

nenten zueinander in verschiedenen Jahren und bei verschiedener Witterung Unterschiede aufweist, wird darauf hingewiesen, diese zu beachten und in geeigneter Weise innerhalb der Untersuchungsreihen zu eliminieren.

Literatur

1. DIRKS, B.: Bestimmung von verdaulichem Eiweiß und Futterwert. *Kühh-Archiv* **39**, 135—144 (1935). — 2. HERRMANN, R.: Handbuch der landwirtsch. Versuchs- und Untersuchungsmethodik (Methodenbuch). Radebeul und Berlin **3**, 20—21 (1951). — 3. KELLNER-SCHEUNERT: Grundzüge der Fütterungslehre. Berlin und Hamburg (1952). 11. Aufl. — 4. NEHRING, K.: Probleme der Eiweißforschung in der Tierernährung. Sitzungsber. Dt. Akad. Landwirtschaftswissenschaften, Bd. 1, H. 11 (1952). — 5. PANSE, E.: Möglichkeiten der Steigerung der Eiweißleistung bei Luzerne durch Züchtung auf hohen Eiweißgehalt. *Z. Pflanzenzüchtung* **24**, 229—274 (1942). — 6. RICHARDSEN, A.: Zur Bewertung unserer Futterrüben (Runkelrüben) im Wettbewerb mit Silomais. *DLP* **56**, 444 u. 454 (1929). — 7. ROTHES, G., und W. MEINHOLD: Vergleichende Anbau- und Fütterungsversuche mit Futterkohl- und Runkelrübensorten. *Landw. Jb.* **78** 81—102 (1933). — 8. SCHNEIDER, F.: Züchtung der *Beta*-Rüben. In ROEMER-RUDOLF, Hdb. Pflanzen-

züchtung **4**, 1—95 (1944). — 9. SCHWARZE, P., und R. v. SENGBUSCH: Eine Methode zur Bestimmung des Rohproteingehaltes in Zuchtmaterial. *Der Züchter* **9**, 256 bis 266 (1937). — 10. SCHWARZE, P.: Über die Methodik der Auslese eiweißreicher Zuchtstämme und die Variabilität der Eiweißqualität in Zuchtmaterial. *Z. Pflanzenzüchtung* **26**, 1—55 (1944). — 11. SIGLE, K.: Einiges über das Eiweiß der *Beta*-Rüben. *Z. Acker- u. Pflanzenbau* **95**, 389—400 (1952). — 12. SPENGLER, O., St. BÖTTGER und G. LINDNER: Untersuchungen über die Verarbeitungsfähigkeit verschiedener Zuckerrübensorten. *Z. Ver. Zuckerind.* **83**, 895—931 (1933) und **84**, 365—399 (1934). — 13. STANĚK, VL. und P. PAVLAS: Über eine schnelle, informative Methode zur Bestimmung des schädlichen Stickstoffs der Amide und der Aminosäuren in der Rübe. *Z. Zuckerind. ČSR* **59**, 129—142 (1934/35). — 14. STEHLÍK, V., und M. ČERNÝ: Anwendung der neuen Methode zur Bestimmung des „schädlichen Aminostickstoffes“ in Versuchen mit Zucker- und Futterrüben. *Z. Zuckerind. ČSR* **59**, 284—288, 292—296 (1934/35). — 15. WECK, R.: Gehaltsmaßstäbe und Gehaltsänderungen von *Beta*-Sorten bei zunehmender Lagerdauer, sowie Bemerkungen über Einmischung und Futterwert. *Zuckerrübenbau* **15**, 135—143 (1933). — 16. WERR, F.: Ein Verfahren zur serienmäßigen Bestimmung des Eiweiß in Getreide. *Landwirtsch. Jahrbücher* **84**, 27—60 (1937). — 17. WIESE, v.: Methoden der Gehaltsbestimmung bei Runkeln. *Der Züchter* **6**, 172—176 (1934).

Aus dem Institut für Landwirtschaftliche Botanik der Universität Bonn

Untersuchungen über die Befruchtungsverhältnisse von *Vicia faba* mit Hilfe einer früh erkennbaren Mutante

Von WERNER GOTTSCHALK

Mit 2 Abbildungen

1. Einleitung

In den vergangenen Jahren wurden die morphologischen, entwicklungsgeschichtlichen und genetischen Eigenarten einer unifoliaten Mutante von *Vicia faba minor* bearbeitet, die sowohl in der Blatt- als auch der Blütengestaltung auffallend von der Normalform abweicht (SCHEIBE und GOTTSCHALK 1956, GOTTSCHALK 1958). Bei der Vermehrung bzw. Erhaltung dieser Mutante liefen in den Nachkommenschaften homozygoter Individuen in wechselnden Anteilen normalblättrige Ackerbohnen auf, die nur durch spontane Bastardierungen entstanden sein können. In die gleiche Richtung deuten die Spaltungsverhältnisse einer Letalmutante von *Vicia faba*: Nach Eintütung heterozygoter Individuen und Selbstung von Hand lagen die Spaltungsverhältnisse im Bereich der Erwartungswerte für eine 3:1-Spaltung, bei freiem Abblühen hingegen war ein erhebliches Defizit an Mutanten feststellbar, das durch einen wechselnden Anteil von Fremdbefruchtungen leicht erklärbar ist. Die Unterschiede gegenüber den Selbstungswerten waren in einigen Familien so extrem, daß eine sehr hohe Fremdbefruchtungsrate angenommen werden muß.

In der Literatur liegen hinsichtlich der Befruchtungsverhältnisse der Ackerbohne sehr widersprechende Angaben vor. Ältere Autoren halten *Vicia faba* teils für einen reinen Selbstbefruchter (GARTON 1899), teils für einen ausgesprochenen Fremdbefruchter (DARWIN 1900). Später wird allgemein die Ansicht vertreten, daß der reiche Insektenbesuch wohl gelegentlich zu Fremdbefruchtungen und damit

zu ungewollten Bastardierungen führt, daß dadurch jedoch in erster Linie auf rein mechanischem Wege eine Förderung oder sogar Sicherung der Selbstbefruchtung erzielt wird (LANG 1908, FRÖLICH 1909, FRUWIRTH 1910, 1915, 1924, TRITSCHLER 1913, KIESSLING 1914, SIRKS 1920, REISCH 1952). BECKER-DILLINGEN (1929) schätzt den Anteil der Fremdbefruchtungen auf maximal 10%. TSCHERMAK (1925a, b) und SIRKS (1931) betonen demgegenüber, daß die Fremdbefruchtung bei *Vicia faba* „eine bei weitem größere Rolle spiele als bisher vielfach angenommen“. Sie ist nach TSCHERMAK (1925b) „außerordentlich häufig“, er fordert daher, die Ackerbohne müsse bei Züchtungsarbeiten wie ein Fremdbefruchter beurteilt werden. In Verbindung mit der Bearbeitung von Inzucht-Erscheinungen bei *Vicia faba* rechnet ROWLANDS (1958) ebenfalls mit einem sehr hohen Anteil an Fremdbefruchtungen, den er auf 30—40% schätzt.

Da die Befruchtungsverhältnisse nicht nur für genetische, sondern auch für züchterische Arbeiten an der Ackerbohne von großem Interesse sind, erschien es angebracht, mit Hilfe einer frühzeitig erkennbaren Mutante auf genetischer Basis Untersuchungen über das Ausmaß der Fremdbefruchtungen vorzunehmen. Es wurde hierfür eine Blattmutante verwendet, die bereits in frühesten ontogenetischen Entwicklungsstadien zuverlässig von der Normalform unterschieden werden kann. Für die Auswertung umfangreicher Befruchtungsversuche ist infolgedessen die Aufzucht der auf den Versuch folgenden Generation nicht notwendig, die Versuchs-

ergebnisse können vielmehr noch in der gleichen Vegetationsperiode an Keimpflanzen unmittelbar ausgezählt werden. Die Mutante ermöglicht durch ihre Eigenart die Auswertung großer Individuenzahlen auf kleinstem Raum, spart damit Zeit, Arbeitskräfte und Anbauflächen.

In der vorliegenden Arbeit wird über dreijährige blütenbiologische Untersuchungen berichtet, in denen das Verhältnis von Selbst- und Fremdbefruchtungen unter bestimmten Kulturbedingungen aufgeklärt werden sollte. Die Arbeit mag darüberhinaus ein Beispiel dafür sein, wie eine typische Negativ-Mutante zur Klärung einer Fragestellung herangezogen werden kann, die für die praktische Pflanzenzüchtung von Interesse ist.

2. Die methodischen Vorteile der Mutante für die Bearbeitung der Fragestellung

Die für die vorliegenden Untersuchungen verwendete Mutante von *Vicia faba minor* bringt im ersten Drittel ihrer ontogenetischen Entwicklung ausschließlich große, ungefiederte Blätter und erst später annähernd normale Fiederblätter zur Ausbildung (Abb. 1). Im Blütenbau weicht sie vornehmlich in der Gestaltung des Gynaeceums von der Normalform ab. Einzelheiten über die morphologischen und entwicklungsgeschichtlichen Eigenarten der Mutante können einer früheren Publikation entnommen werden (SCHEIBE und GOTTSCHALK 1956). Die genetische Bearbeitung der Mutante hat ergeben, daß die beiden abweichenden Eigenschaften — die Blatt- und Blütenanomalien — stets gemeinsam vererbt werden. Nach Auswertung einer F_2 -Generation von mehr als 1000 Pflanzen ließ sich in keinem Falle eine Umkombination bzw. ein Austausch beobachten, alle normalblättrigen Pflanzen besaßen

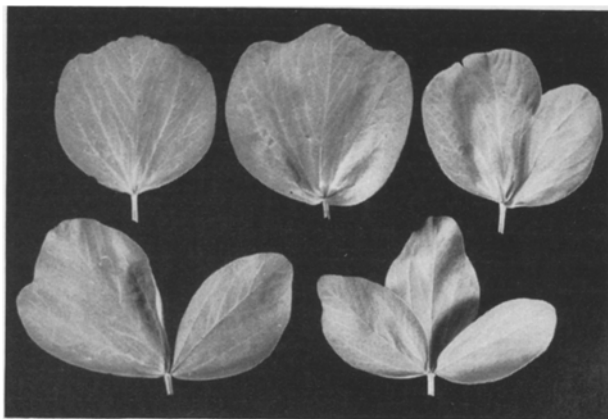


Abb. 1. Blätter aus der unteren Region der *unifoliata*-Mutante von *Vicia faba minor*. Die untersten Blätter sind ungegliedert unifoliat (oben links). Die an den höheren Nodien inserierten Blätter deuten eine Dreigliederung an (oben Mitte und rechts). In der zweiten Hälfte der Ontogenese werden ausschließlich Fiederblätter gebildet (unten rechts).

auch normalgestaltete Blüten (GOTTSCHALK 1958). Daraus kann geschlossen werden, daß die beiden Eigenschaftskomplexe entweder von 2 sehr eng gekoppelten oder aber von einem pleiotropen Gen gesteuert werden. Die Mutante entspricht damit in ihrem genetischen Verhalten einigen Mutanten anderer Leguminosen-Gattungen, deren Charakteristikum in gleichzeitig auftretenden Abnormalitäten im Blatt- und Blütenbau liegt (BLAKESLEE 1919, RIESER 1924, LAMPRECHT 1933, 1935, GENTER und

BROWN 1941). Die Vorgänge, die zu derartigen Anomalien führen, werden nach LAMPRECHT (1945) als „Komplex-Mutationen“ bezeichnet. Das mutierte Gen der vorliegenden Komplex-Mutante von *Vicia faba* erwies sich gegenüber der Normalform als rezessiv und zeigt eine klare 3:1-Spaltung.



Abb. 2. Vergleich von Mutante (linke Pflanze einer jeden Gruppe) und Normalform in aufeinanderfolgenden Stadien der frühesten ontogenetischen Entwicklung. Bereits vor der vollen Entfaltung des ersten Folgeblattes kann die Mutante sicher von der Normalform unterschieden werden (linke Gruppe). Der Unterschied von unifoliatem und gefiedertem Blatt tritt nach der Entfaltung noch deutlicher in Erscheinung (rechte Gruppe)

Der entscheidende Vorteil unserer Komplex-Mutante für die Bearbeitung genetischer oder blütenbiologischer Fragestellungen liegt darin, daß die abweichende Blattgestaltung bereits am ersten Blatt in Erscheinung tritt, daß die Mutante also für Frühtests geeignet ist. In einem Material, das sich aus Mutanten und normalblättrigen Ackerbohnen zusammensetzt, lassen sich die beiden Komponenten bereits in den frühesten ontogenetischen Entwicklungsstadien an der Form ihrer Blätter morphologisch sicher voneinander unterscheiden. Es kann auf diese Weise für die Bearbeitung gewisser Fragestellungen die Aufzucht ganzer Generationen überflüssig werden, es genügt vielmehr ihre Anzucht bis zum Keimlingsstadium. Sie kann entweder während des Winters im Gewächshaus oder unmittelbar nach der Ernte im Spätsommer im Freiland erfolgen, weil die Samen der Ackerbohne ohne Keimruhe sofort auskeimen. In Abb. 2 sind drei Gruppen von jeweils 2 Pflanzen unseres Materials in jungen aufeinanderfolgenden Entwicklungsstadien dargestellt; die linke Pflanze einer jeden Gruppe ist eine Mutante, die rechte eine Normalform. Am untersten Blatt läßt sich bereits im nicht entfaltenen Zustand deutlich erkennen, daß bei der Normalform zwei noch zusammengeklappte Fiedern vorhanden sind, während die Mutante nur ein ungegliedertes Blatt besitzt (Abb. 2 links).

Theoretisch könnten Versuche, in denen es auf das Zahlenverhältnis von Mutante zu Normalform ankommt, schon in diesem Entwicklungsstadium der Pflanze — d. h. noch vor Entfaltung des untersten Blattes — ausgewertet werden. Bei der praktischen Durchführung wird man jedoch zweckmäßigerweise noch einige Tage warten, weil sich die Individuen eines größeren Pflanzenbestandes niemals so gleichmäßig entwickeln, daß sie das früheste für die Auswertung geeignete ontogenetische Stadium gleichzeitig durchlaufen. Die vorzeitige Auswertung der

bereits identifizierbaren Einzelpflanzen eines Massenbestandes ist jedoch unzweckmäßig, weil diese Pflanzen aus dem Bestand entfernt werden müßten. Dabei würde man aber bei der dichten Aussaat, die der besondere Vorteil der angewandten Methode ist, Pflanzen mit eliminieren, die noch nicht identifiziert werden können. Wir haben bei der Auswertung des Versuchs im Gewächshaus daher jeweils gewartet, bis der größte Teil der Keimpflanzen das 1. Blatt entfaltet hatte. Die in der Entwicklung etwas zurückgebliebenen Keimpflanzen des Bestandes haben dann bereits ein Stadium erreicht, in dem ihre Trennung nach normal und mutiert möglich ist. In jeder Parzelle sind dann in der Regel noch einige nicht identifizierbare Keimpflanzen vorhanden. Bei den großen Individuenzahlen, die bei dieser Versuchsanordnung ausgewertet werden können, beeinflussen diese wenigen Pflanzen das Versuchsergebnis nicht, sie können daher unberücksichtigt bleiben.

Es konnten auf diese Weise auf einer Gewächshausfläche von 2,3 m² bei einem Reihenabstand von 6—8 cm etwa 2200 Keimpflanzen angezogen werden; bei engerer Aussaat kann die Pflanzenzahl je Flächeneinheit noch erhöht werden. Die Vegetationsdauer von der Aussaat bis zur Entfaltung des 1. Blattes und damit bis zum Zeitpunkt der Auswertung und des Abschlusses einer Versuchsserie lag nach Aussaat trockener Samen bei etwa 14 Tagen, nach Verwendung von Saatgut, das 24 Stunden in Leitungswasser vorgekeimt worden war, bei 10—11 Tagen. Da die Ackerbohne ein robustes Objekt ist und nahezu quantitativ aufläuft, kann die gleiche Gewächshausfläche im Verlauf der Monate Oktober bis März 12 mal herangezogen werden. Das bedeutet, daß 1 m² Gewächshausfläche während des Winters die Auswertung von etwa 12 000 Versuchspflanzen zuläßt. Die Faktoren, die die Aufzucht von Pflanzen in den Wintermonaten erschweren (ungünstige Licht- und Temperaturverhältnisse), wirken sich in diesen frühen Stadien der Anzucht noch nicht negativ aus, beeinträchtigen den methodischen Vorteil der Verwendung der Mutante also nicht. Es kann auf diese Weise auf kleinstem Raum ohne nennenswerte personelle Belastung mit noch wesentlich größeren Pflanzenzahlen gearbeitet werden, als es für die vorliegende Arbeit geschehen ist.

3. Die Bestäubungs- und Befruchtungsverhältnisse der Mutante

Bei Objekten, bei denen neben Selbstbefruchtung durch Insektenbesuch auch Fremdbefruchtung vorkommt, wird das zahlenmäßige Verhältnis dieser beiden Befruchtungsmöglichkeiten nicht in Form eines konstanten, für die betreffende Species charakteristischen Wertes angegeben werden können, es wird vielmehr bei unterschiedlichen Versuchsbedingungen erheblich variieren. Die Rolle der Insekten wird stark von den Witterungsverhältnissen während der Blühperiode der Versuchspflanzen abhängig sein, außerdem wird der räumliche Abstand der zu testenden Sorten bzw. Genotypen von großem Einfluß auf den Anteil der abgelaufenen Fremdbefruchtungen sein. Die vorliegenden Befunde können also nicht verallgemeinert werden, sie haben vielmehr nur für die jeweils angegebenen Versuchsbedingungen Gültigkeit. Es sei darauf hingewiesen, daß wir die Termini Selbst- und Fremdbefruchtung im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht auf die Einzelblüte, sondern auf den Genotypus beziehen.

Unseren Untersuchungen liegt folgende Versuchsanordnung zugrunde: Es wurden in einer langen, schmalen Parzelle jeweils Pflanzen der *unifoliata*-Mutante und eines normalblättrigen Stammes von *Vicia faba* in Reihensaat mit 20 cm Reihenabstand nebeneinander angebaut, um neben der vorherrschenden Selbstbestäubung auch die Fremdbefruchtung zu ermöglichen. Bei der Ernte wurden nur die Mutanten berücksichtigt, die Normalform diente lediglich als Pollenspender. Diese Form der Aussaat kommt nahezu einer Mischsaat der beiden Komponenten gleich, hat jedoch den Vorteil, daß sich Mutante und Normalform bei der Ernte gut trennen lassen. Kommt nun in den Blüten der Mutante eine Selbst- oder Geschwisterbefruchtung zustande, so treffen hinsichtlich der Blatt- und Blütengestaltung 2 gleiche Allele aufeinander. Wenn wir die Eigenschaft „normale Blatt- und Blütengestaltung“ des verwendeten Zuchtstammes mit A, die Eigenschaft „abnormale Blatt- und Blütengestaltung“ der Mutante mit a bezeichnen, so entspricht die Selbst- oder Geschwisterbefruchtung der Mutante in genetischer Beziehung dem Vorgang

$$a \times a \rightarrow aa.$$

Die Nachkommenschaft aus einer derartigen Befruchtung wird also aus reinen Mutanten bestehen. Läuft hingegen eine Fremdbefruchtung zwischen Mutante ♀ und Normalform ♂ ab, so entsteht ein Bastard, der hinsichtlich seiner Blatt- und Blütengestaltung der Normalform entspricht, weil normal über mutiert dominiert:

$$a \times A \rightarrow Aa.$$

Wie im vorigen Abschnitt gezeigt wurde, können die beiden Formen aa und Aa bereits im Keimlingsstadium gut voneinander unterschieden werden. Es ist dadurch möglich, das zahlenmäßige Verhältnis von Selbst- und Fremdbefruchtungen im Anschluß an den Bestäubungsversuch durch einfaches Auszählen von Mutanten und Normalformen im Keimbett unmittelbar festzustellen. Es muß bei dieser Versuchsanordnung allerdings streng darauf geachtet werden, daß in der Mutantenreihe nicht vereinzelt Normalformen auflaufen. Durch unkontrollierbare Fremdbefruchtungen aus benachbarten Beständen kann es in der Vermehrungsparzelle der *unifoliata*-Mutante zur Ausbildung von Bastardkörnern kommen, die als Verunreinigungen mit in den Bestäubungsversuch eingehen können. Bei der Ernte lassen sich Normalform und Mutante nicht mehr unterscheiden. Durch den hohen Ertrag normaler Pflanzen gegenüber der Mutante würde das Versuchsergebnis in diesem Falle zugunsten des Anteils von Fremdbefruchtungen verschoben werden. Die normalblättrigen Pflanzen lassen sich in den Reihen der Mutante jedoch frühzeitig erkennen und eliminieren.

Die Ergebnisse 3jähriger Versuche sind in Tab. 1 wiedergegeben. Nach Berücksichtigung von nahezu 5000 Befruchtungsvorgängen erreichte der Anteil von Fremdbefruchtungen in den Versuchsjahren 1957 bis 1959 mit etwa 40% einen so unerwartet hohen Wert, daß damit die Forderung TSCHERMAKS, die Ackerbohne als Fremdbefruchter zu behandeln, auf das nachdrücklichste unterstrichen wird.

Tabelle 1. *Der Anteil von Fremdbefruchtungen bei gemischtem Anbau von Mutante und Normalform in Form abwechselnder Reihen (Reihenabstand 20 cm, Abstand in der Reihe 10 cm).*

Versuchsjahr	Gesamtzahl der ausgewerteten Keimpflanzen	hiervon Mutanten	Normalformen	prozentualer Anteil der Fremdbefruchtungen
1957	596	358	238	39,9%
1958	3538	2210	1328	37,5%
1959	734	426	308	42,0%
1957-59	4868	2994	1874	38,5%

Die eben angeführten auffallend hohen Werte gelten nur für Versuchspartellen, innerhalb deren die beiden Genotypen auf engstem Raum gemeinsam angebaut werden. Schon ein geringer Abstand der beiden Genotypen führt zu einer erheblichen Herabsetzung des Anteils an Fremdbefruchtungen. Unmittelbar neben der Parzelle für den Bestäubungsversuch wurde in den Jahren 1957 und 1958 ein Bestand homozygoter Mutanten angebaut. Die äußerste Reihe dieser Mutanten-Parzelle war 1,20 m von der ersten Reihe normalblättriger Ackerbohnen entfernt. Sie wurde nach den gleichen Gesichtspunkten wie der Bestäubungsversuch ausgewertet und erbrachte einen Anteil von etwa 25% Fremdbefruchtungen (Tab. 2). In der Vegetationsperiode 1959 wurden kleine Parzellen der Mutante in einer räumlichen Staffelung von 8 bis 60 m vom normalblättrigen Genotypus angebaut, um den Faktor der „räumlichen Isolierung“ näher zu erfassen. Hierbei zeigte sich, daß der Anteil der Fremdbefruchtungen schon bei einem Abstand von 8 m auf 4,9% gesunken war. Eine weitere räumliche Entfernung im Anbau der beiden Genotypen wirkte sich nur noch unwesentlich auf die gegenseitige Befruchtungsbeeinflussung aus: als Werte für die Abstände von 24 bis 60 m wurden 2-3% Fremdbefruchtungen ermittelt.

Tabelle 2. *Der Anteil von Fremdbefruchtungen bei benachbartem Anbau von Mutante und Normalform in Form von 2 langen Parzellen (geringste Entfernung der beiden Genotypen: 1,20 m).*

Versuchsjahr	Gesamtzahl der ausgewerteten Keimpflanzen	hiervon Mutanten	Normalformen	prozentualer Anteil der Fremdbefruchtungen
1957	519	383	136	26,2%
1958	342	257	85	24,9%
1957/58	861	640	221	25,7%

Diese etwas unerwarteten Befunde sind wohl durch die Summierung zweier fördernder Faktoren zustande gekommen. Zunächst herrschten in den 3 Versuchsjahren während der Blühperiode sehr günstige Witterungsverhältnisse. Im Juni — dem für die Bestäubung der Ackerbohne entscheidenden Monat — lagen die Maximaltemperaturen zwischen 15 und 33°C (1957) bzw. 16 und 29°C (1958). An Regemengen während der Tagesstunden wurden 53,2 mm bzw. 51,4 mm gemessen; die Anzahl der für die Insektenbestäubung ausfallenden typischen Regentage belief sich auf 3 bzw. 7, während in der fraglichen Zeit eine Sonnenscheindauer von 268,6 bzw. 181,8 Stunden gemessen wurde. Auch die Windgeschwindigkeiten lagen so niedrig, daß die Sammeltätigkeit der Insekten dadurch nicht beeinträchtigt wurde¹.

¹ Dem Leiter der Agrarmeteorologischen Versuchsstelle Bonn, Herrn Privatdozenten Dr. SEEMANN, danke ich für die Überlassung der meteorologischen Daten.

Im heißen, extrem trockenen Sommer 1959 waren die Verhältnisse noch günstiger. Zum zweiten wurde der Anbau der beiden Genotypen so vorgenommen, daß ein hohes Maß an Fremdbestäubung möglich war. Wenn der Insektenbesuch indirekt vornehmlich der Selbstbefruchtung dienen würde, wäre selbst unter so günstigen Bedingungen ein so hohes Ausmaß an Fremdbefruchtungen nicht zu erwarten. Die vorliegenden Ergebnisse lassen vielmehr darauf schließen, daß die Insekten für die Fremdbefruchtung der Ackerbohne eine weitaus größere Rolle spielen, als allgemein angenommen wird. Das gilt vor allem unter Verhältnissen, die unseren Versuchsbedingungen nahekommen, also für den unmittelbar benachbarten Anbau verschiedener Zuchtstämme oder Nachkommenschaften. Schon ein schmaler Ackerbohnen-Trennstreifen von etwa einem Meter Breite setzt zwar auch bei guten Witterungsverhältnissen die Häufigkeit der Fremdbefruchtungen erheblich herab, sie nehmen aber immer noch ein so hohes Ausmaß ein, daß sie bei genetischen und züchterischen Arbeiten keinesfalls vernachlässigt werden dürfen. Die Trennung von 8-10 m hingegen dürfte für viele züchterische Zwecke selbst bei sonniger, trockener Witterung als räumliche Isolierung von Nachkommenschaften oder Zuchtstämmen ausreichen.

Ein gewisser Nachteil unserer Versuchsanordnung liegt darin, daß das Verhältnis von Selbst- und Fremdbefruchtung nur bei der Mutante als Mutterpflanze bearbeitet wurde. Das reziproke Ergebnis — die Auswertung der Normalform im gleichen Versuch — liegt noch nicht vor. Wenn bei der Normalform AA eine Fremdbefruchtung durch Pollen der Mutante aa zustandekommt, so werden ebenfalls Bastardkörner der genetischen Konstitution Aa entstehen. Die auflaufenden Bastarde unterscheiden sich morphologisch jedoch nicht von den Vergleichsformen AA, die nach Selbstbefruchtung entstanden sind, weil für die Blattgestaltung in beiden Fällen das dominante Allel A wirksam wird. Für die Durchführung des reziproken Versuchs ist also die Aufzucht der auf den Bestäubungsversuch folgenden Generation bis zur Samenreife notwendig. Die Pflanzen der Folgegeneration müssen dann getrennt abgeerntet und deren Nachkommenschaften untersucht werden. Tritt in einer Nachkommenschaft Spaltung nach normalblättrig und unifoliat auf, so stammt die betreffende Mutterpflanze aus einem Korn, das durch Fremdbefruchtung entstanden ist. Unterbleibt die Spaltung, so lag Selbstbefruchtung vor. Es müßte also das Verhältnis spaltender zu nichtspaltender Familien in der auf den Bestäubungsversuch folgenden übernächsten Generation ermittelt werden. Eine derartige Auswertung würde nicht nur ungleich größere Anbauflächen und erheblich mehr Zeit als die von uns gewählte Methode erfordern, sondern sie ist aus arbeitstechnischen Gründen nur durchführbar, wenn man über genügend technisches Hilfspersonal verfügt. Bei der Verwendung der Normalform als Mutter gibt jede Pflanze der auf den Bestäubungsversuch folgenden Generation nur Auskunft über einen einzigen Befruchtungsvorgang. Unsere Auswertungen haben aber gezeigt, daß eine große Anzahl von Bestäubungsvorgängen berücksichtigt werden muß, wenn man eine zuverlässige

Angabe über das Verhältnis von Selbst- zu Fremdbefruchtungen unter bestimmten Versuchsbedingungen machen will. So erbrachte die Auswertung von 50 Befruchtungsvorgängen eines Teilversuchs unserer Serie einen Anteil von 6% Fremdbefruchtungen, bei Berücksichtigung aller erfaßbaren Befruchtungsvorgänge stieg dieser Wert auf 15,8%. Es müßte also eine sehr große Individuenzahl der auf den Bestäubungsversuch folgenden Generation weiterbearbeitet werden, um zu gesicherten Befunden zu kommen. Erfahrungsgemäß ist der Ansatz bei der Ackerbohne nach Eintütung äußerst gering, es müßte daher von jeder dieser Pflanzen eine so große Blütenzahl von Hand geselbstet werden, daß das Vorliegen oder Ausbleiben der Spaltung in der Nachkommenschaft dieser Pflanzen zuverlässig ermittelt werden kann. Diese Schwierigkeiten sind wohl die Hauptursache dafür, daß für *Vicia faba* bisher noch keine exakten Angaben über diese Fragestellung vorliegen. Es soll daher im folgenden geprüft werden, inwieweit die bei Verwendung der Mutante als Mutter erhaltenen Werte verallgemeinert werden können.

Es wäre denkbar, daß der hohe Anteil an Fremdbefruchtungen nicht für die Species *Vicia faba* bzw. die von uns verwendete Formengruppe *minor* dieser Species generell gilt, sondern daß er eine Eigenart der *unifoliata*-Mutante darstellt. Die frühere Bearbeitung der Mutante hat keine Anhaltspunkte ergeben, die eine derartige Auffassung rechtfertigen. Die Meiosis verläuft normal; Unterschiede in der Pollenfertilität zwischen Normalform und Mutante bestehen nicht, Bastardierungen und künstliche Selbstungen mit dem Pollen der Mutante gelingen zuverlässig (GOTTSCHALK 1958). Die Ursachen des verminderten Ertrags sind ausschließlich auf die in vielen Blüten der Mutante feststellbaren Abnormalitäten im Bau des Gynaeceums zu suchen. Immerhin wäre es denkbar, daß nach Fremdbestäubung die Pollenschläuche der Normalform im Griffel der Mutante schneller wachsen als die blüteneigenen Schläuche und daß dadurch eine selektive Befruchtung mit Bevorzugung der spermatogenen Kerne der Normalform zustandekommt. Die Folge davon wäre ein höherer Anteil von Bastardkörnern.

Wir haben versucht, diese Frage durch getrennte Auswertung der Nachkommenschaften mehrsamiger Hülsen zu beantworten. Wenn die Nachkommenschaft aus der gleichen Hülse einer Mutante eine Aufspaltung nach normalblättrig und unifoliat zeigt, so ist damit zunächst bewiesen, daß auf dem Griffel der Mutante ein Pollengemisch der beiden Genotypen vorhanden war, daß also neben Selbstbestäubung auch Fremdbestäubung zustande gekommen ist. Läge nun die Tendenz vor, daß der Pollen der Normalform aus irgendwelchen Gründen dem Pollen der Mutante überlegen ist, so müßte in der Nachkommenschaft mehrsamiger Früchte bei Prüfung einer größeren Hülsenanzahl die Normalform reichlicher vertreten sein als die Mutante. Je größer die Kornzahl pro Hülse ist, um so deutlicher müßte eine derartige Gesetzmäßigkeit in Erscheinung treten. Leider bildet die Mutante vornehmlich einsamige Früchte und nur relativ selten Hülsen mit mehr als 2 Körnern. Aus dem Material der Vegetationsperiode 1958

wurden die Samen von 124 dreisamigen Hülsen getrennt ausgelegt und für jede Hülse die Spaltung ermittelt. In einer 3samigen Hülse sind hinsichtlich der vorausgegangenen Befruchtungsvorgänge folgende 4 Kombinationen möglich (S = Selbstbefruchtung, F = Fremdbefruchtung):

S S S
S S F
S F F
F F F

Die Auswertung von 124 Hülsen aus dem Bestäubungsversuch hat folgende Verteilung auf diese 4 Gruppen ergeben:

S S S : 35 Hülsen,
S S F : 39 Hülsen,
S F F : 25 Hülsen,
F F F : 25 Hülsen.

Hierbei müssen die 35 Hülsen, deren Nachkommenschaften ausschließlich Mutanten enthielten, zunächst unberücksichtigt bleiben, weil sich nicht entscheiden läßt, ob auf den Narben der betreffenden Blüten überhaupt ein Pollengemisch vorhanden war oder ob reine Selbst- bzw. Geschwisterbestäubung vorlag. Es können für die Auswertung also nur 89 dreisamige Hülsen herangezogen werden. In diesen 89 Hülsen sind 267 Befruchtungsvorgänge abgelaufen, und zwar 103 Selbst- und 164 Fremdbefruchtungen, das entspricht einem Anteil von 61,4%. (Dieser Wert ist nicht mit dem Wert von 37,5% Fremdbefruchtungen vergleichbar, der für den Gesamtversuch der Vegetationsperiode 1958 erhalten wurde, weil im eben behandelten Teilversuch ja nur diejenigen Blüten Berücksichtigung fanden, bei denen es mit Sicherheit zu einer Fremdbefruchtung gekommen war.) Wenn wir die gleichen Untersuchungen an den dreisamigen Hülsen des neben der Versuchsparzelle angebauten homozygoten Reinbestandes der Mutante vornehmen, so erhalten wir einen ähnlichen Wert. Die Anzahl der verwendbaren Hülsen beträgt hier leider nur 17. Die Verteilung auf die 3 auswertbaren Kombinationen lag bei: S S F: 8 Hülsen, S F F: 6 Hülsen, F F F: 3 Hülsen.

Das entspricht einer Anzahl von 22 Selbst- und 29 Fremdbefruchtungen (= 56,9%).

Es hat also den Anschein, als könne man aus diesen Ergebnissen bei Vorhandensein eines Pollengemisches auf der Narbe der Mutante eine geringe Bevorzugung des fremden Pollens erkennen. Die beiden Werte von 61,4 und 56,9% Fremdbefruchtungen im Hülsenversuch sind jedoch nur Anhaltswerte. Ebenso wie vom Pollengemisch in einem Teil der Blüten ausschließlich fremde Schläuche zur Befruchtung geführt haben (Gruppe F F F), muß angenommen werden, daß die in den obigen Prozentzahlen nicht enthaltene Gruppe S S S wenigstens zum Teil aus Blüten stammt, die ebenfalls fremdbestäubt worden waren, bei denen aber zufällig nur blüteneigene Schläuche zur Befruchtung führten. Für die Errechnung des wirklichen Verhältnisses von Selbst- zu Fremdbefruchtungen müßte also zumindest ein Teil der Gruppe S S S noch mit herangezogen werden. Dadurch würden sich aber die für die Fremdbefruch-

tung errechneten Werte nach unten — d. h. in den Bereich einer Häufigkeit von etwa 50% — verschieben. Es liegen also keine gesicherten Anzeichen für eine selektive Befruchtung vor, man kann aus diesen Befunden vielmehr den Schluß ziehen, daß für die beiden Pollensorten etwa die gleiche Befruchtungswahrscheinlichkeit gegeben war. Es scheint daher die Annahme berechtigt, daß die im Gesamtversuch zutage getretene hohe Zahl von Fremdbefruchtungen nicht auf spezifische Eigenarten der verwendeten Mutante zurückzuführen ist, sie kann m. E. vielmehr als gültig für die Formengruppe *minor* von *Vicia faba* angesehen werden.

Es ist beabsichtigt, die vorliegenden Untersuchungen noch einige Jahre fortzuführen und die Versuchsbedingungen zu variieren. Bei Anbau von Mutante und Normalform unter verschiedenen Vegetationsbedingungen, vor allem aber bei Berücksichtigung unterschiedlicher Witterungsverhältnisse in aufeinanderfolgenden Jahren wird man zuverlässige Befunde über die Verschiebung des Verhältnisses von Selbst- zu Fremdbefruchtungen bei verschiedenen Versuchsbedingungen erhalten. Die Auswertung der dabei anfallenden großen Saatgutmengen kann unter Anwendung des Frühtests von technischen Hilfskräften in Form aufeinanderfolgender Serien während der Wintermonate ohne große zusätzliche personelle und räumliche Belastung vorgenommen werden.

4. Zusammenfassung

1. Es wurden mit Hilfe einer unifoliaten Mutante und einer normalblättrigen Form von *Vicia faba minor* Bestäubungsversuche durchgeführt, um den Grad der Fremdbefruchtung unter bestimmten Versuchsbedingungen zu ermitteln. Normalform und Mutante können an der Blattgestaltung bereits im Keimbett bei Entfaltung des untersten Blattes sicher voneinander unterschieden werden. Bei Verwendung der Mutante als Mutterpflanze kann dadurch in Bestäubungsversuchen der Anteil der Fremdbefruchtungen nach Aussaat der im Versuch entstandenen Samen unmittelbar ausgezählt werden. Da die Mutante die Anwendung eines Frühtests ermöglicht, können innerhalb kurzer Zeit hohe Individuenzahlen auf kleinstem Raum ausgewertet werden.

2. In den witterungsmäßig günstigen Jahren 1957, 1958 und 1959 wurde bei abwechselnder Reihensaat von Normalform und Mutante nach Berücksichtigung von knapp 5000 Befruchtungsvorgängen ein Anteil von etwa 40% Fremdbefruchtungen ermittelt.

3. Ein etwa 1 m breiter Trennungstreifen von homozygoten Mutanten setzt den Anteil der Fremdbefruchtungen unter sonst gleichartigen Versuchsbedingungen auf etwa 25% herab. Bei einer räumlichen Isolierung der beiden Genotypen von 8 m

sinkt der Anteil der Fremdbefruchtungen auf 4,9%. Es ist daher angebracht, die Ackerbohne in genetischen und züchterischen Versuchen wie einen Fremdbefruchter zu behandeln.

4. Beim Vorhandensein eines Pollengemischs der beiden Genotypen auf der Narbe der Mutante läßt sich keine selektive Befruchtung feststellen. Die erhaltenen Befunde können somit nicht als spezifische Eigenart der Mutante gedeutet werden, sie sind vielmehr für die Species *Vicia faba* oder zumindest für die Formengruppe *minor* dieser Species gültig.

Literatur

1. BECKER-DILLINGEN, J.: Handbuch des Hülsenfruchterbaues und Futterbaues. Berlin 1929. — 2. BLAKESLEE, A. F.: A *unifoliata* mutation in the Adzuki bean. *J. Hered.* 10, 153—155 (1919). — 3. DARWIN, C.: Cross and self-fertilization of plants. 2. Auflage, London 1900. — 4. FRÖLICH, G.: Beiträge zur Züchtung der Erbsen und Feldbohnen. *Fühlings Landw. Zeitg.* 58, 713—726 (1909). — 5. FRUWIRTH, C.: Die Züchtung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen III, 139—146 (1910). — 6. FRUWIRTH, C.: Die Befruchtungsverhältnisse der Ackerbohne. *Fühlings Landw. Zeitg.* 64, 473—478 (1915). — 7. FRUWIRTH, C.: Handbuch der landwirtschaftlichen Pflanzenzüchtung. 5. Auflage, III, 149—155 (1924). — 8. GARTON: Production of new types of forage plants. *Alpine, Liverpool* 1899; zit. nach FRUWIRTH (1915). — 9. GENTER, C. F., and H. M. BROWN: X-ray studies on the field bean. *J. Hered.* 32, 39—44 (1941). — 10. GOTTSCHALK, W.: Über die genetischen Verhältnisse einer Komplex-Mutante von *Vicia faba*. *Angew. Bot.* 32, 147—152 (1958). — 11. KISSLING, L.: Selektions- und Bastardierungsversuche mit weißbunten Pferdebohnen. *Z. Pflanzenzüchtung* 2, 313—338 (1914). — 12. LAMPRECHT, H.: Ein *unifoliata*-Typus von *Pisum* mit gleichzeitiger Pistilloidie. *Hereditas* 18, 56—64 (1933). — 13. LAMPRECHT, H.: Komplexe und homologe Mutationen. *Hereditas* 20, 273—288 (1935). — 14. LAMPRECHT, H.: Durch Komplexmutation bedingte Sterilität und ihre Vererbung. *Arch. Jul. Klaus-Stiftg; Erg. Bd.* zu 20, 126—141 (1945). — 15. LANG, H.: Einiges aus dem Gebiet der Feldbohnenzüchtung. *Fühlings Landw. Zeitg.* 57, 481—497 (1908). — 16. REISCH, W.: Variabilitätsstudien an *Vicia faba* L. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 94, 281—306 (1952). — 17. RIESER, D.: Sur une mutation de *Phaseolus multiflorus*. *Dissertation Lausanne* 1924; zit. nach LAMPRECHT (1935). — 18. ROWLANDS, D. G.: The nature of the breeding system in the field bean (*Vicia faba* L.) and its relationship to breeding for yield. *Heredity* 12, 113—126 (1958). — 19. SCHEIBE, A., und W. GOTTSCHALK: Morphologische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an einer Blatt- und Blütenmutante von *Vicia faba*. *Angew. Bot.* 30, 14—44 (1956). — 20. SIRKS, M. J.: Erfelijkheid- en selectieonderzoekingen bij *Vicia*-soorten. I. De navelkleur van *Vicia faba*. *Genetica* 2, 193—199 (1920). — 21. SIRKS, M. J.: Beiträge zu einer genotypischen Analyse der Ackerbohne, *Vicia faba* L. *Genetica* 13, 209—631 (1931). — 22. v. TSCHERMAK, E.: Praktische Ratschläge für Leguminosenzüchter. *Mitt. DLG* 40, 72—75 (1925a). — 23. v. TSCHERMAK, E.: Ungewollte Fremdbestäubung bei sogenannten Selbstbestäubern unter den landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. *Wiener Landw. Zeitg.* 1—13 (1925b). — 24. TRITSCHLER, H.: Züchtung und Anbau der Feldbohne. *Illustr. Landw. Zeitg.* 33, 270—271 (1913).