

Das Verhalten fluktuierend variierender Merkmale bei der Bastardierung

von

TINE TAMMES.

**Aus dem Botanischen Laboratorium der
Universität Groningen.**

(Mit Tafel III bis V).

EINLEITUNG.

Beim Studium der Arbeiten über Bastardierung der letzten Jahre fällt es auf, dass die Erscheinungen, welche bei der Kreuzung von Pflanzen mit quantitativ voneinander abweichenden Merkmalen auftreten, selten und wenig eingehend untersucht worden sind. Es gibt zwar mehrere Angaben über Kreuzung zwischen Pflanzen verschiedener Stengellänge oder mit verschiedener Grösse anderer Organe, aber von einer gründlichen Analyse des Verhaltens derartiger Merkmale in aufeinanderfolgenden Generationen ist keine Rede. Dies lässt sich wohl erklären, denn zu den oft sehr verwickelten Erscheinungen der Bastardierung fügt sich dann noch die von äusseren Faktoren bedingte, fluktuierende Variabilität der Merkmale hinzu und erschwert die Untersuchung bedeutend. Während man bei Kreuzungen, bei welchen es sich um das Vorhandensein oder Fehlen eines Merkmals, also um eine sichtbare Alternative handelt, bei der Nachkommenschaft nur zu konstatieren hat, ob das betreffende Merkmal vorhanden ist oder nicht, liegt

die Sache bei Kreuzungen, wo der Unterschied in der verschiedenen Quantität des nämlichen Merkmals besteht, ganz anders. Wenn die Variation eines Merkmals bei den Eltern transgressiv ist, ein Organ also bei beiden dieselbe Dimension usw. haben kann, ist von den Nachkommen ohne weiteres nicht zu sagen, ob sie dem einen oder dem anderen Elterntypus oder keinem der beiden angehören. Um dies zu entscheiden und die Erscheinungen, welche in solchen Fällen bei der Kreuzung auftreten, zu erklären, ist es notwendig das ganze Variationsgebiet des Merkmals bei beiden Eltern und auch bei den Nachkommen zu kennen. Hierdurch wird die schon so umfangreiche Arbeit der Bastardierungsuntersuchung noch viel schwieriger. Dies ist sehr wahrscheinlich die Ursache, dass die statistische Untersuchung der Bastarde bis jetzt fehlt und von dem Verhalten der Merkmale, welche nur quantitativ von einander abweichen, relativ so wenig bekannt ist.

Von mehreren Autoren wird aber auf die Wichtigkeit und Notwendigkeit solcher Untersuchungen hingewiesen und Johannsen,¹⁾ diesen Gegenstand berührend, sagt: „Es wird aber nötig sein, derartige nur „quantitativ“ zu bestimmende, stark fluktuerende Eigenschaften bei den Kreuzungsstudien mehr zu berücksichtigen als es bisher geschehen ist.“

Den ersten Schritt in dieser Richtung hat Nilsson—Ehle getan. In der letzten Zeit hat er²⁾ Kreuzungsversuche angestellt mit Formen, welche erbliche Grössendifferenzen bestimmter Organe aufweisen. Er studierte das Auftreten konstanter,

1) W. Johannsen, Elemente der exakten Erblichkeitslehre. 1909, S. 368.

2) H. Nilsson—Ehle, Einige Ergebnisse von Kreuzungen bei Hasen und Weizen. Botan. Notiser, 1908, S. 257—294.

erblicher Formen bei Bastardierung von *Hafertypen* mit verschiedener Halmhöhe oder mit verschiedener Länge der Hüllspelzen. Die in Aussicht¹⁾ gestellte, ausführliche Abhandlung über diese Versuche ist jetzt noch nicht erschienen, aber die vorläufige Mitteilung enthält schon mehrere wichtige Ergebnisse. Ich werde dieselben später besprechen.

Seit einigen Jahren habe ich mich auch mit Untersuchungen über das Verhalten fluktuierend variierender Merkmale bei der Bastardierung beschäftigt und ich habe dabei die statistische Methode angewandt. Obgleich die Versuche noch nicht ganz zu Ende geführt sind, will ich dennoch schon jetzt die erhaltenen Resultate mitteilen, weil dieselben beweisen, dass mit Hilfe der statistischen Untersuchungsmethode die Analyse der verwickelten Erscheinungen möglich ist und dass man auf diesem Wege zur Lösung noch unbeantworteter Fragen kommen kann.

Die Versuche wurden mit einigen *Linum*-arten angestellt; nämlich mit dem in Südeuropa wildwachsenden *Linum angustifolium* Huds. und mit einigen kultivierten *Lein*-formen, dem *Springlein*, *Linum crepitans* Böningh. und vier Varietäten des Schliessleins, *Linum usitatissimum* L. Absichtlich wurden diese Pflanzen gewählt, weil ich durch frühere Untersuchungen²⁾ die Kultur der Pflanzen und ihre Merkmale durch und durch kannte. Über die Kultur will ich zuerst einiges mitteilen.

Die Samen wurden in Keimschüsseln ausgesät und die Keimlinge auf kleine Parzellen in gegenseitiger Entfernung

1) H. Nilsson—Ehle, Kreuzungsuntersuchungen an *Hafer* und *Weizen*. Lunds Universitets Årsskrift, N. F. Af. 2, Bd. 5, No. 2, S. 106.

2) Der *Flachs*-stengel, eine statistisch-anatomische Monographie. Verhand. v. d. Holl. Maatsch. der Wetensch. Haarlem, Verz. 3, Deel VI, Stuk 4, 1907.

von 10 cm ausgepflanzt. Bei diesem Standraum konnten die Pflanzen sich kräftig entwickeln und genügend Samen für die Fortsetzung der Kultur bilden. Jeder Keimling wurde auf dem Beete im Versuchsgarten von einem Röhrchen aus Drahtnetz von etwa 5 cm Höhe und 4 cm Diameter umgeben zum Schutz gegen die Würmer. Dies war notwendig, denn einige Jahre her, beim Anfang der Versuche, wurden in einer einzigen Nacht fast alle zweihundert, am vorigen Tage gepflanzten Keimlinge von Würmern in die Erde gezogen und vernichtet. Das Umgeben mit Drahtnetz hat sich als zweckmäßig erwiesen, denn seitdem sind von einigen Tausenden von Pflanzen nur einige wenige durch Würmer verloren gegangen. Ich teile dieses mit, weil vielleicht auch andere Untersucher dieses Übel kennen und es für wertvolle Pflanzen der Mühe lohnt das Mittel anzuwenden.

Die genannten *Linum*-arten haben alle Selbstbefruchtung, deshalb mussten die Antheren vor der künstlichen Bestäubung entfernt werden. Dies geschah frühzeitig, als die Blume noch nicht geöffnet war. Nach der Bestäubung wurden die Pflanzen in Tüll- oder Pergamindüten vom Besuch der Insekten abgeschlossen. Die Nachkommen wurden nicht einzeln isoliert, sondern 100—200 zugleich von einem Drahtnetzkasten umgeben. Jeder Kasten war 180 cm lang, 95 cm breit im Zusammenhang mit der Breite der Beete und 120 cm hoch. Die 4 Seitenwände und die nach beiden Seiten geneigte, Dachwand wurden von gesonderten Drahtnetzrahmen, welche auf dem Felde leicht miteinander verbunden werden konnten, gebildet. Dies hatte den Vorteil, dass die Kästen, wenn nicht gebraucht, nur wenig Platz einnahmen und zumal, dass dieselben leicht um die Pflanzen gestellt und wieder entfernt werden konnten. Die Seitenwände wurden mittels eines Seiles, das um an denselben sich befindenden

Knöpfchen geschlungen wurde, miteinander verbunden. Die obere, dachförmige Wand konnte an beiden Seiten geöffnet und die obere Hälfte jeder der beiden längeren Seitenwände konnte niedergeklappt werden. Hierdurch waren alle Pflanzen, auch die welche niedrig blieben unter meinem Bereiche, so dass die nötigen Manipulationen leicht ausgeführt werden konnten. Auf die geneigten Flächen des Daches wurden bei andauerndem Regenwetter Glasscheiben gelegt damit die Blüten trocken blieben und Kreuzungen ausgeführt werden konnten. Die Kästen wurden beim Anfang der Blüte um die Pflanzen gestellt und nach dem Abblühen sogleich wieder entfernt um die Entwicklung möglichst wenig zu hemmen.

Bei der Ernte der Samen der *Linum*-formen mit aufspringenden Früchten tat sich noch eine kleine Schwierigkeit vor. Bei der geringsten Bewegung der Pflanze fallen die Samen aus der aufgesprungenen Frucht und es war deshalb notwendig den Verlust der Samen vorzubeugen. In denjenigen Fällen, in welchen *Linum angustifolium* oder *Linum crepitans*, welche beide aufspringende Früchte haben, bei der Kreuzung die Mutter war, wurden die Früchte kurz vor der Reife von dünnem Tüll umgeben. Für die Tausenden von Früchten der Nachkommen dieser und der reziproken Kreuzungen war dies zu zeitraubend. Deshalb wurden diese Pflanzen, nachdem eine oder mehrere Früchte vollkommen reif waren, aus dem Boden gezogen und einzeln in Papierdüten aufgehoben. Die meisten der übrigen Früchte reiften dann vollständig nach.

Von den erhaltenen Hybriden wurden mehrere Merkmale statistisch untersucht. Bevor aber zu der Beschreibung dieser Untersuchung überzugehen, will ich die verschiedenen *Linum*-formen in Bezug auf die in dieser Arbeit behandelten Merkmale kurz miteinander vergleichen.

Eine der vier Varietäten von *Linum usitatissimum* ist

der in hiesiger Gegend allgemein kultivierte Lein, im folgenden *gewöhnlicher Lein* genannt, eine zweite ist eine aus Ägypten stammende Form,¹⁾ welche ich mit dem Namen *ägyptischer Lein* andeuten werde. Letzterer unterscheidet sich vom *gewöhnlichen Lein* dadurch, dass Blume, Frucht und Samen viel grösser sind, während die Ränder der Fruchtscheidewände eine viel stärkere Behaarung zeigen. Die zwei anderen Varietäten unterscheiden sich vom *gewöhnlichen Lein* fast nur durch die Farbe ihrer Blüten, eine der beide Formen hat weisse, die andere sehr hellblau gefärbte Blumen.

Linum crepitans stimmt in der Farbe der Blume und in der Grösse der Blume, Frucht und Samen fast vollkommen mit dem *gewöhnlichen Lein* überein, hat aber im Gegensatz zu diesem und zu dem *ägyptischen Lein* aufspringende Früchte und unbehaarte Ränder der Scheidewände.

Linum angustifolium hat sehr hellblau gefärbte Blumen, welche ebenso wie die Früchte und Samen viel kleiner sind als diejenigen des *gewöhnlichen Leins*; die Farbe der Samen dagegen ist etwas dunkler als die der anderen Formen. Die Früchte springen wie bei allen wilden *Linum*-arten bei der Reife auf und die Ränder der Scheidewände sind behaart.

Unter den wilden *Linum*-arten war *L. angustifolium* die einzige, welche mit den kultivierten *Lein*-formen Bastarde gab. Die Kreuzungen mit *L. perenne*, *austriacum* und *narbonense*, gleichgültig in welcher Richtung, blieben ohne Erfolg. Dies deutet darauf hin, dass *L. angustifolium* den kultivierten *Lein*-formen näher steht als die anderen Spezies und mit mehr Recht als die Stammpflanze betrachtet werden muss.

Zwischen den genannten Formen, und zwar meistens

1) Der *Flachsstengel*, S. 22.

zwischen reinen Linien derselben, wurden die folgenden Kreuzungen ausgeführt: *gewöhnlicher Lein* × *ägyptischer Lein*,¹⁾ *gewöhnlicher Lein* × *Linum crepitans*, *gewöhnlicher Lein* × *Linum angustifolium*, *ägyptischer Lein* × *Linum crepitans*, *ägyptischer Lein* × *Linum angustifolium* und von allen diesen auch die reziproken Kreuzungen. Weiter wurden noch die hellblaublühende Form des *gewöhnlichen Leins* mit der weissblühenden Varietät als Mutter gekreuzt und letztere ebenfalls als Mutter mit dem *ägyptischen Lein*.

Bei den Nachkommen dieser beiden letzten Kreuzungen wurde nur das Verhalten der Blütenfarbe studiert, bei denjenigen der anderen Bastardierungen aber mehrere der folgenden Merkmale: Länge und Breite des Samens, Länge, Breite und Farbe des Blumenblattes, Aufspringen und Geschlossenbleiben der Frucht und die Behaarung der Scheidewände derselben. Auch wurden Beobachtungen über die Grösse der Frucht gemacht. Weil aber die Höhe und der Querdurchmesser von aufgesprungenen und von geschlossenen Früchten schwierig miteinander zu vergleichen sind, habe ich diese Merkmale nicht eingehend untersucht. Es war aber auch ohne viele Messungen deutlich, dass die Grösse der Frucht bei der Kreuzung dieselben Erscheinungen zeigte wie die des Samens, nur waren die Erscheinungen bei der erstenen, infolge der grösseren Variabilität der Dimensionen der Frucht schwerer zu analysieren.

Bei den ersten der obengenannten Merkmale, nämlich bei der Länge und Breite des Samens und bei der Länge und Breite des Blumenblattes ist der Unterschied zwischen den gekreuzten Formen ein quantitativer. Zudem ist die fluktuierende Variabilität dieser Merkmale eine so bedeu-

1) Nach der jetzt gebräuchlichen Weise ist die zuerst genannte Form die Mutter, die zweite der Vater.

tende, dass dieselbe möglicherweise die bei der Kreuzung auftretenden Erscheinungen beeinflussen kann. Anders verhält es sich bei der etwaigen Behaarung der Fruchtscheidewände. Hier handelt es sich bei der Kreuzung um eine Alternative, die Scheidewände sind entweder behaart oder kahl; der Unterschied ist also mehr qualitativ. In diesem Falle ist die fluktuierende Variabilität bei einer der beiden Formen null und bei der anderen so gering, dass kein Einfluss derselben auf die bei der Kreuzung auftretenden Erscheinungen zu erwarten ist.

Zwischen diesen bei der Kreuzung in Quantität oder in Qualität voneinander abweichenden Merkmalen bilden andere gewissermassen einen Übergang. Die Früchte des *ägyptischen Leins* bleiben vollkommen geschlossen. Die aus der Kreuzung dieser Varietät mit einer Form mit aufspringenden Früchten hervorgegangenen Nachkommen haben entweder geschlossenbleibende oder aufspringende Früchte; der Unterschied zwischen den Eltern ist ein qualitativer. Die geringe fluktuierende Variabilität des Aufspringens bei der einen Form wird die bei den Kreuzungen auftretenden Erscheinungen wahrscheinlich nicht beeinflussen. Beim *gewöhnlichen Lein* dagegen sind nicht alle Früchte vollkommen geschlossen, sondern es gibt solche, welche an der Spitze ein wenig geöffnet sind. Der Unterschied zwischen dem *gewöhnlichen Lein* und einer Form mit aufspringenden Früchten ist also nicht ein rein qualitativer, sondern mehr quantitativ und liegt im verschiedenen Grade des Aufspringens. Die hier bei beiden Formen vorhandene, sei es auch geringe, fluktuierende Variabilität beeinflusst möglicherweise die bei der Kreuzung auftretenden Erscheinungen. Auch die Farbe der Blüten zweier Formen können in qualitativem oder in quantitativem Sinne voneinander abweichen: Unabhängig von der fluktuierenden Variabilität der Blütenfarbe handelt es sich

bei der Kreuzung zwischen dem weiss- und dem blau-blühenden *Lein* um einen Qualitätsunterschied, um eine Alternative. Bei der Kreuzung zwischen dem hellblau-blühenden *L. angustifolium* und dem dunkler gefärbten gewöhnlichen oder ägyptischen *Lein* dagegen tritt der Unterschied in der Quantität mehr in den Vordergrund und obgleich die fluktuierende Variabilität der Blütenfarbe bei diesen Formen ziemlich gering ist, so ist es dennoch möglich, dass diese einen Einfluss auf die bei der Kreuzung auftretenden Erscheinungen ausübt.

Die Merkmale, deren Verhalten bei der Bastardierung im folgenden beschrieben werden soll, waren also solche, bei welchen der Unterschied zwischen den gekreuzten Formen ein quantitativer und solche wo der Unterschied ein qualitativer war, ebenfalls solche, welche einen Übergang zwischen beiden bildeten. Die fluktuierende Variabilität war eine deutliche, eine geringe oder eine nur unbedeutende.

Ich werde jetzt eins nach dem anderen diese verschiedenen Merkmale behandeln und dabei zuerst die wahrgenommenen Erscheinungen besprechen um später die aus den Beobachtungen hervorgehenden Schlussfolgerungen zu geben.

KAPITEL I.

DIE LÄNGE DES SAMENS.

Zu einer statistischen Untersuchung von Merkmalen bei der Kreuzung zwischen *Linum*-formen sind die Länge und die Breite des Samens sehr geeignet. Denn wie auch frühere Beobachtungen¹⁾ mir schon gelehrt hatten, ist die Empfindlichkeit äusseren Umständen gegenüber für die Samengrösse sehr gering. Diese Tatsache ist besonders wichtig für die Untersuchung der Hybriden weil hierdurch der Einfluss äusserer Faktoren grösstenteils ausgeschlossen wird und man mit Sicherheit annehmen kann, dass kleine Unterschiede in der Samenlänge oder -breite verschiedener Nachkommen derselben Kreuzung nicht von äusseren Ursachen bedingt werden, sondern eine Folge verschiedener Eigenschaften der Pflanzen sind. Zudem bietet die Untersuchung der Samen den Vorteil, dass die Grösse bei den verschiedenen Arten und Varietäten bedeutend auseinander geht. Man kann dadurch Formen kreuzen deren Variation nicht transgressiv ist.

In einigen Fällen untersuchte ich sowohl die Länge als auch die Breite des Samens, weil aber diese beiden Merkmale stets dasselbe Resultat gaben, habe ich mich später auf das Studium der Samenlänge beschränkt.

Ehe ich jetzt die Beobachtungen mittheile, muss ich zum richtigen Verständnis der Tatsachen noch einen Punkt hervorheben.

1) Der *Flachsstengel*, S. 45, 46 und 49 findet man Angaben über die Variabilität und den Empfindlichkeitskoeffizient des gewöhnlichen *Leins*.

Der Samen nämlich gehört zwei Generationen zugleich an, die Samenschale ist ein Teil der Mutterpflanze, der Keim dagegen gehört schon zur folgenden Generation. Die Samenschale des aus einer Kreuzung entstandenen Samens ist also rein die Mutterform, während der Keim hybrid ist. Es wäre nun möglich, dass die zwei im Samen vorhandenen Generationen einander derart beeinflussten, dass die bei der Bastardierung auftretenden Erscheinungen sehr verwickelt würden. Meine Beobachtungen ergaben aber, dass die Grösse des Samens nur von den Eigenschaften der Mutterpflanze bestimmt wurde; der hybride Keim übte keinen Einfluss darauf aus, es sei dass die Vaterpflanze kleinere oder grössere Samen hatte. Die im hybriden Keim vorhandenen väterlichen Eigenschaften für die Samengrösse äusserten sich nicht im Keime selbst, sondern erst in den Samen der hybriden Pflanze, welche aus diesem Keim entstand. Derartige Beobachtungen wurden von Johannsen¹⁾ bei *Bohnen* gemacht.

Bei reziproken Kreuzungen zwischen Formen mit kleinen und mit grossen Samen waren die aus beiden Kreuzungen entstandenen Samen also ungleicher Grösse. Der Einfluss der Mutter war auch noch nach der Keimung merkbar, hörte aber während der Entwicklung der Pflanzen auf. Ich werde diesen Gegenstand später ausführlicher behandeln. Es genügt hier zu wissen, dass der Samen der ersten Hybridgeneration sich, was die Grösse desselben betrifft, derart verhält alsob der ganze Samen dieser Generation angehört. In Übereinstimmung hiermit werde ich im folgenden die Samen der ersten Hybridgeneration mit F_1 , die der zweiten mit F_2 usw. andeuten.

1) W. Johannsen, l. c. S. 366 und Does hybridisation increase fluctuating variability? Report of the Conference on Genetics, London, 1906.

**§ 1. Ägyptischer Lein × Linum angustifolium
und die reziproke Kreuzung.**

Der Unterschied in der Samengrösse dieser beiden Formen ist so gross, dass die Variationsgebiete weit voneinander entfernt liegen. Aus der Abbildung der Samen, Taf. 3 Fig. 1, und aus den Frequenzkurven der Samenlänge, Taf. 4, Fig. 1, P, sowie aus den folgenden Werten für die Samenlänge geht dieses hervor.

	<i>L. angustifolium</i>	<i>Ägyptischer Lein</i>
Mediane	2.4 mm	6.08 mm
Minimum	2.2 "	5.04 "
Maximum	2.59 "	6.87 "
Variabilitäts-koeffizient	$\frac{Q}{M} 0.025$	0.026

Die Kreuzungen wurden im Jahre 1908 ausgeführt. Die erste Generation, F_1 , 1909 bestand aus 5 Pflanzen von der Kreuzung *ägyptischer Lein* × *L. angustifolium* und 4 Pflanzen von der umgekehrten Kreuzung. Die verschiedenen Pflanzen derselben Kreuzung zeigten keinen Unterschied in der Samengrösse, während auch die Pflanzen der einen reziproken Kreuzung in dieser Hinsicht mit denen der anderen übereinstimmten.

Die Samenlänge variierte zwischen 3.58 und 4.27 mm, die Mediane betrug 3.94 mm, $\frac{Q}{M}$ war 0.023; die Länge der F_1 -Samen war also intermediär, die Variabilität ungefähr so gross wie die der Eltern und die Variation mit derjenigen der Eltern nicht transgressiv. Fig. 1, Taf. 4 gibt eine Darstellung der Lage der F_1 -Frequenzkurve mit Beziehung zu den P-Kurven und in Fig. 1 Taf. 3 sind unter den Samen der Eltern die der Hybriden erster Generation abgebildet. Aus den Kurven geht hervor, dass der kürzeste

Samen der Hybriden viel länger als die extremsste Variante des *L. angustifolium* war und der längste Samen derselben viel kürzer als der kürzeste beim ägyptischen *Lein* vorkommende. An allen Samen der ersten Bastard-generation war also die Hybridnatur sichtbar.

Die zweite Generation der Hybriden, F_2 , 1910 umfasste für jede der beiden reziproken Kreuzungen 105 Pflanzen. Einige gingen vor der Ernte verloren, sodass schliesslich 101 und 102 Pflanzen übrig blieben.

Auch in dieser Generation stimmten die Nachkommen der einen reziproken Kreuzung vollkommen mit denjenigen der anderen überein. Ich werde deshalb nicht die beiden Kreuzungen besprechen, sondern nur die Kreuzung ägyptischer *Lein* \times *L. angustifolium*, welche ich am ausführlichsten untersuchte.

Schon bei oberflächlicher Betrachtung zeigte sich, dass die durchschnittliche Samenlänge der verschiedenen Pflanzen eine sehr verschiedene war. Zur Erhaltung einer Übersicht ordnete ich die Schachteln, welche jede die Samen einer Pflanze enthielten, in einer Reihe an, nach dem Augenmasse mit den kleinsten Samen anfangend und nach der Grösse fortschreitend.

Aus dieser Anordnung ergab sich, dass die F_2 -Pflanzen nach der Länge ihrer Samen nicht in Gruppen eingeteilt werden konnten, sondern dass dieselben für dieses Merkmal eine für das Auge kontinuierliche Reihe bildeten. Um das Verhalten der Samenlänge in der zweiten Generation eingehender zu studieren, war es aber notwendig diese Länge statistisch zu bestimmen. Weil es zu zeitraubend war wenigstens 100 Samen von allen 100 Pflanzen zu messen, wurden 20 Pflanzen, welche zusammen ein Bild der ganzen zweiten Generation gaben, für die Untersuchung ausgewählt. Aus der obengenannten Reihe nahm ich dazu die erste Schachtel d. h. diejenige mit den kleinsten Samen

und die 101. mit den grössten Samen und von den übrigen noch achtzehn, in der Reihe in ungefähr gleicher Entfernung voneinander stehenden. Wenn zufälligerweise eine Schachtel, deren Samen gemessen werden sollten, zu wenig Samen enthielt, wurde die vorangehende oder die folgende genommen. Für jede Pflanze wurde die Länge von 100 Samen mikroskopisch mit schwacher Vergrösserung gemessen; bei der geringen Variabilität der Samenlänge der einzelnen Pflanzen reichte diese Anzahl zur Bestimmung der Variationskurve hin. In Fig. 1 Taf. 4 sind die erhaltenen zwanzig Frequenzkurven mit dünner, ununterbrochener Linie dargestellt worden. Diese 20 Kurven gaben zusammen eine Übersicht der ganzen zweiten Generation, denn die übrigen 81 Pflanzen, deren Samen nicht in so grosser Anzahl gemessen wurden, würden Kurven gegeben haben, welche regelmässig zwischen den dargestellten liegen würden, je vier zwischen zwei aufeinanderfolgenden. Die an den 20 Pflanzen gemachten Beobachtungen beziehen sich also auf die ganze Generation.

Diese Beobachtungen ergaben, dass die Samenlänge bei den verschiedenen F_1 -Pflanzen eine sehr verschiedene war; die Mediane variierte zwischen 2.98 und 4.42 mm. Wie oben gesagt wurde, müssen bei der gleichmässigen Kultur und bei der geringen Empfindlichkeit der Samenlänge äusseren Umständen gegenüber, diese Unterschiede fast ganz inneren Differenzen der Pflanzen zugeschrieben werden.

Die Mediane der Samenlänge betrug für *L. angustifolium* 2.4 mm für den ägyptischen Lein 6.08 mm; die medianen Werte für die Pflanzen der zweiten Generation lagen also alle zwischen diesen beiden. Keine einzige der 101 Pflanzen und ebensowenig eine einzige der 102 Pflanzen der reziproken Kreuzung, hatte Samen deren medianer Wert mit denjenigen der Grosseltern übereinstimmte. Wie aus der Fig. 1 Taf. 4 und aus der Abbildung der Samen,

Taf. 8, Fig. 1 hervorgeht, bestand sogar ein bedeutender Unterschied zwischen den Samen des *L. angustifolium* und den kleinsten der zweiten Generation einerseits und zwischen den Samen des ägyptischen Lins und den grössten der Hybriden anderseits. Unter 203 Pflanzen der zweiten Generation gab es also keine einzige, welche einen der grosselterlichen Typen zeigte; alle Nachkommen waren intermediär; entweder genau intermediär oder mehr oder weniger goneoklin nach der einen oder der anderen Seite. Die Hinneigung zu den grosselterlichen Typen war sogar nicht so stark, dass die Kurven der extremsten Nachkommen die der P-Formen bereichten. Die Variation der zweiten Generation war also nicht transgressiv mit derjenigen der Grosseltern, und auch alle Samen dieser Generation zeigten den Hybridcharakter.

Die genauere Untersuchung bestätigte also die mit dem Auge gemachte Beobachtung, dass die zweite Generation nicht in einige wenige Gruppen eingeteilt werden konnte, und es ergab sich, dass die Anzahl der Pflanzen mit mittlerer Samenlänge eine grösse war als diejenige von dem mehr matro- oder patroklinen Typus. Die Figur 1 zeigt wie die Kurven in der Mitte angehäuft sind und nach beiden Seiten zu stets weiter voneinander entfernt liegen. Wenn die Kurven aller Pflanzen gezeichnet wären, so würde diese Erscheinung noch viel auffallender gewesen sein. Auch aus den medianen Werten der Samenlänge für die 20 untersuchten Pflanzen geht diese Gruppierung hervor, wie die folgende Tabelle zeigt.

Mediane der Samenlänge in mm	Anzahl der Individuen
2.8—3.0	1
3.0—3.2	0
3.2—3.4	1
3.4—3.6	4
3.6—3.8	5
3.8—4.0	6
4.0—4.2	1
4.2—4.4	1
4.4—4.6	1

Hieraus ergibt sich, dass von den 20 untersuchten Pflanzen die grösste Anzahl einen mittleren Wert für die Mediane der Samenlänge hatte, während nur wenige Pflanzen die kleinen und grossen Medianen aufwiesen. Es wird also deutlich sein, dass wenn auch noch die Medianen der übrigen 81 Pflanzen bestimmt wären, die Mediane für alle Pflanzen zusammen eine gewöhnliche Variationskurve zeigen würde. In Übereinstimmung hiermit gaben die Samen aller Pflanzen zusammen eine Kurve, welche sich nicht von der gewöhnlichen Variationskurve unterschied, obgleich dieselbe aus 101 Partialkurven zusammengesetzt war. Taf. 4 Fig. 1, F.

Es handelte sich hier also um einen Fall, in welchem die zweite Hybridgeneration sich nicht in einige wenige leicht trennbaren Gruppen spaltete, sondern eine grosse Anzahl von Formen entstand, welche sich in der Weise von gewöhnlichen Varianten um ein Mittel gruppierten. Die Unterschiede dieser verschiedenen Formen wurden hier aber nicht, wie bei der fluktuierenden Variabilität der Fall ist, von äusseren Faktoren hervorgerufen, sondern waren eine Folge innerer Differenzen zwischen den Pflanzen.

§ 2. Gewöhnlicher Lein \times *Linum angustifolium* und die reziproke Kreuzung.

Die Samen des gewöhnlichen Leins sind bedeutend kleiner als die des ägyptischen, der Unterschied mit *L. angustifolium* ist also geringer als im vorhergehenden Fall. Dennoch liegen die Variationsgebiete für die Samenlänge der beiden Formen noch weit voneinander entfernt, wie aus Fig. 2, Taf. 4 und aus den folgenden Werten deutlich ist.

	<i>L. angustifolium</i>	Gewöhnlicher Lein
Mediane	2.4 mm	4.13 mm
Minimum	2.2 "	3.52 "
Maximum	2.59 "	4.56 "
Variabilitäts- koeffizient	$Q_M = 0.025$	0.021

Die Kreuzungen wurden im Jahre 1908 ausgeführt. Die erste Generation, 1909, umfasste von der Kreuzung gewöhnlicher Lein \times *L. angustifolium* 21 Pflanzen, von der umgekehrten Kreuzung 33.

Die erste Generation war einförmig; die Samenlänge zeigte keinen Unterschied zwischen den verschiedenen Pflanzen derselben Kreuzung und auch die Pflanzen der einen reziproken Kreuzung stimmten in dieser Hinsicht

mit denen der anderen überein. Die mediane Samenlänge betrug 3.34 mm, dieselbe hielt also ungefähr die Mitte zwischen den Medianen der beiden Eltern. Wie aus der Fig. 2, Taf. 4 hervorgeht, bestand zwischen den grössten Samen des *L. angustifolium* und den kleinsten der Hybriden ein bedeutender Unterschied. Dagegen war die Variation der Samenlänge der Hybriden mit der des *gewöhnlichen Leins* ein wenig transgressiv. Im allgemeinen waren die F_1 -Samen also intermediär und sichtbar hybrid, nur die allergrössten unterschieden sich nicht von den kleinsten

Samen des *gewöhnlichen Leins*. Der Variabilitätskoeffizient $\frac{Q}{M}$

betrug 0.019, war also noch etwas geringer als die der Eltern.

Die zweite Generation, 1910, bestand aus 102 Nachkommen der Kreuzung *gewöhnlicher Lein* \times *L. angustifolium* und 120 der umgekehrten Kreuzung.

In dieser Generation traten die nämlichen Erscheinungen auf wie bei der vorhergehenden Kreuzung. Auch hier bildete diese Generation, in der oben beschriebenen Weise nach der Samengrösse der einzelnen Pflanzen angeordnet, eine für das Auge kontinuierliche Reihe; eine Einteilung in grösvere oder kleinere Gruppen war nicht möglich. Schon die oberflächliche Betrachtung der Reihe genügte um zu zeigen, dass die Individuen mit dem Mittelcharakter der Samenlänge am zahlreichsten waren, während die extremeren Typen in geringerer Anzahl vorkamen; die Individuen waren nach der Art von Varianten um ein Mittel herum gruppiert. Weil es zu zeitraubend war den medianen Wert der Samenlänge für eine grösvere Anzahl von Pflanzen zu bestimmen, habe ich nur die Kurve für die gesamten Pflanzen bestimmt. Wie die Fig. 2, Taf. 4, F, zeigt, unterscheidet dieselbe sich nicht von einer Kurve fluktuiierend variierender Individuen, obgleich die Unterschiede in der Samenlänge der verschiedenen F_1 -Pflanzen von

inneren und nicht von äusseren Ursachen bedingt wurden.

Ausserdem habe ich die Variationskurve der Samenlänge für die Pflanze der gesamten zweiten Generation mit den kleinsten und für die mit den grössten Samen bestimmt. In der Fig. 2 sind diese Kurven mit dünner, ununterbrochener Linie dargestellt. Hieraus ergibt sich ein Unterschied mit der Kreuzung zwischen dem *ägyptischen Lein* und *L. angustifolium*. Während bei dieser letzteren die extremsten F₂-Formen bedeutend kleiner beziehungsweise grösser waren als die P-Formen, Fig. 1, Taf. 4, waren diese Differenzen mit den P-Formen bei der Kreuzung zwischen dem *gewöhnlichen Lein* und *L. angustifolium* viel geringer. Hier war die Variation der äussersten F₂-Typen mit der der P-Formen transgressiv.

In der zweiten Generation dieser Kreuzung zeigte sich also eine viel stärkere Annäherung an die grosselternlichen Typen, aber auch hier traten die reinen Formen unter 122 Pflanzen nicht auf.

Vergleicht man in den Fig. 1 und 2 die Entfernung zwischen den extremsten F₂-Kurven, so ergibt sich, dass diese fast dieselbe ist. Das Gebiet, über welches die Typen der F₂-Generation verbreitet waren, war für beide Kreuzungen also fast gleich gross, indem in beiden Fällen die Anzahl der F₂-Pflanzen auch ungefähr die nämliche war. Während aber bei der Kreuzung zwischen dem *gewöhnlichen Lein* und *L. angustifolium* die P-Formen fast erreicht wurden, lag bei der Kreuzung zwischen dem *ägyptischen Lein* und *L. angustifolium* das Gebiet der zweiten Generation noch bedeutend von den Gebieten der P-Formen entfernt.

§ 3. Ägyptischer Lein × gewöhnlicher Lein und die reziproke Kreuzung.

Während im Vorhergehenden das Verhalten der Samenlänge bei der Kreuzung zwischen zwei verschiedenen Arten

behandelt wurde, werde ich jetzt die Kreuzung zwischen zwei Varietäten derselben Art, in diesem Falle *Linum usitatissimum* besprechen.

Die Samen des *ägyptischen Leins* sind viel grösser als die des *gewöhnlichen Leins* und die Variation beider Samen ist nicht transgressiv, wie aus den folgenden Werten und aus der Fig. 3, Taf. 4 hervorgeht.

	<i>Gewöhnlicher Lein</i>	<i>Ägyptischer Lein</i>
Mediane	4.13 mm	6.08 mm
Minimum .	3.52 "	5.04 "
Maximum	4.56 "	6.87 "
Variabilitäts-koefzient $\frac{Q}{M}$	0.021	0.026

Die Kreuzungen wurden im Jahre 1906 gemacht. Die erste Generation bestand aus 19 Pflanzen der Kreuzung *ägyptischer Lein* \times *gewöhnlicher Lein* und 14 der umgekehrten Kreuzung.

Im Gegensatz zu den beiden vorigen Kreuzungen war die erste Generation nicht vollkommen uniform. Im allgemeinen stimmten die Nachkommen der einen reziproken Kreuzung mit denen der anderen überein, aber die Nachkommen derselben Kreuzung zeigten unter sich einen Unterschied in der Grösse ihrer Samen. In Fig. 3, Taf. 4 sind die Variationskurven für die Samenlänge von zwei Pflanzen der Kreuzung *ägyptischer Lein* \times *gewöhnlicher Lein* dargestellt.

Schon in der ersten Generation traten also mehrere Typen auf, eine Erscheinung, welche auch von Nilsson—Ehle¹⁾ bei seinen Kreuzungen bei *Hafer* und *Weizen* beobachtet wurde. Gleichwie in den Kulturen von Nilsson—Ehle erwiesen diese Unterschiede sich als nicht

1) H. Nilsson—Ehle, l. c. S. 24.

erblich, denn die Nachkommen der Pflanzen mit grösseren und mit kleineren Samen stimmten miteinander überein. Im Zusammenhang mit diesem Verhalten liegt die Annahme auf der Hand, dass das Auftreten mehrerer Formen in der ersten Generation den Einfluss verschiedener äusseren Umständen zugeschrieben werden muss. Merkwürdig ist aber, dass die bei den Hybriden auftretenden Unterschiede bedeutend grösser waren als diejenigen, welche in Kulturen der Eltern von mir je beobachtet wurden. Die Heterozygoten waren also entweder empfindlicher für äusseren Faktoren oder es lagen durch unbekannte innere Ursachen bedingte Schwankungen in der Prävalenz vor.

Der Variabilitätskoeffizient war, ungeachtet des Auftretens mehrerer Typen, dennoch ein sehr niedriger, nämlich 0.021, also nicht grösser als beim *gewöhnlichen Lein*.

Obgleich die erste Generation nicht vollkommen uniform war, zeigten dennoch alle Pflanzen einen intermediären Charakter für die Samenlänge. Die Mediane dieses Merkmals für die gesamte Generation betrug 4.89 mm und die Länge variierte zwischen 4.20 und 5.83 mm. Die Variation der Hybriden war also mit derjenigen der beiden Eltern transgressiv, aber nur für die extremeren Varianten; die medianen Varianten der Eltern kamen bei der ersten Generation nicht vor, wie auch aus der Fig. 3, Taf. 4 ersichtlich ist.

Die zweite Generation bestand aus 45 Pflanzen der Kreuzung zwischen dem *ägyptischen* und dem *gewöhnlichen Lein* und 75 der umgekehrten Kreuzung. Weil die Nachkommen dieser beiden Kreuzungen in ihrem Verhalten vollkommen miteinander übereinstimmten, werde ich nur die erstere, von welcher ich auch die dritte Generation untersuchte, behandeln. In der zweiten Generation trat dieselbe Erscheinung auf wie bei den oben beschriebenen Kreuzungen. Die Pflanzen waren in der Länge ihrer Samen

auffallend verschieden voneinander, sie bildeten aber zusammen; nach der durchschnittlichen Samenlänge angeordnet, eine für das Auge kontinuierliche Reihe, in welcher die Individuen mit den mittleren Samentypen die zahlreichsten waren. In Übereinstimmung hiermit gab die gesamte Generation für die Samenlänge eine Kurve, welche als eine Variationskurve aussah, indertat aber zusammengesetzt war aus 45 Kurven, deren Medianen nach der Art von Varianten um ein Mittel gruppiert waren. In Fig. 8, Taf. 4, F₂, ist diese Kurve mit einer unterbrochenen Linie angegeben. Diese zeigt, dass die Transgression der Variation mit derjenigen des *gewöhnlichen Leins* etwas grösser war als in der ersten Generation; grössere Samen als in der ersten Generation kamen aber bei den 45 F₂-Pflanzen nicht vor. Alle Pflanzen hatten einen intermediären Typus der Samenlänge, es sei etwas mehr matro- oder patroklin; die reinen grosselterlichen Typen traten aber nicht auf. In der Figur sind noch die Variationskurven von vier gesonderten Pflanzen, alle Nachkommen derselben F₁-Pflanze, dargestellt. Die mit *a* und mit *c* angedeuteten Kurven beziehen sich auf Pflanzen mit einem der kleinsten beziehungsweise der grössten in der zweiten Generation vorkommenden Samentypen.

Die dritte Generation umfasste 400 Pflanzen der Kreuzung *ägyptischer Lein* × *gewöhnlicher Lein*. Diese Pflanzen vergegenwärtigten zusammen nicht die Nachkommenschaft der ganzen zweiten Generation, denn es war mir unmöglich Nachkommen aller 45 Pflanzen zu züchten. Ich wählte deshalb zur weiteren Kultur 20 derselben, hauptsächlich die extremeren Typen und zur Vergleichung auch einige der mittleren der zweiten Generation.

Es ergab sich aus der Untersuchung dieser dritten Generation, dass die in F₃ auftretenden Typen der Samenlänge einen erblichen Charakter besassen, im Gegensatz

zu den bei dieser Kreuzung in der ersten Generation auftretenden Typen. Die Nachkommen einer F_1 -Pflanze mit kleineren Samen hatten im allgemeinen kleinere Samen als die Nachkommen von Pflanzen mit grösseren Samen. Die meisten F_1 -Pflanzen gaben aber keine uniforme Nachkommenschaft. Meistens unterschieden die Pflanzen sich in ihrer Samenlänge voneinander. Die Nachkommenschaft einer einzigen F_1 -Pflanze verhielt sich in dieser Hinsicht im grossen und ganzen wie die gesamte zweite Generation. In derselben waren die Individuen mit dem für diese F_1 -Pflanzen mittleren Samentypus die zahlreichsten und die extremeren Typen weniger zahlreich. In Fig. 8, Taf. 4, F_2 sind mit a angedeutet die Kurven des extremst kleinsten und grösssten Typus der Nachkommen der F_1 -Pflanze, deren Kurve in F_2 der Figur mit a verzeichnet ist. In derselben Weise gehören die Kurven bb in F_2 der Figur zur Kurve b in F_1 , und stellen die Variation der Samenlänge des extremst kleinsten und grösssten Typus der Nachkommenschaft der betreffenden F_1 -Pflanze dar. Die übrigen Nachkommen dieser beiden F_1 -Pflanzen würden Kurven gegeben haben, welche zwischen die Kurven a und a , F_2 für die eine, und zwischen den Kurven b und b für die andere gelegen haben würden. Die Pflanze, deren Kurve in F_2 mit c angedeutet ist, gab ebenfalls Nachkommen von verschiedenem Samentypus. Die in F_2 mit c verzeichnete Kurve ist die der Pflanze, welche die grösssten Samen besass; Pflanzen mit noch grösseren Samen kamen auch unter den Nachkommen der anderen F_1 -Pflanzen nicht vor. Dieser grössste Typus der dritten Generation war bedeutend grösser als der grössste in der zweiten Generation vorkommende, die Annäherung an den ägyptischen Lein war viel stärker, die reine ägyptische Form trat aber nicht auf. Nach der Seite des gewöhnlichen Leins war die Transgression in der dritten Generation nicht grösser als in der

zweiten. Alle Pflanzen der dritten Generation zeigten also noch einen intermediären Samentypus, obgleich das Variationsgebiet der gesamten Pflanzen, in Vergleichung mit demjenigen der ersten Generation, viel grösser war. Die Kurve für die Samenlänge der ganzen dritten Generation stimmte nicht, wie in den vorigen Fällen, mit einer gewöhnlichen Variationskurve überein, sondern war, wie die Figur zeigt, zweigipflig; die mittleren Samentypen waren weniger zahlreich. Diese Erscheinung war eine Folge der Auswahl, welche, wie ich oben sagte, aus der zweiten Generation getroffen wurde. Verhältnismässig wurden weniger mittlere Typen zur weiteren Kultur gewählt und wie die oben beschriebenen Beobachtungen lehrten, gaben die mittleren Typen hauptsächlich Nachkommen vom mittleren Typus. Hatte ich also die Nachkommenschaft der ganzen zweiten Generation untersuchen können, so würde sich ohne Zweifel auch hier eine eingipflige Kurve ergeben haben.

§ 4. Ägyptischer Lein \times *Linum crepitans* und die reziproke Kreuzung.

Die Samen von *Linum crepitans* sind im allgemeinen etwas länger und breiter als die des *gewöhnlichen Leins*. Der Unterschied zwischen den ersteren und den ägyptischen Leinsamen ist somit geringer als der zwischen den ägyptischen und den gewöhnlichen Samen. Für die Samenbreite ist die Variation der Samen von *L. crepitans* sogar in geringem Grade transgressiv mit der der ägyptischen Samen. Die Kurven für die Samenlänge beider Formen greifen nicht übereinander, die Entfernung zwischen beiden ist aber eine sehr geringe. Aus den folgenden Werten und aus der Fig. 4, Taf. 4 geht dieses hervor.

Samenbreite.

	<i>Linum crepitans</i>	<i>Ägyptischer Lein</i>
Mediane	2.48 mm	2.94 mm
Minimum	2.16 "	2.52 "
Maximum	2.67 "	3.19 "

Samenlänge.

Mediane	4.48 mm	6.08 mm
Minimum	4.00 "	5.04 "
Maximum	4.99 "	6.87 "
Variabilitäts-koefizient	$\frac{Q}{M} 0.027$	0.026

Die Kreuzungen wurden im Jahre 1907 ausgeführt. Die erste Generation bestand aus 9 Pflanzen der Kreuzung *L. crepitans* × *ägyptischer Lein* und 7 der umgekehrten Kreuzung. Die Pflanzen derselben Kreuzung unter sich und ebenso die der einen reziproken Kreuzung mit denen der anderen verglichen, stimmten in der Grösse ihrer Samen vollkommen miteinander überein. Die Hybriden zeigten einen intermediären Samentypus mit einer etwas geringeren Variabilität als die der Eltern, $\frac{Q}{M}$ der Samenlänge war 0.016. In Fig. 4, Taf. 4 ist die Variationskurve der Samenlänge der ersten Generation mit F_1 angedeutet. Aus dieser Figur geht hervor, dass die Variation der Hybriden mit der der beiden Eltern transgressiv war, in starkem Grade mit der des *ägyptischen Leins*. Dennoch traten nur die mit den extremeren Varianten des *ägyptischen Leins* übereinstimmenden Samen bei den Nachkommen auf. Samen mit einer Länge wie die mittleren und grösseren Varianten kamen nicht vor.

Die zweite Generation umfasste 73 Pflanzen der Kreu-

zung *L. crepitans* × ägyptischer Lein und 66 der umkehrten Kreuzung. Weil die beiden Gruppen dieselben Resultate gaben, werde ich sie zusammen besprechen. Die gesamten 139 F₁-Pflanzen zeigten dieselbe Erscheinung wie die oben beschriebenen Kreuzungen. Die Pflanzen unterschieden sich in der Grösse ihrer Samen, konnten aber nach diesem Merkmale nicht in einige scharf getrennten Gruppen eingeteilt werden. Nach der Samengrösse angeordnet bildeten sie eine für das Auge kontinuierliche Reihe, in welcher die mittleren Typen am zahlreichsten waren. Die reinen grosselterlichen Formen kamen nicht vor, wohl aber Formen, welche eine starke Hinneigung zu den P-Formen zeigten. In Fig. 4, Taf. 4 ist mit dünner, ununterbrochener Linie die Kurve der Samenlänge dargestellt für diejenige Pflanze, welche durchschnittlich die kleinsten Samen hatte. Hieraus geht hervor, dass die Transgression mit *L. crepitans* in der zweiten Generation bedeutend grösser war als in der ersten, und das nämliche tat sich beim ägyptischen Lein vor.

Zur Erhaltung der dritten Generation wurden die Samen von 20 Pflanzen der zweiten Generation getrennt ausgesät. Hierzu waren Pflanzen mit kleinem, mit mittlerem und mit grossem Samentypus gewählt. Die Anzahl der Nachkommen jeder F₁-Pflanze betrug 30 bis 60, im ganzen etwa 800.

Im allgemeinen stimmten die Parzellen der dritten Generation in ihrem Verhalten der Samenlänge mit der zweiten Generation überein; bei der Mehrzahl der Parzellen unterschieden die Pflanzen sich voneinander in ihrer Samengrösse, die Differenzen zwischen den Extremsten einer Parzelle waren aber meistens geringer als die zwischen dem grösst- und dem kleinstsamigen Typus der zweiten Generation.

Weiter zeigten im grossen und ganzen die Nachkommen

der F_2 -Pflanzen mit kleinerem Samentypus kleinere, die der Pflanzen mit grösserem Samentypus grössere Samen. Unter den Nachkommen einer kleinsamigen F_2 -Pflanze befand sich eine Pflanze deren Samen sich in ihrer Grösse schon ohne weitere Untersuchung nicht von denjenigen des *L. crepitans* unterschieden. In Fig. 4, Taf. 4, F_3 ist die Kurve der Samenlänge für diese Pflanze dargestellt. Hieraus ergibt sich, dass diese Kurve eine sehr grosse Übereinstimmung mit derjenigen für *L. crepitans* zeigt. Die Gipfel liegen an derselben Stelle. Der geringe Unterschied in der Form der beiden Kurven und das Fehlen der kleinsten Varianten bei der F_3 -Pflanze muss der Tat- sache zugeschrieben werden, dass die Kurve des *L. crepitans* sich bezieht auf mehrere Pflanzen, welche unter verschiedenen und dabei auch ungünstigen Umständen kultiviert wurden, während die andere Kurve die einer einzigen, unter günstigen Bedingungen erwachsenen Pflanze war.

Ohne Zweifel zeigte diese Pflanze also den reinen Typus der *L. crepitans* Samen. In der dritten Generation dieser Kreuzung trat somit eine der beiden ursprünglichen Formen wieder auf. Die andere, die ägyptische Form kam nicht vor. Zwar gab es Pflanzen, deren Samen sich augenscheinlich nicht oder sehr wenig von den ägyptischen unterschieden, aber die Messung derselben stellte heraus, dass die Differenz zu gross war um den Einfluss äusserer Faktoren zugeschrieben werden zu können. Diese Pflanzen waren also, was die Sämenlänge betrifft, nicht rein ägyptisch.

§ 5. Zusammenfassung der Ergebnisse dieses Kapitels und Betrachtungen über die Deutung der beobachteten Erscheinungen.

Wenn wir die Ergebnisse der verschiedenen Kreuzungen miteinander vergleichen, sehen wir, dass dieselben im

allgemeinen miteinander übereinstimmten. Kurz zusammengefasst ergab sich das Folgende.

Die erste Bastardgeneration war mit einer einzigen Ausnahme einförmig, und die Hybriden besassen einen intermediären Charakter. Die Grösse der Variabilität der Merkmale derselben zeigte keinen nennenswerten Unterschied mit der der beiden Eltern, dieselbe war wie diese eine äusserst geringe, in den meisten Fällen sogar eine noch etwas geringere.

Die zweite Generation war nicht einförmig; nach der Grösse ihrer Samen angeordnet bildeten die Pflanzen eine kontinuierliche Reihe, in welcher die mittleren Typen am zahlreichsten und die extremen in geringerer Anzahl vorhanden waren; d. h. die in der zweiten Generation auftretenden Typen waren nach der Art von Varianten um ein Mittel gruppiert. Alle Pflanzen zeigten einen intermediären Charakter, es sei mehr oder weniger matro- oder patroklin, die reinen P-Formen traten nicht auf, die Annäherung an dieselben war eine sehr verschiedene.

Die gesonderten F_1 -Pflanzen gaben nur relativ selten eine einförmige dritte Generation, meistens wiederholten die Erscheinungen der zweiten Generation sich und fand eine mehr oder weniger starke Aufteilung in Typen statt, welche zusammen eine kontinuierliche Reihe mit grösserer Anzahl der Mitteltypen bildeten. Im allgemeinen hatten die Nachkommen von F_1 -Pflanzen mit kleinem Samentypus kleinere Samen als die von mittleren oder grossen Typen und die grosssamigen Typen der zweiten Generation gaben die durchschnittlich grössksamige dritte Generation. Auch war die Annäherung an die P-Formen in der dritten Generation stärker als in der zweiten und in einem Falle trat die reine P-Form auf.

Wie sind nun diese Erscheinungen zu deuten?

Die beschriebenen Verhältnisse zeigen, dass es sich hier

nicht um Mendelhybriden handelt, bei welchen die Eltern sich um eine einzige Anlage, Elementareigenschaft, eine Erbeinheit, eine Einheit oder ein Gen, wie Johannsen¹⁾ es nennt, voneinander unterscheiden. Es sind also zwei Fälle möglich.

Entweder folgen die Merkmale bei der Kreuzung nicht dem Mendelschen Spaltungsgesetz, oder es findet wohl Spaltung statt, aber der Unterschied der Eltern beträgt mehrere Einheiten. Obgleich alle beobachteten Erscheinungen, auch das Auftreten der P-Form, ohne Spaltung der Anlagen erklärt werden können, so ist aber diese Erklärung so gezwungen, dass die Annahme von mehreren spaltenden Eigenschaften bei weitem den Vorzug verdient. Wie aus dem Folgenden hervorgehen wird, sind die Tatsachen vollkommen in Übereinstimmung mit den Erscheinungen, welche man theoretisch bei der Kreuzung von Pflanzen mit mehreren unabhängig mendelnden Merkmalspaaren erwarten würde.

Im einfachsten Fall von Mendelkreuzung unterscheiden die Eltern sich in einer einzigen Elementareigenschaft. Ob der Unterschied darin besteht, dass nach der Vorstellung von de Vries bei einem der Eltern die Anlage der Eigenschaft aktiv und beim andern latent ist, oder dass es sich um Vorhandensein und Fehlen der Anlage handelt, wie nach Batesons „presence and absence Hypothesis“ in neuerer Zeit von den meisten Forschern angenommen wird, ist für die folgenden Beobachtungen ohne Bedeutung. Wenn also in diesen theoretischen Erwägungen davon die Rede ist, dass eine Pflanze mehr Einheiten oder Gene besitzt als eine andere, so bleibt dahingestellt ob diese Gene in der letzteren Pflanze indertat fehlen oder nur latent sind. Welche Auffassung bei den beobachteten

1) W. Johannsen, l. c. S. 124.

Kreuzungen die wahrscheinlichste ist, werde ich später besprechen. Im genannten Fall, wenn der Unterschied der Eltern eine einzige Elementareigenschaft beträgt, bekommt man in der zweiten Generation nach dem *Zea*-Typus von Correns das Verhältnis 1:2:1. Die Heterozygoten sind intermediär ausgebildet und neben den P-Formen tritt also eine Zwischenform auf.

Nehmen wir jetzt an, dass der Unterschied in der Länge der Organe von zwei miteinander gekreuzten Pflanzen dadurch bedingt wird, dass die eine Pflanze zwei Einheiten für die Länge des betreffenden Organs mehr hat als die andere. Wenn jede dieser Anlagen für sich eine gewisse Zunahme der Länge verursachen kann, so wird diese Kreuzung sich wie eine dihybride verhalten, aber beide Merkmalspaare beziehen sich auf die Länge des Organs. Nach der Spaltung entstehen dann in der zweiten Generation bekanntlich auf 16 Individuen die 9 möglichen Kombinationen der Anlagen. Bei intermediärer Ausbildung der Heterozygoten gibt es dann 9 verschiedene Formen, eine derselben stimmt äusserlich und innerlich mit dem Grossvater und eine mit der Grossmutter überein, die anderen 7 bilden Zwischenformen. Zwei derselben sind homozygotisch und somit konstant, die anderen spalten sich wieder in der dritten Generation.

Wir sehen also, dass bei einer Differenz zwischen den Eltern von nur zwei Einheiten in der zweiten Generation schon 7 verschiedene Abstufungen des Merkmals zwischen den ursprünglichen Formen auftreten. Nimmt der Unterschied in der Anzahl der Einheiten zwischen den Eltern zu, so steigt die Anzahl der verschiedenen in der zweiten Generation gebildeten Zwischenformen sehr rasch. Beträgt der Unterschied 3 Einheiten so ist diese Anzahl 27, für einen Unterschied von 4 Einheiten 81, im allgemeinen treten 3^n Zwischenformen auf, wenn mit n der Unterschied

in der Anzahl der Einheiten der Eltern bezeichnet wird. Wenn jede der Anlagen eine gleich grosse Zunahme bedingt, liegen die Verhältnisse etwas einfacher und ich will diesen Fall ausführlicher besprechen, weil die beobachteten Erscheinungen mit einer solchen Annahme am meisten übereinstimmen.

Die Anzahl der Zwischenformen in der zweiten Generation beträgt bei einem Unterschied von 2 Anlagen dann 3; eine genau intermediäre, eine welche die Mitte hält zwischen der kleinsten P-Form und der genau intermediären und eine welche die Mitte hält zwischen der letzteren und der grössten P-Form. Unter 16 Individuen gibt es dann ausser den zwei P-Formen, 6 genau intermediäre und je 4 der mehr matro- und patroklinen Zwischenformen. In der Anzahl der Individuen der verschiedenen Formen tritt also eine gewisse Regelmässigkeit auf, die mittellangen Individuen sind am zahlreichsten, weniger zahlreich die kürzeren und die längeren und noch weniger zahlreich die allerlängsten und die allerkürzesten, das sind die P-Formen.

Noch deutlicher tritt diese Erscheinung hervor, wenn der Unterschied der P-Formen durch mehr als 2 Einheiten verursacht wird. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht der Verhältnisse in der zweiten Generation wenn der Unterschied der P-Formen 2, 3 usw. Einheiten beträgt.

Unterschied in der Anzahl der Einheiten der P-Formen. <i>n</i>	Zahlenverhältnisse der verschiedenen Formen. <i>n</i>	Anzahl der Individuen. <i>4^n</i>	Anzahl der homozygoti- schen Individuen. <i>2^n</i>	Prozentgehalt an homozygoti- schen Individuen.
1	1 P 1 4 6 4 1 P	4	2	50
2	1 P 6 15 20 15 6 1 P	16	4	25
3	1 P 8 28 56 70 56 28 8 1 P	64	8	12,5
4	1 P 10 45 120 210 252 210 120 45 10 1 P	256	16	6,25
5	1 P 12 66 220 495 792 924 792 495 220 66 12 1 P	1024	32	3,125
6	1 P	4096	64	1,562

In der zweiten Spalte der Tabelle ist das Verhältnis angegeben, in welchem die verschiedenen in der zweiten Generation gebildeten Formen vorkommen. Die Zahlen sind ausgehend von je einer der beiden P-Formen berechnet. In der Tabelle sind die reinen P-Formen mit P ange-deutet, alle übrigen Individuen sind Zwischenformen. In jeder horizontalen Reihe deutet die linke P-Form diejenige an, welche keine der betreffenden Einheiten besitzt, das ist in unserem Beispiel also die kürzere P-Form, darauf folgen in der Reihe von links nach rechts fortschreitend, durch die Zahlen angegeben, die verschiedenen Zwischenformen mit zunehmender Länge und rechts in der Reihe ist die längere P-Form dargestellt.

Aus dieser Tabelle geht nun hervor, dass die Anzahl der Zwischenformen rascher zunimmt als die Anzahl der Einheiten in welcher die P-Formen voneinander abweichen. Im allgemeinen beträgt die Anzahl der Zwischenformen $2n-1$, wenn n die Anzahl der betreffenden Einheiten ist. Wird der Unterschied in der Länge zwischen den Grosseltern z. B. von 5 Einheiten bedingt, so entstehen 9 Zwischenformen. Ist nun der Längenunterschied der P-Formen nicht gross, so sind die in der zweiten Generation gebildeten Abstufungen in der Länge klein und wenn sich dann für die P-Formen und für jede der Zwischenformen die fluktuierende Variabilität hinzufügt, wird es möglich sein, dass die verschiedenen Formen ineinander übergehen.

Zweitens lehrt die Tabelle, dass die Verteilung der Individuen über die verschiedenen Formen eine sehr regelmässige ist. Die Individuen der genau intermediären Form sind am zahlreichsten und nach beiden Seiten zu nimmt die Anzahl stets ab; die sehr kurzen und sehr langen Formen sind seltener und die P-Formen kommen am wenigsten vor. Kommen nun diese drei Momente zusammen, d. h. sind die Unterschiede zwischen den benachbarten

Formen gering, werden die Grenzen zwischen denselben durch die fluktuierende Variabilität jeder der Formen verwischt und ist die Abstufung eine regelmässige, so gibt die gesamte Generation das Bild einer einheitlichen Form mit normaler fluktuierender Variabilität und alle Formen zusammen werden eine Kurve geben, welche sich von einer Variationskurve nicht unterscheiden lässt. Die Zusammensetzung der zweiten Generation aus mehreren innerlich verschiedenen Formen ist dann nicht merkbar.

Weiter ergibt sich aus den in der Tabelle angegebenen Zahlenverhältnissen, dass die relative Anzahl der in der zweiten Generation auftretenden Individuen, welche vollkommen mit einer der P-Formen übereinstimmen, um so geringer ist je grösser der Unterschied in der Anzahl der Einheiten zwischen den Grosseltern. Wird der Unterschied nur von einer einzigen Einheit bedingt, so kommen auf 4 Individuen von den beiden P-Formen je eine vor, bei einer Differenz von 2 Einheiten aber nur je eine auf 16. Mit steigender Anzahl der Einheiten nimmt die Anzahl der Individuen, bei welchen das Auftreten der beiden grosselterlichen Formen theoretisch zu erwarten ist, sehr rasch zu und beträgt bei einem Unterschied von nur 6 Einheiten schon 4096. Wenn die Kultur der zweiten Generation nicht sehr gross ist, wird somit die Wahrscheinlichkeit, die reinen P-Formen zu erhalten, schon gering auch für Fälle, in denen die Grosseltern nur in einigen wenigen Einheiten voneinander abweichen. Umfasst die Kultur in Vergleichung mit der Anzahl der Individuen, welche zusammen die ganze zweite Generation repräsentieren nur eine geringe Anzahl von Pflanzen, so werden vorwiegend die mittleren Formen auftreten, weil diese am zahlreichsten in der vollständigen Serie vergegenwärtigt sind. Die Wahrscheinlichkeit, die extremeren Formen zu erhalten, wird um so geringer je mehr sich diese Formen

den P-Formen nähern, je kleiner die Kultur und je grösser der Unterschied in der Anzahl der Einheiten zwischen den Grosseltern ist. Bei einer verhältnismässig kleinen Kultur werden also meistens nur die intermediären Formen auftreten und von einer Spaltung nach dem *Mendelschen Gesetz* ist keine Spur zu finden, die Kreuzung erscheint wie eine intermediäre.

In der vierten Spalte der Tabelle ist die Anzahl der homozygotischen Individuen angegeben, welche bei einer vollständigen, alle möglichen Gametenkombinationen umfassenden zweiten Generation auftreten. Zwei derselben sind die reinen P-Formen, die übrigen sind Zwischenformen. Wie aus der Tabelle hervorgeht, nimmt mit steigender Anzahl der Einheiten die Anzahl der Homozygoten rascher zu, dieselbe beträgt 2^n . Wird der Unterschied zwischen den Grosseltern durch 2 Einheiten verursacht, so treten 4 homozygotische Individuen auf, zwei derselben stimmen mit den P-Formen überein, 2 sind Zwischenformen; bei einem Unterschied von 6 Einheiten entstehen, ausser den grosselterlichen Typen, 62 Homozygoten.

Im Verhältnis zur vollständigen zweiten Generation aber nimmt mit steigender Anzahl der Einheiten die Anzahl der Homozygoten allmählich ab. In der fünften Spalte der Tabelle ist der Prozentgehalt an Homozygoten der zweiten Generation angegeben und hieraus ergibt sich, dass dieser Gehalt sehr rasch abnimmt. Schon bei einem Unterschied von 6 Einheiten enthält die zweite Generation nur 1,562% Homozygoten, der übrige Teil ist heterozygotisch.

Bei Weiterzucht der zweiten Generation werden also fast alle Individuen sich wieder spalten, nur 1,562% ist konstant und gibt eine uniforme Nachkommenschaft. Die Wahrscheinlichkeit, konstante Formen zu erhalten, ist

also geringer je grösser die Anzahl der Einheiten ist, welche den Unterschied zwischen den P-Formen bedingt.

Die verschiedenen Heterozygoten der zweiten Generation spalten sich in der dritten nicht in demselben Grade. Die Aufteilung in Formen ist von der Zusammensetzung des heterozygotischen Individuums abhängig.

Nehmen wir als Beispiel den Fall, dass der Unterschied zwischen den Eltern 4 Einheiten beträgt. Genau intermediäre F_2 -Pflanzen können die Zusammensetzung Aa Bb Cc Dd haben, wenn die grossen Buchstaben die vorhandenen oder aktiven Einheiten und die kleinen die fehlenden oder latenten andeuten. Diese F_2 -Pflanzen sind für alle Merkmalspaare heterozygotisch, stimmen also mit den F_1 -Pflanzen überein und verhalten sich bei der Spaltung vollkommen wie diese. Dieselben geben in der dritten Generation die reinen P-Formen und 7 Zwischenformen in Zahlenverhältnissen, wie sie in der Tabelle für die zweite Generation angegeben sind.

Weil aber nach unserer Voraussetzung jede Einheit dieselbe Zunahme der Länge verursacht, sind Individuen mit der Zusammensetzung AA bb Cc Dd ebenfalls genau intermediär. Diese spalten aber nicht in so starkem Grade, denn weil diese Pflanzen für A und für b homozygotisch sind, können die reinen P-Formen nicht entstehen, die kleinste mögliche Form ist AA bb cc dd, die grösste mögliche AA bb CC DD und zwischen diesen liegen die anderen. Die genau intermediären Individuen sind die zahlreichsten und nach beiden Seiten zu nimmt die Anzahl ab.

Bei den kleinen Formen der zweiten Generation entstehen bei der Aufteilung in Formen in der dritten nur die kleineren Formen. Eine F_2 -Pflanze der zweiten Zwischenform z. B. von der Zusammensetzung Aa Bb cc dd gibt nach Spaltung als kleinste Form die P-Form aa bb cc

dd, die grösst mögliche Form ist AA BB cc dd, eine Form die in ihrer sichtbaren Ausbildung mit den genau intermediären Pflanzen der zweiten Generation übereinstimmt.

Die Nachkommenschaft einer derartigen kleineren F_1 -Pflanze schwankt also zwischen der kleinen P-Form und der intermediären Zwischenform. Ebenso geben die grösseren F_1 -Formen in der dritten Generation im allgemeinen die grösseren Formen.

Die Wahrscheinlichkeit die P-Formen bei Weiterzucht der zweiten Generation zu erhalten, ist also um so grösser je mehr die gewählte F_1 -Pflanze sich einem der ursprünglichen Typen nähert. Durch in jeder Generation wiederholte Selektion der extremsten Formen wird es also möglich sein auch bei einer kleinen Kultur die P-Formen zu erreichen.

In allen Fällen von Spaltung in der dritten Generation, es sei dass dieselbe eine geringe oder starke ist, wiederholen sich die Erscheinungen, welche in der zweiten auftreten. Die Individuenzahl der verschiedenen Formen zeigt dieselbe Regelmässigkeit; diejenige Form, welche für eine bestimmte Spaltung die mittlere ist, ist am zahlreichsten vergegenwärtigt, die Anzahl der Individuen der extremeren Formen ist geringer und am geringsten die der extremsten.

Wenn wir nun die notwendigen Folgen der hier vorgeführten theoretischen Auseinandersetzungen vergleichen mit den vorher beschriebenen Beobachtungen so sehen wir, dass dieselben vollkommen miteinander übereinstimmen. Das in der zweiten Generation Auftreten einer kontinuierlichen Reihe von Formen, welche nach der Art von Varianten um ein Mittel gruppiert sind, der intermediäre Charakter dieser Generation und das Fehlen der P-Formen in derselben, die Wiederholung dieser Erscheinungen in der dritten Generation in bei weitem den

meisten Fällen, also das relativ seltene Auftreten konstanter Formen, die starke Annäherung an die P-Formen in der dritten Generation durch Weiterzucht der kleinsten und grössten F_2 -Formen und endlich das Auftreten einer reinen P-Form, alle diese Erscheinungen werden vollkommen erklärt durch die Annahme, dass der Unterschied in der Grösse der Samen zwischen den gekreuzten Pflanzen von mehreren mendelnden Einheiten bedingt wird. Wie gross die Anzahl dieser Einheiten in den verschiedenen Fällen ist, hat sich durch die beschriebenen Untersuchungen nicht mit vollkommener Sicherheit zeigen lassen. Dennoch lehren die Beobachtungen wohl einiges darüber. Bei der Kreuzung zwischen *L. angustifolium* und dem ägyptischen *Lein* betrug die Anzahl der Pflanzen der zweiten Generation 203. Die P-Formen traten nicht auf, es bestand sogar noch ein bedeutender Unterschied zwischen der Samenlänge der extremsten F_2 -Formen und derjenigen der Grosseltern. Ich glaube daraus schliessen zu können, dass der Unterschied zwischen dem ägyptischen *Lein* und *L. angustifolium* für die Samenlänge wenigstens 4 Einheiten beträgt. Denn theoretisch kommen auf 256 F_2 -Individuen, bei einem Unterschied von 4 Einheiten, die beiden P-Formen je einmal vor und im genannten Fall nicht eine auf 203 Individuen. Fast ohne Zweifel ist der Unterschied zwischen den genannten Formen also grösser als 4 Einheiten, wie viel grösser ist aber nicht zu sagen.

Auch bei der Kreuzung zwischen *L. angustifolium* und dem gewöhnlichen *Lein* fehlten noch die P-Formen bei den 222 F_2 -Individuen. Die Annäherung an die Grosseltern war aber eine viel stärkere als bei der vorigen Kreuzung und dieses deutet darauf hin, dass, obgleich auch hier der Unterschied der P-Formen wahrscheinlich durch wenigstens 4 Einheiten verursacht wird, entweder die wirkliche Anzahl derselben geringer ist als bei der Kreuzung zwischen

L. angustifolium und dem *ägyptischen Lein*, oder dass jede Einheit eine geringere Zunahme der Samenlänge verursacht.

Wie ich aber oben schon hervorhob und die Vergleichung der Fig. 1 und 2, Taf. 4 lehrt, war das Gebiet, über welches die Typen in der zweiten Generation verbreitet wurden, für beide Kreuzungen fast gleich gross, während die Anzahl der F_2 -Pflanzen auch ungefähr die nämliche war. Aus dieser Erscheinung ergibt sich eine grössere Wahrscheinlichkeit für die Annahme, dass der Unterschied zwischen den beiden Kreuzungen in der Anzahl der Einheiten begründet ist als für die, dass derselbe von der Grösse der Einheiten bedingt wird. Denn wäre der Unterschied zwischen *L. angustifolium* und dem *ägyptischen Lein* von bedeutend grösseren Einheiten verursacht als der Unterschied zwischen ersterem und dem *gewöhnlichen Lein*, so würden bei einer ungefähr gleich grossen zweiten Generation der beiden Kreuzungen die auftretenden extremsten Formen nach der Wahrscheinlichkeitslehre im ersten Falle mehr auseinandergehen als im zweiten.

Auch die beiden anderen Kreuzungen geben nur annähernd Aufschluss über die Anzahl der Einheiten, welche den Unterschied zwischen den Eltern verursacht. Die zweite Generation der Kreuzung zwischen dem *gewöhnlichen* und dem *ägyptischen Lein* umfasste 120 Pflanzen, bei welchen die P-Formen nicht auftraten. Dies deutet auf einen Unterschied von wenigstens 4 Einheiten. Dass die Anzahl wahrscheinlich grösser ist, lehrte die dritte Generation, denn die Weiterzucht der extremeren Formen gab auch die reinen P-Formen nicht.

Nur bei der Kreuzung zwischen dem *ägyptischen Lein* und *L. crepitans* trat eine der P-Formen auf. Unter etwa 800 Pflanzen der dritten Generation befand sich eine einzige für die Samenlänge reine Pflanze. Weil aber die dritte Generation nur einen Teil der Nachkommenschaft

der zweiten umfasste, ist aus diesem Verhältnis kein sicherer Schluss über die Anzahl der Einheiten, welchen den Unterschied zwischen den beiden Formen bedingt, zu ziehen. Nur geht hieraus hervor, dass unter den 139 F₂-Pflanzen schon solche mit sehr wenigen der betreffenden Einheiten vorkamen, weil dieselben unter eine geringe Anzahl von Nachkommen die reine P-Form ohne diese Einheiten gab. Ich glaube deshalb, dass der Unterschied wahrscheinlich nicht viel mehr als 4, vielleicht 5 Einheiten beträgt.

Es liegt jetzt die Frage nahe, ob die verschiedenen Einheiten, welche den Unterschied zwischen den gekreuzten Formen bedingen, gleich gross sind oder nicht. In den vorhergehenden theoretischen Erwägungen habe ich der Einfachheit wegen den ersten Fall angenommen. Ich will aber jetzt darüber noch folgendes sagen. Bedingte die eine Einheit z.B. eine zweimal so grosse Zunahme als eine andere, so würde, im Zusammenhang mit der geringen Variabilität der Samenlänge, die Kurve für die gesamte zweite Generation eine sehr unregelmässige sein und bei noch grösseren Unterschieden würden mehrere Gipfel entstehen oder sogar getrennte Kurven, also nicht mehr eine kontinuierliche Formenreihe, sondern einzelne Gruppen. In allen Fällen zeigte die zweite Generation aber eine regelmässige, eingipflige Kurve. Die beobachteten Erscheinungen deuten somit darauf hin, dass kein sehr grosser Unterschied zwischen den Einheiten besteht.

Weiter habe ich es bei meinen theoretischen Betrachtungen unentschieden gelassen, ob der Unterschied zwischen den gekreuzten Formen vom Aktiv- und Latent-sein der Anlagen je eines Merkmalspaars oder vom Vorhandensein und Fehlen derselben bedingt wird. Obgleich die Mehrzahl der bei vielen Kreuzungen auftretenden Erscheinungen durch beide Hypothesen gleich gut erklärt

werden kann, so glaube ich dennoch, dass man in Fällen wie den vorliegenden, zu der Annahme des Fehlens der betreffenden Einheiten gezwungen wird. Bei den kultivierten Leinformen ist der Samen grösser als bei allen nächstverwandten wilden Arten. Die Stammpflanze, wahrscheinlich *L. angustifolium*, hat also kleinere Samen als die aus derselben hervorgegangenen Formen. Bei der Annahme, dass es sich hier um Aktiv- und Latentsein der Einheiten handelt, geht man also aus von der Hypothese, dass in der Stammpflanze die Merkmale der später auftretenden Formen bereits latent vorhanden sind. Das scheint mir nun eine unnötige Hilfshypothese. Es ist viel einfacher und a priori ebenso wahrscheinlich anzunehmen, dass die bei den kultivierten Formen auftretenden Einheiten bei *L. angustifolium* wirklich fehlen.

Jetzt bleibt noch ein Punkt zu besprechen übrig. Im Vorhergehenden habe ich angenommen, dass von den zwei gekreuzten Formen, diejenige mit den längsten Samen ausser allen Einheiten, welche auch bei der anderen Form vorkommen, noch einige besitzt, die den Unterschied in der Länge verursachen. Nun ist es deutlich, dass noch eine andere Annahme möglich ist und ich will die Aufmerksamkeit darauf lenken, weil bei anderen Untersuchungen in dieser Richtung dieser Fall sich vortat.

Man kann sich nämlich auch vorstellen, dass alle in der einen Pflanze vorhandenen die Länge bedingenden Einheiten andere sind als die in der anderen Pflanze vorkommenden. Im einfachsten Fall besitzt also jede P-Form eine Einheit, welche bei der anderen fehlt. Es handelt sich dann um eine dihybride Kreuzung und bei intermediärer Ausbildung der Heterozygoten entstehen dann in der zweiten Generation auf 16 Individuen eines ohne Einheiten für die Länge, eines, welches für beide Einheiten homozygotisch ist und 7 andere Formen, unter welchen

auch die reinen P-Formen. Die Samenlänge wird dann in der zweiten Generation schwanken zwischen null und die Summe der Längen der P-Formen; es würden also Formen auftreten, welche kleiner als der kleinste und solche, welche grösser als der grösste der Grosseltern sind.

Das nämliche gilt für den Fall, dass jede der P-Formen mehrere Einheiten für die Länge besitzt, welche die andere nicht hat. Es ist dann zwar möglich, dass die oben beschriebenen Erscheinungen der scheinbar fluktuierenden Variabilität in der zweiten Generation auftreten, aber statt dass die extremst möglichen Formen mit den P-Formen übereinstimmen, können dieselben noch kleiner und noch grösser sein.

Auch ist es möglich, dass der Unterschied in der Länge der Organe zweier Formen nicht dadurch verursacht wird, dass diejenige mit den längeren Organen eine oder mehrere die Länge bedingenden Einheiten mehr besitzt als die andere Form, sondern dass in letzterer eine oder mehrere das Wachstum hemmende Einheiten, welche in der ersteren Form fehlen, vorhanden sind. Bei der Kreuzung werden dann die nämlichen Erscheinungen auftreten als bei der Kreuzung zwischen Formen deren Unterschied von positiven Einheiten bedingt wird. Kommen in der nämlichen Form zugleich die Länge bedingende Einheiten und solche, welche die Längenzunahme hemmen, vor, so können in der zweiten Generation die Elterntypen überschreitende Individuen auftreten.

Ob bei den beschriebenen Kreuzungen der Unterschied zwischen den gekreuzten Pflanzen darin besteht, dass die Pflanze mit den längsten Samen alle Einheiten der anderen und dazu noch einige besitzt, oder ob alle oder mehrere Einheiten bei beiden Formen verschiedene sind, muss einstweilen dahingestellt bleiben. Auch ist nicht zu sagen, ob die den Unterschied zwischen den Formen bedingenden Einheiten positive oder negative sind. Ausserordentlich

kleine oder ausserordentlich grosse Formen, welche beweisen würden, dass die betreffenden Einheiten über beide Formen verteilt sind und die Annahme von positiven und negativen Einheiten in einer einzigen Form möglich machen würden, traten nicht auf. Die Kulturen waren dazu aber vielleicht zu klein.

Das Überschreiten der Elterntypen bei der Kreuzung habe ich aber in anderen Fällen wohl beobachtet z. B. bei der Farbe der Samenschale. Bei der Kreuzung zwischen *L. angustifolium* und dem gewöhnlichen *Lein* entstanden in der zweiten Generation Pflanzen mit bedeutend helleren und solche mit entschieden dunkler gefärbten Samen als bei den Grosseltern. Auch von Nilsson-Ehle¹⁾) wurden derartige Erscheinungen des Überschreitens bei seinen Kreuzungen mit *Hafer* und *Weizen* mehrere Male beobachtet und von ihm in derselben Weise gedeutet durch die Annahme mehrerer, bei den beiden gekreuzten Pflanzen ganz oder teilweise verschiedenen Einheiten, welche unabhängig voneinander mendeln. Die oben beschriebenen Untersuchungen und die daran geknüpften Betrachtungen schliessen sich also den Versuchen und Auffassungen Nilsson-Ehles an.

Nilsson-Ehle ist der erste, der gezeigt hat, dass scheinbar einheitliche Merkmale von mehreren voneinander unabhängigen Einheiten bedingt werden, welche Einheiten jede für sich eine gewisse Abstufung des Merkmals verursachen. So fand er z. B., dass die rote Kornfarbe bei *Weizen* von mehreren Einheiten bedingt wird, denn bei Kreuzung mit einer weisskörnigen Sorte erhielt er dunklere und hellere rotkörnige Zwischenstufen. Infolge seiner noch nicht publizierten Untersuchungen über die Halmhöhe und die Länge der Hüllspelzen bei *Hafer* spricht Nilsson-Ehle in der

1) H. Nilsson-Ehle, l. c.

vorläufigen Mitteilung darüber als seine Überzeugung aus, dass auch Größendifferenzen nicht von einem einzigen Merkmalspaar bedingt, sondern durch mehr als eine, vielleicht durch viele selbständige Einheiten verursacht werden.

Die vorliegenden Untersuchungen bestätigen diese Ansicht. Ferner liefern meine Versuche einen Beweis für die Richtigkeit der theoretischen Erwägungen Lang's¹⁾ über die mögliche Natur intermediärer Bastarde. Seine Betrachtungen stimmen vollkommen überein mit den von mir oben gegebenen, zu welchen ich durch die Beobachtungen geführt wurde.

Lang betont die Möglichkeit, dass scheinbar intermediäre Bastarde entstehen können, wenn der Unterschied zwischen den Eltern von mehreren, voneinander unabhängigen Einheiten, welche jede für sich eine Abstufung verursachen, bedingt wird und wenn der Versuch relativ nur wenig Individuen umfasst.

Von Gross²⁾ sind die Betrachtungen Langs kritisiert worden. Nach Gross sind fluktuierend variierende und sprungweise variierende Merkmale in ihrem Verhalten bei der Kreuzung fundamental verschieden. Erstere sind, im Zusammenhang mit seiner Auffassung der Artbildung durch kontinuierliche Variabilität, mehr spezifisch und geben bei der Kreuzung intermediäre Bildungen. Die sprungweise variierenden Merkmale treten bei Varietäten auf und folgen bei Bastardierung dem Mendelschen Gesetz. Nach dieser Auffassung können fluktuiernd variierende Merkmale nicht mendeln und Gross kann sich der Meinung Langs,

1) Arnold Lang, Die Erblichkeitsverhältnisse der Ohrenlänge der Kaninchen nach Castle und das Problem der intermediären Vererbung und Bildung konstanter Bastardrassen. Zeitschr. f. indukt. Abst. und Vererbungslehre, Bd 4, 1910, S. 1.

2) J. Gross, Ueber Vererbung und Artbildung. Biol. Centralbl., Bd 31, 1911, S. 193.

dass intermediäre Bastarde durch mendeln entstehen können, nicht anschliessen. Er behauptet, dass jede Möglichkeit der Kontrolle für die Zulässigkeit von Lang's Hypothese fehlt, denn die nach der Theorie geforderten Homozygoten, d. h. die P-Formen, sind nicht aufgetreten und werden wohl nie gefunden werden. Indertat ist die Wahrscheinlichkeit in dem von Lang angeführten Beispiel der Kreuzung zwischen Kaninchen verschiedener Ohrenlänge eine der P-Formen bei der Weiterzucht zu finden, infolge der zu geringen Anzahl der Individuen, sehr klein, obgleich es nach dem oben Gesagten mittels, Selektion der extremsten Formen gar nicht unerreichbar sein möchte. Damit aber ist die Unzulässigkeit der Hypothese nicht dargetan und meine experimentelle Untersuchungen mit Pflanzen, bei welchen die Verhältnisse günstiger liegen, beweisen die Richtigkeit der Betrachtungen Lang's. Durch das Auftreten der reinen P-Form in meinen Versuchen wird die Kritik von Gross endgültig widerlegt. Und zudem lehren die Beobachtungen, dass Arten und Varietäten sich bei der Kreuzung vollkommen ähnlich verhalten können.

Schliesslich sie erwähnt, dass meine Beobachtungen über die Variabilität der Hybriden im Zusammenhang mit derjenigen der Eltern mit den Ergebnissen der Versuche Johannsen's¹⁾ übereinstimmen. Johannsen hat zur Lösung der Frage ob die Bastardierung die Variabilität steigere, für einige Merkmale von *Bohnen* die Variabilität der Hybriden mit derjenigen der Eltern verglichen und gefunden, dass kein nennenswerter Unterschied zwischen beiden besteht.

1) W. Johannsen l. c.

KAPITEL II.

DIE LÄNGE UND BREITE DES BLUMENBLATTES.

Wie bereits bei der kurzen Beschreibung der Merkmale der vier untersuchten Leinformen angegeben wurde, weichen dieselben in der Grösse ihrer Blumen mehr oder weniger voneinander ab. Zwischen den Blüten des *gewöhnlichen Leins* und *L. crepitans* besteht nur ein geringer Unterschied, die des ersteren sind ein wenig grösser; der *ägyptischer Lein* dagegen hat viel grössere, *Linum angustifolium* aber bedeutend kleinere Blumen als diese beiden Formen.

Bei allen ist die Variabilität der Blumengrösse, sogar bei Pflanzen unter verschiedenen Wachstumsbedingungen kultiviert, gering und noch weniger schwankt die Grösse bei einer einzigen Pflanze. Nur die Blumen, welche gegen das Ende der Blütezeit an den weniger entwickelten, basalen Seitenzweigen gebildet werden, sind bisweilen bedeutend kleiner als die übrigen derselben Pflanze.

Von den Blumenblättern wurden die Länge und die grösste Breite gemessen. Zu diesem Zwecke wurden die Blättchen bei trocknem Wetter morgens um etwa zehn Uhr in kleine Schachteln gesammelt und sogleich darauf zwischen Fliesspapier gepresst. Absichtlich wurde diese Zeit gewählt, weil die Blumen der untersuchten Leinformen dann vollkommen geöffnet und die Blättchen weit ausgebreitet sind, während dieselben schon am Nachmittag zu welken anfangen und gegen den Abend herunterfallen. Nachdem die Blumenblätter getrocknet waren, wurden dieselben gemessen. Infolge des tüchtigen Pressens

beim Trocknen waren die Blumenblätter nicht merkbar geschrumpft oder nur so wenig, dass die Resultate der Untersuchung dadurch nicht beeinflusst wurden.

Weil die Blättchen derselben Blüte im allgemeinen nur einen äusserst geringen Unterschied in der Grösse zeigten, wurde meistens nur ein einziges Blatt pro Blume gemessen. Die Anzahl der Blumen an der Pflanze schwankte bedeutend bei den verschiedenen Pflanzen und in den verschiedenen Kulturen, einige Pflanzen trugen nur eine einzige Blüte, die meisten aber mehrere. Im letzten Falle bestimmte ich den Mittelwert der Blattlänge und der Breite von zwei, höchstens zehn Blumen derselben Pflanze.

Infolge der geringen Variabilität der Blumenblattgrösse waren die erhaltenen Werte hinreichend genau.

§ 1. Ägyptischer Lein \times *Linum angustifolium* und die reziproke Kreuzung.

a. DIE LÄNGE DES BLUMENBLATTES.

In der unterstehenden Tabelle findet man die nötigen Angaben über die Variation der Länge der Blumenblätter bei diesen beiden Formen. Es wurden die Blumenblätter einer grossen Anzahl unter verschiedenen Bedingungen kultivierter Pflanzen gemessen; von jeder Pflanze ein einziges Blatt.

	<i>Linum angustifolium</i>	Ägyptischer Lein
Mediane	8.08 mm	16.20 mm
Minimum	7.40 "	13.80 "
Maximum	8.80 "	18.80 "
Variabilitäts-koefizient	$\frac{Q}{M} = 0.020$	0.060

Aus diesen Zahlen und aus der Fig. 5, Taf. 4 geht hervor, dass die Blumenblätter des ägyptischen Leins durch-

schnittlich zweimal so lang sind als die des *L. angustifolium* und dass die Variation beider Formen nicht transgressiv ist.

Die Pflanzen der ersten Generation (4 + 5 Pflanzen) stimmten in der Länge ihrer Blumenblätter miteinander überein. Die Länge des Blumenblattes der Hybriden war in allen Fällen intermediär, im allgemeinen etwas mehr zum *L. angustifolium* hinneigend, die Mediane betrug 10,98 mm und die Variation war nicht transgressiv mit der der Eltern, wie aus der Fig. 5, Taf. 4 ersichtlich ist. Die Variabilität war sogar noch etwas geringer als bei

L. angustifolium; $\frac{Q}{M}$ betrug 0,018.

In der zweiten Generation (101 und 102 Pflanzen) zeigten die verschiedenen Pflanzen erhebliche Unterschiede in der Grösse ihrer Blumen. Die grösste Anzahl der Pflanzen trug zwar Blumen, welche ungefähr die Mitte hielten zwischen denjenigen der Grosseltern, aber es gab auch Pflanzen mit kleineren und solche mit sehr kleinen für das Auge mit den Blumen des *L. angustifolium* übereinstimmenden, während andere Pflanzen sehr grosse Blumen hatten. Weder nach dem Augenmasse noch durch Messung der Blätter war es möglich die zweite Generation nach der Blumenblatlänge in Gruppen einzuteilen. Zwischen der Pflanze mit den kleinsten und derjenigen mit den grössten Blumen bildeten die anderen eine kontinuierliche Reihe, in welcher die mit dem Mittelcharakter die zahlreichsten waren. In Übereinstimmung hiermit gaben die gesamten Pflanzen der zweiten Generation für die Blumenblatlänge eine scheinbar mit der gewöhnlichen Variationskurve übereinstimmende Kurve. Indertat aber ist auch diese Kurve eine Komplexkurve, aus den Variationskurven aller Formen der zweiten Generation zusammengesetzt. Wie Fig. 5, Taf. 4 zeigt, ist dieselbe ein wenig transgressiv mit denjenigen der beiden P-Formen.

Dennoch lehrten die Messungen, dass unter allen F₁-Pflanzen keine einzige mit einem der reinen grosselterlichen Typen der Blume vorkam. Alle Pflanzen, welche eine Blume zeigten, deren Blätter innerhalb des Variationsgebietes des *L. angustifolium* fielen, trugen dazu Blumen mit Blättern länger als die extremste Variante von *L. angustifolium* und erwiesen dadurch ihre Hybridnatur. Das nämliche galt für die grössten in der zweiten Generation vorkommenden Blumen. Obgleich die Länge einiger Blumen mit einem beim ägyptischen Lein für die Blumenblattlänge vorkommenden Wert übereinstimmte, waren die betreffenden Pflanzen dennoch für dieses Merkmal hybrid, denn die Länge anderer Blümenblätter derselben Pflanzen lag ausserhalb des Variationsgebietes des ägyptischen Leins.

b DIE BREITE DES BLUMENBLATTES.

Das Verhalten der Breite des Blumenblattes bei der Kreuzung zwischen *L. angustifolium* und dem ägyptischen Lein stimmte vollkommen mit dem der Länge überein. Die folgenden Werte und die Fig. 6, Taf. 4 geben eine Übersicht der Verhältnisse.

	<i>Linum angustifolium</i>	Ägyptischer Lein
Mediane	4.45 mm	13.05 mm
Minimum	3.50 "	10.50 "
Maximum	6.20 "	16.40 "
Variabilitäts- koeffizient	$\frac{Q}{M} 0.062$	0.061

Die erste Generation war intermediär, die Variabilität etwas geringer als die der Eltern: $\frac{Q}{M}$ war 0,048, und die Variation war nicht transgressiv mit denjenigen der Eltern, Taf. 4, Fig. 6, F₁. Die zweite Generation war nicht uniform,

Pflanzen mit sehr schmalen und solche mit sehr breiten Blumenblättern kamen vor, und dazwischen alle Übergänge. Die Pflanzen mit mittelbreiten Blumenblättern waren die zahlreichsten. Die Kurve der Blumenblattbreite für alle Pflanzen ist in Fig. 6, Taf. 4 mit F₁ angedeutet. Obgleich diese Kurve mit denjenigen der beiden P-Formen transgressiv ist, also Blumen vorkamen, welche in der Breite ihrer Blätter mit bei den Grosseltern vorkommenden Masse übereinstimmten, waren dennoch alle Pflanzen für dieses Merkmal hybrid, wie die Breite der Blätter der anderen an derselben Pflanzen vorkommenden Blumen erwies.

§ 2. Gewöhnlicher Lein × *Linum angustifolium* und die reziproke Kreuzung.

Die Blume des *gewöhnlichen Leins* ist durchschnittlich deutlich grösser als die des *L. angustifolium*, aber es kommen beim ersteren bisweilen so kleine Blumen vor, dass dieselben in ihrer Länge und Breite mit den grössten Blumen von *L. angustifolium* übereinstimmen. Dieses ist aus den folgenden Werten für die Blumenblatlänge und aus der Fig. 7, Taf. 5 ersichtlich.

Linum angustifolium *Gewöhnlicher Lein*

Mediane	8.08 mm	10.42 mm
Minimum	7.40 "	8.50 "
Maximum	8.80 "	11.50 "
Variabilitäts- koeffizient	Q \bar{M}	0.020 , 0.049 ,

Die verschiedenen Pflanzen der ersten Generation (21 + 33 Pflanzen) stimmten in der Länge ihrer Blumenblätter miteinander überein. Durchschnittlich war die Blumenblatlänge intermediär, die Variation dieses Merkmals der Hybriden war aber mit der der beiden Eltern

transgressiv, Taf. 5, Fig. 7, F₂. Die Variabilität der Hybriden stimmte mit der von *L. angustifolium* überein: $\frac{Q}{M}$ war 0.020.

In der zweiten Generation (102 + 120 Pflanzen) waren die Unterschiede zwischen den Blumen der verschiedenen Pflanzen viel grösser. Es kamen auch Blumen vor, welche mit den kleinsten Varianten des *L. angustifolium* oder mit den grösseren des gewöhnlichen Leins übereinstimmten; diejenigen mit intermediärer Blumenblattlänge waren aber am zahlreichsten. Auch bei dieser Kreuzung bildete die zweite Generation eine kontinuierliche Reihe, wie aus der Kurve der Blumenblattlänge für die gesamten Pflanzen hervorgeht, Taf. 5, Fig. 7, F₂.

Im Gegensatz zu der vorigen Kreuzung gab es hier Pflanzen, bei welchen die Blattlänge aller Blumen innerhalb des Variationsgebietes eines der beiden Eltern lag. Diese Pflanzen waren äusserlich für ihre Blumenblattlänge somit vollkommen rein. Weil aber die Anzahl der Blumen an den F₁-Pflanzen meistens nur gering war, war nicht mit vollkommener Sicherheit zu sagen, ob alle diese Pflanzen indertat auch innerlich mit einer der P-Formen übereinstimmten. Dadurch blieb es unentschieden in welcher Anzahl die grosselterlichen Formen in der zweiten Generation auftraten.

§ 3. Ägyptischer Lein \times gewöhnlicher Lein und die reziproke Kreuzung.

a. DIE LÄNGE DES BLUMENBLATTES.

Die Variation der Blumenblattlänge dieser beiden Formen ist nicht transgressiv, wie aus den folgenden Werten und aus der Fig. 8, Taf. 5 hervorgeht.

Gewöhnlicher Lein *Ägyptischer Lein*

Mediane	10.42 mm	16.20 mm
Minimum	8.50 "	13.80 "
Maximum	11.50 "	18.80 "
Variabilitäts-koeffizient.	$\frac{Q}{M} 0.049$	0.060

Die erste Generation (19 + 14 Pflanzen) zeigte einen auffallenden Unterschied in der Grösse der Blumen der verschiedenen Pflanzen, die Variabilität war grösser als die der Eltern: $\frac{Q}{M}$ betrug 0.068. Die Länge des Blumenblattes schwankte zwischen den extremsten kleinen Varianten des *gewöhnlichen Leins* und den mehr als mittelgrossen des *ägyptischen Leins*, die meisten Pflanzen aber trugen Blumen mit intermediärer Blattlänge und waren sichtbar hybrid. Taf. 5, Fig. 8, F₁ zeigt die Kurve für dieses Merkmal in der ersten Generation. Obgleich die Unterschiede zwischen den verschiedenen Pflanzen bedeutend waren, erwiesen dieselben sich als nicht erblich, ebensowenig wie die oben beschriebenen, in der ersten Generation auftretenden Unterschiede in der Samenlänge verschiedener Pflanzen derselben Kreuzung. Die Nachkommen von Pflanzen mit kleineren und von Pflanzen mit grösseren Blumen stimmten miteinander überein.

Die zweite Generation (45 + 75 Pflanzen) zeigte nur einen geringen Unterschied mit der ersten. Die kleinsten Blumen waren aber noch etwas kleiner als die kleinsten in F₁ vorkommenden. Zwischen die Blume mit den kürzesten Blättern und derjenigen mit den längsten gab es alle Übergänge. Die Pflanzen mit mittellangen Blumenblättern waren die zahlreichsten, die gesamte zweite Generation zeigte für die Blumenblattlänge eine mit einer Variationskurve übereinstimmende Kurve.

Von den in der zweiten Generation auftretenden Pflanzen, welche, was die Blumenblattlänge betraf, mit einem der Grosseltern übereinstimmten, war nicht mit Sicherheit zu sagen, ob dieselben indertat für dieses Merkmal rein waren, denn die Anzahl der Blüten an einer Pflanze war zu gering zur Zusammenstellung der Variationskurve. Nur die vollkommene Übereinstimmung der Kurve für eine einzelne F_2 -Pflanze mit der Kurve für eine der P-Formen kann die Reinheit einer solchen Pflanze beweisen. In dieser Hinsicht lagen die Verhältnisse bei den Samen viel günstiger.

Wie im Kapitel I, § 3 mitgeteilt wurde, habe ich nur einen Teil der zweiten Generation weiter kultiviert, nämlich von 20 F_2 -Pflanzen zusammen 400 Nachkommen.

Die Blumen dieser dritten Generation habe ich nicht genau studiert. Ich kann nur den allgemeinen Eindruck, meinen Beobachtungen auf dem Felde entlehnt und das Resultat einiger Messungen mitteilen. Einige F_2 -Pflanzen gaben eine Nachkommenschaft mit sehr geringer Variabilität, viel geringer als die der zweiten Generation, alle diese Nachkommen waren intermediär, obgleich bei einigen Parzellen die Unterschiede der Blumen mit denjenigen des *ägyptischen Leins* sehr gering waren. Die Nachkommen anderer F_2 -Pflanzen zeigten viel grössere Differenzen zwischen den Blumen der verschiedenen Pflanzen, ungefähr so gross wie in der zweiten Generation.

b. DIE BREITE DES BLUMENBLATTES.

Die Resultate bei der Kreuzung für die Breite des Blumenblattes erhalten, stimmten vollkommen mit denjenigen für die Länge überein. Die Variation der beiden P-Formen ist nicht transgressiv, die der ersten Generation mit der der

beiden P-Formen dagegen wohl, die der zweiten Generation ebenfalls und selbst etwas mehr.

Die folgenden Werte und die Fig. 9, Taf. 5 erläutern diese Angaben.

	<i>Gewöhnlicher Lein</i>	<i>Ägyptischer Lein</i>
Mediane	6.87 mm	13.05 mm
Minimum	5.60 "	10.50 "
Maximum	8.30 "	16.40 "
Variabilitäts- koeffizient	$\frac{Q}{M} 0.073$	0,061

Der Variabilitätskoeffizient der Hybriden war 0.085 also grösser als die der Eltern.

§ 4. Ägyptischer Lein \times *Linum crepitans* und die reziproke Kreuzung.

Bei der Kreuzung dieser beiden Formen habe ich nur die Breite des Blumenblattes untersucht. Die Variation dieses Merkmals der beiden P-Formen ist nicht transgressiv, wie aus der Fig. 10, Taf. 5 und die folgenden Zahlen hervorgeht.

	<i>Linum crepitans</i>	<i>Ägyptischer Lein</i>
Mediane	4.97 mm	13.05 mm
Minimum	3.70 "	10.50 "
Maximum	6.20 "	16.40 "
Variabilitäts- koeffizient	$\frac{Q}{M} 0.079$	0.061

Die erste Generation (9 + 7 Pflanzen) war intermediär, etwas mehr zum ägyptischen Lein hinneigend und mit

der Variation desselben ein wenig transgressiv. Taf. 5, Fig. 10, F₁. Der Variabilitätskoeffizient betrug 0.058, war also etwas geringer als bei den Eltern.

In der zweiten Generation (73 + 66 Pflanzen) kamen auch Blumen vor, welche innerhalb des Variationsgebietes von *L. crepitans* lagen und die Transgression mit dem ägyptischen Lein war grösser als in der ersten Generation. Zusammen gaben die Pflanzen für die Blumenblattbreite eine Kurve, welche zeigte dass die zweite Generation im allgemeinen einen intermediären Charakter hatte, zwar mit einer Hinneigung zum ägyptischen Lein, Taf. 5, Fig. 10, F₂.

Die dritte Generation bestand aus den Nachkommen von 19 F₂-Pflanzen. Bei einigen der F₂-Parzellen war die Variabilität der Blumenblattbreite nicht grösser als die der P-Formen. Bei anderen Parzellen waren die Unterschiede zwischen den Blumen der verschiedenen Pflanzen ebenso gross oder fast ebenso gross wie bei der zweiten Generation. Für die Parzelle mit den durchschnittlich kleinsten und für die mit den grössten Blumen habe ich die Kurve der Blumenblattbreite bestimmt. Hieraus ergab sich, dass keine der beiden rein die P-Form war. Die Fig. 10, Taf. 5 zeigt, dass diese Kurven sich nicht mit denjenigen der P-Formen decken. Der Unterschied zwischen der Kurve für die F₂-Parzelle mit breiten Blumenblättern und der Kurve für den ägyptischen Lein ist sehr gering. Auf dem Felde wurde diese Parzelle in bezug auf die Grösse der Blumen als rein ägyptisch betrachtet; die statistische Untersuchung lehrte aber, dass dennoch ein Unterschied bestand, welcher, wenn auch gering, zu gross war um nur dem Einfluss äusserer Faktoren zugeschrieben werden zu können.

§ 5. Zusammenfassung der Ergebnisse dieses Kapitels.

Die Länge und die Breite des Blumenblattes verhielten sich bei allen Kreuzungen in der nämlichen Weise. Kurz zusammengefasst traten die folgenden Erscheinungen auf.

Die erste Generation zeigte einen intermediären Charakter und die Variation des Merkmals war mit der Variation der beiden Eltern oder mit denjenigen von einem derselben oder von keinem der beiden transgressiv, je nach der Grösse des Unterschiedes zwischen den P-Formen. Die Variabilität der Hybriden unterschied sich nicht in einer bestimmten Richtung von der der Eltern. In einigen Fällen war der Variabilitätskoeffizient der Hybriden ein wenig grösser, in anderen etwas geringer als der der Eltern, oder dem von einem der beiden Eltern gleich.

Die zweite Generation zeigte grössere Unterschiede in der Blumengrösse der verschiedenen Pflanzen. Die Transgression der Variation mit der der P-Formen oder die Annäherung an dieselben war eine grössere als in der ersten Generation. In einigen Fällen traten sehr wahrscheinlich die reinen P-Formen auf. Die zweite Generation bildete eine kontinuierliche Formenreihe, in welcher die Individuen mit dem Mitteltypus am zahlreichsten, die extremsten Formen in geringster Anzahl vorhanden waren. Eine relativ nur geringe Anzahl der F₂-Pflanzen lieferte eine Nachkommenschaft, deren Variabilität nicht grösser als die der P-Formen war, die meisten bildeten in der dritten Generation wieder eine kontinuierliche Formenreihe. Die extremeren Formen der zweiten Generation zeigten in ihren Nachkommen eine stärkere Annäherung an die P-Formen als die mittleren.

Wenn wir diese Erscheinungen mit denjenigen, welche

die Länge oder die Breite des Samens bei der Kreuzung zeigten, vergleichen, so ergibt sich eine grosse Übereinstimmung, ungeachtet der Tatsache, dass die zweite Generation, infolge der geringen Anzahl der Blumen an einer Pflanze, nicht genau analysiert werden konnte. Im allgemeinen verhielten die Länge oder die Breite des Blumenblattes und die Länge oder die Breite des Samens sich in der nämlichen Weise bei der Bastardierung. Nach den ausführlichen Betrachtungen am Ende des ersten Kapitels gegeben, kann ich über die Deutung der beobachteten Erscheinungen kurz sein. Auch hier werden wir zu der Annahme von mehreren, unabhängig voneinander mendelnden Einheiten geführt, welche den Unterschied in der Länge oder der Breite der Blumenblätter der gekreuzten Formen verursachen. Jede dieser Einheiten bedingt eine gewisse Zunahme der Länge oder der Breite des Blumenblattes und ich glaube auch hier aus meinen Beobachtungen schliessen zu können, dass die verschiedenen Einheiten quantitativ nicht sehr verschieden sind. Durch die verschiedene Kombination dieser Einheiten entsteht eine grössere Anzahl von Abstufungen und weil die Unterschiede zwischen den Abstufungen gering sind, verwischt die, sei es auch geringe fluktuierende Variabilität die Grenzen zwischen denselben und macht die gesamte zweite Generation den Eindruck einer einheitlichen Form mit schöner fluktuierender Variation. Die Kurve derselben ist aber keine Variationskurve, sondern eine aus vielen Variationskurven zusammengesetzte Komplexkurve.

Über die Anzahl der Einheiten, von welcher der Unterschied zwischen je zwei gekreuzten Formen bedingt wird, geben die Versuche keine volkommene Sicherheit.

Bei der nämlichen Anzahl der Versuchspflanzen war aber in diesem Falle die Annäherung an die P-Formen bei allen Kreuzungen eine stärkere als bei der Samenlänge und

dieses deutet darauf hin, dass der Unterschied in der Länge oder in der Breite des Blumenblattes bei verschiedenen Pflanzen von einer geringeren Anzahl von Einheiten bedingt wird als der in der Samenlänge zwischen denselben Pflanzen.

Bei der Kreuzung zwischen dem *gewöhnlichen Lein* und *L. angustifolium*, bei welcher in der zweiten Generation auf 222 Individuen einige wenige reinen P-Pflanzen auftraten, ist es sehr wahrscheinlich, dass der Unterschied zwischen diesen beiden Formen 3 oder 4 Einheiten beträgt.

KAPITEL III.

DIE FARBE DER BLÜTE.

Bei den verschiedenen für die Untersuchung gebrauchten *Linumspezies* und -varietäten variiert die Farbe zwischen rein weiss und ziemlich dunkel violettblau. Vom *gewöhnlichen Lein* besteht, ausser der am meisten kultivierten blaublühenden Varietät, noch eine weissblühende. Erstere ist aber auch noch keine einheitliche Form. Schon bei oberflächlicher Betrachtung eines Flachsackers fällt es auf, dass die Farbe der Blüten bei den verschiedenen Pflanzen bedeutend variiert. Diese Unterschiede erwiesen sich teils als erblich, denn es gelang mir eine Form mit hellblauen und eine mit dunkelblauen Blüten, welche beide in bezug auf ihre Blütenfarbe vollkommen konstant waren, zu isolieren. Auch der *ägyptische Lein* ist ein Gemisch. Im allgemeinen stimmt die Blütenfarbe dieser Varietät mit der des *gewöhnlichen Leins* überein, aber es gibt auch Pflanzen mit hellblauen Blumen. Diese gaben, nach Selbstbefruchtung weiter kultiviert, konstante hellblaublühende Formen.

In den reinen Linien der verschiedenen Formen war die Blütenfarbe nur wenig variabel, dennoch waren Blumen mit etwas dunklerem oder hellerem Farbenton deutlich zu unterscheiden. Gegen das Ende der Blüteperiode waren die Blumen aber bedeutend heller gefärbt. Nur die weissblühende Form des *gewöhnlichen Leins* zeigte keine fluktuiierende Variabilität der Blumenfarbe, alle Blumen waren rein weis.

Zur Bestimmung der Unterschiede in dem Farbenton

zwischen den gekreuzten Formen und den Nachkommen war keine der mir zur Verfügung stehenden Werke auf diesem Gebiete¹⁾ geeignet. In keiner derselben werden so geringe Unterschiede, als für meinen Zweck notwendig war, angegeben. Auch war die kolorimetrische Bestimmung der in den Blumenblättern vorhandenen Farbstoffmenge, wie von Correns²⁾ an *Argemone* und anderen Bastarden gemacht wurde, unmöglich, weil die Bestimmung für einige hunderte Blumen gesondert geschehen musste. Deshalb habe ich die Intensität der Farbe nach dem Augenmasse geschätzt. Hierzu wurden die Blumenblätter etwa um zehn Uhr am Vormittag, als dieselben sich vollkommen entfaltet hatten, in Schachteln gesammelt und sogleich darauf auf weisses Papier gelegt und bei hellem, auffallendem Lichte miteinander und mit den Blumenblättern der P-Formen verglichen. Durch willkürlich bestimmte Ziffern z. B. 1 bis 10 wurde die Intensität der Farbe angedeutet. Die Wiederholung der Bestimmung durch die Vergleichung der Blumen derselben Pflanze mit denjenigen der P-Formen an verschiedenen Tagen zeigte, dass eine hinreichend genaue Schätzung in dieser Weise sehr wohl möglich war.

Über das Verhalten der Blütenfarbe des *gewöhnlichen Leins* bei der Kreuzung mit der weissblühenden Varietät hat de Vries³⁾ Versuche angestellt. Es hat sich aus denselben ergeben, dass es sich hier um eine monohybride

1) Ch. Lacouture, Répertoire chromatique. 1890.

P. A. Saccardo, Chromotaxia seu nomenclator colorum. 1891.
Répertoire de couleurs publié par la Société française des
Chrysanthémistes et René Oberthür. 1905.

2) C. Correns, Ueber die dominierenden Merkmale der
Bastarde. Ber. d. d. bot. Ges. Bd. 21, 1903, S. 133.

3) Hugo de Vries, Die Mutationstheorie. II, S. 169.

Mendelkreuzung handelt. Meine Beobachtungen bestätigten dieses Resultat. Zudem aber lehrten meine Versuche, dass die blaue Blütenfarbe nicht über die weisse dominiert, sondern, dass die Heterozygoten einen intermediären Charakter zeigen. Dieselben sind durch ihre hellere blaue Blütenfarbe leicht von den blauen Homozygoten zu unterscheiden. Die Spaltung findet also nach dem *Zea*-Typus von Correns, mit dem Zahlenverhältnis 1:2:1, statt.

§ 1. Ägyptischer Lein \times *Linum angustifolium* und die reziproke Kreuzung.

Die Blumen von *Linum angustifolium* sind sehr hellblau gefärbt, bedeutend heller als die oben genannten hellblauen Formen des *gewöhnlichen* und des *ägyptischen Leins*. Für die Kreuzung mit *L. angustifolium* wurde die am meisten vorkommende Form mit dunkelblauen Blumen gebraucht. Der Unterschied in der Blütenfarbe zwischen den Eltern war somit ein ansehnlicher.

Die Blumen der ersten Generation (5 + 4 Pflanzen) waren dunkler gefärbt als die des *L. angustifolium* und heller als die des *ägyptischen Leins*. Die verschiedenen Pflanzen derselben Kreuzung unter sich und auch die der reziproken Kreuzungen stimmten miteinander überein; im allgemeinen schwankte die Farbe der Blüten nur sehr wenig.

Ganz anders verhielt sich die zweite Generation (96 + 97 Pflanzen). Zur Zeit, dass die meisten Pflanzen blühten, war der Unterschied in der Blütenfarbe der verschiedenen Pflanzen sehr auffallend. Bereits auf dem Felde war es sichtbar, dass der Farbenton schwankte zwischen denjenigen der beiden Grosseltern. Um eine Übersicht des Verhaltens der Blütenfarbe in dieser Generation zu erhalten, verglich ich die Blumen jeder Pflanze mit der der Grosseltern und bestimmte nach dem Augenmaße den Grad

des Farbentones. Hierzu deutete ich die helle Farbe der Blume des *L. angustifolium* mit der Ziffer 1 und die dunkle Farbe der ägyptischen Leinblume mit 10 an, während die Ziffern 2 bis 9 die zwischen beiden liegenden Farbentöne angaben. Die Unterscheidung von 10 Graden in der Farbe war vollkommen willkürlich, im vorliegenden Fall erwies sich dieses Verfahren aber als zweckentsprechend.

Auf diese Weise wurden die Pflanzen in 10 Gruppen eingeteilt, in Wirklichkeit aber gab es zwischen allen aufeinanderfolgenden Farbentonübergängen, so dass die gesamte zweite Generation für die Blütenfarbe eine kontinuierliche Reihe bildete. Ob bei der Bestimmung des Farbentons vielleicht einige solcher Übergänge eine zu niedrige oder zu hohe Ziffer erhalten waren für meinen Zweck ohne Bedeutung, es handelte sich nur darum einigermassen eine Einsicht in das Verhalten der Blütenfarbe bei der Kreuzung zu gewinnen.

Die reziproken Kreuzungen stimmten im Verhalten der Blütenfarbe miteinander überein; ich werde deshalb bei der Besprechung der erhaltenen Resultate die Pflanzen der beiden Kreuzungen zusammen behandeln. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht des Auftretens der verschiedenen Farbentöne bei den 193 untersuchten Pflanzen.

Farbenton	Anzahl der Pflanzen
1	1
2	5
3	11
4	26
5	35
6	41
7	39
8	27
9	5
10	3

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass in der zweiten Generation die grösste Anzahl der Individuen einen Farbenton zeigte, welcher etwa die Mitte hielt zwischen denjenigen der Grosseltern. Nach beiden Seiten zu nahm die Anzahl der Individuen ab, nur wenige besassen einen Farbenton, welcher sich stark demjenigen von einem der P-Formen näherte, und Individuen, welche mit diesen übereinstimmten, kamen nur in sehr geringer Anzahl vor. Weil es, wie gesagt, zwischen den verschiedenen Farbentonnen Übergänge gab, machte die Blütenfarbe bei der gesamten zweiten Generation den Eindruck eines fluktuierend variierenden Merkmals, dessen Variationsgebiet aber viel grösser war als die der Blütenfarbe der P-Formen.

Unter den 198 Individuen gab es eine, welche mit *L. angustifolium* und 3 welche mit dem ägyptischen Lein übereinstimmten. Die Übereinstimmung war eine so vollkommene, dass es sich hier ohne Zweifel um die reinen P-Formen handelte.

§ 2. Gewöhnlicher Lein × *Linum angustifolium* und die reziproke Kreuzung.

Die Erscheinungen, welche bei der Kreuzung zwischen dem blaublühenden *gewöhnlichen Lein* und *L. angustifolium* auftraten, stimmten vollkommen mit den für die vorigen Kreuzung beschriebenen überein.

Die erste Generation (21 + 38 Pflanzen) zeigte nur geringe Unterschiede in der Blütenfarbe der verschiedenen Pflanzen, dieselbe war intermediär, in der zweiten (91 + 105 Pflanzen) traten neben einer geringen Anzahl der P-Formen allerlei Zwischenstufen auf, von welchen die mittleren am zahlreichsten vergegenwärtigt waren. Obgleich auch hier keine scharf getrennten Gruppen vorkamen, wurden die Pflanzen nach dem Farbenton ihrer Blüten wieder in 10 Klassen

eingeteilt. Die Ziffer 1 deutete wieder den hellen Farbenton der Blume des *L. angustifolium* an und 10 den dunkleren der *gewöhnlichen Lein*blume. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht der Verhältnisse.

Farbenton	Anzahl der Pflanzen
1	5
2	10
3	22
4	30
5	40
6	35
7	33
8	11
9	7
10	3

Unter den 196 Pflanzen gab es 5 Pflanzen, welche in ihrer Blütenfarbe vollkommen mit *L. angustifolium* und 8 welche mit dem *gewöhnlichen Lein* übereinstimmten, im ganzen also 8 reine P-Formen.

§ 3. Ägyptischer Lein × weissblühender gewöhnlicher Lein.

Die Kreuzung wurde im Jahre 1907 ausgeführt nur mit dem *ägyptischen Lein* als Mutter. Die 10 Pflanzen der ersten Generation zeigten bedeutend hellere Blüten als die des *ägyptischen Leins*, das Merkmal war in den Hybriden also intermediär ausgebildet. In der zweiten Generation hatten von den 14 Individuen 3 rein weisse und 8 hellblau gefärbte Blumen, während 3 Pflanzen Blüten hatten, welche mit den dunkel gefärbten des *ägyptischen Leins* übereinstimmten. Obgleich die Anzahl gering ist, glaube ich dennoch schliessen zu können, dass es sich hier um eine monohybride Mendel-

kreuzung mit dem Zahlenverhältnis 1:2:1, nach dem *Zea*-Typus von Correns.

§ 4. Hellblaublühender × weissblühender gewöhnlicher Lein.

Die oben genannte, konstante hellblaublühende Form des *gewöhnlichen Leins* wurde im Jahre 1907 als Mutter mit der weissblühenden Varietät gekreuzt.

Die erste Generation, 36 Pflanzen, zeigte eine sehr geringe Variabilität der Blütenfarbe, dieselbe war intermediär, die Blüten noch heller blau gefärbt als die der Mutter.

Die zweite Generation umfasste 39 Individuen. Von diesen hatten 11 rein weisse Blumen, die übrigen gefärbte, entweder wie die Grossmutter oder wie die Hybriden der ersten Generation. In welchem Verhältnis diese beiden letzteren vorkamen, konnte ich nicht bestimmen; die Unterschiede waren zu gering um die Gruppen scharf trennen zu können; jedenfalls war es deutlich, dass die Anzahl der intermediären Individuen grösser war als die der rein grossmütterlichen. Aus diesen Beobachtungen glaube ich schliessen zu können, dass es sich auch hier um eine monohybride Mendelkreuzung handelt, mit intermediärer Ausbildung der Heterozygoten, also eine Kreuzung nach dem *Zea*-Typus von Correns mit dem Verhältnis 1:2:1.

§ 5. Zusammenfassung der Ergebnisse dieses Kapitels.

Wenn wir die vier Kreuzungen miteinander vergleichen, sehen wir, dass die bei denselben auftretenden Erscheinungen verschiedene sind. Bei der Kreuzung zwischen der weissblühenden Varietät des *gewöhnlichen Leins* und dem

ägyptischen Lein und bei der zwischen ersterer und der hellblaublühenden Form derselben ergab sich in der zweiten Generation das Zahlenverhältnis 1:2:1, ebenso wie bei der Kreuzung zwischen der weissblühenden Varietät und dem *gewöhnlichen Lein*. In allen diesen Fällen, in welchen die weissblühende Varietät eine der beiden gekreuzten Formen ist, handelt es sich also um eine monohybride Kreuzung mit intermediärer Ausbildung der Heterozygoten. Der Unterschied zwischen den gekreuzten Formen wird nur von einer einzigen Einheit bedingt.

Bei der Kreuzung zwischen *L. angustifolium* und dem *ägyptischen Lein* und zwischen ersterem und dem *gewöhnlichen Lein* traten in der zweiten Generation verwickeltere Verhältnisse auf. Vergleichen wir aber die hier auftretenden Erscheinungen mit denjenigen, welche bei den verschiedenen Kreuzungen für die Samenlänge oder für die Länge oder die Breite des Blumenblattes beobachtet wurden, so ergibt sich eine so grosse Übereinstimmung zwischen beiden, dass wir auch für die Blütenfarbe zu der Annahme von mehreren mendelnden Einheiten, welche den Unterschied zwischen den gekreuzten Formen bedingen, gezwungen werden. Alle Tatsachen können durch diese Annahme in einfacher Weise vollkommen erklärt werden. Ebenso wie bei den genannten, quantitativ genauer bestimmmbaren Merkmalen verursacht auch bei der Blütenfarbe jede Einheit für sich eine gewisse Abstufung und durch die verschiedene Kombination der Einheiten entstehen die Zwischenstufen, deren Grenzen durch die, sei es auch nicht sehr bedeutende Variabilität, verwischt werden.

Über die Anzahl der Einheiten, welche den Unterschied zwischen den gekreuzten Formen bedingen, lehrten die Beobachtungen das Folgende. Bei der Kreuzung zwischen dem *ägyptischen Lein* und *L. angustifolium* traten auf 193 Individuen 4 mit einem der grosselterlichen Typen auf.

Dieses deutet darauf hin, dass der Unterschied in der Blütenfarbe zwischen beiden Formen wahrscheinlich von 3, vielleicht von 4 Einheiten bedingt wird. Bei der Kreuzung zwischen dem *gewöhnlichen Lein* und *L. angustifolium* kamen auf 196 Individuen 8 reinen P-Formen vor. Hieraus ergibt sich, dass der Unterschied zwischen diesen beiden Formen wahrscheinlich 3 Einheiten beträgt.

Aus den bei den verschiedenen Kreuzungen beobachteten Verhältnissen folgt, dass die Differenzen in der Blütenfarbe nicht immer qualitativ sind, sondern sich auch als quantitative verhalten können. Der Unterschied zwischen diesen beiden Fällen ist aber kein fundamentaler und besteht nur darin, dass im letzten Fall die beiden gekreuzten Formen in mehr als einer einzigen Einheit voneinander abweichen. Bei denjenigen Kreuzungen, bei welchen der Unterschied zwischen den gekreuzten Formen von einer einzigen Einheit bedingt wird, handelt es sich bei den Nachkommen hauptsächlich um das Vorhandensein oder Fehlen der Blütenfarbe, also um eine Alternative. Der Unterschied ist hier mehr qualitativ. Dennoch ist die Intensität des Merkmals hier nicht ganz ohne Bedeutung, weil die Heterozygoten sich von den blaublühenden Homozygoten durch ihre hellere Farbe unterscheiden. Beträgt der Unterschied zwischen den gekreuzten Formen mehrere Einheiten, so tritt die Frage nach dem Grade der Blütenfarbe aber mehr in den Vordergrund. In der zweiten Generation entstehen dann mehrere Abstufungen und weil infolge der fluktuierenden Variabilität die Grenzen zwischen denselben verwischt werden, tritt eine kontinuierliche Formenreihe auf, in derselben Weise wie bei der Länge oder Breite des Samens und des Blumenblattes.

Im Gegensatz zu den bei der Länge und Breite des Samens und des Blumenblattes gemachten Beobachtungen geht ein grösserer Unterschied zwischen den gekreuzten

Formen bei der Blütenfarbe nicht immer mit einem grösseren Unterschied in der Anzahl der Einheiten Hand in Hand. Während der Unterschied zwischen dem blau- und dem weissblühenden *gewöhnlichen Lein* von einer einzigen Einheit bedingt wird, beträgt derjenige zwischen ersterem und dem hellblaublühenden *L. angustifolium* sehr wahrscheinlich 8 Einheiten. In welcher Weise diese drei Einheiten über diese beiden Formen verteilt sind, kann ich nicht sagen. Bei der Kreuzung zwischen dem *gewöhnlichen Lein* und der weissblühenden Varietät verhält die Blütenfarbe des ersten sich zwar wie eine einzige Einheit. Hieraus ist aber ohne weiteres nicht zu schliessen, dass es sich dabei indertat um eine weiter unteilbare Einheit handelt und nicht um ein nur bei dieser Kreuzung unzerlegt bleibendes Einheitenkomplex. Die Beobachtungen lehren nur, dass die Blütenfarbe sich bei der genannten Kreuzung wie ein Ganzes verhält. Es ist also ebensogut möglich, dass von den drei Einheiten eine dem *gewöhnlichen Lein* und zwei *L. angustifolium* angehören, als dass im letzteren eine und im *gewöhnlichen Lein* zwei Einheiten vorkommen. Die Verhältnisse können sogar noch anders liegen, denn es ist auch möglich, dass die in *L. angustifolium* für die Blütenfarbe vorhandene Einheit oder Einheiten ebenfalls im *gewöhnlichen Lein* vorkommen, welcher dazu dann noch drei Einheiten besitzt. In diesem Falle gehören alle den Unterschied bedingenden Einheiten einer einzigen Form an und die bei der Kreuzung in der zweiten Generation auftretenden extremsten Formen sind die P-Formen. In den beiden anderen Fällen aber sind die Einheiten, welche den Unterschied verursachen, über die beiden gekreuzten Formen verteilt. Bei der Kreuzung müssen dann Formen auftreten, welche die grosselterlichen Typen überschreiten; einerseits rein weisse,

andererseits solche, welche dunkler gefärbte Blumen als die des *gewöhnlichen Leins* haben.

Keine dieser beide Formen kamen in den Kulturen vor. Ob dieses dem geringen Umfang derselben zugeschrieben werden muss, oder der Tatsache, dass die in *L. angustifolium* vorhandene Einheit oder Einheiten auch im *gewöhnlichen Lein* vorkommen, muss einstweilen dahingestellt bleiben.

Auch bei der Kreuzung zwischen *L. angustifolium* und dem ägyptischen *Lein* gilt das nämliche für die Verhältnisse der Verteilung der Einheiten für die Blütenfarbe über die beiden Formen.

KAPITEL IV.

DAS AUFSPRINGEN UND GESCHLOSSENBLEIBEN DER FRUCHT.

Während bei den wilden *Linum*-arten die Frucht bei der Reife aufspringt, bleibt dieselbe bei den kultivierten Formen geschlossen, nur *L. crepitans* verhält sich in dieser Hinsicht wie die wilden Spezies. Der Grad des Aufspringens ist innerhalb einer Form nur sehr wenig variabel, vollkommen reife und trockne Früchte zeigen nur geringe Unterschiede, zu gering um dieselben in einem bestimmten Mass ausdrücken zu können. Dagegen ist das Aufspringen in hohem Grade von der Reifheit und der Trockenheit der Frucht abhängig. Dies machte die Untersuchung etwas beschwerlich, weil es bei den Hybriden, besonders bei solchen, welche spät blühten, nicht immer mit Sicherheit zu sagen war, ob die Früchte indertat vollkommen reif waren. Bisweilen gelang es Früchte, welche auf dem Felde geschlossen blieben, durch Trocknen in einem Exsiccator über Schwefelsäure oder durch Erwärmung bis zu einer Temperatur von 20—30° C. zum Aufspringen zu bringen.

Ungeachtet dieser Schwierigkeit haben die Versuche dennoch einiges über das Verhalten dieses Merkmalspaars bei der Kreuzung gelehrt.

§ 1. *Linum crepitans* × ägyptischer Lein und die reziproke Kreuzung.

Der *ägyptische Lein* eignet sich besonders für die Kreuzung mit einer Form mit aufspringenden Früchten, weil die Kapseln desselben, sogar beim Trocknen über Schwefelsäure

oder beim Erwärmen vollkommen geschlossen bleiben, während die Früchte des *gewöhnlichen Leins* sich dann an der Spitze ein wenig öffnen. Die geringste Spur des Aufspringens der Frucht bei den Nachkommen einer Kreuzung zwischen dem *ägyptischen Lein* und einer Form mit aufspringenden Früchten beweist also die Anwesenheit von einer oder mehreren Eigenschaften der Form mit aufspringenden Früchten.

Die reziproken Kreuzungen zwischen den beiden Formen gaben die nämlichen Resultate, ich werde dieselben deshalb nicht gesondert besprechen.

Alle 16 Pflanzen der ersten Generation zeigten aufsprühende Früchte. Bei der Vergleichung der Hybriden mit unter denselben Bedingungen kultivierten Pflanzen von *L. crepitans* ergab sich, dass die Früchte der ersteren weniger weit geöffnet waren.

Auch im Exsiccator über starker Schwefelsäure blieb dieser Unterschied bestehen. Die Hybriden waren also intermediär. Aus der Fig. 2, Taf. 3 ist dies ersichtlich. In den beiden unteren der vier horizontalen Reihen sind die Früchte der Hybriden zwischen denjenigen der Eltern, links die des Vaters, rechts die der Mutter dargestellt; in der obersten dieser beiden Reihen links der *ägyptische Lein* und rechts *L. crepitans*, in der unteren Reihe umgekehrt.

Unter sich stimmten die 16 Pflanzen im Grade des Aufspringens miteinander überein. In der zweiten Generation dagegen traten bedeutende Unterschiede zwischen den verschiedenen Pflanzen auf. Für die Untersuchung wurden die ältesten, vollkommen trocknen Früchte der verschiedenen Pflanzen miteinander verglichen. Es ergab sich, dass von den 139 Pflanzen 123 deutlich geöffnete Früchte besasssen, 5 Pflanzen hatten vollkommen geschlossene Früchte, während bei 11 Pflanzen die Früchte zwar

geschlossen aber unreif oder wenig entwickelt waren. Bei den 123 Pflanzen waren die Früchte in sehr verschiedenem Grade aufgesprungen. Die bei weitem grösste Anzahl der Pflanzen hatte Früchte mit intermediärer Ausbildung des Merkmals, bei nur einigen wenigen waren die Früchte sehr weit aufgesprungen, augenscheinlich so weit wie bei *L. crepitans*. Ob die Übereinstimmung eine vollkommene war und die Pflanzen somit rein für dieses Merkmal, konnte ich nicht entscheiden.

Die 5 Pflanzen mit geschlossenen Früchten konnten nach dem oben Gesagten ohne weiteres auch nicht als reine Formen betrachtet werden. Denn es war möglich, dass infolge unvollkommener Reife ein sehr geringes Aufspringen zurückblieb. Nur die Weiterzucht dieser Pflanzen konnte dieses entscheiden. Wenn alle Nachkommen einer Pflanze ohne Ausnahme nur geschlossene Früchte hatten, so war bewiesen, dass die betreffende F_1 -Pflanze indertat rein den Typus der geschlossenen Früchte besass.

Von den 5 Pflanzen wurden 3 weiter gezüchtet und von jeder 40 Nachkommen erhalten. Die Nachkommen von zwei Pflanzen zeigten bei fast allen Individuen geöffnete Früchte, diese F_2 -Pflanzen waren somit hybrid; die Nachkommen der dritten dagegen hatten ohne Ausnahme vollkommen geschlossene Früchte. Die betreffende F_2 -Pflanze war also ohne Zweifel rein die P-Form. Weil die beiden anderen Pflanzen nicht weiter kultiviert wurden, blieb es unentschieden, ob die Anzahl der bei den 139 Pflanzen vorkommenden reinen P-Formen 1, 2 oder sogar 3 betrug.

Auch wurden 5 von den 11 zweifelhaften Pflanzen in die dritte Generation verfolgt. Alle gaben fast ausschliesslich Nachkommen mit geöffneten Früchten, die betreffenden F_2 -Pflanzen waren also hybrid.

Einige Hybriden der ersten Generation wurden wieder gekreuzt mit einem der beiden Eltern, und in beiden Fällen geschah die Kreuzung reziprok. Diese entgegengesetzten Kreuzungen gaben dieselben Resultate.

Von der Kreuzung der Hybriden mit *L. crepitans* wurden 6 Pflanzen erhalten. Alle 6 zeigten bedeutend weiter geöffnete Früchte als die mittleren Typen der durch Selbstbefruchtung erhaltenen zweiten Generation der Hybriden. Durch die wiederholte Kreuzung mit der Form mit aufspringenden Früchten wurde also die Fähigkeit zum Aufspringen gefördert. Dagegen nahm der Grad des Aufspringens im allgemeinen ab durch die Kreuzung der F_1 -Hybriden mit dem ägyptischen Lein. Von den erhaltenen 29 abgeleiteten Hybriden hatten 15 geöffnete und 11 vollkommen geschlossene Früchte. Für 8 Pflanzen blieb es unentschieden, weil die Früchte unreif oder wenig entwickelt waren. Der Gehalt an Pflanzen mit geschlossenen Früchten war hier also viel grösser als in der zweiten Generation der Hybriden.

Von den 11 abgeleiteten Hybriden mit geschlossenen Früchten wurden 4 nach Selbstbefruchtung weiter kultiviert um zu entscheiden, ob dieselben indertat reine Formen waren. Zwei derselben gaben eine gemischte Nachkommenschaft, ein Teil derselben hatte geöffnete, ein Teil geschlossene Früchte. Die zwei anderen dagegen erwiesen sich als rein, denn alle Nachkommen hatten vollkommen geschlossene Früchte. Obgleich die Nachkommen der übrigen 7 abgeleiteten Hybriden nicht untersucht wurden und das Verhalten derselben also nicht bekannt war, so glaube ich dennoch schliessen zu dürfen, dass durch die wiederholte Kreuzung mit dem ägyptischen Lein das Auftreten der reinen Form mit geschlossenen Früchten gefördert wird. Bei der durch Selbstbefruchtung erhaltenen zweiten Generation der Hybriden war die Anzahl der reinen Pflanzen auf 139 Individuen sicher 1, höchstens 3,

bei den abgeleiteten Hybriden auf 29 Individuen sicher 2, höchstens 11.

**§ 2. *Linum crepitans* × gewöhnlicher Lein
und die reziproke Kreuzung.**

Obgleich die vollkommen reife und trockne Frucht des *gewöhnlichen Leins* an der Spitze ein wenig aufspringt, ist der Unterschied mit dem Aufspringen der Früchte von *L. crepitans* so ansehnlich, dass ich dennoch diese beiden Formen miteinander gekreuzt habe.

Die Kreuzung geschah im Jahre 1907. Die erste Bastard-generation bestand aus 22 Pflanzen der Kreuzung *L. crepitans* × *gewöhnlicher Lein* und 14 Pflanzen der umgekehrten Kreuzung. Beide Kreuzungen gaben dieselben Resultate. Diese erste Generation war intermediär, denn die Früchte waren weniger weit geöffnet als die des *L. crepitans*. Aus der Fig. 2, Taf. 3 ist dieses ersichtlich. In den zwei oberen, horizontalen Reihen sind die Früchte der Hybriden der reziproken Kreuzungen zwischen denjenigen der Eltern dargestellt. Vergleicht man in dieser Figur die Hybridfrüchte der beiden oberen Reihen mit denjenigen der beiden unteren, bei welcher der *ägyptische Lein* einer der Eltern war, so ergibt sich, dass erstere kleiner sind. Der Einfluss der Grösse der Frucht war also bei den Hybriden merkbar. Die zweite aus 180 Pflanzen bestehende Generation zeigte einen gemischten Charakter. 164 Pflanzen zeigten geöffnete Früchte, bei 16 waren dieselben geschlossen. Bei den ersten war der Grad des Aufspringens ein sehr verschiedener, einige Pflanzen hatten Früchte, welche nur sehr wenig geöffnet waren, nicht mehr als bisweilen die Früchte des *gewöhnlichen Leins*. Für diese war nicht zu entscheiden, ob die Pflanzen rein oder hybrid waren. Unter den 16 Pflanzen mit geschlossenen Früchten gab

es vier, bei welchen die Früchte sichtbar unreif waren, diese blieben deshalb ausser Betrachtung. Drei der übrigen wurden weiter kultiviert, je in etwa 40 Individuen. Alle drei Pflanzen gaben hauptsächlich Nachkommen mit weit aufgesprungenen Früchten. Eine reine Form mit geschlossenbleibenden Früchten habe ich also nicht erhalten; möglich ist aber, dass von den anderen 9 F_1 -Pflanzen mit geschlossenen Früchten eine oder mehrere indertat rein waren.

Die Wiederholung der Kreuzung der F_1 -Hybriden mit einem der beiden Eltern gab dieselben Erscheinungen als im vorigen Fall. Durch die wiederholte Kreuzung mit dem *gewöhnlichen Lein* wurde im allgemeinen der Grad des Aufspringens der Früchte herabgesetzt und der Gehalt an Pflanzen mit geschlossenen Früchten gesteigert, während die wiederholte Kreuzung mit *L. crepitans* das Auftreten des *crepitans*-Merkmals förderte.

§ 3. *Linum angustifolium* × ägyptischer Lein und die reziproke Kreuzung.

Die Frucht des *L. angustifolium* springt bei der Reife so weit auf, dass die Samen leicht herausfallen. Bei der ersten Bastardgeneration ($5 + 4$ Pflanzen) waren die Früchte nicht so weit geöffnet, die Hybriden waren also intermediär.

Die zweite Generation ($102 + 101$ Pflanzen) zeigte alle möglichen Grade des Aufspringens bei den verschiedenen Pflanzen. Bei weitem die grösste Anzahl der Pflanzen zeigte intermediäre Ausbildung des Merkmals, etwas mehr zum ägyptischen Lein hinneigend, nur eine hatte so weit geöffnete Früchte wie *L. angustifolium* selbst. Zwei Pflanzen hatten vollkommen geschlossene Früchte. Weil ich aber die dritte Generation noch nicht gezüchtet habe, muss es unentschieden bleiben, ob diese zwei Pflanzen indertat reine Formen waren.

**§ 4. Linum angustifolium × gewöhnlicher Lein
und die reziproke Kreuzung.**

Die Erscheinungen, welche bei diesen Kreuzungen auftraten, stimmten im allgemeinen mit den bei den Kreuzungen zwischen *L. angustifolium* und dem ägyptischen *Lein* beobachteten überein. Auch hier war die erste Generation intermediär und traten in der zweiten verschiedene Grade des Aufspringens auf. Pflanzen mit vollkommen geschlossenen, reifen Früchten kamen nicht vor, dagegen mehrere, welche sich in dem Grad des Aufspringens der Früchte nicht von *L. angustifolium* unterschieden. Bei der Kreuzung mit dem gewöhnlichen *Lein* zeigte das Merkmal des Aufspringens im allgemeinen also einen etwas höheren Grad der Ausbildung als bei der Kreuzung mit dem ägyptischen *Lein*.

**§ 5. Zusammenfassung der Ergebnisse
dieses Kapitels.**

Obgleich die Verhältnisse für die Untersuchung dieser Merkmale weniger günstig lagen als bei den oben beschriebenen, war es dennoch möglich einiges über das Verhalten derselben bei der Kreuzung zu erfahren. Im allgemeinen ergab sich das Folgende. Die erste Generation war intermediär. In der zweiten zeigten sich alle Übergänge zwischen vollkommen geschlossenen und weit geöffneten Früchten und daneben traten auch die P-Formen, aber in relativ sehr geringer Anzahl auf. Die wiederholte Kreuzung mit der Form mit aufspringenden Früchten förderte das Auftreten dieses Merkmals, durch die wiederholte Kreuzung mit der Form mit geschlossenen Früchten wurde der Grad des Aufspringens herabgesetzt und die relative Anzahl der Pflanzen mit geschlossenen Früchten nahm zu. Die Nachkommen der Kreuzungen, bei welchen der gewöhnliche

Lein, dessen Früchte ein wenig aufspringen können, einer der Eltern war, zeigten im allgemeinen einen stärkeren Grad des Aufspringens der Früchte als die der Kreuzungen mit dem ägyptischen *Lein*, dessen Früchte vollkommen geschlossen bleiben.

Vergleicht man diese Erscheinungen mit den bei den anderen Merkmalen beobachteten, so fällt die grosse Übereinstimmung auf. Nach den oben gegebenen Betrachtungen liegt es auf der Hand anzunehmen, dass es sich auch hier bei den gekreuzten Formen um einen Unterschied von mehreren, unabhängig voneinander mendelnden Einheiten handelt, welche jede für sich eine gewisse Abstufung des Merkmals hervorrufen können. Auch die Erscheinungen, welche bei den abgeleiteten Hybriden auftreten, werden in dieser Weise vollkommen erklärt.

Das Vorkommen der P-Formen in der zweiten Generation, deutet im Zusammenhang mit der geringen Anzahl der Individuen darauf hin, dass die Anzahl der Einheiten, welche den Unterschied zwischen dem Aufspringen und Geschlossenbleiben der Frucht bedingt, jedenfalls eine geringe ist. Dieselbe beträgt wahrscheinlich 3 oder 4. Der Unterschied zwischen den Formen mit geöffneten Früchten und dem gewöhnlichen *Lein* wird sehr wahrscheinlich von einer geringeren Anzahl von Einheiten bedingt als der zwischen ersteren und dem ägyptischen *Lein*.

KAPITEL V.

DIE BEHAARUNG DER SCHEIDEWÄNDE DER FRUCHT.

Bei *L. angustifolium* und bei den kultivierten *Lein*-formen mit geschlossenbleibenden Früchten sind die Ränder der Scheidewände der Frucht behaart, bei *L. crepitans* dagegen sind dieselben kahl. Schon früher¹⁾ habe ich diese Erscheinung besprochen.

Der Grad der Behaarung ist aber bei den verschiedenen Formen ein sehr verschiedener. Der in hiesiger Gegend angebaute *Lein* zeigt eine sehr schwache, der ägyptische *Lein* dagegen eine sehr starke Behaarung der Scheidewände. Die fluktuierende Variabilität der Behaarung ist bei beiden eine äusserst geringe, dennoch sind sowohl beim gewöhnlichen als auch beim ägyptischen *Lein* sehr kleine Unterschiede im Grade der Behaarung sehr wohl sichtbar.

§ 1. *Linum crepitans* × ägyptischer Lein und die reziproke Kreuzung.

Die reziproken Kreuzungen dieser Formen gaben die nämlichen Resultate, ich werde die beiden deshalb zusammen besprechen.

Bei der ersten Generation (9 + 7 Pflanzen) zeigten alle Pflanzen behaarte Früchtscheidewände. Die Behaarung war eine sehr starke, nicht merkbar verschieden von der bei den ägyptischen Früchten vorkommenden. Das Merkmal der Behaarung dominierte also über das Fehlen der Haare.

Von den 368 Pflanzen der zweiten Generation hatten 275 behaarte und 93 unbehaarte Scheidewände der Früchte, also fast genau im Verhältnis 3 : 1.

Von den F₂-Pflanzen mit unbehaarten Scheidewänden

1) Der Flachsstengel, l. c.

wurden 14 weiter kultiviert. Die Nachkommen, im ganzen 160 Pflanzen, hatten alle unbehaarte Scheidewände. Die betreffenden F₁-Pflanzen erwiesen sich dadurch als rein.

Auch wurden 12 F₁-Pflanzen mit behaarten Scheidewänden weiter gezüchtet, jede in 20—30 Individuen. Von diesen 12 Pflanzen hatten 4 nur Nachkommen mit behaarten Scheidewänden, die übrigen 8 gaben eine gemischte Nachkommenschaft und zeigten dadurch ihre hybride Natur. Bei diesen 12 F₁-Pflanzen mit dem dominierenden Merkmal kamen die hybriden und die reinen Individuen also im Verhältnis 2:1 vor. Die gemischte Nachkommenschaft der genannten 8 Individuen bestand aus 128 Pflanzen mit behaarten und 40 mit unbehaarten Scheidewänden, das ist ungefähr im Verhältnis 3:1.

Die wiederholte Kreuzung der F₁-Pflanzen mit dem ägyptischen Lein gab nur Nachkommen mit behaarten Scheidewänden, es sei, dass letzterer als Vater, 16 Individuen, oder als Mutter, 11 Individuen, bei der Kreuzung auftrat.

Aus der wiederholten Kreuzung der F₁-Hybride mit *L. crepitans* als Vater wurden 4 Pflanzen erhalten; zwei derselben hatten behaarte und zwei unbehaarte Scheidewände der Frucht.

Aus den beschriebenen Erscheinungen und aus den angeführten Zahlen geht ohne weiteres hervor, dass es sich hier um eine monohybride Mendelkreuzung handelt. Die Behaarung der Scheidewände bildet mit dem Fehlen der Haare ein einziges Merkmalspaar, der Unterschied zwischen beiden Formen beträgt nur eine einzige Einheit. Im Gegensatz zu den vorigen Merkmalen entstehen hier bei der Kreuzung keine Abstufungen, es handelt sich um eine Alternative, behaart und kahl sein der Scheidewände.

KAPITEL VI.

ALLGEMEINE SCHLUSSFOLGERUNGEN.

Aus den im Vorhergehenden beschriebenen Beobachtungen geht hervor, dass die bei der Kreuzung zwischen Varietäten und zwischen Spezies auftretenden Erscheinungen in den untersuchten Fällen dieselben sind. Und weiter lehren die Versuche, dass alle untersuchten Merkmale in ihrem Verhalten bei der Bastardierung miteinander übereinstimmen. Es sei, dass die Merkmale derartige sind, dass die beiden gekreuzten Formen in der Quantität voneinander abweichen, wie bei der Länge und Breite des Samens und der Länge und Breite des Blumenblattes der Fall ist, oder dass der Unterschied ein qualitativer ist, wie beim Vorhandensein und Fehlen der Haare an den Fruchtscheidewänden, oder dass die Merkmale gewissermassen einen Übergang zwischen diesen beiden Kategorien bilden, wie die Blütenfarbe, in allen Fällen folgen die Merkmale dem Mendelschen Spaltungsgesetz. Ein fundamentaler Unterschied im Verhalten bei der Kreuzung zwischen in Quantität und in Qualität voneinander abweichenden Merkmalen besteht also nicht. Ebensowenig gibt es andere Regeln für die Kreuzung von Merkmalen mit bedeutender fluktuerender Variabilität und für die von Merkmalen, deren fluktuerende Variabilität nur unbedeutend oder sogar null ist. Weiter kann unabhängig vom Charakter des Merkmals der Unterschied zwischen den gekreuzten Formen von einer oder von mehreren Elementareigenschaften oder Einheiten bedingt sein. Jede dieser

Einheiten bildet mit dem bei der Kreuzung gegenübergestellten Fehlen derselben ein „Paar“, das nach der Mendelschen Regel spaltet. Die bei der Kreuzung verschiedener Merkmale auftretenden verwickelten Erscheinungen werden dadurch verursacht, dass mehrere Einheiten zugleich beim Auftreten oder Verändern des nämlichen Merkmals zusammenwirken, dass die Heterozygoten intermediär sind und dass die fluktuierende Variabilität eine mehr oder weniger bedeutende Rolle spielt. Nur für zwei der untersuchten Merkmale betrug der Unterschied zwischen den Eltern eine einzige Einheit, nämlich für die Behaarung der Scheidewände der Frucht und für die Blütenfarbe bei den Kreuzungen des *gewöhnlichen Leins*, der hellblaUBLÜHENDEN Varietät desselben und des *ägyptischen Leins* mit der weissBLÜHENDEN Form des *gewöhnlichen Leins*; in allen anderen Fällen wurde der Unterschied von mehreren Einheiten bedingt. Jede dieser Einheiten für sich vergegenwärtigt eine gewisse Abstufung und durch die verschiedenen möglichen Kombinationen der Einheiten entstehen die bei der Kreuzung auftretenden verschiedene Gradationen des Merkmals. Auch beim Aufspringen und Geschlossenbleiben der Frucht, wo es sich scheinbar, ebenso wie beim Vorhandensein und Fehlen der Haare an den Scheidewänden, um eine Alternative handelt und der Unterschied als ein qualitativer betrachtet wird, treten infolge der Tatsache, dass dieser Unterschied von mehreren Einheiten bedingt wird, verschiedene Abstufungen auf.

Bei den fluktuierend variierenden Merkmalen, wie bei der Länge und Breite des Samens, der Länge und Breite des Blumenblattes, wie auch bei der Blütenfarbe, werden die Grenzen zwischen den aufeinanderfolgenden Abstufungen durch die fluktuierende Variabilität verwischt. Dadurch entsteht eine kontinuierliche Formenreihe und weil die Abstufungen nach der Art von Varianten um ein Mittel gruppiert sind,

macht die gesamte zweite Generation den Eindruck einer einheitlichen Form mit schöner fluktuerender Variabilität. Die scheinbar gewöhnliche Variationskurve dieser Generation ist indertat eine Komplexkurve, zusammengesetzt aus den Variationskurven der verschiedenen Abstufungen. Der intermediäre Charakter der zweiten Generation und das Fehlen der grosselterlichen Formen wird durch den geringen Umfang der Kulturen erklärt. Durch Selektion der extremeren Abstufungen der zweiten Generation wird eine stärkere Annäherung an die P-Formen, oder werden sogar die P-Formen selbst erhalten.

Die Anzahl der Einheiten, welche den Unterschied zwischen den gekreuzten Formen bedingt, ist für die verschiedenen Merkmalen und bei den verschiedenen Kreuzungen eine verschiedene. Im allgemeinen hat sich ergeben, dass der Unterschied in der Samenlänge zwischen zwei Formen durch eine grössere Anzahl von Einheiten verursacht wird als der Unterschied in der Länge oder der Breite des Blumenblattes zwischen den nämlichen Formen, während bei der Blütenfarbe und beim Aufspringen und Geschlossenbleiben der Frucht der Unterschied wahrscheinlich eine noch etwas geringere Anzahl beträgt.

Weiter wurde festgestellt dass für das nämliche Merkmal ein grösserer Unterschied zwischen zwei gekreuzten Formen wahrscheinlich durch eine grössere Anzahl von Einheiten verursacht wird, nicht aber durch grössere Einheiten, das heisst solche, welche eine grössere Zunahme bedingen. Bei der Blütenfarbe liegen die Verhältnisse aber anders. Während der Unterschied zwischen dem *gewöhnlichen Lein* und *L. angustifolium* von mehreren Einheiten bedingt wird, beträgt der Unterschied zwischen ersterem und der weissblühenden Varietät desselben nur eine einzige Einheit, obgleich dieser Unterschied grösser ist.

Die Einheiten, welche zusammen den Unterschied in der

Quantität eines Merkmals hervorrufen, welche nicht bedeutend voneinander ab, die von denselben verursachten Zunahmen des Merkmals sind ungefähr gleich gross.

Infolge des geringen Umfangs der Kulturen konnte die Anzahl der Einheiten, welche den Unterschied zwischen den gekreuzten Formen bedingen, nicht in allen Fällen mit Sicherheit bestimmt werden. Dennoch ergab sich folgendes. Für die Samenlänge beträgt die Anzahl für alle Fälle wenigstens 4, entschieden mehr bei *L. angustifolium* und dem ägyptischen Lein, sehr wahrscheinlich nicht mehr als 5 bei *L. crepitans* und dem ägyptischen Lein. Bei der Länge oder der Breite des Blumenblattes wird der Unterschied zwischen *L. angustifolium* und dem gewöhnlichen Lein von wenigstens 3, höchstens 4 Einheiten bedingt; in den anderen Fällen von wenigstens 4; wahrscheinlich von einer nicht viel grösseren Anzahl bei dem ägyptischen und dem gewöhnlichen Lein und bei dem ägyptischen Lein und *L. crepitans*; entschieden von einer grösseren Anzahl bei *L. angustifolium* und dem ägyptischen Lein. Der Unterschied in der Blütenfarbe zwischen dem ägyptischen Lein und *L. angustifolium* wird wahrscheinlich von 3 Einheiten bedingt, derjenigen zwischen dem gewöhnlichen Lein und *L. angustifolium* fast ohne Zweifel von 3, während der ägyptische Lein, der gewöhnliche Lein und die hellblau-blühende Varietät des letzteren eine Einheit mehr besitzen als die weissblühende Varietät. Der Unterschied zwischen der aufspringenden und der geschlossenbleibenden Frucht beträgt wahrscheinlich 3 oder 4 Einheiten und die Behaarung der Scheidewände der Frucht wird von einer einzigen Einheit hervorgerufen.

In allen Fällen ist die Anzahl der Einheiten, welche den Unterschied in den Merkmalen zweier gekreuzten Formen verursacht, relativ nur eine geringe; durch die verschiedene

Kombination dieser Einheiten entsteht aber eine grössere Anzahl von Abstufungen.

Für alle studierten Merkmale war die erste Hybridgeneration intermediär, nur die Behaarung der Scheidewände der Frucht dominierte über das Fehlen der Haare.

Die Bastardierung ühte auf die Variabilität der Merkmale keinen Einfluss in einer bestimmten Richtung aus. In einigen Fällen war die Variabilität der Hybriden ein wenig grösser in anderen etwas geringer als die der Eltern; meistens aber war der Unterschied äusserst gering, nur bei einigen Kreuzungen etwas bedeutender.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

TAFEL III.

Fig. 1. Samen in ungefähr natürlicher Grösse.

Oben: Samen der beiden Eltern; links vom ägyptischen Lein, rechts von *Linum angustifolium*.

In der Mitte: Samen der F₁-Generation.

Unten: Samen von drei Pflanzen der F₂-Generation; von links nach rechts, diejenigen der Pflanzen mit den grössten, mit mittleren und mit den kleinsten Samen.

Fig. 2. In jeder horizontalen Reihe sind links und rechts die Früchte der Eltern, in der Mitte die der F₁-Hybride abgebildet.

1. Reihe, links: gewöhnlicher Lein ♂
rechts: *Linum crepitans* ♀
2. " links: *Linum crepitans* ♂
rechts: gewöhnlicher Lein ♀
3. " links: ägyptischer Lein ♂
rechts: *Linum crepitans* ♀
4. " links: *Linum crepitans* ♂
rechts: ägyptischer Lein ♀

TAFEL IV und V.

Kurven der Samenlänge und der Länge und der Breite des Blumenblattes verschiedener *Linum*formen und deren Hybriden erster, zweiter und dritter Generation.

P: mit dicker, ununterbrochener Linie gezeichnete Kurve für das Merkmal der Eltern; F₁, F₂ und F₃: mit in verschie-

dener Weise unterbrochenen Linien gezeichnete Kurven für das Merkmal der gesamten ersten, gesamten zweiten und gesamten dritten Generation.

Die Kurven für einzelne Pflanzen der verschiedenen Generationen sind mit dünner, ununterbrochener Linie gezeichnet.

Die Figuren sind in etwas weniger als halber Grösse reproduziert. In den ursprünglichen Figuren beträgt jedes auf die Abszisse verzeichnete Intervall 1 cM und entspricht jeder mM der Ordinaten einem Wert von 1 %.

INHALTSÜBERSICHT.

	Seite.
EINLEITUNG	201
KAP. I. DIE LÄNGE DES SAMENS	210
§ 1. Ägyptischer Lein × <i>Linum angustifolium</i> und die reziproke Kreuzung	212
§ 2. Gewöhnlicher Lein × <i>Linum angustifolium</i> und die reziproke Kreuzung	217
§ 3. Ägyptischer Lein × gewöhnlicher Lein und die reziproke Kreuzung.	219
§ 4. Ägyptischer Lein × <i>Linum crepitans</i> und die reziproke Kreuzung	224
§ 5. Zusammenfassung der Ergebnisse dieses Kapitels und Betrachtungen über die Deut- ung der beobachteten Erscheinungen . . .	227
KAP. II. DIE LÄNGE UND BREITE DES BLUMENBLATTES.	246
§ 1. Ägyptischer Lein × <i>Linum angustifolium</i> und die reziproke Kreuzung	247
a. Die Länge des Blumenblattes	247
b. Die Breite des Blumenblattes	249
§ 2. Gewöhnlicher Lein × <i>Linum angustifolium</i> und die reziproke Kreuzung	250
§ 3. Ägyptischer Lein × gewöhnlicher Lein und die reziproke Kreuzung	251
a. Die Länge des Blumenblattes	251
b. Die Breite des Blumenblattes	253
§ 4. Ägyptischer Lein × <i>Linum crepitans</i> und die reziproke Kreuzung.	254
§ 5. Zusammenfassung der Ergebnisse dieses Kapitels	256

	Seite.
KAP. III. DIE FARBE DER BLÜTE	259
§ 1. <i>Ägyptischer Lein</i> × <i>Linum angustifolium</i> und die reziproke Kreuzung	261
§ 2. <i>Gewöhnlicher Lein</i> × <i>Linum angustifolium</i> und die reziproke Kreuzung	263
§ 3. <i>Ägyptischer Lein</i> × weissblühender <i>ge-</i> <i>wöhnlicher Lein</i>	264
§ 4. Hellblaublühender × weissblühender <i>ge-</i> <i>wöhnlicher Lein</i>	265
§ 5. Zusammenfassung der Ergebnisse dieses Kapitels	265
KAP. IV. DAS AUFSPRINGEN UND GESCHLOSSENBLEIBEN DER FRUCHT	270
§ 1. <i>Linum crepitans</i> × <i>ägyptischer Lein</i> und die reziproke Kreuzung	270
§ 2. <i>Linum crepitans</i> × <i>gewöhnlicher Lein</i> und die reziproke Kreuzung	274
§ 3. <i>Linum angustifolium</i> × <i>ägyptischer Lein</i> und die reziproke Kreuzung	275
§ 4. <i>Linum angustifolium</i> × <i>gewöhnlicher Lein</i> und die reziproke Kreuzung	276
§ 5. Zusammenfassung der Ergebnisse dieses Kapitels	276
KAP. V. DIE BEHAARUNG DER SCHEIDEWÄNDE DER FRUCHT	278
§ 1. <i>Linum crepitans</i> × <i>ägyptischer Lein</i> und die reziproke Kreuzung	278
KAP. VI. ALLGEMEINE SCHLUSSFOLGERUNGEN	280
ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN	285

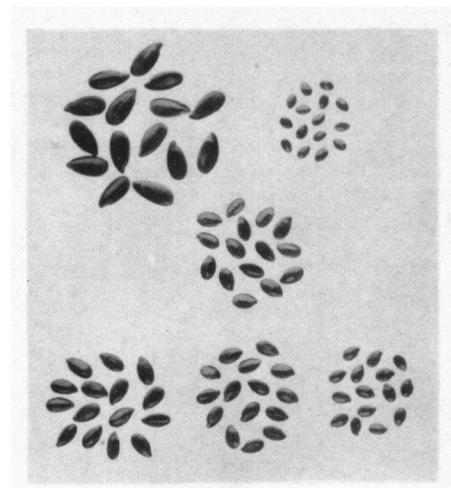


Fig. 1.

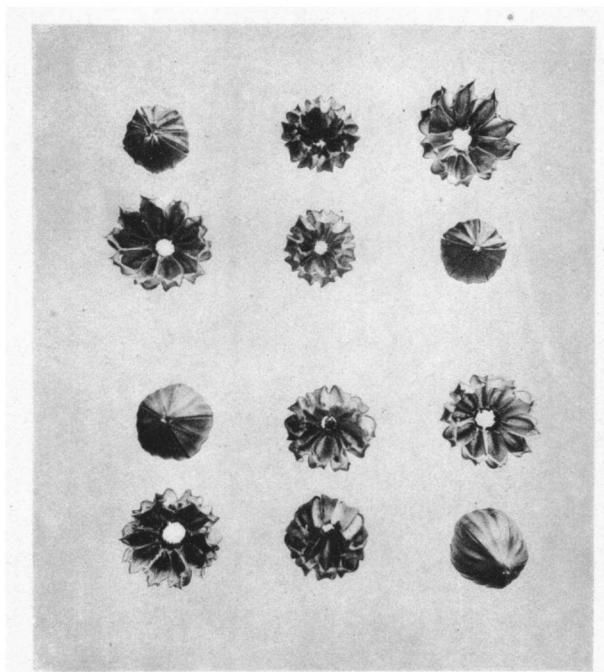
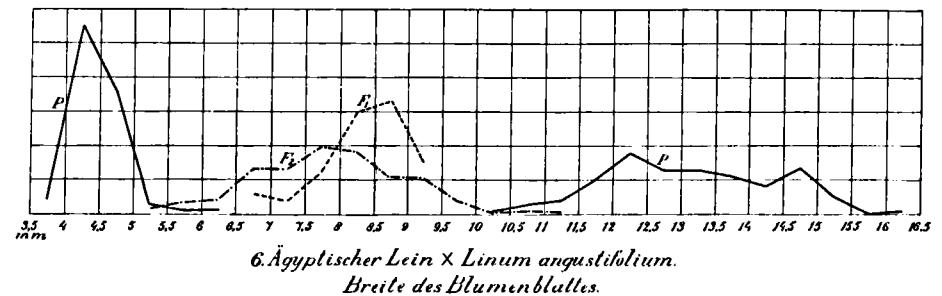
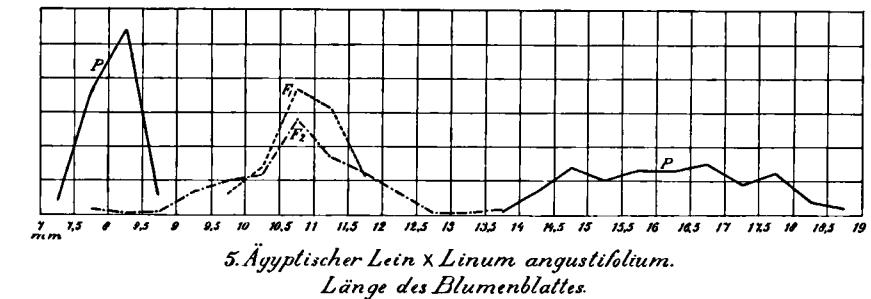
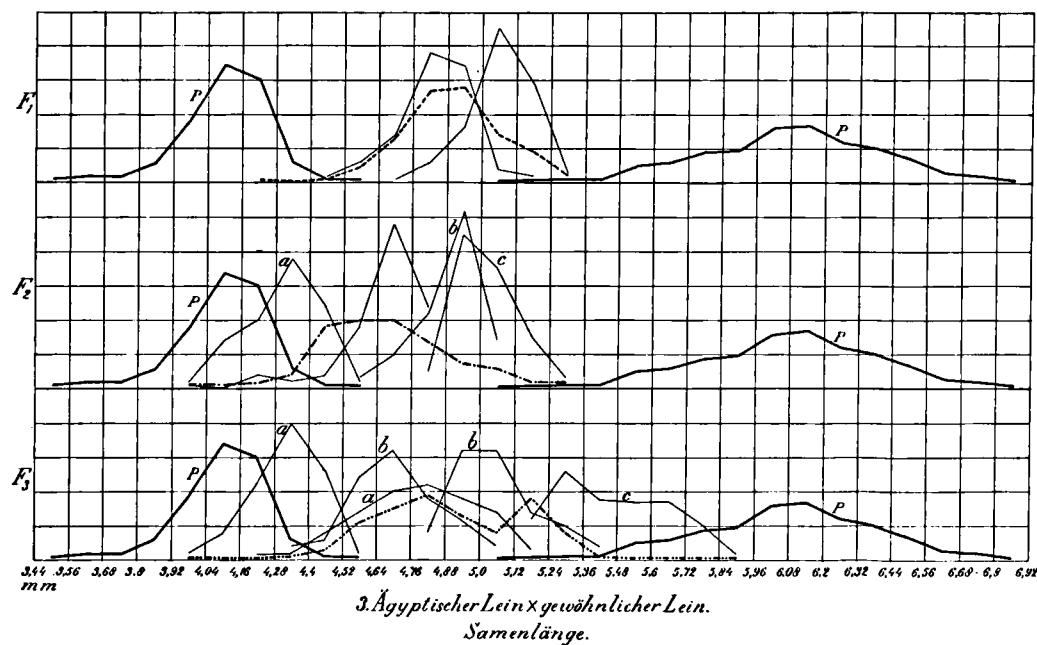
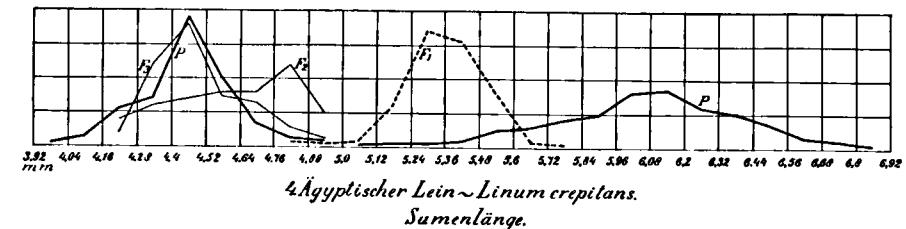
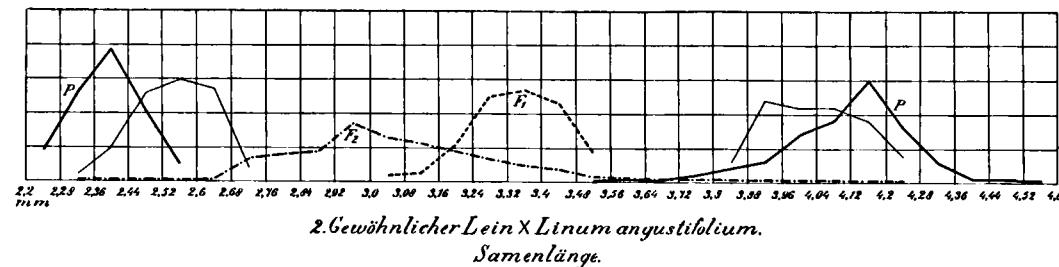
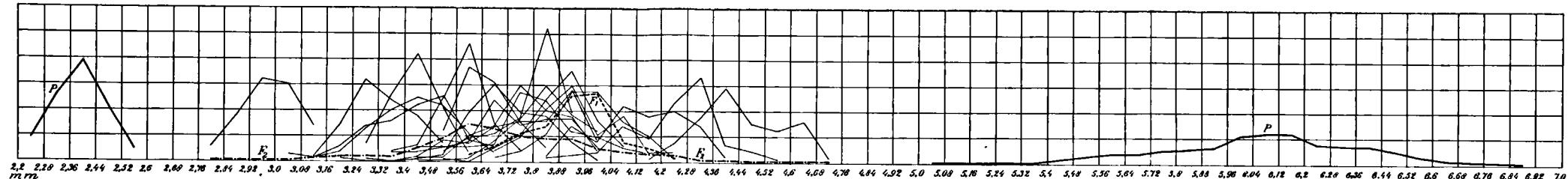
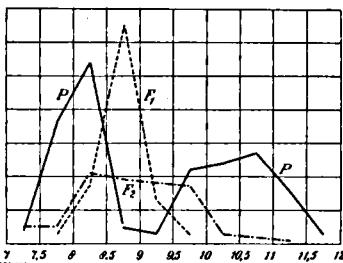
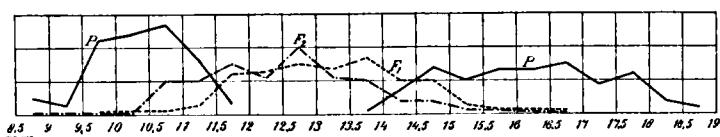


Fig. 2.

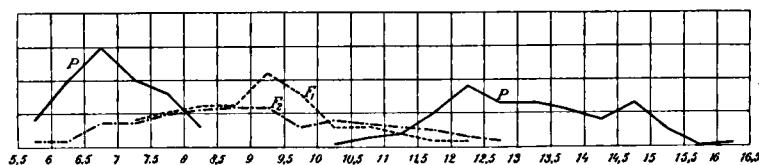




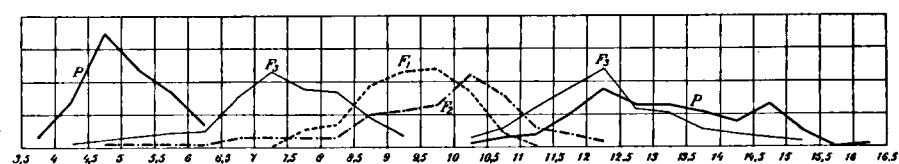
7. Gewöhnlicher Lein \times *Linum angustifolium*.
Länge des Blumenblattes.



8. Gewöhnlicher Lein \sim Ägyptischer Lein.
Länge des Blumenblattes.



9. Gewöhnlicher Lein \sim Ägyptischer Lein.
Breite des Blumenblattes.



10. *Linum crepitans* \sim Ägyptischer Lein.
Breite des Blumenblattes.