

genbestrahlung oder auf einer genischen Mutation beruht.

Von der Ursache der Sexualität abgesehen, ist es züchterisch von größtem Interesse, daß man auf diesem Weg Sexualität hervorrufen kann. Der Züchter erhält dadurch große Möglichkeiten Kreuzungen durchzuführen und in der nächsten Generation neue Typen auszulesen, die wieder apomiktisch sind. Es bestehen nämlich große Möglichkeiten, nach Kreuzungen zwischen sexuellen Typen oder zwischen einem apomiktischen und einem sexuellen Typ in den folgenden Generationen apomiktische Nachkommenschaft auszulesen (NYGREN 1953).

Auch wenn noch viele wichtige Probleme über den Effekt der Röntgenbehandlung bei dieser Art ungelöst sind, kann man doch auf der Grundlage der bisher erhaltenen Erfahrungen folgendes sagen: Durch Röntgenbestrahlung kann man eine große morphologische Variation bei dieser apomiktischen Art erhalten. Die erhaltenen Aberranten sind zumeist weniger produktiv als die Ursprungspflanzen, aber bisweilen treten doch auch Aberranten auf, die kräftiger als die Mutterpflanze sind, und wahrscheinlich kann man deshalb direkt neue apomiktische Typen erhalten, die vom praktischen Gesichtspunkt aus wertvoll sind. Daneben kann man eine verhältnismäßig große Anzahl von Pflanzen erhalten, in denen die Vermehrungsform von der Apomixis zur Sexualität übergegangen ist, wodurch man vergrößerte Möglichkeiten erhält, eine systematische Kreuzungszüchtung bei dieser apomiktischen Art durchzuführen.

### Summary

Title of the paper: On the effect of X-raying on *Poa pratensis*.

This paper is a continuation of an earlier paper (JULÉN, 1954) in which the effects of X-rays observed on *Poa pratensis*-plants obtained directly from X-rayed seed were described. In this paper the original untreated clone has been compared with the aberrants obtained and with the  $X_2$ -progenies from these aberrants. All together 286  $X_2$ -families, each consisting of twelve seedling-plants, were compared with their motherplants and with the original clone. Very often the directly obtained aberrants were chimaeras and in as many cases as possible different types from these chimaeras are represented in this material.

In the comparison between the original clone and the  $X_1$ -plants it was found in several cases, that plants

which in previous observations seemed to be different from the original clone, now could not be distinguished from the original material. In these cases the differences previously found must have been due to either different environmental conditions or to physiological aftereffects of the X-raying. Most of the plants originally classified as aberrants were, however, clearly different from the control. The majority of these plants were much weaker than the original clone but 13 were stronger. In four cases a remarkable lengthening of the straw had been obtained. It is thus possible by X-raying to increase the morphological variation in this apomictic species and it is probably also possible to obtain types, which are directly valuable in practical breeding.

In the comparison between the  $X_1$ -plants and their  $X_2$ -progeny it was found that in 101 cases all the progeny plants were exactly uniform and had the same appearance as the motherplant, and they had evidently developed in the ordinary apomictic way. On the other hand in 38 cases all the progeny plants were different from each other and from their motherplant. In these cases, thus, the motherplant had been completely sexual. In the remaining 147 cases from one up to ten of the progeny plants were different from the motherplant, and in these cases sexual as well as apomictic propagation had taken place. If these changes from apomixis into sexuality, caused by the X-raying, are due to physiological aftereffects or to real genic mutations is not possible to decide at this stage of the investigation. The breakdown of the apomixis seems not to be correlated with morphological mutations as in several cases total sexuality has been obtained in plants, which morphologically are exactly like the original clone. In the aberrants sexuality has been obtained in seemingly vital plants as well as in weak ones. Whether this sexuality is due to physiological aftereffects or to mutations the introduction of it by X-raying may be useful as a method for crossbreeding in this apomictic species. These sexual plants can be crossed with other high-productive apomictics and in the following generations it should be possible to select new valuable apomictic types.

### Literatur

1. ÅKERBERG, E. und A. NYGREN: in Druck, *Poa pratensis*, *trivialis*, *palustris*, *compressa* und verwandte Arten. Handbuch der Pflanzenzüchtung. II. Aufl., 4. — 2. JULÉN, G.: Observations in X-rayed *Poa pratensis*. Acta Agric. Scand., 4, 585—593 (1954). — 3. NYGREN, A.: How to breed Kentucky bluegrass, *Poa pratensis* L. Hereditas, 39, 51—56 (1953). — 4. NYGREN, A.: Apomixis in the Angiosperms. Bot. Rev. 20, 577—649 (1954).

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg in Hohenthurm  
(Direktor: Prof. Dr. Walther Hoffmann)

## Versuche zur Herstellung synthetischer und semisynthetischer Rapsformen\*

Von WALTHER HOFFMANN und RUTH PETERS

Mit 7 Abbildungen

### A. Einleitung

Die Cruciferen-Unterfamilie der Brassicaceen stellt eine sehr günstige Pflanzengruppe für die artifizielle Bildung neuer allopolyploider Formen oder die Syn-

thetisierung bestehender allopolyploider Arten dar (TISCHLER 1956). Diese Tatsache ist wohl darauf zurückzuführen, daß die Brassicaceen als die jüngsten Formen der Familie anzusehen sind. DARLINGTON und JANAKI AMMAL (1945) nehmen an, daß der Raps (*Brassica napus*) erst um 1680 entstanden sei. Nach

\* Herrn Prof. Dr. R. v. SENGBUSCH zu seinem 60. Geburtstag gewidmet.

RUDORF (1951) hat sich dieser Vorgang aber wahrscheinlich mehrfach an verschiedenen Standorten und mit unterschiedlichen Elternformen abgespielt.

Seit den grundlegenden Untersuchungen zur Genomanalyse des Rapses durch NAGAHARU U (1934) ist es wiederholt gelungen, den Raps (*B. napus* var. *oleifera*) und die Kohlrübe (*B. napus* var. *napobrassica*) aus ihren beiden Ursprungsformen Rübsen (*B. rapa*, *B. campestris*) und Kohl (*B. oleracea*) (Lit. siehe Tab. 1) zu synthetisieren. Solche synthetischen Formen haben auch bereits Bedeutung für praktische Züchtungsarbeiten erlangt (RUDORF 1951, OLSSON et al. 1955, TROLL 1947, MÜNTZING 1956). Je mehr synthetische Formen erzeugt werden können, um so größer ist die Wahrscheinlichkeit, züchterisch besonders wertvolle Kombinationen zu finden. Sowohl für die Herstellung synthetischer als auch semisynthetischer Formen können verschiedene Wege eingeschlagen werden. Die semisynthetischen Formen enthalten einmal das Genom des Rapses, zum anderen aber, neu hinzugefügt, die Genome von *B. rapa* und *B. oleracea* (KOCH und PETERS 1953). Seit 1950 wurden in Hohenthurm eingehende Versuche angestellt, um die erfolgreichste Art zur Herstellung neuer Formen festzustellen. Über die Ergebnisse dieser Arbeiten, die auf verschiedene Weise zur Synthese von 6 neuen Rapsformen und zur Erzeugung von 5 halbsynthetischen Formen geführt haben, soll im folgenden berichtet werden.

## B. Material und Methoden

Insgesamt wurden im Zuge der Arbeiten in den Jahren 1953—1957 etwa 118200 Kastrationen und Bestäubungen durchgeführt.

Im allgemeinen wurden die Kreuzungen an Topfpflanzen im Gewächshaus vorgenommen. Die Kastration erfolgte im Knospenstadium am Haupttrieb, während alle Seitentriebe entfernt wurden. Bestäubt wurde dreimal in Abständen von 24 Std. Durch übergestülpte Pergaminbeutel wurde eine Fremdbestäubung verhindert. Die Beutel wurden 10—14 Tage nach dem Abfallen der Blütenblätter entfernt, damit die Entwicklung der Bastarde unter günstigen Bedingungen erfolgen konnte. Der Ansatz der Kreuzungen im Gewächshaus war besser als derjenige im Feldbestand, wo die Pflanzen längere Zeit in den Beuteln verblieben.

Zur Sicherstellung der Kreuzungsergebnisse mußten jährlich 2—3000 cytologische Präparate hergestellt werden. Die Herstellung der Präparate erfolgte nach der Quetschmethode mit Carminessigsäure nach ERNST (GEITLER 1949), wobei mitotische Teilungen an jungen Blattspitzen beobachtet wurden.

Die Colchicinbehandlung zur Polyploidisierung wurde mit einer 0,25% Lösung, die im Traganth aufgenommen war (SCHWANITZ 1949), oder durch Injektion durchgeführt (OLTMANN 1950).

Der Colchicintraganthschleim wurde zwischen die Primärblätter aufgetragen, dabei erwies sich eine dreimalige Erneuerung des Tropfens in Abständen von 48 Std. als günstig. Ebenfalls gute Erfolge wurden durch die Injektionsmethode erzielt. Die Pflanzen, die bei der Behandlung schon wesentlich kräftiger sein können, erhielten eine mehrmalige Injektion von 0,5 cm<sup>3</sup> Colchicininlösung (0,25%) in die Sproßachse. Bei beiden Methoden ist darauf zu achten, daß die sich sehr schnell entwickelnden diploiden Seitentriebe unterhalb der Behandlungsstelle laufend entfernt werden. Eine Samenein- quellung ist bei den Brassicaceen auf Grund der schnellen Keimung dieser Pflanzen nicht zu empfehlen, da die Wurzeln gegen die Colchicininlösung sehr empfindlich sind, sich sehr stark verdicken und in der Weiterentwicklung gehemmt sind.

Kreuzungen wurden mit folgenden Sorten durchgeführt:

	Systematische Bezeichnung	Sortenname und Valenzstufe
1. <i>Brassica rapa</i>	a) var. <i>oleifera</i> (Rübsen)	Lembkes Rübsen (2n + 4n) Grubers Rübsen (2n) Wilnensis Rübsen (4n) <sup>2</sup> lange, weiße Herbstrübe (2n)
	b) var. <i>rapifera</i> (Herbstrübe)	
2. <i>Brassica oleracea</i> (Kohl)	a) var. <i>acephala</i> (Grünkohl)	halbhoch, mooskraus (2n + 4n) Lerchenzunge (2n) Fest und Viel (2n)
	b) var. <i>gemmifera</i> (Rosenkohl)	Herkules (2n)
	c) var. <i>capitata</i> (Weißkohl)	Amager (2n) Quedlinburger Zuchtstamm (4n) <sup>1</sup>
	d) var. <i>gongylodes</i> (Kohlrabi)	Quedlinburger Zuchtstamm (4n) <sup>1</sup>
3. <i>Brassica napus</i> (Raps)	a) var. <i>oleifera</i> Raps	Lembkes Raps (2n) Quedlinburger Raps (2n) unbekannte Herkunft (2n)
	b) var. <i>napobrassica</i> (Schnittkohl)	

Überwiegend wurden die Kreuzungen mit besonders winterfesten Formen durchgeführt, da das Zuchtziel Winterfestigkeit als vordringlich angesehen wurde. In geringerem Umfang laufen Kreuzungsserien mit Sommerformen und Blumenkohl (*B. oleracea* var. *botrytis*), die aber in den folgenden Zusammenstellungen noch nicht berücksichtigt werden.

## C. Ergebnisse

a) Kurze Beschreibung der verschiedenen Methoden zur Erzeugung synthetischer und semisynthetischer Rapsformen

Ziel der Synthese neuer Rapsformen muß es sein, die Genome, aus denen sich der natürliche allopolyploide Raps nach den cytogenetischen Untersuchungen (Lit. siehe TISCHLER 1956) zusammensetzt, zu vereinigen, d. h., die Vereinigung zweier Genome rübsenähnlicher Formen mit zwei Genomen kohlähnlicher Formen herbeizuführen. Nach MIZUSHIMA (1950) bezeichnen wir das Gesamtgenom der 10 chromosomigen Arten (Rübsen) mit *A*, das der 9 chromosomigen (Kohl) mit *C*. Der Raps (38 Chromosomen) hat somit die Genomkonstitution: AACC.

Bei den semisynthetischen Formen wird zu den ursprünglichen Genomen des Rapses (AC) je ein weiteres aus Kohl (C) und aus Rübsen (A) hinzugefügt, so daß wieder die Genomkonstitution AACC entsteht.

Nach der Übersicht, die KOCH und PETERS 1953 gegeben haben, sind 8 Methoden zur direkten Herstellung synthetischer und semisynthetischer Rapsformen möglich. Bei vielen Bastarden können durch Verminderung bzw. Vermehrung der Chromosomenzahl und Bildung unreduzierter Gameten in den F<sub>2</sub>- und F<sub>3</sub>-Generationen ebenfalls noch Rapsformen entstehen (RUDORF 1951). Auf diese Möglichkeiten soll aber im folgenden nicht eingegangen werden.

<sup>1</sup> Herrn Prof. Dr. G. BECKER, Direktor des Institutes für Pflanzenzüchtung der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin in Quedlinburg, sind wir für die Überlassung des Zuchtmaterials zu Dank verpflichtet.

<sup>2</sup> Der tetraploide Wilnensis Rübsen wurde uns von Herrn Dr. G. OLSSON, Svalöf (Schweden), dem wir für die Übersendung freundlichst danken, zur Verfügung gestellt.

### I. Methoden zur Erzeugung synthetischer Formen

**Methode 1:** Rübsenformen werden reziprok mit Kohlformen gekreuzt. Die  $F_1$ -Bastarde (AC) werden mit Colchicin behandelt und dadurch allopolyploide Formen (AACC) ausgelöst. Durch die Verdoppelung der beiden Genome sind diese neuen Formen homozygot.

**Methode 2:** In den auf dieselbe Weise hergestellten  $F_1$ -Bastarden (AC) treten gelegentlich unreduzierte Eizellen und Pollenkörner (AC) auf, die bei Selbstungen und Kreuzungen solcher Bastarde untereinander zu neuen Rapsformen (AACC) führen können. Dieser Weg muß als einer derjenigen betrachtet werden, auf dem der Raps natürlich entstanden sein könnte (RUDORF 1951). Die entstandenen Typen sind bei Selbstungen der  $F_1$  Bastarde homozygot, im Kreuzungsfall können sie je nach der Heterozygotie der  $F_1$ -Bastarde auch heterozygot sein.

vorgeschlagen. Die endgültige Ausführung der in Ostpreußen eingeleiteten Versuche KUCKUCKS mußte bei Kriegsende eingestellt werden (siehe KOCH und PETERS 1953).

**Methode 6:** Die  $F_1$ -Bastarde der Kreuzung Raps  $\times$  Kohl (ACC) bilden gelegentlich unreduzierte Eizellen, die mit Rübsenpollen (A) bestäubt zu semisynthetischen Formen führen können.

**Methode 7:** In diesem Falle wird zuerst die Kreuzung Raps  $\times$  Rübsen durchgeführt und die unreduzierten Eizellen durch Kohlpollen aufzufinden versucht.

**Methode 8:** Auch  $F_1$ -Bastarde (AC) der Kreuzung Rübsen (AA)  $\times$  Kohl (CC) (oder reziprok) bilden in häufigen Fällen unreduzierte Eizellen (AC), die mit Raps gekreuzt (AC) semisynthetische Formen (AACC) ergeben können. Alle nach Methoden 6—8 entstandenen Formen sind heterozygot.

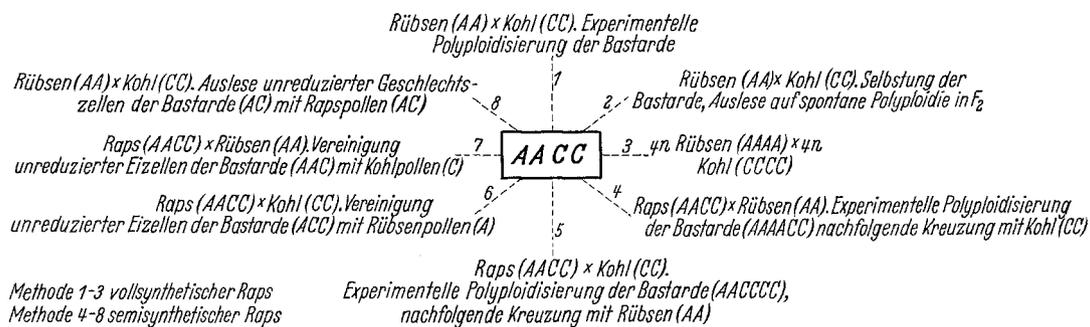


Abb. 1. Methoden zur Synthese und Semisynthese des Rapses nach KOCH und PETERS 1953 (abgeändert).

**Methode 3:** Tetraploide Ausgangsformen von Rübsen (AAAA) und Kohl (CCCC) werden in reziproker Weise gekreuzt. Die Vereinigung der Geschlechtszellen AA und CC führt sofort, ohne weitere Colchicinbehandlung, zu neuen Rapsformen (AACC). Infolge der Heterozygotie der tetraploiden Ausgangstypen sind die neuen Rapsformen ebenfalls heterozygot.

### II. Methoden zur Erzeugung semisynthetischer Formen

**Methode 4:** Raps wird mit Rübsen gekreuzt, und der  $F_1$ -Bastard (AAC) durch Colchicinbehandlung polyploidisiert. Dieser amphidiploide Bastard AAAACC, der je das doppelte A Genom des Rapses und des Rübsens und nur das doppelte C Genom des Rapses enthält, wird nunmehr mit Kohl (C) gekreuzt. Aus der Vereinigung der Geschlechtszellen AAC und C entsteht eine semisynthetische Form, die die Genome C einmal des Rapses und zum anderen des Kohles enthält. Die beiden A Genome stellen  $\pm$  unterschiedliche Mischungen der Elementarteile der A Genome des Rapses und des Rübsens dar. Die neuen semisynthetischen Formen sind für beide Genome heterozygot.

**Methode 5:** Dieser Weg ist dem vorhergehenden ähnlich. Es wird hier zuerst die Kreuzung Raps  $\times$  Kohl durchgeführt, die nach Colchicinierung des  $F_1$ -Bastards zu einem amphidiploiden Bastard (AACCC) führt. Dieser Bastard wird nunmehr mit Rübsen (A) gekreuzt. Der neue heterozygote amphidiploide Typ enthält nun die A Genome des Rapses und des Rübsens und Mischungen der C Genome des Rapses und des Kohles. Am besten werden diese nach Methoden 4 und 5 erzielten Formen zur weiteren Steigerung der Mischungen der Genomteile miteinander gekreuzt. Die beiden letzten Methoden wurden von H. KUCKUCK

Eine schematische Übersicht über die verschiedenen Methoden gibt Abb. 1 nach KOCH und PETERS 1953 (abgeändert).

### b) Experimenteller Vergleich der verschiedenen Methoden zur Erzeugung synthetischer Rapsformen

Wenn es gilt, möglichst verschiedenartige synthetische und semisynthetische Rapsformen auf einfachstem Wege zu erzeugen, so muß sich die Wahl der Methode nach den Kreuzungsschwierigkeiten bei den verschiedenen Arten und Bastarden und nach dem Arbeitsaufwand für cytologische Untersuchungen und für Colchicinbehandlungen richten. Einen Überblick über die Erfolge, die mit den verschiedenen Methoden bisher erzielt wurden, gibt Tab. 1.

Aus der Tabelle geht hervor, daß bisher noch nicht alle Methoden zum Erfolg geführt haben bzw. noch nicht beschränkt wurden. Nach Methode 4, 5, 6 und 7 konnten im Verlaufe unserer Arbeiten nunmehr auch semisynthetische Formen gewonnen werden.

Auf Grund der oben angegebenen Kriterien sollen im folgenden unsere Ergebnisse, die mit den verschiedenen Methoden gewonnen wurden, beschrieben werden.

**Methode 1.** Die Kreuzungen Rübsen bzw. Herbst-  
rübe  $\times$  Kohl und reziprok wurden in besonders großem Umfang durchgeführt. Als Ausgangsmaterial wurden die Sorten: Lange weiße Herbst-  
rübe, Lembkes Rübsen, Grubers Rübsen, halbhohes, mooskrauser Grünkohl, Rosenkohl „Herkules“, Rosenkohl „Fest und Viel“, in geringerem Umfang Blätterkohl „Lerchenzunge“, Futterkohl, Kohlrabi und Markstammkohl verwandt, die sich z. T. durch Winterfestigkeit

Tabelle 1. Erzeugung synthetischer und semisynthetischer Rapsformen nach verschiedenen Methoden.

Methoden	Kreuzungen	Ergebnisse	Autoren
Methode 1 und Methode 2	<i>B. campestris</i> × <i>B. oleracea</i> (10 × 9) und reziprok (Colchicinbehandlung und un-reduzierte Gameten)	<i>B. napus</i> 2n = 38 synthetisch	U (1934, 1935), F. V. WETTSTEIN (nach TISCHLER 1956), RUDORF (1943, 1951), K. J. FRANSEN (1947), HASKELL und KURHT (John Innes Ann. Rpt. 1952), KOCH und R. PETERS (1953), OLSSON (1953), OLSSON, JOSEFSSON, HÅGBERG u. ELLERSTRÖM (1955)
Methode 3	4n <i>B. rapa</i> × 4n <i>B. oleracea</i> (20 × 18) und reziprok	<i>B. napus</i> 2n = 38 synthetisch	RUDORF (1951), OLSSON, JOSEFSSON, HÅGBERG u. ELLERSTRÖM (1955)
Methode 4	<i>B. napus</i> × <i>B. campestris</i> bzw. <i>B. rapa</i> (19 × 10)	1. Schritt <i>B. napocampestris</i> 2n = 58	H. N. FRANSEN und WINGE, Ö. (1932), K. J. FRANSEN (1947), MIZUSHIMA (1950), OLSSON (1953), RUDORF (1951)
	<i>B. napocampestris</i> × <i>B. oleracea</i> (29 × 9)	2. Schritt <i>B. napus</i> 2n = 38 semisynthetisch	
Methode 5	<i>B. napus</i> × <i>B. oleracea</i> (19 × 9)	1. Schritt <i>B. napoleracea</i> 2n = 56	CHOPINET (1942, 43)
	<i>B. napoleracea</i> × <i>B. campestris</i> bzw. <i>B. rapa</i> (18 × 10)	2. Schritt <i>B. napus</i> 2n = 38 semisynthetisch	
Methode 6	<i>B. napus</i> × <i>B. oleracea</i> (19 × 9) un-reduzierte Gameten × <i>B. rapa</i> ( <i>campestris</i> )	<i>B. napus</i> 2n = 38 semisynthetisch	
Methode 7	<i>B. napus</i> × <i>B. rapa</i> (19 × 10) un-reduzierte Gameten × <i>B. oleracea</i>	<i>B. napus</i> 2n = 38 semisynthetisch	
Methode 8	<i>B. rapa</i> × <i>B. oleracea</i> (10 × 9) un-reduzierte Gameten × <i>B. napus</i>	<i>B. napus</i> 2n = 38 semisynthetisch	RUDORF (1951)

und Spätsaatverträglichkeit auszeichnen. Die Tab. 2 gibt eine Übersicht über die Anzahl der durchgeführten Kreuzungen und deren Erfolg während mehrerer Jahre.

Tabelle 2. Kreuzungen von Rübsen × Kohl und reziprok. Ansatzverhältnisse.

Jahr	Anzahl der bestäubten Blüten	Samen-Ansatz	%	gekeimte Samen	be-stätigte Bastarde	Zeit der Kreuzungen
Rübsen × Kohl						
1953	1462	18	1,23	0	—	24.2.— 3.5.
1954	2326	92	3,96	57	12	29.3.— 3.5.
1955	3956	144	3,64	72	3	14.4.—21.5.
1956	575	356	61,91	115	5	27.3.—23.4.
1957	61	0	—	—	—	26.3.—14.5.
Sa.	8380	610	7,28	244	20	
Kohl × Rübsen						
1954	3592	1	0,03	0	—	29.3.— 3.5.
1955	4728	7	0,15	5	—	14.4.—21.5.
1956	1383	299	21,63	210	64	27.3.—23.4.
1957	921	12	1,30	10	*	26.3.—14.5.
Sa.	10624	319	3,00	225	64	

\* Auswertung noch nicht abgeschlossen.

Nach den Kreuzungen Rübsen × Kohl tritt stets eine mehr oder weniger große Anzahl matrokliner Formen auf, deren Entstehung noch nicht geklärt werden konnte. Sie können nicht nur als Selbstungen der Mutterform angesehen werden. Bei der reziproken Kreuzung konnten dagegen solche matroklinalen For-

men nur äußerst selten beobachtet werden, so daß diese evtl. auf Selbstungen beruhen könnten. Da die matroklinalen Formen sich von den Bastarden in Habitus und Blattform und Farbe unterscheiden, läßt sich eine Vorauslese nach morphologischen Gesichtspunkten durchführen, so daß nicht alle Pflanzen cytologisch untersucht werden müssen. Durch diese matroklinalen Formen vermindert sich die Pflanzenzahl, die Bastarde darstellt, erheblich. Aus der Tab. 2 ergibt sich, daß Rübsen als Mutter zu einem etwas höheren Ansatz führt. Im Durchschnitt aller Kreuzungen konnten auf diese Weise 610 Samen erzielt werden, während die reziproken Kreuzungen nur zu 319 Samen führten. Ein besonderer Einfluß einzelner Pflanzen auf die Ansatzverhältnisse konnte nicht festgestellt werden. Die nach der Kreuzung erhaltenen Samen verteilen sich regellos auf mehrere Mutterpflanzen. Ebenso konnte kein Unterschied in den Ansatzverhältnissen bei Kreuzungen mit verschiedenen Rübsen- und Kohlformen ermittelt werden. Trotz der umfangreichen Kreuzungen ist hierfür das Zahlenmaterial noch zu gering.

Weiterhin ergibt sich ein deutlicher Unterschied der Ansatzverhältnisse in den einzelnen Jahren, für die sich noch keine allgemein gültigen Beziehungen feststellen lassen, da die Kreuzungen unter Gewächshausbedingungen während einer längeren Zeitspanne durchgeführt wurden (Tab. 2). Nach eigenen Untersuchungen und den Untersuchungen BECKERS (1951) scheinen die Kreuzungen bei kühler Witterung besser zu ge-

lingen als bei wärmerer. Diese Erscheinung konnte auch bei allen weiteren Kreuzungen festgestellt werden.

Die Bastarde gleichen in Habitus, Blattform und Behaarung der Blätter dem Rübsen, jedoch sind die typischen Rübsenmerkmale abgeschwächt, insbesondere ist im allgemeinen die Blattfarbe heller. 84 Bastarde wurden einer Colchicinbehandlung unterzogen. Im Jahre 1956 konnten 3 synthetische Rapsformen aus den Bastarden Weißkohl  $\times$  Lembkes Rübsen (S 6, 1 Pflanze), Grünkohl  $\times$  Lembkes Rübsen (S 7, 1 Pflanze) und Lembkes Rübsen  $\times$  Grünkohl (S 8, 1 Pflanze) nach Colchicinbehandlung erhalten werden. Die synthetische Rapsform (S 1, 1 Pflanze) war bereits 1951 nach Behandlung des Bastardes lange weiße Herbstrübe  $\times$  Grünkohl ausgelesen worden (KOCH und PETERS 1953).

**Methode 2.** Einige der Bastarde zwischen Rübsen und Kohl wurden geselbstet, um evtl. durch Vereinigung unreduzierter Gameten zu neuen synthetischen Rapsformen zu kommen. Zur Erkennung der synthetischen Formen ist aber eine cytologische Untersuchung unbedingt notwendig, da sehr häufig aneuploide Formen auftreten, die auf Grund ihres Habitus oder ihrer Blattmerkmale nicht immer sicher von neuen Rapsformen getrennt werden können. 1951 wurden 37  $F_2$ -Pflanzen der Kreuzung Lembkes Rübsen  $\times$  Kohl cytologisch untersucht. Es konnten dabei 2 Pflanzen mit 38 Chromosomen gefunden werden, die aber später eingingen (S 9, Lembkes Rübsen  $\times$  Grünkohl). Japanischen Forschern (s. TISCHLER 1956) und RUDORF 1951 ist es ebenfalls gelungen, auf diesem Wege neue allopolyploide Rapsformen zu erhalten, die weiter vermehrt werden konnten.

**Methode 3.** Um die Colchicinbehandlung der Bastarde zu umgehen, kann versucht werden, polyploide Ausgangsformen zu kreuzen, um sofort eine synthetische Rapsform zu erhalten. Es muß jedoch dabei darauf geachtet werden, daß möglichst genetisch heterocygote autopolyploide Rübsen- und Kohlsorten miteinander gekreuzt werden. Am günstigsten werden nicht Rohpolyploide, sondern züchterisch bearbeitete Ausgangsformen mit guter Fertilität, Winterfestigkeit und anderen Werteigenschaften zu solchen Kreuzungen herangezogen (OLSSON et al. 1955). Uns standen autopolyploider Lembkes und Wilnensis Rübsen,<sup>1</sup> sowie tetraploider Weißkohl und Kohlrabi aus dem Institut für Pflanzenzüchtung der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin in Quedlinburg und eigener tetraploider Grünkohl zur Verfügung.

Der Erfolg der Kreuzung solcher autopolyploider Ausgangsformen ist bedeutend geringer als bei Kreuzungen auf diploider Ebene (Tab. 3).

Bei diesen Kreuzungen entstehen ebenfalls matroklone Formen, die auch von OLSSON et al. bei Kreuzungen von 4n *B. rapa* var. *rapifera* (Wasserrübe) mit 4n *B. oleracea* var. *gongylodes* (Kohlrabi) festgestellt wurden. Ob es sich hier um Entwicklung von diploiden Eizellen unter dem Befruchtungsreiz handelt, oder ob andere Vorgänge zu diesen Formen führen, bedarf noch der Klärung. Alle Samen, die nach der Kreuzung 4n Rübsen  $\times$  4n Kohl erhalten wurden, ergaben 6 matroklone Pflanzen, so daß wir bisher auf diesem Wege noch keine neuen Rapsformen erzielen konnten.

<sup>1</sup> Siehe S. 41.

Tabelle 3. Kreuzungen von 4n Rübsen  $\times$  4n Kohl und reziprok. Ansatzverhältnisse.

Jahr	Anzahl der bestäubten Blüten	Samen Ansatz	%	gekeimte Samen	gelungene Bastarde
4n Rübsen $\times$ 4n Kohl					
1953	2833	9	0,32	0	—
1954	2339	5	0,21	3	—
1955	3081	2	0,07	0	—
1956	1458	7	0,48	3	—
Sa.	9711	23	0,24	6	0
4n Kohl $\times$ 4n Rübsen					
1953	2326	0	—	—	—
1954	3093	1	0,03	1	1
1955	1124	0	—	—	—
1956	597	1	0,17	—	—
Sa.	7140	2	0,03	1	1

OLSSON et al. 1955 gelang es, bei diesen Kreuzungen eine weit größere Anzahl keimfähiger Samen zu erhalten. Nach Bestäubung von etwa 7500 Blüten konnten 1619 Samen ausgelegt werden, von denen aber nur 5 neue Rapsformen ergaben. Es scheint, daß die Neigung, matroklone Samen zu bilden, bei den verschiedenen Kreuzungen unterschiedlich groß sein kann. Vaterähnliche Formen können nach dieser Kreuzung ebenfalls entstehen, scheinen aber erheblich seltener zu sein (OLSSON et al.). Unter unseren Kreuzungsprodukten sind keine derartigen Formen festgestellt worden.

Nach der Kreuzung 4n Kohl  $\times$  4n Rübsen ist der Samenansatz bedeutend geringer. Anscheinend werden hier keine oder nur sehr selten matroklone Formen gebildet. Von den aus 7140 Bestäubungen hervorgegangenen 2 Samen keimte einer und ergab eine neue synthetische Rapsform (S 3, Kreuzung: 4n Weißkohl  $\times$  4n Lembkes Rübsen).

Um nach der Kreuzung tetraploider Ausgangsformen allopolyploide Formen zu erhalten, müssen also sehr viele Bestäubungen durchgeführt werden. Weiterhin erschwert das Auftreten matrokloner Formen die Arbeiten sehr.

**Methode 4.** Die Kreuzung Raps  $\times$  Rübsen gelingt im allgemeinen nach künstlicher Bestäubung recht häufig, seltener ist nach der reziproken Kreuzung Ansatz zu finden (BECKER 1951). Die Kreuzungen wurden daher im wesentlichen nur in der Richtung Raps  $\times$  Rübsen durchgeführt (Tab. 4).

Tabelle 4. Kreuzungen von Raps  $\times$  Rübsen und Ansatzverhältnisse.

Jahr	Anzahl der bestäubten Blüten	Samen Ansatz	%	gekeimte Samen	bestätigte Bastarde
1954	231	141	61,03	137	100
1955	1399	9742	696,35	1470	519
1956	15151	13593	89,71	930	90
1957	703	120	17,09	109	*
Sa.	17484	23596	134,96	2646	709

\* Auswertung noch nicht abgeschlossen.

Ein gewisser Teil auch dieser Samen ergab mutterähnliche Formen, die wohl nur zu einem Teil auf ungewollte Selbstungen zurückgeführt werden können. Die  $F_2$ -Bastarde mit 29 Chromosomen (AAC) gleichen durch ihre stärkere Behaarung, Form und Einkerbung der Blätter etwas mehr dem Rübsen. Ihr Anteil an den

aus den Samen hervorgehenden Pflanzen ist aber trotzdem noch so groß, daß 709 Pflanzen einer Colchicinbehandlung unterzogen werden konnten. Aus diesen Behandlungen gingen 1955 zwei amphidiploide Bastarde (*Naporapa*) mit 58 Chromosomen (AAAACC) (S 154, Kreuzung: Lembkes Raps × Lembkes Rübsen und S 155, Kreuzung: Quedlinburger Raps × Lembkes Rübsen) hervor, die 1955 und 1956, also z. T. nach einer Vermehrung durch Selbstung, zu weiteren Kreuzungen herangezogen wurden. Eine weitere derartige Form war bereits 1952 entstanden (S 151, Kreuzung: Lembkes Raps × Grubers Rübsen). Eine kurze Beschreibung der Amphidiploiden wird auf Seite 47 gegeben.

Der zweite Schritt, um zu einem semisynthetischen Raps zu gelangen, besteht in der Kreuzung des amphidiploiden Bastards *Naporapa* mit Kohl (CC). Zum Gelingen dieser Kreuzung bedarf es wiederum einer großen Anzahl Bestäubungen. Die ausgebildeten, keimfähigen Samen ergeben auch hier z. T. wiederum Selbstungen bzw. mehr oder weniger matroklone Formen, die noch weiter cytologisch untersucht werden müssen. Ein Teil der Pflanzen gleicht aber sehr dem natürlichen Raps, wenn auch im allgemeinen die Blattfarbe etwas heller ist. Eine cytologische Untersuchung dieser Pflanzen ergab 38 Chromosomen. Es besteht große Wahrscheinlichkeit, daß Eizellen mit 29 Chromosomen (AAC) mit Kohlpollen (C) befruchtet wurden. Eine Übersicht über die durchgeführten Bestäubungen und den Samenansatz gibt Tab. 5.

Tabelle 5. Kreuzungen von amphidiploidem *Naporapa* × Kohl und Ansatzverhältnisse.

Jahr	Anzahl der bestäubten Blütchen	Samen Ansatz	%	gekeimte Samen	bestätigte Bastarde
1953	1346	6	0,44	0	—
1954	450	0	—	—	—
1955	1933	44	2,27	12	2
1956	6861	628	9,15	250	1
1957	2976	5	0,16	2	*
Sa.	13566	683	5,03	264	3

\* Auswertung noch nicht abgeschlossen.

Aus der Kreuzung *Naporapa* S 151 (Lembkes Raps × Grubers Rübsen) × Grünkohl, niedrig mooskraus, gingen 2 Rapspflanzen hervor (S 52). Die Kreuzung S 151 × Rosenkohl ergab 1 Rapspflanze (S 53).

**Methode 5.** Die Kreuzung Raps × Kohl gelingt seltener als die Bastardierung Raps × Rübsen (Tab. 6). Es konnten jedoch nach 8705 Bestäubungen 32 Bastarde mit 28 Chromosomen (ACC) erzielt werden, die nach Colchicinbehandlung zu 3 amphidiploiden Bastarden *Napoleracea* (AACCC) führten.

Tabelle 6. Kreuzungen von Raps × Kohl und Ansatzverhältnisse.

Jahr	Anzahl der bestäubten Blütchen	Samen Ansatz	%	gekeimte Samen	bestätigte Bastarde
Raps × Kohl					
1954	2231	77	3,00	43	8
1955	1177	69	5,86	40	15
1956	2264	427	18,86	131	9
1957	3033	319	10,51	10	*
Sa.	8705	892	10,24	224	32

\* Auswertung noch nicht abgeschlossen.

Die 3 amphidiploiden *Napoleracea*-Formen S 152 (Kreuzung Lembkes Raps × Rosenkohl Herkules), S 153 (Kreuzung 38 chromosomiger Schnittkohl (Rapsform) × Rosenkohl Fest und Viel) und S 156 (Kreuzung Lembkes Raps × Futterkohl), die einen schwächeren Wuchs als die *Naporapa*-Formen haben (s. S. 47 u. Abb. 7), wurden zu Kreuzungen mit Rübsen herangezogen. Die Tab. 7 gibt eine Übersicht über die durchgeführten Bestäubungen und die Ansatzverhältnisse, die ebenfalls etwas ungünstiger als bei den entsprechenden Kreuzungen der Methode 4 liegen.

Tabelle 7. Kreuzungen von amphidiploidem *Napoleracea* × Rübsen und Ansatzverhältnisse.

Jahr	Anzahl der bestäubten Blütchen	Samen Ansatz	%	gekeimte Samen	bestätigte Bastarde
1953	110	0	—	—	—
1954	65	0	—	—	—
1955	2006	30	1,49	9	0
Sa.	2181	30	1,30	9	0

In den Jahren 1953—1955 konnte aus den 2181 Bestäubungen kein semisynthetischer Raps erhalten werden. Als bisheriges Ergebnis solcher Kreuzungen wurde aber 1952 eine semisynthetische Rapsform S 51 gewonnen, die aus der Befruchtung einer Eizelle ACC mit einem Pollenkern A entstanden sein muß [amphidiploider Bastard: (Schnittkohl × Grünkohl Lerchenzunge) × Lembkes Rübsen]. Unterlagen über die Ansatzverhältnisse des Jahres 1952 liegen leider nicht vor.

Die Amphidiploiden S 152 und S 153 sind anscheinend in ihrem Chromosomenbestand etwas labil, da eine spätere cytologische Überprüfung einen Teil aneuploider Formen sowie Pflanzen mit 38 Chromosomen ergab. Zur Erklärung dieser Erscheinung sind weitere cytologische Beobachtungen notwendig. Die Tatsache zeigt aber, daß die amphidiploiden Formen in jedem Jahr außer morphologisch auch cytologisch kontrolliert werden müssen.

**Methode 6 und 7.** Die Durchführung dieser Methode erfordert, um zum Erfolg zu gelangen, eine sehr große Zahl cytologischer Untersuchungen. Da die Kreuzung Raps × Kohl bzw. Raps × Rübsen noch relativ leicht gelingt (Tab. 4 und 6), kann die weitere Kreuzung des  $F_1$ -Bastardes mit Rübsen bzw. Kohl in großem Umfange durchgeführt werden. Sehr häufig entstehen lebensfähige aneuploide Formen, die nicht immer morphologisch von 38 chromosomigen neuen Rapsformen zu unterscheiden sind. In den Jahren 1952 bis 1954 wurden 150 solcher Kreuzungsprodukte nach vorheriger Auslese hinsichtlich morphologischer Rapsmerkmale cytologisch untersucht. Es konnten dabei 2 semisynthetische Rapsformen mit 38 Chromosomen entdeckt werden, S 101 (Kreuzung  $F_1$  [Lembkes Raps × Grubers Rübsen] × Grünkohl) und S 102 (Kreuzung  $F_1$  [Lembkes Raps × Rosenkohl Herkules] × Lembkes Rübsen), so daß beide Methoden zum Erfolg führten.

**Methode 8.** Eine Semisynthese des Rapses nach der letzten der aufgeführten Methoden stößt auf die gleichen Schwierigkeiten wie bei der Anwendung der Wege 6 und 7. Die relativ schwer erzielbaren  $F_1$ -Bastarde (Tab. 2) zwischen Rübsen × Kohl oder reziprok werden mit Pollen des Rapses bestäubt. Bei Verschmelzung eines unreduzierten Kernes des Mutterbastardes (AC) mit einem Vaterkern des Rapses (AC)

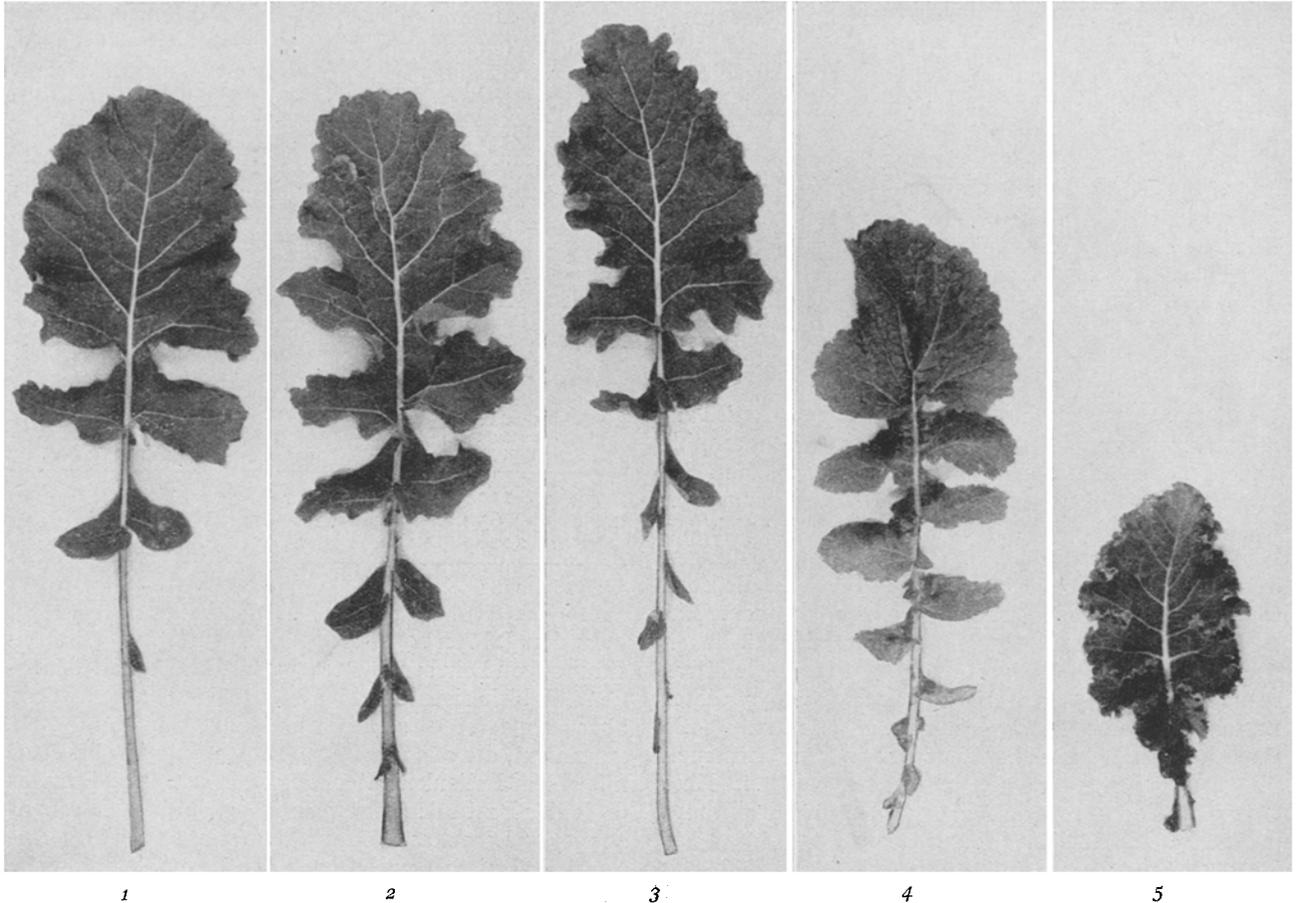


Abb. 2. Rosettenblätter von Herbstpflanzen verschiedener synthetischer Rapsformen im Vergleich zum natürlichen Raps und zu den Ausgangsformen Rübsen und Kohl. — 1 Lembkes Raps; 2 Synthetischer Raps S 1; 3 Synthetischer Raps S 3; 4 Lembkes Rübsen; 5 Grünkohl halbhoch, mooskraus.

entstehen nach RUDORF (1951) in großer Häufigkeit semisynthetische Rapsformen. Nach 2647 Bestäubungen erzielte RUDORF 881  $F_1$ -Pflanzen, von denen 333 morphologisch rapsähnlich waren. Aus cytologischen Untersuchungen von 75 derartigen rapsähn-

lichen Pflanzen gingen 47 (= 62,8%) Pflanzen mit 38 Chromosomen hervor, von denen eine große Zahl konstant blieb. Wir selbst haben diese Kreuzungen nicht mehr durchgeführt.

RUDORF konnte weiterhin aus der Kreuzung  $F_1$  [*B. campestris* ( $2n = 20$ , AA)  $\times$   $4n$  Futterkohl ( $4n = 36$ , CCCC) = ACC]  $\times$  Lembkes Raps ( $2n = 38$ , AACC) 38 chromosomige Formen unter anderen, meist aneuploiden Typen, erhalten, die sich als besonders wüchsig und ertragsfähig erwiesen und ein hohes 1000 Korngewicht hatten. Sie können auf Verschmelzung zweier AC Gameten zurückgeführt werden, jedoch ist diese Entstehungsweise nicht sicher.

### C. Beschreibung der neuen synthetischen und semisynthetischen Rapsformen sowie der amphidiploiden *Naporapa*- und *Napoleracea*-Formen

#### 1. Synthetische Rapsformen

		S 1	aus der Kreuzung:	Lange, weiße Herbstrübe $\times$ Grünkohl
Methode 1	}	S 6	„ „ „	Weißkohl $\times$ Lembkes Rübsen
		S 7	„ „ „	Grünkohl $\times$ Lembkes Rübsen
		S 8	„ „ „	Lembkes Rübsen $\times$ Grünkohl
Methode 2		S 9	„ „ „	Lembkes Rübsen $\times$ Grünkohl
Methode 3		S 3	„ „ „	$4n$ Weißkohl $\times$ $4n$ Lembkes Rübsen

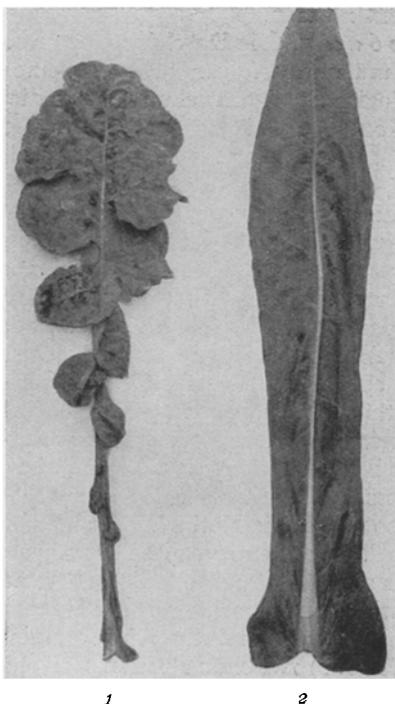


Abb. 3. Blätter von natürlichem Raps und synthetischem Raps bei Beginn des Streckungswachstums. 1 Lembkes Raps; 2 Synthetischer Raps S 1.

Die vollsynthetischen Formen unterscheiden sich, gleichgültig ob sie aus verschiedenen Elternformen hervorgegangen sind, nur geringfügig. Sie gleichen in auffallender Weise dem natürlichen Raps. Teil-

weise sind die Blätter stärker gekräuselt und im Blattgrün allgemein heller als beim Raps. Die Blattfiederung am Stengel ist stärker ausgebildet. Während beim natürlichen Raps die Ausbildung der Blattspreite am gesamten Blattstiel erst beim Übergang zum reproduktiven Wachstum erfolgt, werden solche „sauerampfer“-ähnliche Blätter bei den synthetischen Formen (besonders S 1) bereits zu einem früheren Zeitpunkt gebildet. Diese Blätter sind auch größer als beim natürlichen Raps (Abb. 2 u. 3).

Die Blüten haben die Farbe und Größe der normalen Rapsblüten (Abb. 4). In späteren Generationen der S 1 traten Pflanzen mit goldgelber Blütenfarbe auf, die wohl als Mutation angesehen werden können. Eine Wurzel- und Hypokotylanschwellung, wie sie bei OLSSON et al. besonders bei Kreuzungen von Herbstrübe mit Kohlrabi auftraten, konnte an S 1 nicht beobachtet werden.

Die Fertilität aller synthetischen Rapsformen ist überraschend hoch (s. Tab. 8). Nach den bisher durchgeführten cytologischen Untersuchungen werden in der Meiosis regelmäßig 19II gebildet. Das 1000 Korngewicht entspricht, soweit es bisher genau ermittelt werden konnte, etwa dem des Rapses (Abb. 5). Kreuzungen untereinander und mit natürlichem Raps gelingen ohne Schwierigkeiten, es ergaben sich in jedem Falle fertile Bastarde, die auch, soweit bisher beobachtet werden konnte, in späteren Generationen keine Fertilitätsstörungen zeigen. Über die genauen Beobachtungen und Auszählungen soll später berichtet werden. Diese Befunde stimmen mit den Ergebnissen anderer Autoren überein (RUDORF 1951, MÜNTZING 1956, OLSSON et al. 1955 u. a. m.).

Die Winterfestigkeit der S 1-Form muß als ausgesprochen gut bezeichnet werden, da sie selbst im strengen Winter 1953/54 keine Auswinterungsschäden aufwies. Ihre Ertragsfähigkeit liegt in 10 Versuchen, die in den Jahren 1954—1957 an verschiedenen Anbauorten Mitteldeutschlands durchgeführt wurden, bei 18,4 dz/ha, während die Vergleichssorten 20—21 dz/ha erbrachten. Unter besonders günstigen Verhältnissen kann sogar der Ertrag der Zuchtsorten erreicht werden. Von den anderen Formen stand zu größeren Prüfungen bisher noch nicht genügend Saatgut zur Verfügung. Kreuzungen dieser Formen untereinander und mit Lembkes Raps führten zu Populationen, die z. T. den Ausgangsformen überlegen sind.

### 2. Semisynthetische Formen

Methode 4	S 52 aus der Kreuzung:	(Lembkes Raps × Grubers Rübsen) × Grünkohl
		(Lembkes Raps × Grubers Rübsen) × Rosenkohl
Methode 5	S 51 „ „ „	(Schnittkohl × Grünkohl) × Lembkes Rübsen
Methode 6	S 102 „ „ „	(Lembkes Raps × Rosenkohl) × Lembkes Rübsen
	S 101 „ „ „	(Lembkes Raps × Grubers Rübsen) × Grünkohl

Die semisynthetischen Formen gleichen, ihrer Entstehung gemäß, noch mehr den natürlichen Rapsformen als die vollsynthetischen Formen (Abb. 6). S 51 zeichnet sich durch besondere Wüchsigkeit aus. Die Fertilität ist gut, Kreuzungen mit Raps ergeben ebenfalls vollfertile Bastarde. Die Kornzahl je Schote ist geringer als bei Lembkes Raps, der auf besonders hohen Schotenbesatz ausgelesen ist, erreicht aber z. B. den Quedlinburger Raps, der eine höhere Anzahl kleinerer Schoten aufweist (s. Tab. 8). Im 1000 Kornge-

wicht konnten nur geringfügige Unterschiede festgestellt werden (Abb. 4 u. 5).

### 3. Amphidiploide *Naporapa*- und *Napoleracea*-Formen

<i>Naporapa</i>	S 151	„	„	„	aus der Kreuzung:	Lembkes Raps × Grubers Rübsen
						Lembkes Raps × Lembkes Rübsen
<i>Napoleracea</i>	S 154	„	„	„	Quedlinburger Raps × Lembkes Rübsen	
	S 155	„	„	„	Lembkes Raps × Rosenkohl Herkules	
	S 152	„	„	„	Schnittkohl × Rosenkohl Fest und Viel	
	S 153	„	„	„	Lembkes Raps × Futterkohl	
	S 156	„	„	„		

Die amphidiploiden Formen wurden hauptsächlich als Kreuzungseltern zur Herstellung halbsynthetischer Formen benutzt. Sie zeigen aber einige besondere Eigenschaften, die sie evtl. als Futterpflanzen geeignet erscheinen lassen. Sie wurden daher in den letzten Jahren eingehend beobachtet und vermehrt.

Der Wuchs der *Naporapa*-Formen ist im Rosettenstadium aufrechter als bei den *Napoleracea*-Formen, die einen gedrungeneren, niederliegenden Wuchs aufweisen. Beide Formen zeichnen sich durch eine große Blattmasse aus. Die Blätter von *Naporapa* sind länger und breiter, insgesamt rübsenähnlicher als die kurzen, schmaleren Blätter von *Napoleracea* (Abb. 7). Sie weisen eine stärkere Kräuselung als Raps- und Rübsenblätter auf. Die Blüten beider Formen sind größer als diejenigen des Rapses (Abb. 4); die Blüten stehen im Blütenstand dichter gedrängt, so daß der Blütenstand demjenigen des Rübsens ähnelt. Ihre Fertilität ist bedeutend geringer als bei den 38 chromosomigen Formen. Das 1000 Korngewicht ist z. T. beträchtlich erhöht (Tab. 8) (Abb. 5).

Tabelle 8. Anzahl der Samen je Schote und 1000 Korngewichte verschiedener Rapsformen.

	Samenzahl je Schote			
	1957	1956	1955	1954
synthetische Form S 1	14,6	17,9	26,4	20,9
semisynthetische Form S 51	—	18,1	22,1	—
semisynthetische Form S 102	15,5	15,8	23,0	—
<i>Naporapa</i> S 151	9,6	7,6	—	—
Lembkes Raps	20,8	24,1	25,5	27,2
Quedlinburger Raps	14,9	18,4	21,9	21,5
Tausendkorngewichte				
synthetische Form S 1	4,3	4,0		
synthetische Form S 3	4,0	3,8		
semisynthetische Form S 51	4,6	4,0		
semisynthetische Form S 101	4,1	3,9		
semisynthetische Form S 102	4,0	3,3		
<i>Naporapa</i> S 151	6,0	5,3		
Lembkes Raps	4,5	4,2		

### D. Diskussion

Die umfangreichen Versuche zeigen, daß alle 8 Möglichkeiten, die theoretisch zu einer Synthetisierung bzw. Semisynthetisierung des Rapses führen, auch tatsächlich Erfolg haben.

Zu den Möglichkeiten, die auch zur Synthetisierung anderer allopolyploider Kulturpflanzen benutzt werden können, kommt beim Raps die Ausnutzung der äußerst häufig auftretenden unreduzierten Gameten. Diese unreduzierten Gameten, die auch wahrscheinlich die matroklinalen Formen nach vielen Kreuzbestäubungen entstehen lassen, können nach einer Schätzung RUDORFS (1951) bis zu 20% betragen. Ihre Entstehung bedarf noch der eingehenden Klärung. Das Auftreten dieser matroklinalen Formen erschwert in einigen Fällen

die Arbeit, da die gelungenen Bastarde erst morphologisch ausgelesen und cytologisch bestätigt werden müssen. Nach unseren Beobachtungen treten bei Bastarden mit Rübsen als Mutter, oder bei Pflanzen mit einer vermehrten Anzahl von Rübsengenomen häufiger matroklone Formen auf, als bei Verwendung von Kohl für die Erzeugung solcher Bastarde.

Sieht man von den Methoden, die diese unreduzierten Gameten ausnützen, ab, so bleiben noch 4 Möglichkeiten, die nunmehr ebenfalls alle zum Erfolg geführt haben. Jede der Methoden hat Vor- und Nachteile. Um die cytologischen Untersuchungen einzuschränken, empfiehlt es sich, tetraploide Ausgangsformen miteinander zu kreuzen. Wie bereits betont,

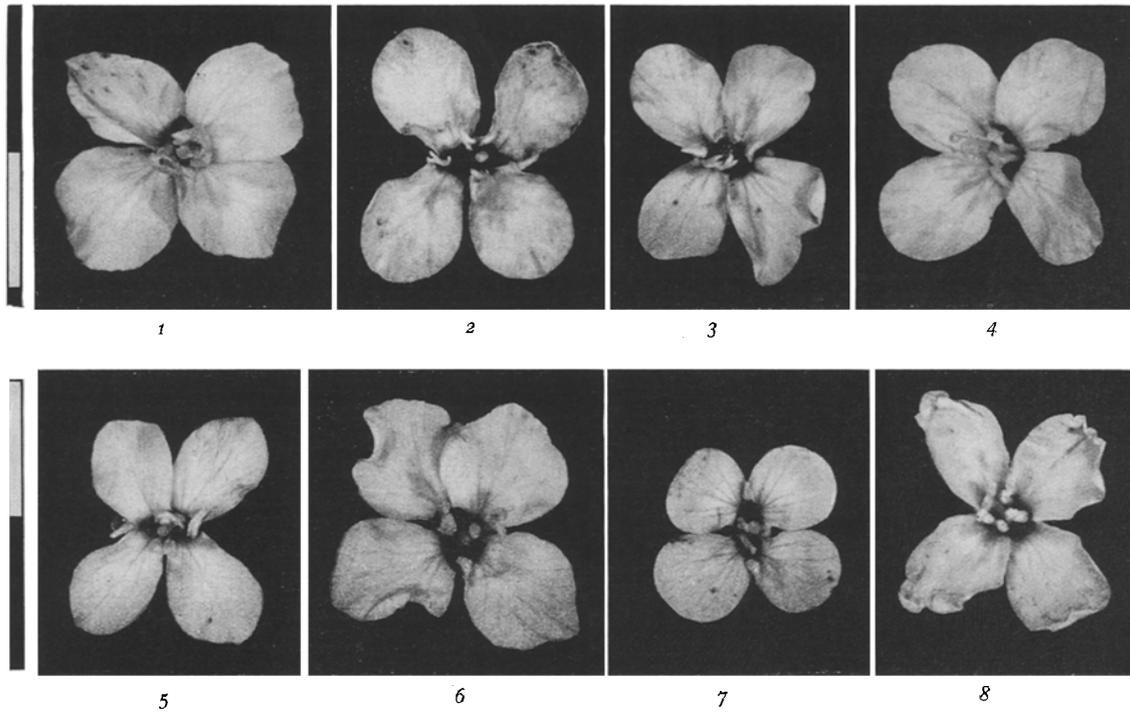


Abb. 4. Blüten verschiedener synthetischer und semisynthetischer Rapsformen im Vergleich zum natürlichen Raps, sowie von *Naporapa* und von den Ausgangsformen Rübsen und Kohl. — 1 Lembkes Raps; 2 Synthetischer Raps S 1; 3 Synthetischer Raps S 3; 4 Semisynthetischer Raps S 51; 5 Semisynthetischer Raps S 101; 6 *Naporapa* S 151; 7 Lembkes Rübsen; 8 Grünkohl halbhoch, mooskraus.

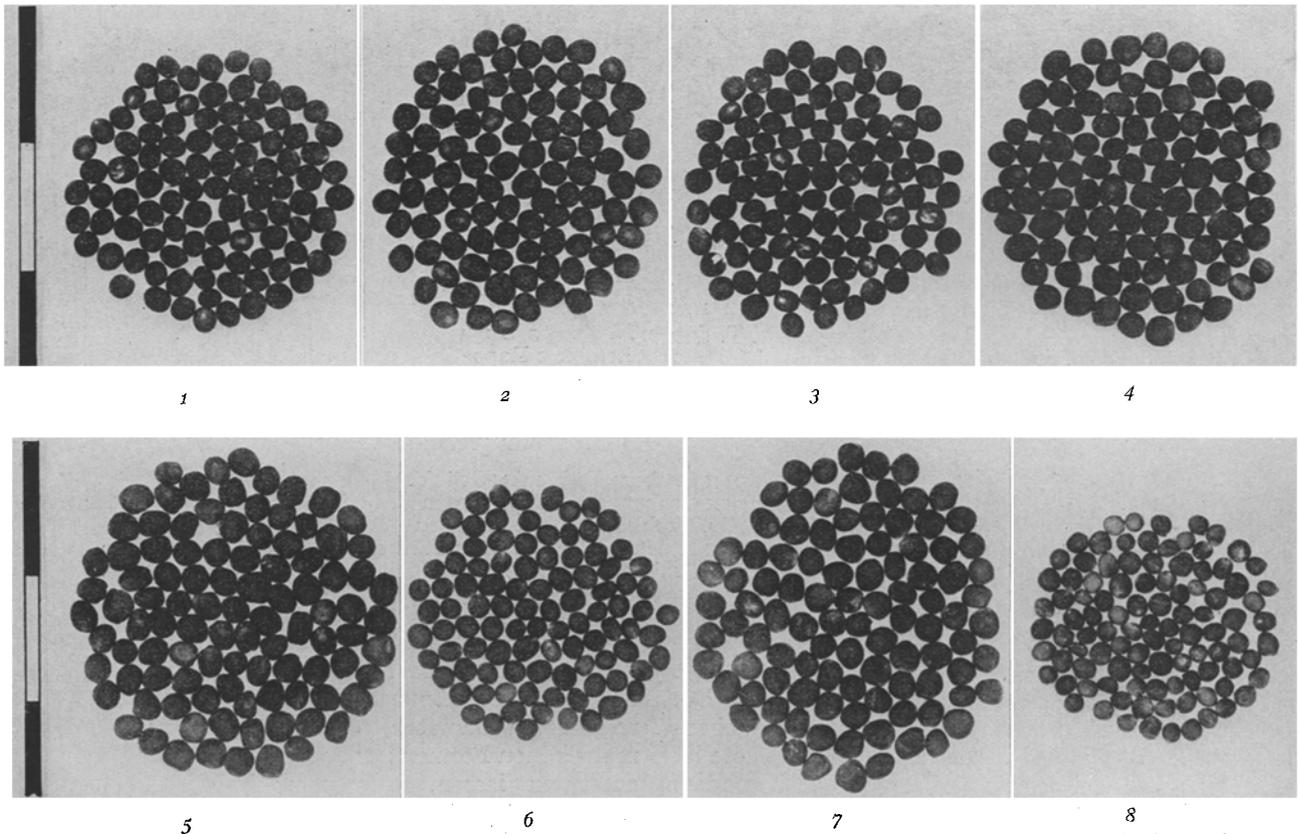


Abb. 5. Körner verschiedener synthetischer und semisynthetischer Rapsformen im Vergleich zum natürlichen Raps, sowie von *Naporapa* und von den Ausgangsformen Rübsen und Kohl. — 1 Lembkes Raps; 2 Synthetischer Raps S 1; 3 Semisynthetischer Raps S 51; 4 Semisynthetischer Raps S 101; 5 *Naporapa* S 151; 6 2n Lembkes Rübsen; 7 4n Lembkes Rübsen; 8 Grünkohl halbhoch, mooskraus.

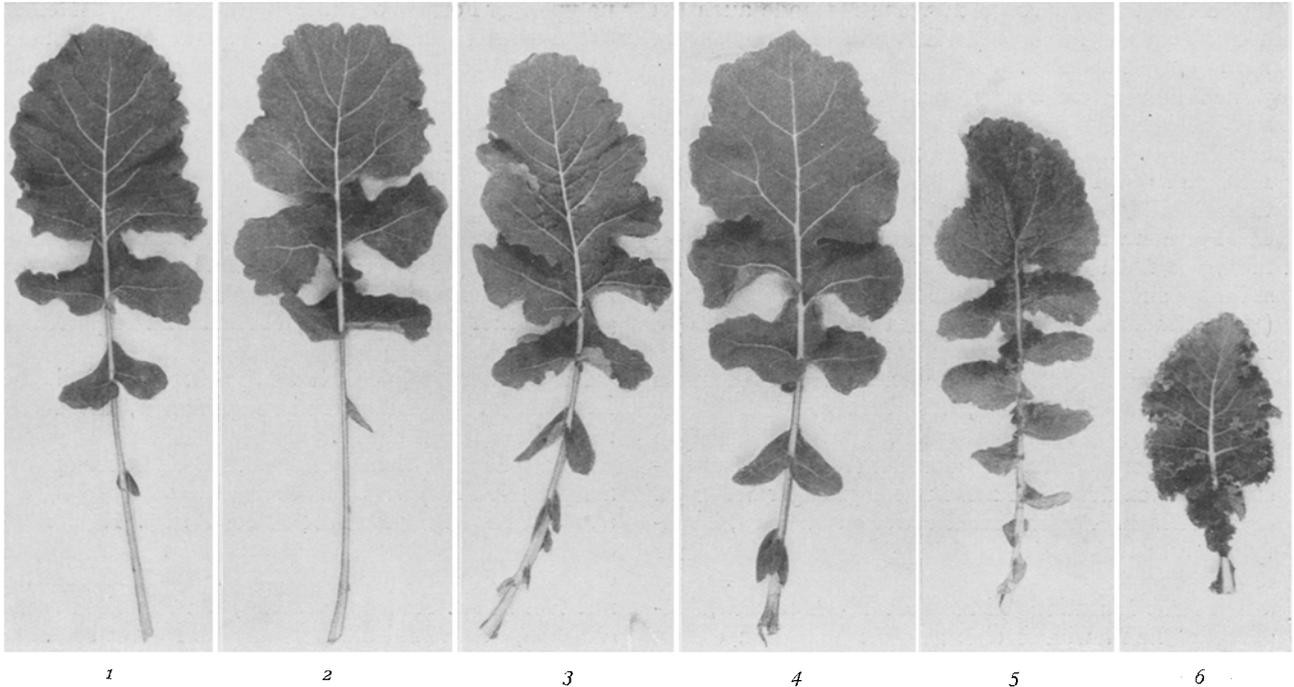


Abb. 6. Rosettenblätter von Herbstpflanzen verschiedener semisynthetischer Rapsformen im Vergleich zum natürlichen Raps und zu den Ausgangsformen Rüben und Kohl. — 1 Lembkes Raps; 2 Semisynthetischer Raps S 51; 3 Semisynthetischer Raps S 52; 4 Semisynthetischer Raps S 101; 5 Lembkes Rüben; 6 Grünkohl halbhoch, mooskraus.



Abb. 7. Rosettenblätter von Herbstpflanzen des *Naporapa* und *Napoleracea* im Vergleich zum natürlichen Raps und den Ausgangsformen Rüben und Kohl. — 1 Lembkes Raps; 2 *Naporapa* S 151; 3 *Naporapa* S 154; 4 *Napoleracea* S 156; 5 Lembkes Rüben, 6 Grünkohl halbhoch, mooskraus.

kann die Entstehung matrokliner Formen eingeschränkt werden, wenn der tetraploide Kohl als Mutter dient. Auch bei den *Napoleracea*-Formen ist die Anzahl der matroklinalen Pflanzen geringer.

Will man einen sicheren Erfolg erzielen, so müssen die Kreuzungen in allen Fällen in großem Umfange durchgeführt werden. Der Ansatz in unseren Versuchen ist jedoch bedeutend geringer als bei RUDORF und OLSSON et al. Es kann jedoch nicht entschieden

werden, ob dieser schlechte Ansatz auf die angewandte Kreuzungstechnik (Einbeutelung, Temperaturverhältnisse), oder auf die verschiedenartigen Ausgangsformen, die zu den Kreuzungen herangezogen wurden, zurückzuführen ist. Der Arbeitsaufwand der Methoden wird durch Colchicinbehandlungen mit anschließenden cytologischen Untersuchungen, die zur Synthese oder Polyploidisierung der Ausgangsformen notwendig sind, gesteigert. Inwieweit hier die von BECKER

und SKIEBE (1955) vorgeschlagene Methode auch bei den Brassicaceen zu besseren Ergebnissen führen kann, muß erprobt werden.

Von besonderer Bedeutung ist die Tatsache, daß alle hergestellten Rapsformen keine Fertilitätsstörungen zeigen. Auch der Entstehungsweg hat auf die Fertilität der Formen keinerlei Einfluß. Die durch Colchicinbehandlung vegetativer Sprosse entstehenden Formen weisen dieselbe Fertilität auf wie die Formen, die nach Verschmelzung zweier Gameten entstanden sind. Ein Unterschied, wie er von SKIEBE (1956) für *Cheiranthus* angegeben wird, kann bei den Brassicaceen nicht festgestellt werden.

Obwohl in unseren Kreuzungen die verschiedensten Ausgangsformen (Rübsen, Wasserrübe, verschiedene Kohlarten) kombiniert wurden, sind die erzielten synthetischen Rapsformen alle sehr ähnlich und unterscheiden sich äußerlich nur in geringfügiger Weise an den Blättern. Anscheinend erweist sich der „Blatttypus“ des Rübsens im allopolyploiden Bastard über die verschiedenen Kohlformen als epistatisch. Erst durch neue Mutationen innerhalb dieses neuen „Artgefüges“ kann wieder eine größere Variation erzielt werden. Da der Raps phylogenetisch noch jung ist, ist auch seine Variabilität noch relativ gering. Er kann daher ein für künstliche Mutationsauslösung günstiges Objekt sein.

Für die Synthese der Kohlrübe ist nach OLSSON et al. jedoch die Kreuzung der Wasserrübe mit Kohlformen, die zu Anschwellungen der Wurzel, des Hypokotyls bzw. der Sproßachse neigen (wie z. B. Kohlrabi), notwendig.

Auch nach Kreuzungen der neuen Formen mit natürlichem Raps, die zu vollkommen fertilen Nachkommen führen, tritt in den bisher beobachteten Generationen (bis  $F_3$ ) nur eine als gering zu bezeichnende Aufspaltung ein. Die Beobachtungen bedürfen aber noch langjähriger Fortsetzung, um endgültige Schlüsse ziehen zu können.

Die verschiedenen Möglichkeiten zur Synthese des Rapses, die z. T. auch in der Natur gegeben sein können, machen eine mehrfache Entstehung des Rapses so gut wie sicher (RUDORF 1951). Kreuzungen mit Formen aus entfernt liegenden Ländern (Ostasien) werden daher für die Rapszüchtung günstige Aussichten bieten.

Es ist ohne Zweifel, daß auch die synthetischen und semisynthetischen Rapsformen für die Rapszüchtung ein wertvolles neues Zuchtmaterial darstellen. Die Methoden 3—8 führen zu heterocygoten Formen, in deren späteren Nachkommenschaften bereits eine Auslese auf züchterisch wertvolle Typen einsetzen kann. Um zu Spaltungen zu gelangen, müssen die homocygoten Formen, die nach den Methoden 1 und 2 entstehen, untereinander gekreuzt werden. Alle neuen Formen stellen selbstverständlich ein weiteres Ausgangsmaterial für die Kombinations- und Transgressionszüchtung mit natürlichen Rapsformen dar. Nach den bisherigen Kreuzungsergebnissen ist eine Heterosiswirkung nach solchen Kreuzungen sehr wahrscheinlich. Durch Einbeziehung anderer Brassicaceenarten können evtl. auch noch weitere neue Formen „synthetisiert“ werden (TISCHLER 1956, RUDORF 1951 u. a.). Auf diese Möglichkeiten kann hier im einzelnen nicht eingegangen werden.

### Zusammenfassung

1. Die Brassicaceen stellen eine besonders günstige Pflanzengruppe für die artifizielle Bildung neuer allo-

polyploider Formen oder die Synthetisierung bestehender allopolyploider Arten dar. In der vorliegenden Arbeit wird über die Synthese oder Semisynthese des Rapses nach 8 verschiedenen Methoden berichtet.

2. Die Synthese des Rapses kann einmal über die Kreuzung der beiden Ursprungsformen Rübsen (AA,  $2n = 20$  Chromosomen) und Kohl (CC,  $2n = 18$  Chromosomen) erfolgen. Genomverdoppelung durch Colchicinbehandlung läßt aus den  $F_1$ -Bastarden (AC) neue Rapsformen (AACC) entstehen. Da die Bastarde häufiger unreduzierte Gameten bilden, kann die Vereinigung solcher Gameten (AC) ebenfalls zu Rapsformen führen.

Eine weitere Möglichkeit der Synthese besteht in der Kreuzung tetraploider Ursprungsformen, die sofort neue Rapsformen ergibt.

3. Die Semisynthese des Rapses erfolgt über die Erzeugung von *Naporapa*- und *Napoleracea*-Formen, die aus der Kreuzung Raps  $\times$  Rübsen bzw. Kohl nach Colchicinbehandlung entstehen können. Diese amphidiploiden Formen (AAAACC bzw. AACCCC) werden mit Kohl bzw. Rübsen gekreuzt, um Rapsformen zu erhalten, die sowohl die Genome des Kohles bzw. des Rübsens als auch die Genome des Rapses in sich vereinigen. Die anderen Methoden benutzen wiederum die bei den Brassicaceen-Bastarden häufig vorkommenden unreduzierten Gameten. So kann einmal Raps mit Kohl gekreuzt werden, um nach Bestäubung des Bastardes (ACC) mit Rübspollen (A) bei Vereinigung mit einer unreduzierten Eizelle zu einer Rapsform (AACC) zu gelangen, zum anderen kann die Kreuzung Raps  $\times$  Rübsen und weitere Bestäubung des Bastardes mit Kohlpollen zum Erfolg führen. Die letzte Methode, bei der unreduzierte Eizellen des Bastardes Rübsen  $\times$  Kohl (AC) mit Rapsollen (AC) zur Vereinigung kommen, führt nach RUDORF ebenfalls zum Erfolg. Sie wurde von uns nicht angewandt.

4. Zur Erzielung der verschiedenen Bastarde ist eine große Zahl Kastrationen und Bestäubungen notwendig. Im Verlauf der Arbeit wurden etwa 118200 Kreuzungen durchgeführt. Die Ansatzverhältnisse der Kreuzungen werden mitgeteilt. Sie liegen in unseren Untersuchungen z. T. niedriger als bei ähnlichen Kreuzungen anderer Autoren.

Zur Bestätigung des Erfolges der Kreuzungen wurden in den Jahren 1953—1957 jährlich 2000—3000 cytologische Untersuchungen vorgenommen.

5. Viele Samen, die nach den verschiedensten Kreuzungen erhalten wurden, ergaben matroklone Formen. Das häufige Auftreten der matroklinalen Formen, deren Entstehung noch der Klärung bedarf, erschwert das Auffinden der synthetischen Rapsformen erheblich. Die Bastarde (Kohl  $\times$  Rübsen) bzw. die *Napoleracea*-Formen scheinen bedeutend weniger zur Bildung matroklinaler Formen zu neigen.

6. Synthetische bzw. semisynthetische Rapsformen sind auf Grund der vorliegenden Ergebnisse nunmehr nach allen der 8 theoretisch möglichen Wege hergestellt worden. Soweit uns bekannt, sind dabei die Methoden 4, 5, 6 und 7 erstmalig erfolgreich angewandt worden.

7. Im Zuge der Arbeiten konnten 6 neue synthetische und 5 semisynthetische Rapsformen hergestellt werden. Zur Anwendung der Methoden 4 und 5, die von H. KUCKUCK vorgeschlagen wurden, war es notwendig, amphidiploide *Naporapa*- und *Napoleracea*-Formen zu gewinnen. Es konnten je 3 *Naporapa*- und

*Napoleacea*-Typen hergestellt werden. Alle neuen Formen werden kurz beschrieben.

8. Die synthetischen und semisynthetischen Formen, die alle sehr dem natürlichen Raps ähneln, sind voll fertil und geben, untereinander und mit natürlichem Raps gekreuzt, fertile Bastarde. Die Fertilität von *Napora*- und *Napoleacea*-Formen ist vermindert, das 1000 Korngewicht jedoch erhöht.

9. Die neuen Rapsformen stellen ein wertvolles Ausgangsmaterial für die Rapszüchtung hinsichtlich der Kombinations-, Transgressions- und Heterosiszüchtung dar.

#### Literatur

1. BECKER, G. und K. SKIÈBE: Eine neue Methode der Colchicinbehandlung. *Der Züchter* 25, 161—163 (1955). — 2. BECKER, TH.: Siebenjährige blütenbiologische Studien an den Cruciferen *Brassica napus* L., *Brassica rapa* L., *Brassica oleracea* L., *Raphanus* L. und *Sinapis* L. I *Zeitschr. f. Pflanzenzücht.* 29, 222—240 (1951); II *Zeitschr. f. Pflanzenzücht.* 31, 72—103 (1952). — 3. CHOPINET, R.: Sur quelques hybrides expérimentaux interspécifiques et intergénériques chez les Crucifères. *C. r. Acad. Sci. Paris* 215, 454—547 (1942). — 4. CHOPINET, R.: Sur le comportement du croisement tétraploide colza  $\times$  chou de Bruxelles (*Brassica napoleacea*). *Rev. sci. Paris* 81, 511—512 (1943). — 5. DARLINGTON, C. D. and E. K. JANAKI AMMAL: *Chromosome Atlas of cultivated plants*, London (1945). — 6. FRANDSEN, H. N. und Ö. WINGE: *Brassica napocampestris*, a new constant amphidiploid species Hybrid. *Hereditas* 16, 212—218 (1932). — 7. FRANDSEN, K. J.: The experimental formation of *Brassica juncea* Czern. et Coss. (Preliminary report). *Dansk Botanisk Arkiv* 11, Nr. 4, 1—17 (1947). — 8. GEITLER, L.: Schnellmethoden der Kern- und

Chromosomenuntersuchungen, 2. Aufl. Wien: Springer (1949). — 9. KOCH, H. und R. PETERS: Neue Gesichtspunkte der Rapszüchtung. *Wissenschaftl. Zeitschr. der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg* 2, 363—367 (1953). — 10. MIZUSHIMA, (1950) nach TISCHLER: *Handbuch der Pflanzenanatomie, II Allgemeine Pflanzenkaryologie. Ergänzungsband: Angewandte Pflanzenkaryologie.* Berlin: Gebr. Bornträger (1956). — 11. MÜNTZING, A.: Polyploidiezüchtung, in KAPPERT-RUDORF: *Handbuch der Pflanzenzüchtung.* 2. Aufl. 1, 700—731 (1956). — 12. OLSSON, G.: Undersökning av själofertiliteten hos artificiell raps. *Kungl. Lantbruksakademienstidskrift, Arg.* 92, 394—402 (1953). — 13. OLSSON, G., JOSEFSSON, A., HÄGGERG, A. und S. ELLERSTRÖM: Synthesis of the *ssp. rapifera* of *Brassica napus*. *Hereditas* 41, 241—249 (1955). — 14. OLTSMANN, W.: Die Herstellung polyploider Pflanzen mit Hilfe von Colchicin-Injektionen. *Der Züchter* 20, 209—210 (1950). — 15. SCHWANITZ, F.: Eine neue wirkungsvolle und sparsame Methode der Colchicinbehandlung (Colchicin-Traganth-Schleim). *Der Züchter* 19, 301—402 (1949). — 16. SKIÈBE, K.: Artbastardierung und Polyploidie in der Gattung *Cheiranthus* L. *Der Züchter* 26, 353—363 (1956). — 17. RUDORF, W.: Die Bedeutung der Polyploidie für die Evolution und die Pflanzenzüchtung. *Angewandte Botanik* 25, 92—114 (1943). — 18. RUDORF, W.: Über die Erzeugung und Eigenschaften synthetischer Rapsformen. *Zeitschr. f. Pflanzenzüchtung* 29, 35—54 (1951). — 19. TISCHLER, G.: *Handbuch der Pflanzenanatomie, II Allgemeine Pflanzenkaryologie. Ergänzungsband: Angewandte Pflanzenkaryologie.* Berlin: Gebr. Bornträger (1956). — 20. TROLL, H.-J.: Beobachtungen über die Winterfestigkeit und deren Vererbung an verschiedenen Rapsformen und ihren Bastarden. *Der Züchter* 17, 439—447 (1947). — 21. NAHAGARU, U.: Genome analysis in *Brassica* with special reference to the experimental formation of *B. napus* and peculiar mode of fertilization. *Jap. Journ. of Botany* 7, 389—452 (1934).

(Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin)

## Über die Möglichkeiten einer züchterischen Verbesserung der biologischen Wertigkeit von Kartoffeleiweiß\*

Von H. REISSIG

Mit 1 Textabbildung

In der Züchtungsforschung wurden bereits wiederholt Notwendigkeit und Möglichkeiten einer züchterischen Verbesserung der Quantität und Qualität pflanzlicher Proteine diskutiert (SCHWARZE und v. SENGBUSCH, 1937; SCHWARZE, 1944; SIGLE, 1951; NEHRING, 1955; BECKER, 1955). Während es sich bei der Züchtung auf Quantität um eine Steigerung des prozentualen Proteingehaltes einer Pflanzenart handelt, muß die Züchtung auf Qualität die „quantitative“ Zusammensetzung des Pflanzenproteins hinsichtlich seiner essentiellen Aminosäuren berücksichtigen. Im folgenden soll ein Beitrag über die Möglichkeiten und Aussichten einer züchterischen Verbesserung der Qualität (biologische Wertigkeit) von Kartoffeleiweiß gegeben werden.

Die biologische Wertigkeit eines Proteins wird heute allgemein nach OSER (1951) berechnet, der Eiweißprotein als Bezugsprotein benutzt. Hierbei wird die Gesamtheit der essentiellen Aminosäuren berücksichtigt, indem aus den Eiweißproteinverhältnissen (EPV<sup>1</sup>) das geometrische Mittel berechnet wird. Als Volleiprotein-Standardwerte sind nach BLOCK und MITCHELL

(1946/47) einzusetzen: Leucin 9,2%, Isoleucin 8,0%, Phenylalanin 6,3%, Tyrosin 4,5%, Threonin 4,9%, Histidin 2,1%, Valin 7,3%, Arginin 6,4%, Lysin 7,2%, Methionin 4,1% und Tryptophan 1,5%. Der nach dieser Berechnung erhaltene Wert wird als EAA (essential amino acid)-Index<sup>1</sup> bezeichnet. Auf diese Weise erhaltene Werte über die biologische Wertigkeit von Kartoffeleiweiß verschiedener Sorten werden in der Literatur mit 61—78 (Durchschnitt 72) angegeben (NEHRING und SCHWERDTFEGGER, 1957; SCHUPHAN und POSTEL, 1957). Eine züchterische Bearbeitung dieser Werteigenschaften hat aber nur dann Erfolgsaussichten, wenn die Unterschiede zwischen den Sorten erblich bedingt und genügend groß sind. Es müßte deshalb unter möglichst konstanten Umweltbedingungen untersucht werden, ob die von anderen Autoren gemachten Angaben über die Schwankung der biologischen Wertigkeit bei Kartoffelsorten bestätigt werden können und welche Komponenten für den komplexen Begriff „Wertigkeit des Eiweißes“ in erster Linie verantwortlich zu machen sind. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen müßten dann Schlußfolgerungen über die Möglichkeiten einer züchterischen Verbesserung der biologischen Wertigkeit von Kartoffeleiweiß gezogen werden können.

\* Herrn Prof. R. von SENGBUSCH zum 60. Geburtstag gewidmet.

<sup>1</sup> EPV =  $\frac{\text{Aminosäure im Versuchsprotein} \times 100}{\text{Aminosäure im Vollei}}$

<sup>1</sup> EAA-Index =  $\sqrt[n]{\text{EPV}_1 \times \text{EPV}_2 \times \dots \times \text{EPV}_n}$