}$ |
|-----------------------------|----------------|--------------|---------------|
| absolut | +0,07 g | + 0,63 g | + 1,59 g |
| relativ ($\bar{x} = 100$) | 1,28% | 11,40% | 28,80% |

Tabelle 15. Einfluß der Samenertragskomponenten auf den Samenertrag auf Grund ihrer Regression.

| | Erhöhung der Ertragskomponenten (%) | resultierende Samenertragssteigerung (%) |
|---------------------|-------------------------------------|--|
| Schotenzahl | 10 | 10,0 |
| Samenzahl je Schote | 10 | 15,2 |
| Tausendkorngewicht | 10 | 14,4 |
| Schotenzahl | 10,0 | 10 |
| Samenzahl je Schote | 6,6 | 10 |
| Tausendkorngewicht | 7,0 | 10 |

geht jedoch dahin, daß Stämme mit hohem Eiweißgehalt und hohem Ölgehalt gefunden werden. In welchem Ausmaß dies Bemühen Erfolg verspricht, läßt sich erst sagen, wenn ausreichende Untersuchungen an in beiden Merkmalen heterogenem Zuchtmaterial durchgeführt sind. Die bei der Variante Le_1 gefundene Verteilung in der Korrelationstafel ist in Abb. 9 wiedergegeben. Daraus geht hervor, daß deutliche Außenreiter bei dieser Zuchtsorte nicht auftreten. Die Streuung der Werte um die Regressionsgrade ist verhältnismäßig gering.

Die Zusammenhänge zwischen dem Öl- und Eiweißgehalt und den Samenertragsmerkmalen: Tab. 16 gibt die Bestimmtheitsmaße und die Korrelationskoeffizienten der Zusammenhänge wieder. Daraus wird deutlich, daß der Samenertrag und seine Komponenten weitgehend unabhängig vom Ölgehalt variieren. Dies trifft in erster Linie für die Sorte „Lembkes Winterraps“ zu, bei der keine gesicherten Abhängigkeiten nachzuweisen waren. Bei der Sorte „Quedlinburger“ ist der Zusammenhang zwischen Ölgehalt und Tausendkorngewicht gesichert. Zunehmendes Tausendkorngewicht ist hier mit abnehmendem Ölgehalt verbunden. Bei den Zusammenhängen zwischen den Samenertragskomponenten und dem Eiweißgehalt treten in zwei Fällen gesicherte Werte auf. Der Zusammenhang zwischen Eiweißgehalt und Tausendkorngewicht ist sehr gut gesichert. Mit zunehmendem Eiweißgehalt steigt auch das Tausendkorngewicht. Eine gesicherte positive Korrelation liegt auch zwischen Eiweißgehalt und Schotenanzahl vor.

Die Angaben in Tab. 16 beziehen sich auf die totalen Korrelationen. Da jedoch bei der Variante Le_1 sehr gut gesicherte Zusammenhänge zwischen Eiweißgehalt und Tausendkorngewicht und Eiweißgehalt und Ölgehalt bestehen, scheint es angebracht, diese Merkmale noch einer besonderen Betrachtung zu unterwerfen. Ferner erhebt sich die Frage, in welcher Weise der Schalenanteil eine Rolle bei diesen Zusammenhängen spielt. Aus diesem Grunde wurde bei der Variante Le_1 der gewichtsmäßige Schalenanteil einzelpflanzenweise bestimmt. Aus diesen vier Merkmalen ergeben sich die Korrelationskoeffizienten der Tab. 17. Dabei ist interessant, daß der Zusammenhang zwischen Schalenanteil und Tausendkorngewicht nicht ausgeprägter ist. Da es sich um den gewichtsmäßigen

Schalenanteil handelt, dürfte auch die Schalendicke eine wesentliche Rolle spielen. Wie sich die Zusammenhänge bei Ausschaltung des einen bzw. anderen Merkmales verhalten, zeigen die Teilkorrelationen zweiten

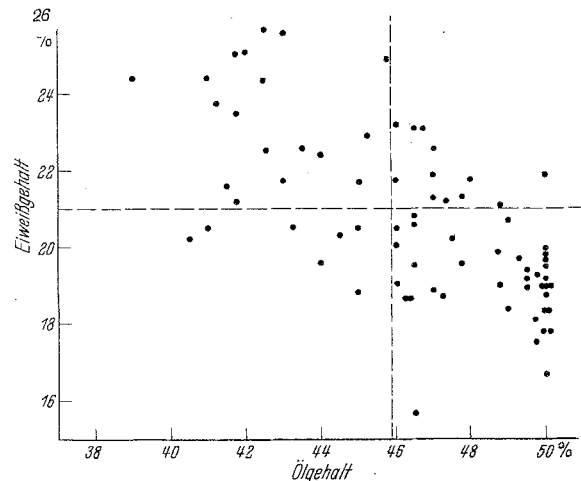


Abb. 9. Korrelationstafel des Zusammenhanges zwischen Öl- und Eiweißgehalt bei der Sorte „Lembkes Winterraps“ (Müncheberg 1951).

Grades der Tab. 17. Der Zusammenhang zwischen Eiweißgehalt und Ölgehalt wird unter Ausschaltung von Tausendkorngewicht und Schalenanteil stärker ausgeprägt. Diese Tatsache bestärkt die Vermutung von Schwierigkeiten beim Auffinden von Individuen mit hohem Eiweißgehalt und hohem Ölgehalt. Auf die

Tabelle 16. Korrelationskoeffizienten (r) und Bestimmtheiten (B) der Zusammenhänge zwischen den Samenertragsmerkmalen und dem Öl- und Eiweißgehalt bei drei Varianten.

| | Ölgehalt | | | Eiweißgehalt |
|---------------------------|----------|--------|-------|--------------|
| | Le_1 | Le_2 | Q_1 | Le_1 |
| n | 149 | 29 | 51 | 75 |
| Korrelationskoeffizienten | | | | |
| Samenertrag | -0,08 | -0,16 | -0,10 | +0,08 |
| Schotenzahl | -0,15 | -0,20 | -0,12 | +0,31 |
| Samenzahl je Schote | +0,05 | -0,01 | +0,26 | -0,13 |
| Tausendkorngewicht | +0,01 | +0,20 | -0,38 | +0,45 |
| Bestimmtheiten | | | | |
| Samenertrag | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| Schotenzahl | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 0,10 |
| Samenzahl je Schote | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,02 |
| Tausendkorngewicht | 0,00 | 0,04 | 0,15 | 0,20 |

Tabelle 17. Die Zusammenhänge der Merkmale Ölgehalt, Eiweißgehalt und Tausendkorngewicht mit dem Schalenanteil bei „Lembkes Winterraps“. (a) Totale Korrelation; b) Teilkorrelation zweiten Grades ($n = 75$).

| | Ölgehalt | Eiweißgehalt | Tausendkorngewicht |
|----|----------|--------------|--------------------|
| a) | -0,15 | -0,13 | -0,27 |
| b) | -0,25 | -0,18 | -0,15 |

anderen Zusammenhänge wirken das Tausendkorngewicht bzw. der Schalenanteil nur geringfügig ein. Die in dem Zusammenhang errechneten Werte ergeben keine zusätzlichen Informationen.

4. Der Zusammenhang zwischen Ölgehalt, Samenertrag und Ölertrag.

Die endgültige Leistung der Raps pflanze wird nicht nach ihrem Samenertrag, sondern nach ihrem Ölertrag beurteilt. Der Ölertrag ergibt sich aus dem Samen-

ertrag und dem Ölgehalt der Samen. Dabei ist es wichtig zu wissen, in welcher Weise beide Komponenten den Ölertrag beeinflussen. Zur Untersuchung dieser Verhältnisse wurden 154 Pflanzen der Variante Le_1 herangezogen. Mittelwerte, Streuungen und Variationskoeffizienten sind in Tab. 18 zusammengestellt. Die Korrelationskoeffizienten zwischen diesen drei Merkmalen sind:

$$\begin{aligned} \text{Ölertrag—Samenertrag: } r &= +0,94 & r_{max} &= 0,18 \\ \text{Ölertrag—Ölgehalt: } r &= +0,27 \\ \text{Samenertrag—Ölgehalt: } r &= -0,07. \end{aligned}$$

Tabelle 18. Mittelwert und Streuung der Merkmale Ölgehalt, Samenertrag und Ölertrag von „Lembkes Winterraps“.

| | n | \bar{x} | s | s% |
|-------------|-----|-----------|------|------|
| Ölgehalt | 154 | 45,9% | 3,24 | 7,1 |
| Samenertrag | 154 | 16,7 g | 8,52 | 51,0 |
| Ölertrag | 154 | 7,7 g | 3,91 | 50,8 |

Der Zusammenhang zwischen Ölertrag und Samenertrag ist sehr gut, der zwischen Ölertrag und Ölgehalt ist gut gesichert. Samenertrag und Ölgehalt variieren unabhängig voneinander. Daraus wird deutlich, daß Samenertrag und auch Ölgehalt positiv auf den Ölertrag einwirken. Die quantitativen Verhältnisse ergeben sich bei der Errechnung der Regressionskoeffizienten:

$$\begin{aligned} \text{Ölertrag—Samenertrag: } b &= 0,43 \text{ g} \\ \text{Ölertrag—Ölgehalt: } b &= 0,33 \text{ g}. \end{aligned}$$

Eine Samenertragserhöhung um 1 g ist demnach gleichbedeutend einer Erhöhung des Ölertrages um 0,432 g oder 11,05%. Ein um 1% erhöhter Ölgehalt geht parallel mit einem um 0,326 g oder 8,34% höheren Ölertrag. Dabei ist 1 g Samenertrag gleich 6% und 1% Ölgehalt 2,18% des Mittelwertes der Merkmale. Nun läßt sich leicht errechnen, wie groß der Effekt ist, wenn die beiden Merkmale um 1% des Mittelwertes erhöht werden. Einer Samenertragsteigerung um 1% des Mittelwertes steht demnach ein um 1,83% höherer Ölertrag gegenüber. Erhöht sich der Ölgehalt um 1% seines Mittelwertes, dann erhöht sich der Ölertrag um 3,82%. Die gleiche prozentuale Steigerung der beiden Merkmale zeigt beim Ölgehalt einen gut doppelt so großen Effekt auf den Ölertrag wie beim Samenertrag. Eine Erhöhung des Ölertrages würde demnach durch eine Auslese auf Ölgehalt viel wirkungsvoller betrieben als bei Auslese auf Samenertrag. Diese Zahlen sind jedoch nur in Verbindung mit der Variabilität der beiden Merkmale zu sehen. Wie aus Tab. 14 zu ersehen ist, steht der Variabilität des Samenertrages von etwa 50% eine Variabilität des Ölgehaltes von etwa 7% gegenüber.

V. Besprechung der Ergebnisse¹.

1. Die Variabilität der Ertragskomponenten.

Die Angaben von BAUMANN (1), BAUR (2) und MANDEKIC (Zit. nach 2) über die Variabilität der untersuchten Merkmale weichen teilweise stark voneinander

¹ Während der Korrektur erschien die Arbeit von SCHRIMPF, D.: Untersuchungen über den Blüten- und Schotenansatz bei Raps, Rüben und Senf. Z. f. Acker- u. Pflanzenbau 97 S. 305—336 (1954). Bei der Besprechung der Ergebnisse konnte leider auf diese Untersuchungen nicht mehr eingegangen werden.

ab. Dies mag seine Gründe in erster Linie in dem verwendeten Material haben. Sicher spielen auch die unterschiedlichen Umweltfaktoren eine gewisse Rolle. Von diesem Gesichtspunkt aus sind auch die Ergebnisse unserer Untersuchungen zu sehen. Für den Züchter ist vor allem die Rangfolge der Merkmale bezüglich ihrer Variabilität von Interesse. Bei hoher Variabilität ist natürlich die Möglichkeit, gewünschte Typen zu finden, eher gegeben. Dagegen kann bei Merkmalen mit geringer Variabilität mit einer schnelleren erblichen Fixierung gerechnet werden. Die vorliegenden Ergebnisse berechtigen zu dem Schluß, daß jedem untersuchten Merkmal eine typische Variabilität zuzuschreiben ist. Der Samenertrag und der Ölgehalt stehen sich dabei als Extreme gegenüber. Wesentlich ist aber für den Züchter zu wissen, in welchem Verhältnis Modifikation und Variation bei der Bildung der Gesamtstreuung zueinander stehen. Der Ausgangspunkt für seine Arbeit ist ja die genetische Variabilität. Das Ziel aller Variabilitätsuntersuchungen ist daher immer die Trennung dieser beiden Faktorenkomplexe. Das vorliegende Material war leider nicht so umfangreich, um dies bis zur letzten Konsequenz durchzuführen. Wir haben uns darauf beschränkt, die Varianzen aller neun Varianten in ihrer Gesamtheit auf ihre Homogenität zu prüfen. Die Größe des χ^2 für jedes Merkmal läßt schon einen recht sicheren Schluß auf die Modifizierbarkeit des Merkmales zu. Es ist aber zu bedenken, daß dieses Gesamt- χ^2 auch genetische Unterschiede durch das Vorhandensein der drei Sorten in sich trägt. Dieses χ^2 müßte demnach in die beiden Komponenten „innerhalb der Sorten“ und „zwischen den Sorten“ zerlegt werden. Im ersteren würde die Modifizierbarkeit und im zweiten würden die genetischen Unterschiede zwischen den Sorten für das entsprechende Merkmal zum Ausdruck kommen. Dieser Nachweis ist jedoch exakt nur bei einer größeren Anzahl von Varianten möglich. Die Werte der Tab. 2 geben jedoch schon wertvolle Hinweise. Angaben über die Variabilität gewinnen weiterhin an Wert, wenn sie in Verbindung mit den Zusammenhängen zwischen den Ertragskomponenten gesehen werden, was an anderer Stelle noch geschehen soll.

Die Schiefheit der Verteilungskurven ist im Zusammenhang mit der Selektion in der Literatur nur in wenigen Fällen betrachtet worden. Neuerdings führte STERN (13) diesbezügliche Untersuchungen an Forstpflanzen durch. Er konnte nachweisen, daß bei den Höhenverteilungen von Nachkommenschaften aus Kiefernselektionsversuchen v. WETTSTEINS die überlegenen Nachkommenschaften eine größere Schiefheit aufweisen als die unterlegenen. Diese Tatsache entspricht durchaus den Anschauungen, wie sie von uns im Zusammenhang mit dem Ölgehalt geäußert wurden. Doch weist auch STERN auf die große Rolle der modifizierenden Faktoren hin.

Spezielle Selektionsversuche mit Prüfung von Nachkommenschaften müssen nun entscheiden, ob die Schiefheit eine brauchbare Größe für die Beurteilung der Wirkung und der Möglichkeiten einer Auslese auf hohen Ölgehalt ist. Die vorliegenden Ergebnisse machen die Anwendbarkeit sehr wahrscheinlich. Dadurch würde die Sicherheit der Auslese wesentlich erhöht. Man könnte dann die Leistung einer Elitepflanze nicht nur auf Grund der Leistung der Nachkommen-

schaften, sondern auch nach der Art ihrer Variationskurven beurteilen. Ausgehend von einer Population bedeutet hohe Linksschiefheit (= negativer Wert von S) immer eine überdurchschnittliche Leistung der Nachkommenschaften. Eine weitere Erhöhung des Ölgehaltes aus dieser Nachkommenschaft dürfte jedoch immer schwieriger werden. Aus einer Nachkommenschaft mit geringer Schiefheit oder Normalverteilung muß eine Auslese noch Erfolg versprechen. In der weiteren Folgerung des Gesagten müßte nun unter der Voraussetzung, daß es gelingt, durch Verbesserung der Wachstumsfaktoren die Grenze des physiologisch Möglichen weiter nach oben zu verschieben, die bisher linksschiefe Verteilung wieder in eine Normalverteilung übergehen. Dann könnte eine weitere Selektion einsetzen, bis der endgültige Maximalwert erreicht ist. Diese Folgerung bleibt jedoch mehr oder weniger theoretisch, solange nur ein Teil der wesentlichen Wachstumsfaktoren dem Einfluß des Menschen unterliegt.

Für die Merkmale Samenertrag und Schotenzahl wird die Schiefheit in dem Zusammenhang, infolge großer Modifizierbarkeit, vorerst kaum Bedeutung erlangen. Bei Samenzahl je Schote und Tausendkorngewicht müssen weitere Untersuchungen Klarheit schaffen. Aus den Untersuchungen geht jedoch auch hervor, daß das Schiefheitsmaß nicht nur zur Beurteilung züchterischer Maßnahmen herangezogen werden kann. Auch die Wirkung von Wachstumsfaktoren kann damit beurteilt werden.

2. Die Zusammenhänge zwischen den Ertragskomponenten.

Untersuchungen darüber liegen von BAUMANN (1), BAUR (2), MANDEKIC (Zit. nach 2) und MIHAILOVICI (Zit. nach 2) vor. MANDEKIC (Zit. nach 2) fand deutliche positive Beziehungen zwischen Samenertrag und Schotenzahl und zwischen Samenertrag und Samenzahl je Schote. Diese Ergebnisse konnten durch die vorliegenden Untersuchungen bestätigt werden. Dabei ist jedoch zu betonen, daß der Zusammenhang mit der Samenzahl je Schote erst durch die Berechnung der Teilbestimmtheit zweiten Grades an Deutlichkeit gewinnt. Dabei übt offenbar die Schotenzahl einen größeren Einfluß auf diesen Zusammenhang aus als das Tausendkorngewicht. Ferner gibt MANDEKIC (Zit. nach 2) deutliche negative Zusammenhänge zwischen Samenertrag und Tausendkorngewicht und zwischen Tausendkorngewicht und Samenzahl je Schote an. Nach den Angaben von BAUMANN (1) und MIHAILOVICI (Zit. nach 2) besteht jedoch zwischen Samenertrag und Tausendkorngewicht nur ein recht undeutlicher Zusammenhang. Die eigenen Untersuchungen konnten die Ergebnisse von MANDEKIC (Zit. nach 2) ebenfalls nicht bestätigen. Wenn von der Teilkorrelation zweiten Grades ausgegangen wird, dann ist auch nur ein positiver Zusammenhang denkbar. Daß BAUMANN und MIHAILOVICI keine gesicherten Zusammenhänge fanden, läßt sich wahrscheinlich aus der Vernachlässigung des Einflusses weiterer Faktoren erklären. Die Angaben von MANDEKIC stehen also im Widerspruch zu den anderen Ergebnissen. Der negative Zusammenhang zwischen Tausendkorngewicht und Samenzahl je Schote konnte bestätigt werden. Auch die Angaben von BAUMANN (1), BAUR (2), MIHAILOVICI (Zit. nach 2) und REMY (Zit. nach 2) über weitgehende

Unabhängigkeit des Ölgehaltes vom Samenertrag stimmen mit den eigenen Ergebnissen überein.

Die Ergebnisse über die Zusammenhänge zwischen den Samenertragskomponenten lassen verschiedene Folgerungen zu. Es konnte gezeigt werden, daß Schotenzahl und Samenzahl je Schote weitgehend unabhängig variieren. Wahrscheinlich sind also andere Erb- und Umweltfaktoren für die Ausbildung des einen Merkmales von Bedeutung als für die des anderen. Dabei ist ein sortentypisches Verhalten anzunehmen. Bezüglich der Umweltfaktoren ist z. B. eine hohe Schotenzahl von einer hohen Blütenzahl abhängig. Diese ist nur möglich, wenn die Pflanze eine gute allgemeine Entwicklung zeigt. Diese ist im wesentlichen von den Faktoren abhängig, die von der Saat bis zur Blüte auf die Pflanze eingewirkt haben. Die Samenzahl je Schote dürfte jedoch entscheidend von den Bedingungen abhängen, die zur Zeit der Blüte wirksam sind. Dabei spielen sicher auch besondere blütenbiologische Faktoren eine Rolle. Die Höhe der Samenzahl je Schote entscheidet sich in einer relativ kurzen Zeit, wogegen bei der Schotenzahl die Möglichkeit besteht, bei Verlust durch Regeneration einen Ausgleich zu schaffen. — Bei dem Zusammenhang zwischen Schotenzahl und Tausendkorngewicht treten keine sortentypischen Erscheinungen auf. Da aber alle Korrelationen, mit einer Ausnahme, positiv sind, kann man auf einen Zusammenhang zwischen diesen Merkmalen schließen. Dies wäre in der Weise denkbar, daß Pflanzen, die auf Grund guter Allgemeinentwicklung viel Schoten angesetzt haben, auch in der Lage sind, größere Samen auszubilden. — Die Tatsache, daß ein negativer Zusammenhang zwischen Samenzahl je Schote und Tausendkorngewicht besteht, bedarf weiter keiner physiologischen Erklärung. Wie gezeigt werden konnte, besteht aber trotzdem ein positiver Zusammenhang zwischen Samenzahl je Schote und Samengewicht je Schote. Das Tausendkorngewicht nimmt nicht so stark ab, daß eine erhöhte Samenzahl je Schote gewichtsmäßig keinen Fortschritt bringen würde.

Die in Verbindung mit den Samenertragsmerkmalen erklärten Zusammenhänge zwischen drei Merkmalen gestatten es, ohne eine Berechnung zu bestimmen, ob die teilweisen Korrelationskoeffizienten größer oder kleiner ausfallen als die totalen. Auf die Beziehungen zwischen der Differenz aus totalem und teilweisem Korrelationskoeffizienten der „Hauptkorrelation“ und der Höhe der „Nebenkorrelation“ kann hier nur hingewiesen werden. Es müßte ermittelt werden, welcher Art diese Beziehungen sind, um die Differenz zwischen totaler und teilweiser Korrelation aus der Höhe der „Nebenkorrelation“ bestimmen zu können. Dies ist jedoch nur sinnvoll, wenn dadurch auf einfachere Weise als bisher die Teilkorrelationskoeffizienten errechnet werden können.

Die im Abschnitt IV mitgeteilten Zahlenwerte über die Zusammenhänge zwischen den Ertragskomponenten können selbstverständlich nicht verallgemeinert werden, da Merkmale und deren Zusammenhänge mehr oder weniger stark modifizierbar sind. Es wird damit aber eindeutig gezeigt, daß jede Samenertragskomponente einen typischen Zusammenhang mit dem Samenertrag aufweist. Da alle Teilkorrelationskoeffizienten zweiten Grades zwischen dem Samenertrag und seinen Komponenten positiv sind, wirkt sich eine Erhöhung

jeder Komponente in einer Samenertragssteigerung aus. Die Angaben der Tab. 14 und 15 sind bezüglich ihrer absoluten Höhe ebenfalls als Richtzahlen anzusehen. Sie berechtigen zu bestimmten Schlüssen: Der Selektionswert der Ertragskomponenten für die Ertragszüchtung ergibt sich nicht aus dem Grad der Korrelation derselben mit dem Samenertrag, wie man zunächst vermutet. Er ist erst an der Ertragssteigerung zu erkennen, die sich bei prozentual gleicher Erhöhung der Ertragskomponenten ergibt (Tab. 15). Die Rangfolge der Korrelationen weicht von der, die sich bezüglich der Samenertragssteigerung ergibt, ab. Die 10prozentige Erhöhung der Komponenten ergibt bei der Schotenzahl eine Samenertragssteigerung von 10% ($r = +0,90$), bei der Samenzahl je Schote von 15,2% ($r = +0,67$) und beim Tausendkorngewicht von 14,4% ($r = +0,37$). Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß eine 10prozentige Steigerung der Komponenten im Hinblick auf ihre verschiedenen Variationskoeffizienten zu bewerten ist. Wie gezeigt werden konnte, ist bei den Merkmalen Samenzahl je Schote und Tausendkorngewicht mit einer geringeren Modifikation zu rechnen. Es scheint deshalb durchaus nicht angebracht, die Auslese auf hohen Samenertrag nur auf die relativ leicht zu bestimmenden Merkmale Samenertrag und Schotenzahl zu beschränken. Die vorliegenden Ergebnisse haben gezeigt, daß der Ausleseeffekt wesentlich erhöht werden kann, wenn die Merkmale Samenzahl je Schote und Tausendkorngewicht mit herangezogen werden. Der Mehraufwand an Arbeit muß in Kauf genommen werden und macht sich auf die Dauer gesehen wahrscheinlich bezahlt.

Die Untersuchungen über den Öl- und Eiweißgehalt ergaben einen deutlich negativen Zusammenhang zwischen diesen Merkmalen. Das Streben der Züchtung geht jedoch dahin, Stämme mit hohem Öl- und hohem Eiweißgehalt zu finden. In welchem Ausmaß diese Bemühungen erfolgversprechend sind, kann erst gezeigt werden, wenn genügend Untersuchungen an in beiden Merkmalen heterogenem Zuchtmaterial vorliegen. Hier liegen die Verhältnisse sicher anders als bei einer Zuchtsorte. Bei der Soja bestehen bekanntlich ähnliche Beziehungen. SÉSSOUS und SCHILLER (11) sind jedoch der Ansicht, daß es hier trotz negativer Korrelation möglich sein müßte züchterisch günstige Kombinationen zu schaffen. Raps wird aber immer hauptsächlich eine Ölpflanze bleiben. Deshalb wird man den Eiweißgehalt als sekundär betrachten können.

Von züchterischer Bedeutung ist ferner die Tatsache, daß der Ölgehalt weitgehend unabhängig vom Samenertrag und seinen Komponenten variiert. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, hohen Ölgehalt mit hohem Samenertrag zu kombinieren. Eine Kombination von hohem Eiweißgehalt mit hohem Samenertrag erscheint ebenfalls möglich.

Die Vermutung, daß der Schalenanteil eine gewisse Rolle bei den Beziehungen zwischen Ölgehalt, Eiweißgehalt und Tausendkorngewicht spielt, hat sich nicht bestätigt. Auf die Ermittlung des Schalenanteils kann bei derartigen Untersuchungen verzichtet werden; zumindest wird der Aufwand nicht gelohnt.

Auf die Notwendigkeit und die Möglichkeit der Erhöhung des Ölgehaltes der Rapsamen weisen verschiedene Autoren hin (BAUR 2, HACKBARTH 5, NICOLAISEN 8, 9 und RUDOLF und TROLL 10). Entscheidend ist jedoch der Ölertrag je Flächeneinheit. NICO-

LAISEN (8) hält eine Erhöhung des Samenertrages für das wirksamere Mittel zur Hebung des Ölertrages. Beweise für diese Ansicht sind bisher noch nicht erbracht. Unsere Ergebnisse sprechen recht deutlich dafür, in Zukunft auch dem Ölgehalt größere Beachtung zu schenken. Es kann nicht gefragt werden, ob das eine oder das andere im Vordergrund stehen soll. Beide Merkmale müssen als gleich wichtig behandelt werden. Daß der Ölgehalt bisher so gut wie keine Berücksichtigung fand, mag mit gewissen technischen Schwierigkeiten bei der Ölgehaltsbestimmung entschuldigt werden. Heute stehen aber leistungsfähige Methoden für Serienuntersuchungen zur Verfügung. Die gleiche Beachtung, die die Rapszüchtung dem Ölgehalt bei der Züchtung auf Ölertrag schenken muß, hat er bereits seit Jahrzehnten in der amerikanischen Maiszüchtung gefunden (WOODWORTH, LENG und JUGENHEIMER 16). In fünfzig Generationen erfolgte eine Ölgehaltssteigerung von 4,7% auf 15,4%. Die Stämme mit hohem Ölgehalt bringen nur etwa 50 bis 60% des Samenertrages der im Anbau befindlichen Hybriden und sind trotzdem mit diesen im Ölertrag konkurrenzfähig.

VI. Zusammenfassung.

Die 1951 in Müncheberg und 1952 in Müncheberg und Marquardt durchgeführten Untersuchungen brachten folgende Ergebnisse:

1. Es konnte für jedes untersuchte Merkmal eine typische Variabilität nachgewiesen werden. Sie nimmt ab in der Reihenfolge: Samenertrag, Schotenzahl, Samenzahl je Schote, Tausendkorngewicht, Eiweißgehalt, Ölgehalt.

2. Mit großer Wahrscheinlichkeit nimmt die Modifizierbarkeit der Merkmale in gleicher Reihenfolge ab.

3. Betrachtungen über die Möglichkeit, die Schiefeit als Kriterium für die Selektionsmöglichkeiten heranzuziehen, ergaben, daß eine sinnvolle Anwendung dieses Maßes beim Ölgehalt Erfolg verspricht.

4. Bei den Samenertragskomponenten wurden positive Zusammenhänge zwischen Schotenzahl und Tausendkorngewicht und negative Zusammenhänge zwischen Samenzahl je Schote und Tausendkorngewicht ermittelt. Schotenzahl und Samenzahl je Schote variieren unabhängig voneinander; Sortenunterschiede sind wahrscheinlich.

5. Schotenzahl, Samenzahl je Schote und Tausendkorngewicht stehen in positivem Zusammenhang mit dem Samenertrag. Der Grad des Zusammenhanges ist bei den einzelnen Komponenten verschieden.

6. Bei gleicher prozentualer Steigerung der Komponenten bewirkt die Samenzahl je Schote die höchste Samenertragssteigerung. Es folgen Tausendkorngewicht und Schotenzahl.

7. Öl- und Eiweißgehalt sind negativ korreliert und weitgehend unabhängig von den anderen Ertragsmerkmalen.

8. Um den Ölertrag zu erhöhen, ist eine relativ größere Steigerung des Samenertrages notwendig als des Ölgehaltes.

Herr Prof. Dr. M. SCHMIDT gab mir die Möglichkeit, die Arbeit in seinem Institut zu beenden, und Herr Dr. H.-J. TROLL gewährte mir großzügige Unterstützung bei der Durchführung der Arbeiten im Rahmen seiner Abteilung. Beiden Herren bin ich zu Dank

verpflichtet. Ebenfalls sei Herrn Diplom-Landwirt G. BEHM und Fräulein BLOCK für die Mithilfe bei der Durchführung der Eiweißbestimmungen an dieser Stelle nochmals gedankt.

Literatur.

1. BAUMANN, E.: Beiträge zur Kenntnis der Raps-pflanze und zur Züchtung des Rapses. Z. f. Züchtung, Reihe A Pflanzenzüchtung 6, 139—148 (1918). — 2. BAUR, G.: Raps und Rübsen. Handbuch der Pflanzenzüchtung von ROEMER und RUDOLF. IV. Band (1944). — 3. BREITINGER, E.: Vergleichbare Verteilungsbilder. Anthrop. Anz. 13, 282 (1936). — 4. FRANKEL, O. H.: The theory of plant breeding for yield. Heredity 1, 109—120 (1947). — 5. HACKBARTH, J.: Die Ölpflanzen Mitteleuropas. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft m.b.H. Stuttgart (1944). — 6. LINDER, A.: Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure. (Zweite Auflage) Verlag Birkhäuser, Basel (1951). — 7. MUDRA, A.: Einführung in die Methodik der Feldversuche. S. Hirzel Verlag, Leipzig (1952). — 8. NIKOLAISEN, W.: Probleme des Anbaues und der Züchtung von Raps und Rübsen. For-

schungsdienst 11, 286—299 (1941). — 9. NIKOLAISEN, W.: Züchtung von Raps. Z. Pflanzenzüchtung 25, 362—379 (1943). — 10. RUDOLF, W. und H.-J. TROLL: Ein Beitrag zur Schließung der Fettlücke durch Anbau und Züchtung von Ölpflanzen. D. Dtsch. Fettwirtschaft 11/12 (1939). — 11. SASSOUS, G. und R. SCHILLER: Grundsätzliches zur chemischen Analyse bei der Sojazüchtung. Züchter 11, 1—14 (1939). — 12. SNEDECOR, G. W.: Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology. Iowa State College Press, Ames (Iowa), 4. Aufl. (1950). — 13. STERN, K.: Möglichkeit zur Kennzeichnung von Differenzen in der Verteilung der Höhen bei Kiefernselektionsversuchen v. WETTSTEINS. Züchter 22, 180—189 (1952). — 14. TROLL, H.-J.: Beobachtungen über die Winterfestigkeit und deren Vererbung an verschiedenen Rapsformen und ihren Bastarden. Züchter 17/18, 439—447 (1947). — 15. WEBER, E.: Grundriß der biologischen Statistik für Naturwissenschaftler und Mediziner. Verlag von Gustav Fischer, Jena (1948). — 16. WOODWORTH, C. M., E. R. LENG and R. W. JUGENHEIMER: Fifty generations of selection for protein and oil in corn. Agronomy J. 44, 60—65 (1952) ref. in Ber. über wissenschaftl. Biologie 79, 367 (1952).

(Aus dem Institut für Obstbau und Obstzüchtung der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin in Marquardt bei Potsdam.)

Eine spätreife Sproßmutante der Kirschensorte „Königin Hortense“.

Von MARTIN SCHMIDT.

Mit 3 Textabbildungen.

Während der Kriegsjahre wurde in einem Obstquartier des ERWIN-BAUR-Instituts in Müncheberg (Mark) an einem Baum der zur pomologischen Gruppe der halbsauren oder Glaskirschen zählenden Sorte Königin Hortense ein Zweig mit abweichendem Verhalten entdeckt. Dieses kam darin zum Ausdruck, daß die Früchte etwa 4 Wochen später reif wurden als die des übrigen Baumteils. Die Kirschen an dem abweichenden Zweig waren noch grün und klein als die Früchte am Hauptteil des Baumes die volle Pflückreife erreicht hatten. Die Annahme lag nahe, daß es sich hier um eine Sproßmutante handelt. Diese Annahme wurde dadurch bestätigt, daß sich die Erscheinung der Spätreife an dem inzwischen zu einem kräftig verzweigten Ast herangewachsenen Trieb Jahr für Jahr wiederholt hat.

Im Jahre 1947 wurden die Früchte beider Teile des Baumes, des normalen und des mutierten, einem näheren Vergleich unterzogen. Abb 1 veranschaulicht in einer am gleichen Tage (27. 6. 1947) gemachten Aufnahme den Unterschied in der Reifezeit der Mutante gegenüber der Ausgangsform. Während deren Früchte im Jahre 1947 am 20. 6. pflückreif waren, konnte die Ernte am mutierten Teil des Baumes erst am 19. 7. erfolgen. Im Jahre 1949 waren die Früchte der Mutante am 6. 7. pflückreif.

In den übrigen pomologischen Merkmalen unterscheidet sich die Sproßmutante nicht oder kaum von der Ausgangssorte, so in Gestalt, Größe, Gewicht und Farbe der Frucht, Stieleinsenkung, Bauchnaht, Griffelnarbe (Stempelpunkt), Farbe und Konsistenz des Fruchtfleisches, Größe und Gestalt des Steins und dessen Lösbarkeit vom Fruchtfleisch sowie in der Länge, Dicke und Farbe des Fruchtstiels. Abb. 2 zeigt Früchte der Sproßmutante in pflückreifem Zustand, Abb. 3 Steine der Ausgangssorte und der Mutante. In manchen Jahren hatten die Früchte und Steine der

Sproßmutante eine etwa länglichere Gestalt. Der Geschmackscharakter der Früchte ist der für die Sorte Königin Hortense typische. Einige Bewerter behaupten, daß die Fruchtgüte nicht ganz die der Ausgangs-

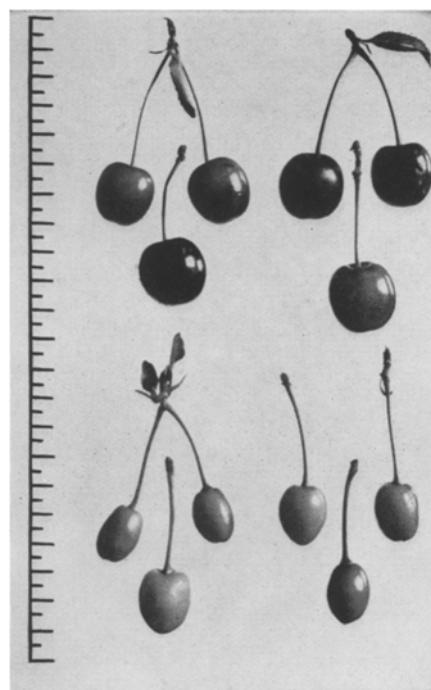


Abb. 1. Am gleichen Tage (27. 6. 1947) gepflückte Früchte der Kirschensorte Königin Hortense (oben) und der spätreifen Sproßmutante (unten).

sorte erreicht. Wie diese hat sie druckempfindliche Früchte.

Wieweit die „Spätreife Königin Hortense“ obstbaulichen und wirtschaftlichen Wert besitzt, werden Anbauversuche mit den von der Sproßmutante herge-