

Mitten in Not und Elend des Krieges arbeitet sie konsequent und unbeirrt an der Entwicklung ihres Fachgebietes weiter und legt zwei wesentliche und umfangreiche Beiträge zur Kulturpflanzenforschung vor. Einmal eine konzentrierte Neufassung der „Entstehung der Kulturpflanzen“ (1943) und zum anderen einen Beitrag zu R. PILGERs Bearbeitung der Gramineen in der 2. Auflage von ENGLER-PRANTLs Natürliche Pflanzenfamilien „Weizen, Roggen, Gerste, Systematik, Geschichte und Verwendung“, dessen Originalmanuskript im Botanischen Museum mit sämtlichen Vorlagen für Abbildungen am 1. März 1943 verbrannte, und der daher erst 1948 als Sonderpublikation erscheinen konnte.

Nach dem Kriege gelten ihre Bemühungen gegen viele Widerstände der Schaffung einer eigenen Arbeitsstätte, der Betreuung der Studenten und der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses, wie vor allem der Wiederanknüpfung der abgerissenen internationalen Beziehungen. Wir empfinden dankbar, was sie für Deutschland getan hat.

Ein längerer Aufenthalt in England im Jahre 1947 gibt Gelegenheit zum Studium der englischen Landwirtschaftswissenschaft. Die internationalen Kongresse für Genetik und Botanik in Stockholm (1948 und 1950) und damit verbundene Studienreisen eröffnen neue Ausblicke für fruchtbare Weiterarbeit. Gedanken über die neue Nomenklatur der Getreidearten (1949) und neue Untersuchungen am afrikanischen Roggen (1950, zusammen mit H. G. SCHWEICKERDT) geben Zeugnis von ihrer unermüdlichen Schaffenskraft.

Daß ELISABETH SCHIEMANN diese Schaffenskraft im Institut für Geschichte der Kulturpflanzen der Deutschen Forschungshochschule in Berlin-Dahlem noch viele Jahre erhalten bleibe, ist unsere Hoffnung. Daß sie ihr großes Wissen und ihre einmalige Kenntnis von den Zusammenhängen der Kulturpflanzenentstehung an junge, ebenso lebendige und tatkräftige Menschen weitergebe, ist unsere Bitte. Daß sie am 15. August dankbar zurückblicken möge auf die gute Ernte ihres arbeitsreichen Lebens, ist unser Wunsch.

HANS STUBBE.

(Aus dem Chromosomenlaboratorium des Schwedischen Saatzuchtvereins in Svalöf.)

Vergleichende Untersuchungen an diploiden und tetraploiden Leinsippen und an tetraploiden Kreuzungsnachkommenschaften nach vieljähriger Selektion¹.

Von HERMANN KUCKUCK und ALBERT LEVAN.

Mit 11 Textabbildungen.

Einleitung:

Im Jahre 1938 wurden von LEVAN Versuche zur Erzeugung polyploider Leinformen begonnen, aus denen im Jahre 1939 400 tetraploide C_1 -Pflanzen von 8 verschiedenen Sorten erhalten wurden. Mit „ C_1 “ wird die 1. Nachkommenschaft Colchicin-behandelter Pflanzen bezeichnet. In einem Versuch des Jahres 1940 wurden je 22 tetraploide und diploide Pflanzen einer vergleichenden Analyse unterzogen, und zwar von folgenden Sorten: Herkules und O 41, zwei typischen Faserleinen, ferner Concurrent, einem Faserlein mit gewissen Eigenschaften des Ölleins und schließlich von 2 typischen Ölleinen, Szekacs und Palermo. Folgende Eigenschaften wurden untersucht: Zahl der Nebentriebe, Länge des längsten Nebentriebes, Zeitpunkt der Blüte, Zahl der Samenkapsel, Trockengewicht, Länge der Blütenblätter, 1000-Korngewicht, Pflanzenhöhe bei der Ernte (LEVAN 1942).

In seiner Arbeit über „Aktuelle Probleme der Polyploidiezüchtung“ (LEVAN 1945) hat dann LEVAN weitere Ergebnisse über die Fertilität der tetraploiden Sippen in den Jahren 1940 bis 1943 und verschiedenen Kreuzungen der tetraploiden mitgeteilt, die im Jahre 1939 durchgeführt wurden. Die tetraploiden Sippen und ihre Kreuzungsprodukte wurden in den folgenden Jahren weitergezogen, wobei der Selektion auf eine Erhöhung der Fertilität (Samenzahl/Kapsel) eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt wurde.

Im Jahre 1950 war ein vergleichender Mikroversuch angelegt worden. Er enthielt die diploiden und tetraploiden Sippen der bereits genannten Sorten, in denen

noch als weiterer Faserlein die Sorte Blenda hinzugekommen war; außerdem waren einige Stämme aus Kreuzungen der tetraploiden Sippen vertreten: Der Versuch war am 25. 4. 1950 angelegt worden. Die Parzellengröße betrug 2,25 m² und zwar 10 Reihen von 1,5 m Länge in 2 Wiederholungen.

Zur Zeit der Samenreife wurden aus jeder Parzelle der einen Wiederholung Proben aus der Mitte der mittleren Reihen entnommen, um Randstörungen zu vermeiden. Aus diesen Proben wurden bei je 100 Pflanzen ohne besondere Auslese — bei einigen Kreuzungstämmen waren es 200 Pflanzen — folgende Eigenschaften untersucht: Pflanzenhöhe, Zahl der Samen je Kapsel, Kapselzahl, 1000-Korngewicht und die hierbei ermittelten Werte fehlerstatistisch verarbeitet. In den Tabellen bedeutet m den „mittleren Fehler“, berechnet nach der Formel

$$m = \sqrt{Sx^2 - M Sx},$$

$\sqrt{m_{Diff}}$ den mittleren Fehler der Differenz; t ist der Quotient aus der Differenz zweier Mittelwerte: m_{Diff} ; p gibt die Grenzwahrscheinlichkeit in % an, wie sie aus den t -Zahlen an Hand der p -Tabellen bestimmt wurden (Tabellen in MUDRA 1949 und KUCKUCK und MUDRA 1950). Bei der direkten Angabe der p -Werte entfällt die sonst übliche Angabe über die Stärke der Sicherung, die in Form einer bestimmten Anzahl von Kreuzen und Kreisen den Differenzen hinzugefügt zu werden pflegte. — Bei p -Werten über 5% gelten die Differenzen als nicht gesichert, bei 5–1% als schwach, bei 1–0,27% als genügend, bei 0,27 bis 0,1% als gut und bei unter 0,1% als sehr gut gesichert. Als Pflanzenhöhe wurde die Länge vom

¹ ELISABETH SCHIEMANN zum 70. Geburtstag.

Ansatz der Keimblätter bis zum Ansatz der oberen Samenkapsel gemessen. Das 1000-Korngewicht wurde nicht von Einzelpflanzen ermittelt, sondern aus dem

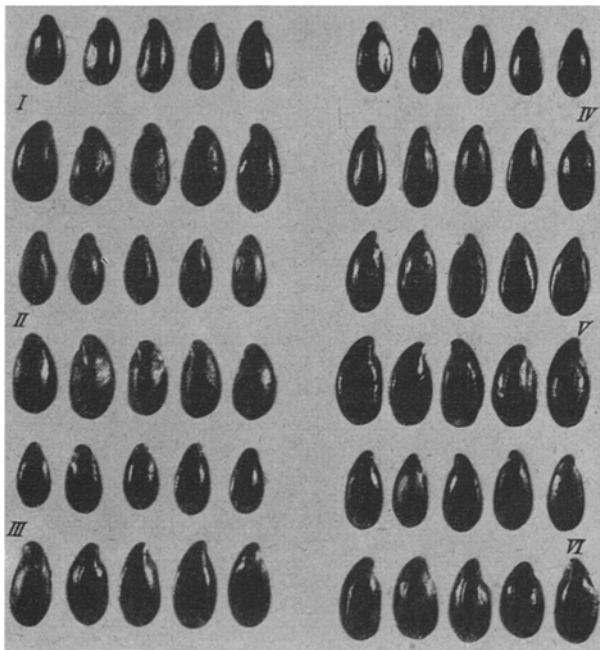


Abb. 1. I = Herkules, II = Concurrent, III = O 41, IV = Blenda, V = Szekacs, VI = Palermo.

In der oberen Reihe jeder Nummer die diploiden, in der unteren die tetraploiden Formen.

Mittel von 3 Proben, die aus dem Samen aller 100 bzw. 200 analysierten Pflanzen insgesamt entnommen waren. In Anbetracht der geringen Wiederholungszahl wurde bei dem 1000-Korngewicht von einer Be-

Im folgenden wird nun zunächst ein Vergleich der diploiden und tetraploiden Sippen der 6 bereits genannten Sorten auf Grund des Anbauversuches im Jahre 1950 durchgeführt, ferner ein Vergleich der tetraploiden Kreuzungstämmen mit ihren tetraploiden Eltern. Schließlich werden die 1950 gewonnenen Werte mit denen von LEVAN bereits publizierten Ergebnissen aus den Jahren 1940—1943 verglichen.

Vergleich der diploiden und tetraploiden Sippen.

a) Stengellänge

Mit Ausnahme der Sorte Szekacs ist die Wuchshöhe der tetraploiden Sippen deutlich von der der diploiden verschieden. Ihre Differenzen sind statistisch gesichert.

Ausmaß und Richtung der Differenzen sind aber sehr unterschiedlich. So zeigt der tetraploide Blenda eine Verminderung der Wuchshöhe um 39,9%, der tetraploide O 41 um 17,8%, Herkules um 14% und Concurrent um 4%. Nur bei dem Öllein Palermo liegen die Veränderungen in umgekehrter Richtung: die tetraploide Sippe ist um 42,9% höher als die diploide. Interessant ist die Tatsache, daß diese starke Wuchssteigerung erst im Laufe der Generationen nach der Polyploidisierung eingetreten ist. Im Jahre 1940 waren nach der Untersuchung LEVANS (1942) die Tetraploiden nur um 4,8% höher. Bei der anderen Ölleinsorte Szekacs waren ursprünglich die Tetraploiden ebenfalls um 3,7% höher; hier erfolgte aber die Entwicklung in der umgekehrten Richtung, so daß die Tetraploiden im Jahre 1950 den Diploiden um 1,1% in der Höhe unterlegen waren. Bei den übrigen Leinsorten, deren Tetraploiden ebenfalls niedriger sind, zeigt ein Vergleich zwischen 1940 und 1950 teilweise ein weiteres Absinken der Höhe der Tetraploiden (Herkules -6,9% und O 41 -7,1%)

Tabelle 1. Vergleich der Stengellänge zwischen 2x- und 4x-Sippen.

Sorte	2x			4x		Differenz 2x — 4x				Werte d. Tetraploiden bei 2x = 100		Differenz 1950—1940
	n	M	m	M	m	Diff.	m Diff.	t	p	1950	1940	
Herkules	100	68,56	0,697	58,97	0,693	- 9,59	0,984	9,7	<0,1	86	92,9	- 6,9%
Concurrent	100	66,15	0,658	63,3	0,567	- 2,85	0,869	3,2	0,14	95,8	93,1	+ 2,7%
O 41	100	67,5	1,1	57,4	0,63	-10,1	1,267	7,9	<0,1	82,2	93,3	- 7,1%
Blenda	100	64,41	0,726	40,52	0,574	-26,89	0,926	2,9	<0,1	60,1	—	—
Szekacs	100	55,9	0,344	55,3	0,546	- 0,6	0,645	0,93	36,8	98,9	103,7	-4,8%
Palermo	100	43,24	0,457	61,74	0,614	+18,5	0,765	24,2	<0,1	142,9	104,8	+38,1%

Tabelle 2. Vergleich der Kornzahl/Kapsel zwischen 2x- und 4x-Sippen.

Sorte	2x			4x		Differenz 2x — 4x				Werte der 4x-Rassen bei 2x = 100		Differenz 1950—1940
	n	M	m	M	m	Diff.	m Diff.	t	p	1950	1940	
Herkules	100	7,77	0,13	4,81	0,33	-2,96	0,37	8	<0,1	61,9	53,6	+ 8,3
Concurrent	100	7,34	0,2	3,32	0,15	-4,02	0,25	16	<0,1	45,2	35,8	+ 9,4
O 41	100	5,47	0,2	3,7	0,15	-1,8	0,25	7,2	<0,1	67,6	25,5	+42,1
Blenda	100	7,49	0,14	4,75	0,14	-2,74	0,2	13,7	<0,1	63,4	—	—
Szekacs	100	5,7	0,13	3,89	0,17	-1,56	0,18	8,4	<0,1	68,2	58,6	+ 9,64
Palermo	100	5,45	0,13	4,48	0,16	-1,97	0,2	9,5	<0,1	63,8	40,7	+23,15

stimmung des mittleren Fehlers abgesehen. Die Werte der 3 Proben zeigten aber stets nur geringe Abweichungen. Die tetraploiden Pflanzen lassen sich durch die auffallend veränderte Samenform (s. Abb. 1) ohne Schwierigkeiten von diploiden unterscheiden, so daß bei den Untersuchungen mechanische Verunreinigungen und Zurückregulierungen leicht ausgeschieden werden können.

teils eine geringere Zunahme, wie bei Concurrent um 2,7%.

b) Kornzahl/Kapsel (Fertilität)

Die Fertilität sämtlicher tetraploider Sippen ist auch noch im Jahre 1950 stark herabgesetzt. Wird die Fertilität der diploiden Sippen gleich 100 gesetzt, so liegt die der tetraploiden zwischen 45,2 und 68,2.

Im Vergleich zu 1940 ist aber bei allen Sippen eine mehr oder weniger starke Zunahme der Fertilität eingetreten. LEVAN hat 1945 die Fertilität dieser tetraploiden Sippen in den Jahren 1940–1943 mitgeteilt. Diese Ergebnisse sind noch einmal in der Tabelle 3 zusammengestellt und den Befunden des Jahres 1950 gegenübergestellt.

Mit Ausnahme von Concurrent, der bereits in der C_1 eine relativ hohe Fertilität besaß und diese dann nicht mehr wesentlich steigern konnte, ist bei den übrigen Sorten eine sehr beachtliche, wenn auch unterschiedlich starke Steigerung der Fertilität eingetreten. Bemerkenswert ist, daß Blenda, der 1940 die niedrigste Fertilität aufwies, 1950 zusammen mit Herkules an der Spitze steht. — Daß die Fertilität der Tetraploiden

der Fertilitätskurven bei den 2x- und 4x-Sippen statt. Es wurden Fertilitätsklassen von 0, 0,1–1, 1,1–1, 1,1–2, 2,1–2 usw. Samen je Kapsel gebildet, die auf der Abszisse eingetragen sind, während die Ordinate

Tabelle 3. Zunahme der Fertilität (Samenzahl/Kapsel) der 4x-Sippen von 1940–1950.

Jahr	Herkules	Concurrent	O 41	Blenda	Szekacs	Palermo
1940	2,36	3,17	1,23	1	1,87	1,00
1941	1,64	2	1,21	—	0,14	0,83
1942	2,67	2,87	1,89	2,02	2,46	2,34
1943	2,97	3,21	2,62	2,92	2,50	2,79
1950	4,81	3,32	3,7	4,75	3,89	3,48
1950 bei 1940=100	203,8	107,9	300,8	475	206,1	348

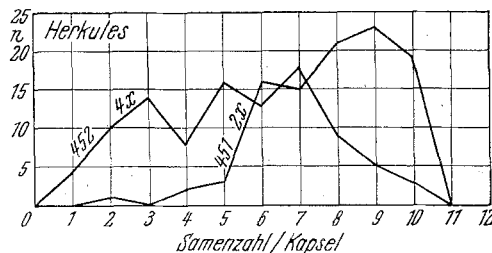


Abb. 2. Fertilität der 2x- und 4x-Sippen von Herkules.

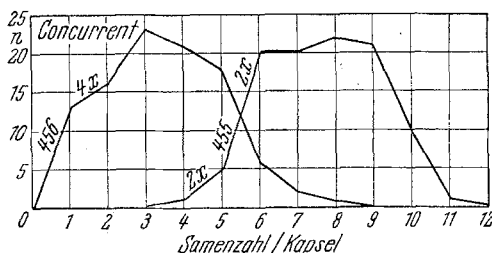


Abb. 3. Fertilität der 2x- und 4x-Sippen von Concurrent.

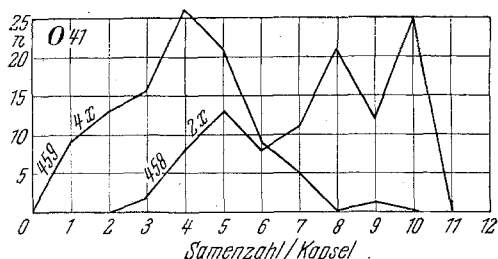


Abb. 4. Fertilität der 2x- und 4x-Sippen von O 41.

noch nicht ihr Optimum erreicht hat, zeigen die statistischen Untersuchungen des Jahres 1950. Die Streuung der Fertilität der tetraploiden Sippe ist nur bei Herkules wesentlich höher, während sie bei den anderen tetraploiden Sippen gleich denen der diploiden ist, ja sogar noch etwas unter ihnen liegt. Wie aber die graphischen Darstellungen in der Abb. 2 bis 7 zeigen, findet eine weitgehende Überschneidung

die Individuenzahl für jede Klasse angibt. Bei allen 4x-Sippen wurde eine mehr oder weniger große Zahl von Pflanzen mit normaler Fertilität ausgelesen. Ob es sich hier in allen Fällen um Modi-

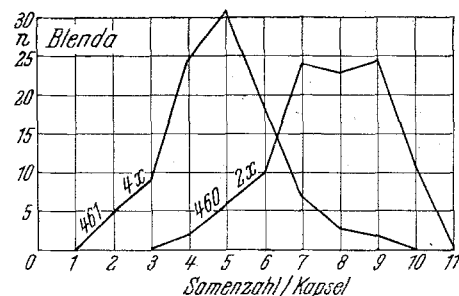


Abb. 5. Fertilität der 2x- und 4x-Sippen von Blenda.

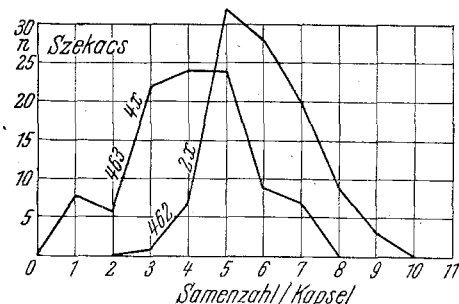


Abb. 6. Fertilität der 2x- und 4x-Sippen von Szekacs.

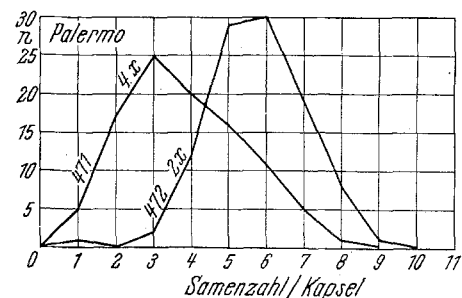


Abb. 7. Fertilität der 2x- und 4x-Sippen von Palermo.

fikationen handelt, wird die Nachkommenschaftsprüfung zeigen.

c) Samenkapselzahl.

Die Zahl der Samenkapsel ist bei den tetraploiden Sippen von Herkules, Concurrent, O 41 und Palermo z. T. recht wesentlich gegenüber den diploiden Sippen erhöht.

Die Relativwerte bei $2x = 100$ betragen 138,7, 127,4, 129,4 bzw. 147,8. Nur die tetraploiden Sippen von Blenda und Szekacs haben eine niedrigere Zahl. Gegenüber den Werten von 1940 ist bei allen Sorten

Concurrent die Abnahme um 15,7% doch wohl für eine genetische Veränderung spricht.

Wie bereits mitgeteilt, sind die tetraploiden Samen deutlich von den diploiden in ihrer Gestalt durch

Tabelle 4. Vergleich der Samenkapselzahl zwischen $2x$ - und $4x$ -Sippen.

Sorte	$2x$			$4x$		Differenz $2x-4x$				Werte der $4x$ bei $2x = 100$		Differenz
	n	M	m	M	m	Diff.	m Diff.	t	p	1950	1940	1950-1940
Herkules	100	2,04	0,13	2,83	0,2	+0,79	0,24	2,49	1,2	138,7	53,6	+ 85,1
Concurrent	100	2,77	0,16	3,53	0,15	+0,76	0,22	3,5	<0,1	127,4	35,8	+ 91,6
O 41	100	1,7	0,11	2,2	0,14	+0,5	0,18	2,8	0,52	129,4	25,5	+103,9
Blenda	100	2,79	0,15	2,24	0,13	-0,5	0,2	2,5	1,2	80,3	—	—
Szekacs	100	3,23	0,22	2,15	0,13	-1,08	0,26	4,1	<0,1	66,5	58,6	7,9
Palermo	100	3,72	0,19	5,51	0,33	+1,74	0,36	4,6	<0,1	147,8	40,7	+107,1

eine Zunahme der Samenkapselzahl der tetraploiden Sippen erfolgt, die bei Palermo und O 41 besonders hoch sind. Diese Ergebnisse müssen aber mit großer Vorsicht aufgenommen werden, da die Zahl der Samenkapseln leicht durch Außenbedingungen (Standraum) modifiziert werden kann.

einen veränderten Längen-Breitenindex zu unterscheiden. In Abb. 1 sind Proben diploider und tetraploider Samen aller untersuchter Sorten dargestellt.

e) Samenertrag.

Für die praktische Nutzung von Sorten sind zwar nur Ergebnisse aus exakten Leistungsversuchen ausschlaggebend, in denen die Sorten auf Grund ihres Verhaltens in ganzen Beständen hinsichtlich ihrer Ertragsleistung beurteilt werden und nicht auf Grund von Analysen einzelner Pflanzen; vom genetisch-

züchterischen Standpunkt hat aber auch das Verhalten der Ertragskomponenten ein gewisses Interesse, wie sie aus Analysen von Einzelpflanzen gewonnen werden und wie diese sich auf die Ertragsbildung auswirken. Bei der Einzelpflanze wird der Ertrag bestimmt aus Kapselzahl, Samenzahl und 1000-Korngewicht. Da bei den einzelnen tetraploiden Sippen diese

Eigenschaften unterschiedlich verändert werden, (s. Tab. 6) so ergeben sich im Endresultat auch verschiedene Ertragsleistungen.

d) 1000-Korngewicht.

In der Tabelle 5 sind noch die 1000-Korngewichte der $2x$ - und $4x$ -Sippen zusammengestellt.

Tabelle 5. Vergleich des 1000-Korngewichts zwischen $2x$ - und $4x$ -Sippen.

Sorte	1950			1940			Relativwerte der $4x$ bei $2x = 100$		Differenz der Relativwerte zwischen 1940-1950
	$2x$	$4x$	Diff.abs.	$2x$	$4x$	Diff.abs.	1950	1940	
Herkules	5,83	7,81	1,98	4,67	6,4	1,73	133,9	137,1	- 3,2%
Concurrent	5,33	8,19	2,86	3,80	6,57	2,69	153,6	169,3	-15,7%
O 41	5,08	8,48	3,40	—	—	—	166,9	—	—
Blenda	5,43	7,26	1,83	—	—	—	133,7	—	—
Szekacs	7,31	9,32	2,01	—	—	—	127,5	—	—
Palermo	7,40	9,68	2,28	6,10	7,94	1,84	130,8	130,2	+0,2%

Tabelle 6. Differenzen zwischen den tetraploiden und den diploiden Sippen.

Sorte	Samen/Kapsel		Kapselzahl		1000-Korngewicht	
	abs.	in %	abs.	in %	abs.	in %
Herkules	-2,96	-28,1%	+0,79	+38,7%	+1,98	+33,9%
Concurrent	-4,02	-54,8%	+0,76	+27,4%	+2,86	+53,6%
O 41	-1,8	-32,4%	+0,5	+29,4%	+3,4	+66,9%
Blenda	-2,74	-36,6%	-0,5	-19,7%	+1,8	+33,7%
Szekacs	-1,56	-31,8%	-1,3	-33,5%	+2,01	+27,5%
Palermo	-1,97	-36,2%	+1,74	+47,8%	+2,28	+30,8%

Das 1000-Korngewicht der tetraploiden ist gegenüber den diploiden bei allen Sorten erheblich vergrößert, doch in verschiedenem hohem Ausmaß; die Relativzahlen schwanken zwischen 127,5 bis 166,9 bei $2x = 100$. Die geringste Zunahme zeigen die Ölleine Szekacs und Palermo. In Anbetracht der Tatsache, daß durchschnittlich die beiden Ölleine gegenüber den Faserleinen bereits ein um 38% höheres 1000-Korngewicht haben, ist nach der Polyploidisierung eine gleich große Steigerung wie bei den Faserleinen auch nicht zu erwarten. Für Feststellungen, wie sich das 1000-Korngewicht bei den Tetraploiden in dem Zeitraum von 1940-1950 verändert hat, stehen leider nur Zahlenangaben für 3 Sorten aus dem Jahre 1940 zur Verfügung. Diese dürfen aber in Anbetracht der Modifizierbarkeit dieser Eigenschaft in den einzelnen Jahren auch nur mit Vorsicht ausgewertet werden: bei Herkules und Palermo scheint keine Veränderung eingetreten zu sein, während bei

Die Ertragsleistungen der polyploiden Sippen im Samenertrag (s. Tab. 7) sind bei den Sorten Herkules, O 41 und Palermo höher als die der diploiden. Die

Tabelle 7.

Durchschnittserträge von Einzelpflanzen
berechnet aus Kapselzahl \times Samenzahl \times 1000-Korngewicht.

Sorte	Ertrag in mg		Relative Leistung von $4x$ bei $2x = 100$
	$2x$	$4x$	
Herkules	92,4 mg	106,3 mg	115
Concurrent	108,3	95,9	88,57
O 41	56,5	69	122
Blenda	113,4	77,2	68,1
Szekacs	134,6	77,9	57,9
Palermo	150	184	122,6

verringerte Samenzahl je Kapsel (Fertilität) wird bei O 41 durch das um 66,9% erhöhte 1000-Korngewicht nicht nur wettgemacht, sondern die Gesamtleistung noch gesteigert; bei Palermo führt zu demselben Er-

gebnis die um 47,8% erhöhte Kapselzahl, während das um nur 30,8% gesteigerte 1000-Korngewicht einen nicht so starken Kompensationseffekt wie bei der Sorte O 41 ausübt. Bei Herkules ist ebenfalls die um 38,7% gesteigerte Kapselzahl entscheidend für die erhöhte Leistung der 4x-Sippe. — Bei Concurrent reicht die so beträchtliche Erhöhung des 1000-Korngewichts um 53,6% und die nur mittlere Erhöhung der Kapselzahl um 27,4% nicht aus, um die besonders hohe Fertilitätsverminderung um 54,8% auszugleichen, so daß der Samenertrag der tetraploiden Sippe nicht an den der diploiden heranreicht. Stark im Samenertrag fallen die 4x-Sippen von Blenda und Szekacs ab, da hier nicht nur die Samenzahl je Kapsel sondern auch die Kapselzahl vermindert ist, und somit das nur um 33,7% bzw. 27,5% erhöhte 1000-Korngewicht zur Kompensation der Ertragsleistung nicht ausreicht.

Das Merkmal der Kapselzahl wurde bereits als leicht modifizierbar bezeichnet, insbesondere bei verschiedener Bestandesdichte. Es ist daher auch fraglich, ob es in gedrillten Beständen dieselbe starke Bedeutung als Ertragskomponente hat wie bei der Ertragsberechnung auf Grund von Einzelpflanzenanalysen. Aus diesem Grund sind auch die Ertragsleistungen nur aus Samenzahl je Kapsel \times 1000-Korngewicht errechnet worden (s. Tab. 8).

Bei dieser Ertragsberechnung zeigt sich dann nur noch die 4x-Sippe von O 41 der 2x-Sippe überlegen, da hier die erhöhte Leistung vor allem durch das 1000-Korngewicht und weniger durch die Kapselzahl bedingt ist. Bei den übrigen Sorten erreichen die 4x-Sippen nicht die Leistung der 2x-Sippen.

Die größten Erfolgsaussichten, die Samenerträge durch züchterische Maßnahmen zu steigern, liegen vor allem bei der 4x-Sippe von O 41. Die Aussichten durch Individualauslesen mit Nachkommenschaftsprüfung zu diesem Erfolg zu kommen, dürfte allerdings nicht sehr groß sein. Unter 100 untersuchten Pflanzen wurden nur 7 mit einer Kornzahl von 6–9 gefunden, wobei die diploide Sippe eine durchschnittliche Kornzahl von 5,47 hat. Dagegen kommen sehr wohl Kreuzungen mit 4x-Herkules in Betracht, der eine sehr große Streubreite in der Fertilität zeigt. Hier wurden unter 100 Pflanzen 11 mit einer Samenzahl von 8–10 gefunden, während die durchschnittliche Samenzahl der 2x-Sippe 7,7 beträgt. Aus diesem Grunde dürfte bei Herkules auch einfache Individualauslese zu einer Erhöhung der Fertilität und damit des Samenertrages führen.

Vergleich von tetraploiden Kreuzungsnachkommenschaften mit den Eltern.

Nachdem LEVAN 1939 aus der Colchicinbehandlung des vorhergehenden Jahres 400 tetraploide Pflanzen erhalten hatte, wurden im selben Jahr Kreuzungen

zwischen verschiedenen Sippen durchgeführt. Über die Fertilität der F_1 – F_4 Generationen in den Jahren 1940–1943 im Vergleich zu den Eltern wurden bereits Zahlenwerte veröffentlicht (LEVAN 1945). Im Jahre 1950 stand aus diesen Kreuzungen noch folgendes Material für die Auswertung zur Verfügung:

F_{11} Herkules \times Concurrent:	2 Stämme,
F_{11} Herkules \times O 41	1 Stamm
F_{11} Herkules \times Szekacs:	4 Stämme
F_{11} Palermo \times Szekacs:	3 Stämme.

Tabelle 8. Durchschnittliche Erträge von Einzelpflanzen berechnet aus Samenzahl \times 1000-Korngewicht.

Sorte	2x	4x	Relative Leistung von 4x bei 2x = 100
Herkules	45,29	37,56	82,92
Concurrent	39,12	27,19	69,5
O 41	27,78	31,37	112,9
Blenda	40,67	34,40	84,77
Szekacs	41,66	36,25	86,9
Palermo	45,7	33,39	73,06

Tabelle 9. Ergebnisse der Nachkommenschaften aus Kreuzungen tetraploider Sippen.

Nr. 1950	Kreuzung	Halmlänge		Kapselzahl		Samen/Kapsel		1000-Korn- gewicht
		M	m	M	m	M	m	
453	Herkules \times Concurrent	65,96	0,5	2,19	0,095	4,29	0,178	8,29
454	„	66,34	0,746	2,93	0,153	4,14	0,165	8,42
457	Herkules \times O 41	62,3	0,524	1,83	0,092	3,39	0,094	8,7
464	Herkules \times Szekacs	59,32	0,105	2,56	0,152	4,72	0,205	8,08
465	„	52,33	1,038	2,08	0,12	3,77	0,154	8,52
466	„	57,2	0,625	2,51	0,122	3,64	0,212	9,23
467	„	55,19	0,565	3,35	0,184	3,72	0,13	8,97
468	Palermo \times Szekacs	58,59	0,585	3,28	0,155	3,81	0,13	9,77
469	„	59,44	0,776	3,96	0,191	3,79	0,189	10,2
470	„	61,5	0,562	2,53	0,205	3,39	0,151	10,03

Tabelle 10. Veränderung der Fertilität in den 4x-Kreuzungen. Samenzahl/Kapsel.

Kreuzung	F_1 1940	F_2 1941	F_3 1942	F_4 1943	F_{11} 1950	F_{11} bei $F_4 = 100$
Herkules \times Concurrent ¹	2,43	2,10	3,13	3,54	4,21 ¹	118,9
Herkules \times O 41	1,93	1,88	2,38	3,27	3,39	103,6
Herkules \times Szekacs ²	2,02	2,06	3,53	3,97	3,99 ²	100,5
Palermo \times Szekacs ³	1,68	1,81	3,01	3,67	3,66 ³	99,7

¹ Durchschnitt von 2 Stämmen.

² Durchschnitt von 4 Stämmen.

³ Durchschnitt von 3 Stämmen.

In der Tabelle 9 sind die Zahlenwerte bezüglich Halmlänge, Kapselzahl, Samenzahl je Kapsel und 1000-Korngewicht bei der F_{11} der tetraploiden Kreuzungstämme zusammengestellt.

Die Veränderung dieser Werte ab F_1 im Laufe der Generationen kann nur für die Samenzahl/Kapsel verfolgt werden, für die LEVAN 1945 die in Tabelle 10 wiedergegebenen Zahlenwerte veröffentlicht hat.

Zwischen F_1 und F_2 bestehen keine wesentlichen Unterschiede in der Fertilität, dagegen tritt in der F_3 und F_4 eine starke Steigerung ein: in manchen Kreuzungen verdoppelt sich beinahe die Zahl der Samen je Kapsel. Vergleicht man dann aber weiter die F_4 mit der F_{11} im Jahre 1950, so stellt man zur großen Überraschung fest, daß keine weitere Zunahme der Fer-

Tabelle 11. Vergleich der Nachkommenschaften aus tetraploiden Kreuzungen mit ihren Eltern.

Best.- Nr. 1950	Kreuzungsnachk. und Elter	Halmhöhe			Kapselzahl			Samen/Kapsel			1000-Korn- gewicht: Differenz	
		Diff.	mDiff.	t	p	Diff.	mDiff.	t	p	Diff.	mDiff.	p
453	Herkules × Concurrent — Herkules	+7,01	0,85	8,3	<0,1	-0,64	0,22	2,9	0,38	-0,52	0,12	<0,1
453	Herkules × Concurrent — Concurrent	+2,66	0,76	3,5	<0,1	-1,34	0,17	7,8	<0,1	+0,97	0,59	11
454	Herkules × Concurrent — Herkules	+7,37	1,01	7,2	<0,1	+0,1	0,25	0,4	68,8	-0,67	0,38	8,9
454	Herkules × Concurrent — Concurrent	+3,04	0,93	3,2	<0,14	-0,6	0,21	2,8	0,52	+0,82	0,22	<0,1
457	Herkules × O 41 — Herkules	+3,4	0,27	1,2	23	+1	0,22	4,5	<0,1	-1,42	0,35	<0,1
457	Herkules × O 41 — O 41	+4,9	0,81	6	<0,1	0,37	0,16	2,3	2,1	-0,31	0,17	7,2
464	Herkules × Szekacs — Herkules	+0,35	0,7	0,5	61,8	-0,27	0,25	0,1	92	-0,09	0,39	84,1
464	Herkules × Szekacs — Szekacs	+4,02	0,55	7,3	<0,1	+0,41	0,2	0,2	84,1	+0,83	0,26	0,14
465	Herkules × Szekacs — Herkules	+6,64	1,24	5,4	<0,1	-0,75	0,23	3,3	0,10	-1,04	0,37	0,52
465	Herkules × Szekacs — Szekacs	+2,97	1,25	2,37	1,6	-0,07	0,18	0,4	68,8	-0,12	0,22	61,8
466	Herkules × Szekacs — Herkules	-1,77	0,93	1,9	5,7	-0,32	0,26	1,2	23	-1,17	0,4	0,38
466	Herkules × Szekacs — Szekacs	+1,09	0,83	1,3	19,3	+0,36	0,23	1,5	13,2	-0,25	0,27	36,08
467	Herkules × Szekacs — Herkules	-3,78	0,26	1,4	16	+0,52	0,27	1,9	5,7	-1,09	0,36	0,27
467	Herkules × Szekacs — Szekacs	-0,11	0,78	0,14	92	+1,20	0,23	5,2	<0,1	-0,17	0,21	42,4
468	Palermo × Szekacs — Palermo	-3,15	0,84	3,7	<0,1	-2,23	0,36	6,1	<0,1	+0,33	0,2	11
468	Palermo × Szekacs — Szekacs	+3,29	0,8	4,1	<0,1	+1,13	0,2	0,56	61,8	-0,08	0,21	<68
469	Palermo × Szekacs — Palermo	-2,3	0,98	4,3	19,3	-1,55	0,37	4,2	<0,1	+0,31	0,24	23
469	Palermo × Szekacs — Szekacs	+4,34	0,94	4,6	<0,1	+1,81	0,28	7,8	<0,1	-0,1	0,25	68,8
470	Palermo × Szekacs — Palermo	-0,24	0,83	2,8	0,52	-1,98	0,38	5,2	<0,1	-0,09	0,21	68,8
470	Palermo × Szekacs — Szekacs	+6,2	0,79	7,8	<0,1	+0,38	0,24	1,5	13,2	-0,5	0,22	2,8

tilität erfolgt ist, mit Ausnahme der Kreuzung Herkules × Concurrent, die eine Zunahme der Samen je Kapsel um 18,9% aufweist. — Wie sich die Fertilität in den dazwischenliegenden 6 Generationen verhalten hat, kann nicht gesagt werden, da die diesbezüglichen Protokolle noch nicht ausgewertet worden sind.

Vom genetisch-züchterischen Standpunkt aus ist die Untersuchung, wie weit bei den analysierten Eigenschaften der Kreuzungsstämme Transgressionen gegenüber den Eltern eingetreten sind, von besonders großer Bedeutung. Die Ergebnisse dieser vergleichenden Untersuchungen sind in Tabelle 11 zusammengestellt.

Hier ist jeder Kreuzungsstamm jedem seiner beiden Eltern gegenübergestellt worden, indem seine Differenzen in der Halmhöhe, der Kapselzahl, der Samenzahl je Kapsel und im 1000-Korngewicht gegenüber jedem der beiden Eltern ermittelt wurden.

a) Halmhöhe.

Einwandfreie Transgressionen hinsichtlich der Halmhöhe sind in den Stämmen 453 und 454 aus der Kreuzung Herkules × Concurrent eingetreten. Von einem befriedigenden Erfolg kann auch in den Fällen gesprochen werden, wo zwar die Überlegenheit gegenüber dem einen Elter statistisch gesichert ist, dagegen die \pm Differenz gegenüber dem 2. Elter mit einem p -Wert über 0,5 nicht gesichert ist. Hierzu gehören die Stämme 457 aus Herkules × O 41, 464 aus Herkules × Szekacs und 469 und 470 aus Palermo × Szekacs. — Deutliche Transgressionen nach der negativen Richtung sind aber nicht aufgetreten. — Die 4x-Stämme aus der Kreuzung Palermo × Szekacs mit einer Halmhöhe von 58,59 cm, 59,44 cm bzw. 61,5 cm zeigen gegenüber den 4x-Eltern zwar keine Transgressionen; berücksichtigt man aber, daß die Halmhöhe bei Palermo von 1940 bis 1950 um 38,1% zugenommen hat und legt die Halmhöhe zugrunde zur Zeit, als die Kreuzungen gemacht wurden, so ändert sich das Bild völlig. Auf Grund der Relativwerte von 1940 wäre dem 4x-Szekacs im Jahre 1950 eine Halmhöhe von 57,9 cm und dem 4x-Palermo von 45,31 cm zuzuschreiben. Bei Zugrundelegung dieser Vergleichszahlen zeigen die drei Kreuzungsstämme aus Palermo × Szekacs Transgressionen, wenn auch verschieden hohe. —

b) Kapselzahl.

In der Eigenschaft der Kapselzahl sind keine deutlichen Transgressionen zu verzeichnen. Bei Stamm 467 aus Herkules × Szekacs ist ein gewisser Erfolg eingetreten. Die Differenz ist zwar gegenüber dem einen Elter stark gesichert, gegen-

über dem anderen Elter aber überschreitet sie mit $p = 5,7\%$ grade den noch zulässigen p -Wert von 5% .

c) Samenzahl/Kapsel.

Nur in 2 Zuchtstämmen 454 und 464 ist gegenüber einem Elter eine statistisch gesicherte Erhöhung der Fertilität eingetreten. Es überwiegt vielmehr die Tendenz zur Verminderung der Samenzahl, wenn auch die Differenzen nicht in allen Fällen gesichert sind. Es besteht aber vielleicht die Möglichkeit, durch Individualauslesen die Fertilität der Kreuzungsstämme weiterhin zu erhöhen, da ihre Streubreite z.T. noch recht hoch ist, wie aus den Abb. 8—11 zu ersehen ist, in denen die Verteilung der Individuen jedes Stammes auf die Fertilitätsklassen zu ersehen ist. Auffallend hoch ist die Zahl hochfertiler Pflanzen im Stamm 453 aus der Kreuzung *Herkules* × *Concurrent*. Hier wurden unter 200 Pflanzen 27 gefunden, die 8—10 Samen je Kapsel aufweisen, während die diploiden Eltern 7,7 bzw. 7,3 Samen je Kapsel haben. Die Nachkommenschaftsprüfung wird erweisen, wieweit hier erbliche Varianten vorliegen.

d) 1000-Korngewicht.

In 6 Stämmen ist eine Transgression eingetreten, während bei den restlichen 4 Stämmen das 1000-Korngewicht nur von dem einen Elter überschritten wird. Über die statistische Sicherung der Differenzen kann nichts ausgesagt werden, da das 1000-Korn-

Tabelle 12. Durchschnittserträge von Einzelpflanzen aus $4x \times 4x$ -Nachkommenschaften, im Vergleich zu den Eltern, berechnet aus Kapselzahl × Samenzahl × 1000-Korngewicht.

Nr.	Kreuzung	Ertrag mg	Rel. Leistung im Vergleich zu:	
			Elter I = 100	Elter II = 100
453	<i>Herkules</i> × <i>Concurrent</i>	77,88	73,2	81,1
454	<i>Herkules</i> × <i>Concurrent</i>	101,78	95,7	106,0
457	<i>Herkules</i> × <i>O 41</i> . . .	54,84	51,5	79,4
464	<i>Herkules</i> × <i>Szekacs</i> .	103,68	97,5	133,9
465	<i>Herkules</i> × <i>Szekacs</i> .	66,81	62,8	85,7
466	<i>Herkules</i> × <i>Szekacs</i> .	84,33	79,3	108,1
467	<i>Herkules</i> × <i>Szekacs</i> .	111,78	105,1	143,4
468	<i>Palermo</i> × <i>Szekacs</i> .	122,09	66,3	156,6
469	<i>Palermo</i> × <i>Szekacs</i> .	153,08	83,2	196,4
470	<i>Palermo</i> × <i>Szekacs</i> .	86,02	46,7	110,4

gewicht nur auf Grund von 3 Proben ermittelt wurde (s. Einleitung). Besonders hoch ist das 1000-Korngewicht in den Stämmen 468, 469 und 470 aus *Palermo* × *Szekacs*: 9,77, 10,2 bzw. 10,03, während das von *Palermo* und *Szekacs* nur 9,68 bzw. 9,32 beträgt.

Tabelle 13. Durchschnittserträge von Einzelpflanzen aus $4x \times 4x$ -Nachkommenschaften, im Vergleich zu den Eltern, berechnet aus Samenzahl × 1000-Korngewicht.

Nr.	Kreuzung	Ertrag mg	Rel. Leistung im Vergleich zu:	
			Elter I = 100	Elter II = 100
453	<i>Herkules</i> × <i>Concurrent</i>	35,56	94,6	130,1
454	<i>Herkules</i> × <i>Concurrent</i>	34,85	92,7	128,1
457	<i>Herkules</i> × <i>O 41</i> . . .	29,49	78,5	94
464	<i>Herkules</i> × <i>Szekacs</i> .	38,13	101,5	105,2
465	<i>Herkules</i> × <i>Szekacs</i> .	33,12	88,1	91,3
466	<i>Herkules</i> × <i>Szekacs</i> .	33,59	89,4	92,7
467	<i>Herkules</i> × <i>Szekacs</i> .	33,36	88,8	92
468	<i>Palermo</i> × <i>Szekacs</i> .	37,22	111,7	102,6
469	<i>Palermo</i> × <i>Szekacs</i> .	38,65	115,7	106,6
470	<i>Palermo</i> × <i>Szekacs</i> .	34,00	101,8	93,7

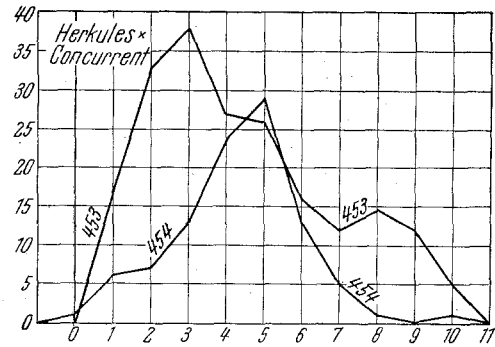


Abb. 8. Fertilität zweier Stämme aus der Kreuzung *Herkules* × *Concurrent*.

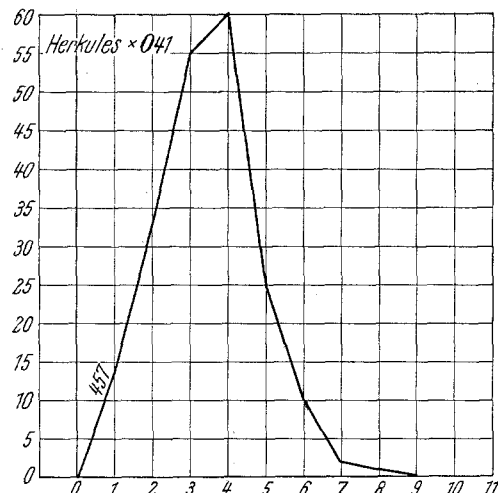


Abb. 9. Fertilität eines Stammes aus der Kreuzung *Herkules* × *O 41*.

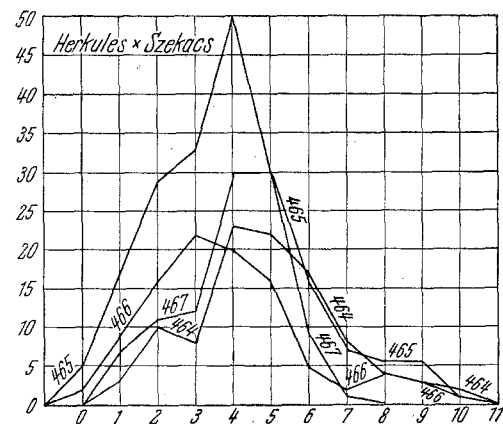


Abb. 10. Fertilität von 4 Stämmen aus der Kreuzung *Herkules* × *Szekacs*.

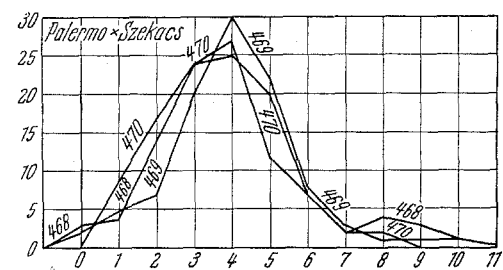


Abb. 11. Fertilität von 3 Stämmen aus der Kreuzung *Palermo* × *Szekacs*.

e) Samenertrag.

Wie beim Vergleich der reinen diploiden und tetraploiden Sippen wurde auch bei den Kreuzungsnachkommenschaften der Samenertrag einmal aus Kapsel-

zahl \times Samenzahl \times 1000-Korngewicht (s. Tab. 12). und zum anderen aus Samenzahl \times 1000-Korngewicht errechnet (s. Tab. 13).

Auf Grund der ersten Berechnung zeigt nur der Stamm 467 aus Herkules \times Szekacs eine Transgression über die Leistung beider Eltern. Nach der zweiten Berechnung sind die Stämme 468 und 469 aus Palermo \times Szekacs beiden Eltern überlegen, und der Stamm 464 aus Herkules \times Szekacs mindestens beiden Eltern gleichwertig.

Diskussion.

Die vergleichende Untersuchung von Halmlänge, Kapselzahl, Samenzahl/Kapsel, 1000-Korngewicht und Samenertragsleistung zwischen diploiden und tetraploiden Sippen bei 6 Leinsorten hat eine sehr starke Verschiedenheit beider Sippen in diesen Eigenschaften erkennen lassen. Diese Eigenschaften haben sich bei den tetraploiden Sippen nach ihrer experimentellen Erzeugung im Jahre 1938 und 1939 z. T. weitgehend verändert. In der Halmlänge sind einige 4x-Sippen noch kürzer geworden im Vergleich zu den 2x-Sippen, als sie bereits nach ihrer Erzeugung waren, eine dagegen auffallend länger. In der Fertilität, ausgedrückt durch die durchschnittliche Samenzahl der Kapseln einer Pflanze, ist bei allen 4x-Sippen eine Zunahme eingetreten; die Auslese auf dieses Merkmal hin erfolgte besonders intensiv. Die Zunahme der Fertilität von 1940 bis 1950 ist bei den einzelnen 4x-Sippen sehr unterschiedlich; sie schwankt zwischen 7,9% und 375%; am geringsten ist sie bei der Sippe, die bereits in der C_1 (1940) eine relativ hohe Fertilität besaß. Diese Tatsache könnte die Vermutung nahe legen, daß über ein bestimmtes Optimum hinaus die Fertilität der Tetraploiden nicht zu steigern wäre. Dieses Optimum würde bei dem gegenwärtigen Stand der Versuche aber noch erheblich unter dem der Diploiden liegen. Es wird aber auf Grund der statistischen Analysen eine weitere Steigerung der Fertilität für sehr wahrscheinlich gehalten. Die Zahl der Kapseln zeigt bei vier 4x-Sippen eine Erhöhung, bei zwei dagegen eine Erniedrigung. Im Laufe der Jahre ist bei allen eine mehr oder weniger große Zunahme eingetreten. — Im 1000-Korngewicht ist bei allen 4x-Sippen eine Erhöhung gegenüber den 2x-Sippen eingetreten, wenn auch in einem verschieden hohen Grade. Für einen Vergleich zwischen 1940 und 1950 stehen für dieses Merkmal nur von 3 Sorten Zahlen zur Verfügung, die teils ein Gleichbleiben, teils ein Zurückgehen des 1000-Korngewichts anzeigen. — Bei der Feststellung des Samenertrages auf Grund von Einzelpflanzenanalysen zeigt es sich, daß einige 4x-Sippen den 2x-Sippen überlegen sind. Die geringere Fertilität wird in erster Linie durch ein erhöhtes 1000-Korngewicht und weiterhin auch durch eine größere Kapselzahl wieder ausgeglichen.

Durch Kreuzungen von tetraploiden Sippen untereinander wurden wohl Transgressionen hinsichtlich der Halmlänge, des 1000-Korngewichts und des Samenertrages erzielt, doch nicht in der so wichtigen Eigenschaft der Fertilität. Vor allem trat keine wesentliche Erhöhung in den zwischen F_4 und F_{11} liegenden Generationen ein. — Die Auslese auf Fertilität innerhalb der tetraploiden Sippen hat bis 1950 zu einem größeren Erfolg geführt als die in

den Kreuzungsnachkommenschaften, wenn auch LEVAN in den ersten Kreuzungsgenerationen eine höhere Fertilität im Vergleich zu dem damaligen Stand der 4x-Sippen feststellen konnte. — Vielleicht erzielt man größere Transgressionserfolge hinsichtlich der Fertilität, wenn die 4x-Sippen erst nach der langjährigen Selektion miteinander gekreuzt werden, nachdem sie bereits genotypisch besser ausbalanciert sind.

Wie stehen nun die hier gewonnenen Ergebnisse zu denen anderer Autoren und wie sind sie genetisch zu erklären?

Nachdem nach Entdeckung der Colchicinmethode im Jahre 1937 Polyploide in großer Zahl hergestellt werden konnten, liegen heute auch umfangreiche experimentelle Untersuchungen vor, in denen die erzeugten Polyploiden mit den diploiden Ausgangsformen in morphologischer und physiologischer Hinsicht verglichen werden (PIRSCHLE, SCHWANITZ, WETTSTEIN u. a.). Das Ergebnis dieser Arbeiten kann dahingehend zusammengefaßt werden, daß sich keine allgemein gültigen Regeln aufstellen lassen, nach denen eine Veränderung der morphologischen Merkmale und der physiologischen Eigenschaften beim Übergang der Diploiden in eine polyploide Stufe erfolgt. Die untersuchten Eigenschaften wie z. B. Sproßlänge, Chlorophyllgehalt, Frischgewicht, Trockengewicht können im Vergleich zu den Diploiden nach der positiven und nach der negativen Seite abgeändert sein. Dies trifft nicht nur beim Vergleich verschiedener polyploider Arten, sondern auch für verschiedene Sippen derselben Art zu.

Nur das Zellvolumen und der Wassergehalt der Zelle scheint bei allen experimentell erzeugten Polyploiden vergrößert zu sein. Hiermit hängen eine Verwässerung der Zellinhaltsstoffe und niedrigere osmotische Werte zusammen. Da die Zellvolumenverhältnisse die Grundlage bilden, nach denen eine geordnete Organbildung oder monströses Wachstum entsteht (v. WETTSTEIN 1938), muß sich eine Veränderung der Zellgröße auch in anderer Hinsicht, morphologisch und physiologisch stark auswirken, wie vor allem die herabgesetzte Fertilität, die langsamere Entwicklung und andere Eigenschaften bei den experimentell erzeugten Autopolyploiden zeigen. Die Zellvergrößerung erweist sich aber in ihrem Ausmaß als idiotypisch durch Genom und Plasmon bedingt, ebenso wie auch alle anderen untersuchten Eigenschaften ihre genetische Verankerung haben (v. WETTSTEIN 1938). — Bekanntlich kann das Wirkungsmaximum der einzelnen Gene von Autotetraploiden auf einer ganz verschiedenen Allelenstufe erreicht sein; wie u. a. aus den tetrasomen Spaltungsanalysen von LAWRENCE und SCOTT-MONCRIEFF (1935) bei *Dahlia variabilis* hervorgeht. Hier steigt die Wirkung des Gens *A* für Ausbildung heller Anthocyanfarbstoffe von der einfachen bis zur vierfachen Dosis, während *Y* (Gen für gelbe Flavone), und *B* (Gen für tiefe Anthocyanfarbstoffe) schon in einfacher Dosis ihr Wirkungsmaximum erreichen. Bei *Y*, dem Gen für elfenbeinfarbene Flavone, liegt schließlich das Maximum bei der 2fachen Dosis. Diese unterschiedliche Steigerung der Wirkung der einzelnen Gene, wenn beim Übergang zur tetraploiden Stufe vier statt der ursprünglich zwei Allele vorhanden sind, bringen das auf der diploiden Stufe genetisch fein abgestimmte Entwick-

lungssystem zur Auflösung, worauf auch LEVAN 1945 ausdrücklich hingewiesen hat. Hieraus erklären sich einerseits die mannigfachen Entwicklungsstörungen und die bei den einzelnen Sippen und Arten unterschiedlichen Merkmalsverschiebungen nach der Polyploidisierung, andererseits weisen sie aber auch auf die Möglichkeit hin, durch Selektion in den späteren Generationen neue Genotypen, die voll vital sind und gesteigerte Leistungsfähigkeit besitzen, zu gewinnen. Hierbei ist nur die eine Voraussetzung notwendig, daß die Ausgangsformen heterozygot sind, so daß bei den Tetraploiden Umkombinationen stattfinden können einerseits innerhalb der 4 dominanten und rezessiven Allele eines jeden einzelnen Gens und andererseits Umkombinationen zwischen den einzelnen Genen mit ihrem Gehalt an dominanten oder rezessiven Allelen. Diese Vorstellungen sind erstmalig von MELCHERS (1946) in voller Klarheit in einem Modellbeispiel erörtert worden als genphysiologische Grundlage für „Die Ursachen für die bessere Anpassungsfähigkeit der Polyploiden“.

Diese Arbeit MELCHERS scheint nicht die ihr gebührende Achtung gefunden zu haben. Vor allem findet sie in den umfangreichen Untersuchungen von SCHWANITZ (Untersuchungen an polyploiden Pflanzen I—XI. 1948—1951) bei der Auslegung seiner Versuche nicht die notwendige Berücksichtigung. SCHWANITZ versucht die mannigfachen morphologischen und physiologischen Veränderungen nach Polyploidisierung auf die Veränderung einiger weniger Grundfaktoren zurückzuführen, mit denen sie in einem kausalen Zusammenhang stehen. So läßt sich nach seinen Untersuchungen die Veränderungen des Wasserhaushaltes, der Frost- und Dürresistenz, der Herabsetzung der Sexualität, die Tendenz zur asexuellen Fortpflanzung und zum Perennieren, ferner die verringerte Atmungsintensität, das verlangsamte Wachstum und die bessere Haltbarkeit der Früchte auf die Verdoppelung des Zellvolumens zurückführen. So wertvoll und interessant auch die Aufklärung der entwicklungsphysiologischen Zusammenhänge sind, wie sie auch ganz besonders in seiner Arbeit über die Ursachen der herabgesetzten Sexualität zum Ausdruck kommen, so darf doch aber auch nicht die genotypische Verankerung der einzelnen physiologischen Teilprozesse und der einzelnen Organe übersehen werden, die in ihrer Entwicklung hinter dem abgeänderten Grundfaktor (z. B. dem Zellvolumen) stehen. Einen Beweis für die kausalen entwicklungsphysiologischen Zusammenhänge zwischen Zellvolumen und Fertilität bringt zwar der Fall der Entstehung von *Bryum Corrensii* aus dem experimentell erzeugten diploiden *Bryum caespitium*, wo wahrscheinlich durch Genmutation eine Verminderung des Zellvolumens und dadurch gleichzeitig volle Fertilität eintrat (WETTSTEIN und STRAUB 1942). Es ist aber auch vorstellbar, daß durch Umkombination oder Mutation Genotypen entstehen, die in den Entwicklungsgang so eingreifen, daß die Auswirkungen des veränderten Grundfaktors wieder kompensiert werden. Die Berechtigung derartiger Vorstellungen leitet sich aus den ersten praktischen Erfolgen der Polyploidiezüchtung ab, besonders bei Rot- und Grünklee (LEVAN 1948), wo nach langjähriger Selektion leistungsfähige Genotypen gewonnen werden konnten.

Es erscheint uns daher notwendig, den Nachdruck der künftigen Polyploidieforschung auf die Untersuchung derjenigen Prozesse zu legen, die sich in den Generationen nach der Polyploidisierung abspielen, ferner an ihren ursächlichen Zusammenhängen und damit auch an den Möglichkeiten zu arbeiten, diese Prozesse in die vom Züchter gewünschten Bahnen zu lenken. Während bereits ein reiches experimentelles Tatsachenmaterial über vergleichende Unterschiede zwischen Diploiden und Polyploiden und ihre idiotypische Bedingtheit erarbeitet worden ist, kann dasselbe über die der Polyploidie folgenden Prozesse nicht gesagt werden. Hier klaffen noch viele Lücken, und die hier mitgeteilten Versuche sollen einen kleinen Beitrag zu ihrer Schließung bringen. Unter diesem Gesichtspunkt und unter Berücksichtigung der erörterten genphysiologischen Vorstellungen sei noch einmal auf einige der bereits mitgeteilten Ergebnisse zurückgekommen.

Was die unterschiedliche Veränderung der Stengelänge nach der Polyploidisierung betrifft, so sind bereits ähnliche Fälle beschrieben worden, wie z. B. bei der tetraploiden *Balsamina impatiens* (PIRSCHLE 1942). Hier beträgt die relative Sproßlänge der eosin-Sippe 91 ($2x$ eosin = 100), die der weinrot-Sippe aber 115 ($2x$ weinrot = 100). Die innerhalb von 1940 bis 1950 erfolgten Veränderungen (s. Tab. 1), insbesondere die starke Verlängerung von 4x-Palermo ist aber nur denkbar, wenn das Ausgangsmaterial heterozygot gewesen ist. Nach Mitteilung erfahrener Leinzüchter sind aber die meisten Leinsorten nicht so durchgezüchtet, daß sie als völlig homozygot zu betrachten sind. Nicht nur durch Umkombination der bereits bestehenden heterozygoten Ausgangsformen, sondern auch durch Genmutationen sind die erzielten Selektionseffekte zu erklären. Hierbei muß man sich aber darüber im klaren sein, daß das Herausspalten homozygot rezessiver Formen bei tetraploiden Sippen länger dauert als bei diploiden. Aus einer AAAa-Heterozygoten, durch Mutation entstandenen, spalten frühestens in der 2. Generation aaaa-Typen heraus. — Es dürfte von Interesse sein, darauf hinzuweisen, daß die im Laufe von 10 Jahren erfolgten Veränderungen in der Halmlänge bei den einzelnen 4x-Sippen das Ergebnis einer natürlichen Zuchtwahl bzw. Anpassung sind. Daß die Ölleinsorte Palermo, also eine Herkunft aus südlichen Breitengraden, einen so großen positiven Selektionseffekt gezeigt hat, dürfte vielleicht seine Ursache darin haben, daß beim Öllein vom Züchter keine Selektion auf langen Stengel vorgenommen wird, und daß die natürlichen Umweltbedingungen in südlichen Breitengraden auf kurzen Stengel züchten. Dieses Fehlen der natürlichen und künstlichen Zuchtwahl auf langen Halm wirkt sich in genetischer Hinsicht derart aus, daß in solchen Populationen keine Anhäufung von Genen für Langstenglichkeit stattfindet. Es werden sich nur einige wenige Gene darin befinden, die die Stengellänge fördernd beeinflussen. Werden nun solche Gene tetraploid gemacht, so wirkt sich bei ihnen die erfolgte Verdoppelung der fördernden Gene bzw. Allele in viel stärkerem Maße aus als bei diploiden Genotypen, bei denen schon auf der diploiden Stufe durch Anhäufung von fördernden Genen ein gewisses Leistungsoptimum erreicht ist. Die Theorie von RASMUSSEN (1933) über quantitativ wirkende Gene, nach der mit steigender Genzahl die

Zunahme ihrer Wirkung immer geringer wird, dürfte auch für den vorliegenden Fall zutreffen. Aus dem Vorhandensein nur einiger fördernder Längengene bei Palermo erklärt sich der so große Längeneffekt nach ihrer Verdoppelung, wobei die Umweltbedingungen in Südschweden die natürliche Selektion langstenglicher Leintypen fördern. Für das Verhalten des 4x-Palermo geben auch die photoperiodischen Versuche HOFFMANNs (1944) einige aufklärende Hinweise. Er fand, daß Palermo im Kurztag zurückbleibt, während alle anderen Sorten, besonders die Faserleine, länger werden. Auch nach Jarovisation tritt eine Verkürzung der Stengellänge wie bei den meisten anderen untersuchten Sorten, ein. Da die Leine im Mittelmeergebiet häufig als Winterformen gebaut werden, sind sie sowohl der Wirkung der Jarovisation als auch des Kurztages ausgesetzt, die beide in die gleiche Richtung einer Stengelverkürzung wirken. Unter den Anbaubedingungen Schwedens fallen aber beide Wirkungen fort, so daß die Palermoherkunft dort länger werden muß. Diese Wirkung scheint sich nach Polyploidisierung noch zu verstärken, da unter den neuen Langtagbedingungen Schwedens ohne Jarovisation noch keine Selektion und damit Anhäufung von fördernden Genen für die neuen Verhältnisse stattgefunden hat. — Ob sich diese Größenzunahme des Stengels bei 4x-Palermo in der Zeit von 1940—1950 allmählich oder sprunghaft vollzogen hat, kann heute noch nicht gesagt werden, da die Auswertung der diesbezüglichen Protokolle einer späteren Arbeit vorbehalten ist.

Genetisch ganz ähnlich gelagert, doch in anderer Richtung wirkend, liegen die Verhältnisse beim 1000-Korngewicht. — Im Mittelmeergebiet finden sich vornehmlich großsamige Typen, während nach dem Norden hin die kleinsamigen zunehmen. Im Süden findet eine Selektion und damit Anhäufung von Genen für die Ausbildung großer Samen statt. Der Polyploidieeffekt bei dem Öllein Szekacs und Palermo ist daher auch relativ gering: Relativwerte 127,5 bzw. 130,2 gegen 133,7 bis 166,9 bei den Faserleinen. Die Abnahme des 1000-Korngewichte bei 4x-Herkules um 15,7% in der Zeit 1940—1950 spricht dafür, daß die natürliche Selektion unter den südschwedischen Bedingungen auf Kleinsamigkeit geht, wie es uns bereits aus der Verteilung der natürlichen Formenmannigfaltigkeit bekannt ist. — Die Selektionsergebnisse bezüglich Stengellänge und 1000-Korngewicht nach ihrer Polyploidisierung zeigen, eine wie große Bedeutung den Umweltfaktoren bei allen Untersuchungen auf diesem Gebiet zukommt. —

Daß im Laufe einer 10jährigen zielbewußten Selektion auch eine Zunahme der Fertilität bei den 4x-Sippen eingetreten ist, wurde bereits dargelegt; ebenso daß diese Zunahme vom züchterischen Standpunkt aus noch unzureichend ist. Während in unseren Versuchen 1950 die Relativwerte für die Fertilität der 4x-Sorten im Vergleich zu den 2x-Ausgangssorten 61,9, 45,2, 67,6, 63,4, 68,4, 63,8 betragen, gelang es SCHLÖSSER (1944) in 5—6 Generationen die Fertilität erheblich stärker zu steigern. Bei den besten Sippen von 4 tetraploiden Sorten beträgt die Fertilität: 82,6¹, 88, 77,8, 73,6; in allen Sorten kommen aber auch Sippen mit geringer Fertilität vor: 33,5¹, 21,5,

70,7, 55,6. SCHLÖSSER ist der Meinung, daß „es sich hierbei um irgendwelche Gewöhnungsvorgänge auf modifikativer Grundlage einmal der in einem neuen Genom zusammengefügt Chromosomen aneinander und dann dieses Genoms an das vorhandene Plasma handeln muß. Hierbei werden die Mengenverhältnisse der Chromosomen, bzw. die Zahlenverhältnisse der vermehrten Gene zu der als Gestaltungsgrundlage vorhandenen Plasmamenge für alle entwicklungsphysiologischen Beziehungen von entscheidender Bedeutung sein. Allerdings konnten vorläufig klare Einblicke in das Wesen dieser Vorgänge auf Grund sicherer Kausalanalysen in keinem Fall gewonnen werden“. Zu dieser Annahme von „Gewöhnungsvorgängen auf modifikativer Grundlage“ steht in einem gewissen Widerspruch die Tatsache, daß bei manchen Sippen derselben 4x-Sorten die Fertilität sehr niedrig bleibt. Es ist nicht recht einzusehen, warum diese Gewöhnungsvorgänge bei Sippen derselben Sorte so unterschiedlich verlaufen sollen, so daß SCHLÖSSER mit Recht die Ursachen für diese unterschiedlichen Fertilitätszunahmen als völlig unklar bezeichnet. Nun gibt SCHLÖSSER an, daß vor der Polyploidisierung aus den 4 Sorten durch mehrere Inzuchtgenerationen weitgehend homozygote Stämme isoliert worden sind. Die Vermutung liegt daher nahe, daß der unterschiedliche Genotypus der einzelnen Sippen SCHLÖSSERs verantwortlich ist für ihre verschiedene Reaktionsfähigkeit auf die modifikativen Gewöhnungsvorgänge hinsichtlich der Fertilität. Ebenso naheliegend ist aber auch die Vermutung, daß nicht alle isolierten Sippen vor der Polyploidisierung homozygot gewesen sind, so daß bei den heterozygoten Sippen noch eine Umkombination der Gene stattfinden konnte und somit die Möglichkeit der Selektion von Genotypen mit erhöhter Fertilität gegeben war. Das 1000-Korngewicht ist in den 5—6 Generationen nach der Polyploidisierung in allen Sippen aber weitgehend konstant geblieben, so daß das Ausgangsmaterial in diesen Genen homozygot gewesen sein muß. Gut fertile Sippen haben dasselbe 1000-Korngewicht wie schlecht fertile Sippen derselben Sorte. — Ein Vergleich der Versuchsergebnisse SCHLÖSSERs mit den unsrigen bereitet insofern Schwierigkeiten, als bei SCHLÖSSER keine näheren Angaben über die Gewinnung der Fertilitätswerte gemacht werden; man vermißt Angaben über die ermittelte Streuung und damit auch die Möglichkeit der Feststellung fehlerstatistisch gesicherter Differenzen.

Zusammenfassung.

1. Tetraploide Sippen von 6 Leinsorten, die im Jahre 1938 erzeugt wurden, sind nach 12jähriger Selektion im Jahre 1950 mit ihren diploiden Ausgangssippen hinsichtlich Stengellänge, Kapselzahl, Fertilität, 1000-Korngewicht und Samenertrag verglichen worden. Sämtliche 4x-Sippen hatten ein höheres 1000-Korngewicht; in der Fertilität sind sie alle unterlegen; in der Stengellänge, Kapselzahl und Samenertrag liegen die Abweichungen bei einigen 4x-Sippen in positiver, bei anderen in negativer Richtung.

2. Die im Jahre 1950 erhaltenen Werte der 4x-Sippen sind mit denen von LEVAN im Jahre 1942 und 1945 veröffentlichten verglichen worden. Hierbei zeigen sich innerhalb der Vergleichsräume erhebliche Ver-

¹ Die Relativzahlen wurden auf Grund der von SCHLÖSSER mitgeteilten absoluten Zahlen errechnet.

schiebungen nach der positiven und negativen Seite, soweit von den genannten Eigenschaften aus beiden Untersuchungsjahren Vergleichsmaterial vorliegt.

3. Stämme aus verschiedenen Kreuzungen von tetraploiden Sippen sind ebenfalls hinsichtlich der genannten Eigenschaften analysiert und hierbei vielfach Transgressionen festgestellt worden.

4. Die idiotypischen Ursachen der Unterschiede zwischen 2x- und 4x-Sippen werden erörtert, ebenso wie die im Laufe einer langen Selektion erfolgten genotypischen Veränderungen, wobei auf die Zusammenhänge zwischen geographischer Lage, Genotyp und natürlicher Selektionswirkung hingewiesen wird. —

Literatur.

1. HOFFMANN, W.: Der Einfluß der Tageslänge auf den Lein. — Die Bastfaser. Heft 5/6, S. 25 (1944). — 2. KUCKUCK, H. und A. MUDRA: Lehrbuch der allgemeinen Pflanzenzüchtung. Stuttgart: S. Hirzel-Verlag. — 3. LEVAN, A.: The response of some flax strain to tetraploidy. *Hereditas* 28, 246 (1942). — 4. LEVAN, A.: Aktuelle Probleme der Polyploidiezüchtung. Archiv der Julius Klaus-Stiftung für Vererbungs-forschung, Ergänzungsband zu Bd. 20, 142 (1945). — 5. LEVAN, A.: Nordisk polyploidiförädling hos jordbruksväxter. Nordisk Jordbruksforskning 1948, 468. — 6. MELCHERS, G.: Die Ursache für die bessere Anpassungsfähigkeit der Poly-

ploiden. *Z. f. Naturforschung* 1, 160 (1946). — 7. MUDRA, A.: Anleitungen zur Durchführung und Auswertung von Feldversuchen nach neueren Methoden. Leipzig: S. Hirzel-Verlag 1949. — 8. PIRSCHLE, K.: Quantitative Untersuchungen über Wachstum und „Ertrag“ autopolyploider Pflanzen. *Z. f. Vererbungsf.* 80, 126 (1942). — PIRSCHLE, K.: Weitere Untersuchungen über Wachstum und „Ertrag“ von Autopolyploiden (2n, 3n, 4n) und ihren Bastarden. *Z. f. Vererbungsf.* 80, 247 (1942). — 10. RASMUSSEN, J.: A contribution to the theory of quantitative character inheritance. *Hereditas* 18, 245 (1933). — 11. SCHLÖSSER, L. A.: Über das Fertilvermögen autopoloider Leinsippen. *Züchter* 16, 3 (1949). — 12. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. V. Zur Sexualität polyploider Pflanzen. *Züchter* 19, 344 (1949). — 13. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. VI. Über das Wachstum von diploiden und tetraploiden Keimpflanzen an gelbem Senf (*Sinapis alba* L.) und Sprengelrübren (*Brassica rapa* L. var. *oleifera* METZGER). *Züchter* 20, 131 (1950). — 14. WETTSTEIN, F. v.: Experimentelle Untersuchungen zum Artbildungsproblem. I. Zellgrößenregulation und Fertilvermögen einer polyploiden *Bryum*-Sippe. *Z. f. Vererbungsforschung* 74, 34 (1937). — 15. WETTSTEIN, F. v.: Experimentelle Untersuchungen zum Artbildungsproblem. II. Zur Frage der Polyploidie als Artbildungsfaktor. *Berichte der Deutschen Bot. Ges.* 58, 374 (1940). — 16. WETTSTEIN, F. v. und J. STRAUB: Experimentelle Untersuchungen zum Artbildungsproblem. III. Weitere Untersuchungen an autopolyploiden *Bryum*-Sippen. *Z. f. Vererbungsforschung* 80, 271 (1942).

(Aus dem Institut für Vererbungs- u. Züchtungsforschung.)

Untersuchungen über den Mechanismus des Immerspaltens bei der Kulturlevkoje (*Matthiola incana*)¹.

VON H. KAPPERT.

Das dauernde Aufspalten der Nachkommenschaften der allein fertilen einfach blühenden Pflanzen unserer Kulturlevkojen in etwa 50% einfach und 50% gefüllt blühende Individuen ist auf einen interessanten Mechanismus zurückzuführen, der darin besteht, daß die Eizellen der einfach blühenden Pflanzen sowohl die Erbanlage für einfache als auch die Anlage für gefüllte Blüten übertragen, während der Pollen nur die Füllungsanlage weitergibt. Die Ursache des Ausfalls ist ein Letalfaktor, dessen voll letale Wirkung auf die ihn enthaltenden männlichen Gonen beschränkt ist. Dieser Letalfaktor muß mit dem Gen für einfache Blüten gekoppelt sein.

In der Tat müssen unter diesen Voraussetzungen die Nachkommen der einfach blühenden, allein Samen produzierenden Typen zu 50% aus gefüllt, zu 50% aus einfach blühenden Individuen bestehen, entsprechend dem Schema:

$$\begin{array}{l} \text{Pollen:} \quad + s \\ \hline \text{Eizellen:} \quad \begin{array}{|l|l|} \hline \text{let } S & \text{let } (S/+s = \text{einfach} \\ + s & +s/+s = \text{gefüllt)} \\ \hline \end{array} \end{array}$$

(S = einfach (simplex); s = gefüllt).

Der Nachweis, daß ein Letalfaktor bei dem Mechanismus, der die Heterozygotie der einfach blühenden Samenträger dauernd erhält und damit das Immerspaltens bedingt, von ausschlaggebender Bedeutung ist, war nicht ganz einfach; ein Umstand, der s. Zt.

SAUNDERS zu einer komplizierten und recht willkürlichen Erklärungshypothese geführt hat. Die Tatsache der Heterogamie, d. h. des verschiedenen Erbverhaltens der männlichen und weiblichen Gonen läßt sich dagegen leicht aus dem Verhalten reziproker Kreuzungen zwischen konstant einfachen Wild- und immerspaltenden Kulturlevkojen erschließen. Diese bringen nämlich folgende Ergebnisse:

Mutter	Vater	F ₁	F ₂
Wildlevkoje	Kulturlevkoje	einfach	3 einf.: 1 gef.
Kulturlevkoje (immerspaltend)	Wildlevkoje	einfach	z. T. ∞ einf. z. T. 3 einf.: 1 gef.

Daraus geht hervor, daß der Pollen der Kulturlevkoje in der Tat nur das Gen für die Blütenfüllung überträgt, während die Eizellen auch die Einfachanlage weitergeben, so daß etwa 50% homozygotisch einfache F₁-Bastarde neben den 50% normalen, d. h. 3:1 spaltenden Heterozygoten entstehen.

Das Vorhandensein eines Letalfaktors in den immerspaltenden Levkojen läßt sich einerseits aus seinen Wirkungen auf die Zygote und auf das Verhalten der weiblichen und männlichen Gonen, andererseits aus den Folgerungen nachweisen, die aus Austauschvorgängen resultieren.

Die Wirkung auf die Zygote erstreckt sich von der Keimung bis zur Reife, sie bedingt, wie in einer früheren Arbeit bereits angeführt (KAPPERT 1937), bei den let S/+s Zygoten eine Keimverzögerung, die

¹ ELISABETH SCHIEMANN zum 70. Geburtstag.