

(Aus dem Institut für Genetik der Martin Luther-Universität Halle-Wittenberg und dem Institut für Kulturpflanzenforschung der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin in Gatersleben)

Mutationsversuche an Kulturpflanzen VI Röntgenbestrahlungen der Sojabohne (*Glycine soja* (L.) SIEB. et ZUCC.)

Von MARTIN ZACHARIAS

Mit 22 Textabbildungen

I. Einleitung

Über die Anwendbarkeit der Methode der künstlichen Mutationsauslösung zur Erzeugung züchterisch wertvoller Formen bei unseren Kulturpflanzen besteht heute kein Zweifel mehr. Nachdem von STUBBE in mehreren Arbeiten (1929, 1934, 1937, 1942) darauf hingewiesen wurde, daß die bis dahin an theoretischen pflanzlichen Objekten, vor allem bei *Antirrhinum*, erarbeiteten Ergebnisse der Züchtungsforschung und der praktischen Pflanzenzüchtung neue Wege zur Vergrößerung der Formenmannigfaltigkeit des Zuchtmaterials eröffnen, sind in den darauffolgenden Jahren an vielen Objekten und an verschiedenen Orten Versuche in dieser Richtung mit Erfolg durchgeführt worden.

Die methodischen Voraussetzungen zu Mutationsversuchen an Kulturpflanzen wurden von FREISLEBEN und LEIN (1943) bei Gerste erarbeitet, denen bei der Durchführung unserer Versuche im wesentlichen gefolgt wurde. Auf die vielen Mitteilungen über erfolgreiche Versuche mit Gerste, Weizen, Erbsen, Lupinen, Bohnen, Senf, Tomaten, Futterpflanzen u. a. soll hier nicht eingegangen werden. Es soll nur erwähnt werden, daß es sich bei dem Ausgangsmaterial dieser Arbeiten in den meisten Fällen um Sorten von Kulturpflanzen handelte, die in den betreffenden Ländern schon lange angebaut und züchterisch bearbeitet wurden und deren Erträge nur noch geringfügig gesteigert werden können. Hier war und ist es Aufgabe der Mutationsforschung, das Schwergewicht auf die Verbesserung der qualitativen Merkmale dieser Sorten zu legen, wie z. B. Resistenz gegen pilzliche und bakterielle Krankheitserreger, Standfestigkeit, Frühreife, gute Backfähigkeit oder Erhöhung des Gehaltes wertvoller Inhaltsstoffe u. a. Zur Lösung dieser Aufgaben wird in Zukunft die Methode der künstlichen Mutationsauslösung mehr und mehr herangezogen werden müssen, seitdem durch die Arbeiten von GUSTAFSSON (1942), STUBBE und BANDLOW (1947), HOFFMANN (1950) und BANDLOW (1951) an Gerste bekannt ist, daß solche qualitativen Merkmale, die oft nur bei Wild- und Primitivformen des Weltsortiments zu finden sind, auch mutativ an unseren Hochleistungssorten unter Beibehaltung ihres wertvollen Genbestandes erzeugt werden können. Hierdurch kann die langwierige Kreuzungsarbeit der Kombinations- bzw. Transgressionszüchtung verkürzt werden.

Die bisher in Deutschland durch Selektion und Kombination geschaffenen Sojasorten können sich wegen ihrer geringen Erträge und vor allem wegen ihrer Ertragsunsicherheit noch nicht für einen rentablen Reinanbau durchsetzen. Nach wie vor sind, neben

anderen, Frühreife und Ertragssteigerung die vorrangigsten Zuchtziele. Obwohl die Sojabohne einen sehr großen Formenreichtum hat, ist dieser wegen ihres Kurztagscharakters für die deutsche Züchtung nur beschränkt verwendbar. Als Zuchtmaterial kommen nur die schwer zugänglichen Sorten und Herkünfte aus den nördlichsten Anbaugebieten Asiens und Nordamerikas in Frage (HERB-MÜLLER, 1938; RUDOLF, 1949). Dieser Tatbestand war der Anlaß für die Durchführung der vorliegenden Arbeit. Es sollte die Frage geklärt werden, inwieweit durch die Erzeugung von Röntgenmutanten der Formenreichtum einer der frühesten und ertragreichsten deutschen Sojasorten vergrößert und somit wertvolles Ausgangsmaterial für weitere züchterische Arbeit geschaffen werden kann.

Von ANDERSSON (1944) wurde erstmalig in einer kurzen Mitteilung über Mutationsversuche an Sojabohnen berichtet. Trotz des geringen Selektionsmaterials (632 X_1 -Nachkommenschaften) konnten einige züchterisch wertvolle Mutanten ausgelesen werden. Nähere Angaben über die Art dieser Mutanten wurden nicht gemacht. Auch die Angaben über die angewandten Röntgendosen mußten überprüft werden, da sie sich auf eine Arbeit von GUSTAFSSON (1944) beziehen, auf die im folgenden noch eingegangen wird. HUMPHREY (1951) gab Samen der Sorte Dortchsoy 2 nach Oak Ridge, „where they were placed on an atomic bomb pile until 1000 and 1500 roentgens of neutron irradiation respectively had passed through the samples“ (HUMPHREY 1951, S. 11). Da die Dosis zu gering war, konnten an den X_1 -Pflanzen praktisch keine Strahlenwirkungen festgestellt und in der X_2 -Generation nur wenige Chlorophyllmutanten gefunden werden. 1950 wurden die Versuche mit stärkeren Dosen (2500 bis 3500 r) wiederholt und in der X_2 -Generation 228 als „Atomics“ bezeichnete Mutanten ausgelesen, unter denen neben chlorophylldefekten, schwachen, sterilen und semisterilen Formen auch Mutanten auftraten, die bedeutend frühreifer als die Ausgangssorte waren. Bei sieben Mutanten, die einen kräftigeren Wuchs als die Ausgangssorte hatten, müssen noch weitere Untersuchungen erweisen, ob es sich um modifikative oder mutative Veränderungen handelte. Die im Verhältnis zur Größe des Selektionsmaterials (4200 X_1 -Nachkommenschaften) erzielte relativ geringe Mutantenausbeute ist, zumal den Angaben keine Bestätigungsgeneration zugrunde liegt, auf die zu geringe Strahlendosis zurückzuführen.

In der vorliegenden Arbeit werden über solche Mutanten, die der Ausgangssorte im Ertrag überlegen zu sein scheinen, keine Zahlenangaben gemacht, da hierzu mehrjährige Ertragsprüfungen notwendig sind.

II. Ausgangsmaterial und Methodik

Als Ausgangsmaterial für die Versuche wurde die Sojasorte Heimkraft I (*Glycine soja* (L.) SIEB. et ZUCC.) verwandt. Sie ist violettblühend und gelbsamig und liegt mit den Sorten Heimkraft II und Dornburger Weißblühende bezüglich Ertrag und Fröheife an der Spitze der im mitteldeutschen Raum gezüchteten Sojasorten. Das Saatgut konnte im Frühjahr 1952 als Zuchtgartenelite vom Saatbuchhauptgut Roschwitz bei Bernburg bezogen werden.

Da die Sorte Heimkraft I seit 1952 aberkannt ist und auch die Erhaltungszüchtung eingestellt wurde, mußte die Erhaltungszüchtung dieser Sorte zur Erzeugung hochwertigen Vergleichsmaterials in Gatersleben weitergeführt werden. 1955 wurden acht B-Stämme, die von im Jahre 1952 selektierten Elitepflanzen abstammten, im Vergleich zu den anerkannten Sorten Heimkraft II und Dornburger Weißblühende angebaut. Der Versuch war nach der Methode FISHER mit drei Wiederholungen (Parzellengröße 20 m²) angelegt und wurde nach der Varianzanalyse (MUDRA 1949) ausgewertet. In der Tab. 1 sind die Versuchsergebnisse zusammengestellt. Innerhalb der Stämme 1—8 der Sorte Heimkraft I konnten keine gesicherten Ertragsunterschiede ermittelt werden. Dagegen lagen die Erträge der Sorten Dornburger Weißblühende und Heimkraft II unter dem als Vergleichssorte gewählten Stamm 1 und unterschieden sich genügend gesichert

Tabelle 1. Absolut- und Relativerträge von B-Stämmen aus der Sorte Heimkraft I im Vergleich zu den Erträgen der Sorten Heimkraft II und Dornburger Weißblühende im Jahre 1955

Sorte	1000 K.G. in g	M Ertrag in kg	dz/ha	relativ	t	P%	Reife
Heimkraft I:							
St. 1	162	2,97	13,75	100,0	—	—	6. 10. 1955
St. 2	158	3,23	14,95	108,7	0,64	55,6	3. 10. 1955
St. 3	153	2,90	13,42	97,6	0,17	84,1	3. 10. 1955
St. 4	166	3,00	13,93	101,3	0,07	92,0	3. 10. 1955
St. 5	164	3,00	13,93	101,3	0,07	92,0	3. 10. 1955
St. 6	162	3,07	14,21	103,3	0,24	84,1	3. 10. 1955
St. 7	164	2,97	13,75	100,0	—	—	3. 10. 1955
St. 8	169	2,83	13,10	95,3	0,34	76,6	10. 10. 1955
Dornburger Weißblühende	146	1,83	8,47	61,5	2,77	1,1	15. 10. 1955
Heimkraft II	199	1,67	7,73	56,2	3,18	0,45	15. 10. 1955

Tabelle 2. Die Anzahl der Keimlinge der Kontrolle und des mit verschiedenen Dosen bestrahlten Samens nach vierzehn- und einundzwanzigtägiger Versuchsdauer

	Von 1000 Samen keimten									
	Kontr.	4 kr	8 kr	12 kr	16 kr	20 kr	30 kr	40 kr	50 kr	60 kr
nach 14 Tagen	753	742	683	204	112	28	8	9	2	4
nach 21 Tagen	900	849	876	836	880	838	831	840	739	783

mit P% = 1,1 bzw. P% = 0,45 von ihm. Aus den in der letzten Spalte der Tabelle vermerkten Reifedaten der Stämme und Sorten ist zu ersehen, daß Heimkraft I außer höheren Erträgen im Jahre 1955 auch eine um 10—12 Tage kürzere Vegetationszeit besitzt.

Die Bestrahlungen begannen im Frühjahr 1952 in der Röntgenabteilung der II. Medizinischen Klinik der Universität Halle mit einem Stabilivolt-Therapieapparat der Firma Siemens. Die Bestrahlungsbedingungen waren in jedem Falle die gleichen, und zwar: 180 kv, 15 mA, 0,5 mm Cu-Filter und 40 cm Abstand. Die Intensität der Strahlung betrug 102,4 r/min. Der lufttrockene Samen war während der Bestrahlung immer

zu je 1000 Stück einschichtig in verschlossenen dünnen Papiertüten verpackt.

Die Aussaat der Samen wurde in den Jahren 1952, 1953, 1954, und 1955 mit der Hand vorgenommen. Der Abstand der immer in Nord-Südrichtung verlaufenden Reihen betrug 40 cm. In der Reihe waren die Kornabstände bei der Bestrahlungsgeneration mit steigender Dosis geringer (von 10 cm—2,5 cm).

Bei der X₂- und X₃-Generation betrug der Kornabstand in der Reihe einheitlich 10 cm. Die Zeit der Aussaat war in den verschiedenen Jahren von der Witterung abhängig und schwankte zwischen Ende April und Anfang Mai. Obwohl auf dem Versuchsgelände noch niemals Sojabohnen wuchsen, gediehen die Pflanzen auch ohne Samen- oder Bodenimpfung mit *Rhizobium japonicum* gut. Die Bildung von Knöllchen an den Wurzeln der Pflanzen konnte in keinem Falle beobachtet werden. Der Ausfall der Knöllchenbildung wurde durch eine ein- bis zweimalige Kopfdüngung der jungen Pflanzen mit einer entsprechenden Menge basisch wirkenden Stickstoffdüngers ausgeglichen.

III. Ergebnisse der Versuche¹

1. Prüfung der Strahlenwirkung durch Triebkraftversuche

Von GUSTAFSSON (1944) wurden erstmalig Angaben über die Höhe von Röntgendosen gemacht, die bei Bestrahlungsversuchen mit Sojabohnen angewandt werden können. Er stellte fest, daß der Samen keinen höheren Dosen als 10000 r standhält und daß die kritische Dosis zwischen 5000 und 7500 r zu liegen scheint. Unter der „kritischen Dosis“ versteht GUSTAFSSON (1947) die Strahlendosis, bei deren Anwendung in der X₁-Generation mit einer befriedigenden Anzahl überlebender Pflanzen gerechnet werden kann und in der X₂-Generation die Mutantenausbeute am größten ist. Die von GUSTAFSSON mit 3 Sorten in drei aufeinanderfolgenden Jahren durchgeführten Freilandversuche zeigen folgendes: 1. daß das Ausmaß der sichtbar werdenden

Strahlungsschädigung in den verschiedenen Jahren stark von den jeweiligen Witterungsverhältnissen abhängt und 2. daß zwischen den einzelnen Sorten bezüglich ihrer Strahlungsempfindlichkeit bedeutende Unterschiede vorliegen. Diese Ergebnisse, die allerdings nur aus einem zahlenmäßig geringen Material gewonnen wurden (125—200 Samen wurden je Sorte bestrahlt), weisen darauf hin, daß die unter den Bedingungen Svalöfs bei Freilandversuchen gefundenen Werte keinesfalls auf die in Gatersleben herrschenden

¹ Fräulein Marlies Berner und Fräulein Auguste Cziesche möchte ich für ihre zuverlässige Hilfe bei der technischen Bearbeitung der Versuche herzlich danken.

Bedingungen oder auf unsere Ausgangssorte Heimkraft I übertragen werden können.

Um in kurzer Zeit einen Überblick über die unmittelbare Wirkung der Bestrahlung zu bekommen, ohne von den Witterungsverhältnissen abhängig zu sein, wurden im Gewächshaus Triebkraftversuche angesetzt. Sie sollten, wie das von FREISLEBEN und LEIN (1943) bereits bei Gerste beschrieben ist, Anhaltspunkte für die bei einer bestimmten Dosis zu erwartende Anzahl lebens- und entwicklungsfähiger Pflanzen liefern. Die hierfür verwendeten Samen wurden zu je 1000 Stück mit 4000 r, 8000 r, 12000 r, 16000 r, 20000 r, 30000 r, 40000 r, 50000 r und 60000 r bestrahlt.

Der bestrahlte Samen wurde am 25. 3. 52 in sandgefüllte Pikierkisten ausgelegt und mit einer 3 cm hohen Schicht Grobsand bedeckt. Nach vierzehntägiger Versuchsdauer zeigte sich beim Aufgang der bestrahlten Samen gegenüber den Kontrollen mit wachsender Dosis eine deutlich steigende Keimverzögerung, die nach weiteren acht Tagen jedoch wieder annähernd ausgeglichen war, wie das aus der Tab. 2 hervorgeht. Bei der weiteren Entwicklung der Pflanzen machten sich aber die zu erwartenden Strahlenschädigungen deutlich bemerkbar. Die 4 kr-Serie zeigte neben einer leichten Aufhellung und Vergrößerung der Primärblätter sogar einen Entwicklungsimpuls gegenüber der Kontrolle.

Bei den 8 kr-Pflanzen waren die Primärblätter schon bedeutend verkleinert und das Längen-Breiten-Verhältnis zugunsten der Länge verändert. Auch konnten Störungen im Chlorophyllapparat der Pflanzen beobachtet werden. Die Primärblätter waren im ganzen heller gefärbt und von über die ganze Blattfläche verteilten noch heller gefärbten Flecken besetzt. Für die Entstehung dieses Fleckenmosaiks werden von KAPLAN (1954) chromosomenmutativ veränderte Zellen des bestrahlten Embryos angenommen, da die Dosisabhängigkeit der mittleren Anzahl von Flecken pro Blatt einer Mischung von Eintreffer- und Zweitreffprozessen entspricht.

Die Verkleinerung der Primärblätter und deren Verfärbung sowie eine Verkürzung des Epikotylwachstums nahm bei den höheren Dosen zusehends zu, bis schließlich bei den Dosen von 30 kr aufwärts die Bildung von Primärblättern und das Epikotylwachstum völlig unterblieb. Bei den niederen Dosen, bis 20 kr, ging die Verkleinerung der Primärblätter mit einer Vergrößerung der Kotyledonen parallel. Während sich die Kotyledonen der Kontrollpflanzen bald gelb färbten und abfielen, blieben sie bei den bestrahlten Serien intensiv grün gefärbt und sukkulent vergrößert noch lange am Stengel haften. Auch wenn die Keimlinge im Stadium der Kotyledonenbildung verharrten oder nur sehr kleine Primärblätter ausbildeten, blieben sie noch lange am Leben. Die Abb. 1—4 geben einen Überblick über den Entwicklungszustand der verschiedenen Bestrahlungsserien nach dreiwöchentlicher Versuchsdauer.

Bei den Keimlingen aller Bestrahlungsserien wurden Pfahlwurzeln ausgebildet. Eine Verringerung der Bildung von Nebenwurzeln erster und zweiter Ordnung setzte erst bei den Keimlingen der 20 kr-Serie ein. Sogar noch bei 30 kr hatten sich bei der Mehrzahl der Pflanzen kurze Nebenwurzeln erster Ordnung aus der Pfahlwurzel gebildet.

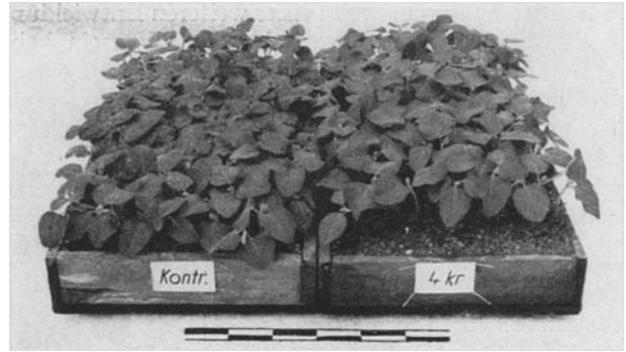


Abb. 1

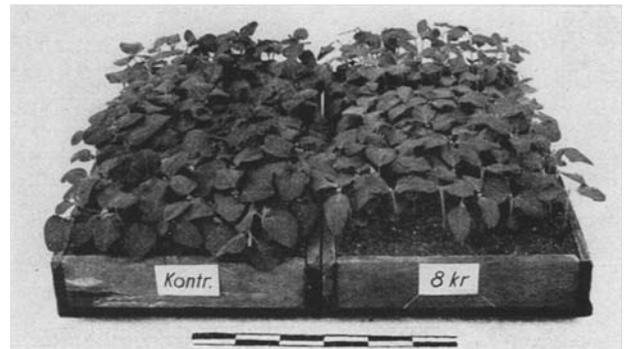


Abb. 2

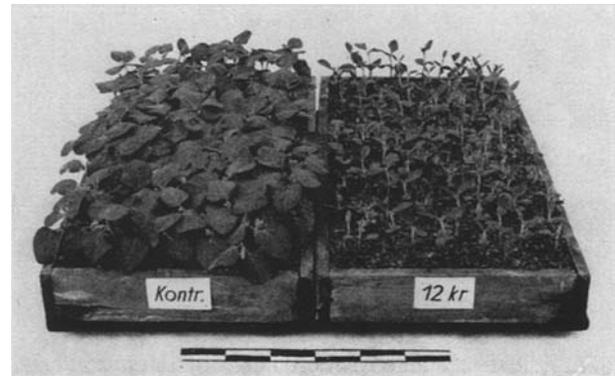


Abb. 3

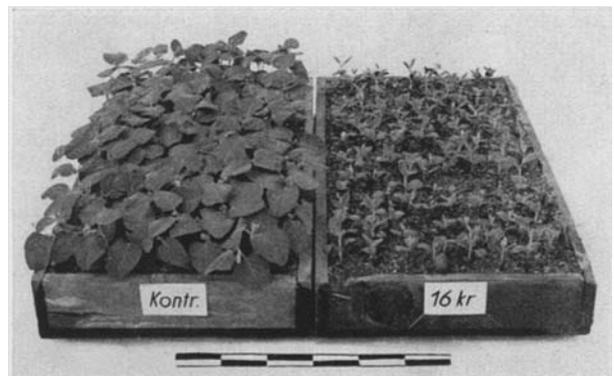


Abb. 4

Abb. 1—4. Die Wirkung der verschiedenen Bestrahlungsdosen auf die Entwicklung der Keimpflanzen im Vergleich zur Kontrolle nach drei Wochen Versuchsdauer.

Bei den Pflanzen, die zu einer weiteren Entwicklung fähig waren, verminderte sich ganz allgemein beim weiteren Wachstum das starke Schädigungsbild etwas. Die Folgeblätter ergrünten wieder normal, allerdings waren sie teilweise stark verformt.

Tabelle 3. Ergebnisse der Bonitierung der Kontrollpflanzen und des mit verschiedenen Dosen bestrahlten Pflanzenmaterials nach fünf Wochen Versuchsdauer

	Anzahl der zu den Bonitierungsgruppen gehörenden Pflanzen									
	Kontr.	4 kr	8 kr	12 kr	16 kr	20 kr	30 kr	40 kr	50 kr	60 kr
Ausgel. Samen	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Gruppe I	846	798	725	15	6	6	—	—	—	—
Gruppe II	45	42	140	602	119	1	—	—	—	—
Gruppe III	9	9	11	219	755	831	831	840	739	783
Gruppe IV	100	151	124	164	120	162	169	160	261	217

Nachdem nach fünf Wochen Versuchsdauer ein Urteil darüber möglich war, welche der Pflanzen zu einem weiteren vegetativen Wachstum fähig waren, wurde eine Bonitierung des Materials vorgenommen und nach dem Entwicklungszustand der Pflanzen in folgende vier Bonitierungsgruppen eingeteilt:

Gruppe I: Normale Entwicklung. Es werden bereits drittes und viertes Folgeblatt ausgebildet.

Gruppe II: Gehemmte Entwicklung. Schwächeres Epikotylwachstum als Pflanzen der Gruppe I. Es werden erstes und zweites Folgeblatt ausgebildet.

Gruppe III: Stark gehemmte Entwicklung. Hypokotylwachstum bis zur Bildung der Kotletonen. Schwaches oder gänzlich gestörtes Epikotylwachstum. Reduzierte Primärblattbildung. Keine Entwicklung von Folgeblättern.

Gruppe IV: Grobsandschicht wird nicht durchbrochen.

Die Ergebnisse der Bonitierung sind in der Tab. 3 dargestellt.

Während sich bei der 4 kr-Serie die Wirkung der Bestrahlung in einem Anwachsen der Anzahl der nicht-gekeimten Samen äußerte und nur ein geringer Teil der Folgeblätter Deformationen aufwies, war bei der 8 kr-Serie der Anteil der zur Bonitierungsgruppe II gehörenden Pflanzen schon bedeutend angewachsen. Deutlicher wurde diese Erscheinung noch bei der nächst höheren Dosis, bei 12 kr. Hier gehörten nur noch wenige Pflanzen der Gruppe I an. Die Mehrzahl der Pflanzen ließ eine deutliche Entwicklungshemmung erkennen, und auch der Anteil der Pflanzen war sprunghaft gestiegen, denen die Fähigkeit des Epikotylwachstums fast verlorengegangen und deren Primärblattbildung stark reduziert ist oder überhaupt unterbleibt (Gruppe III). Bei der 16 kr-Serie gehörte schon die Mehrzahl der Keimlinge der Gruppe III an, und bei den nächst stärkeren Dosen prägte sich dieses Bild noch deutlicher aus. Während sich die Kotletonen der Mehrzahl der Keimlinge der 20 kr-Serie nach der Keimung noch öffneten, blieben sie bei den stärker bestrahlten Serien geschlossen, und das Epikotylwachstum und die Primärblattbildung unterblieben völlig.

Die Ergebnisse des Triebkraftversuches gaben die gewünschten Anhaltspunkte für die Festlegung der Bestrahlungsdosen, die im Freilandversuch angewandt wurden. Sie konnten höher liegen als die von Gu-

STAFSSON (1944) ermittelten, bei denen 10000 r als das Höchstmaß der Strahlendosis angesehen wurde. Es konnte damit gerechnet werden, daß auch noch bei 12 kr eine ausreichende Anzahl X_1 -Pflanzen zur Reife kommt, da 60,2% der Pflanzen im Triebkraft-

versuch nach fünf Wochen Versuchsdauer noch durchaus wichtig waren. Allerdings konnte nicht allein der im Triebkraftversuch ermittelte Schädigungsgrad für die Wahl der Bestrahlungsdosen für die X_1 -Generation maßgebend sein. FREISLEBEN und LEIN (1943) geben für Gerste

20—25% überlebende Pflanzen als das erstrebenswerte Optimum der Schädigung an. Es mußte berücksichtigt werden, daß bei Soja die durch die Bestrahlung bewirkte Entwicklungsverzögerung und ungünstige Witterungsverhältnisse das Ausreifen der X_1 -Pflanzen in Frage stellen können. Deshalb schienen die Dosen von 6—12 kr für den Freilandversuch am geeignetsten zu sein.

2. Beobachtungen an der X_1 -Generation 1952

Die Aussaat der mit 6 kr, 8 kr, 10 kr und 12 kr bestrahlten Samen wurde am 7. 5. 52 in der beschriebenen Technik durchgeführt. Die schon im Triebkraftversuch beobachtete Keimverzögerung der bestrahlten Serien machte sich auch hier gegenüber den Kontrollen deutlich bemerkbar. Bei den zur weiteren Entwicklung fähigen Pflanzen waren Mißbildungen der Fiederblätter an einigen Sektoren der Pflanzen die Regel. Auch am Hauptsproß traten häufig mehr oder weniger starke Verkrümmungen auf, die deutlich auf den Chimärencharakter der Pflanzen hinwiesen. Es war nicht die Aufgabe der Untersuchungen, diesen Erscheinungen im einzelnen nachzugehen.

Zu Beginn der Blüte wurde am 20. 7. 52 eine Auszählung der bei den verschiedenen Bestrahlungsreihen bis zu diesem Zeitpunkt entwicklungsfähigen Pflanzen vorgenommen. Die Tabelle 4 gibt einen Überblick über die erhaltenen Werte.

Tabelle 4. Ergebnisse der Auszählung der entwicklungsfähigen Pflanzen im Stadium der Blüte bei verschiedenen Bestrahlungsreihen im Vergleich zur Kontrolle

	Kontr.	6000 r	8000 r	10000 r	12000 r
Anzahl der ausgel. Samen am 7. 5. 52.	4450	4450	9840	5020	5040
Anzahl der entwicklungsfähigen Pfl. am 20. 7. 1952	3897	1772	3110	1496	1511
Entwicklungsfähige Pflanzen am 20. 7. 1952 in Prozenten	87,6	39,8	31,6	29,8	28

Das Absinken der entwicklungsfähigen Pflanzen bei der 6 kr-Serie um über 45% gegenüber der Kontrolle konnte erwartet werden. Auch der Unterschied von etwa 8% zwischen der 6 kr- und 8 kr-Serie zeigte deutlich ein Anwachsen der Strahlenschädigung. Das geringe weitere Anwachsen der Strahlenwirkung bei den nächst höheren Dosen von 10 kr und 12 kr um etwa 2% war jedoch überraschend und konnte zunächst nicht erklärt werden. Hierzu muß bemerkt

werden, daß durch die Auszählung nur die zu einem bestimmten Zeitpunkt entwicklungsfähigen Pflanzen erfaßt wurden und nicht das Ausmaß der an diesen Pflanzen sichtbaren Strahlenwirkungen. Die 10 kr- und 12 kr-Parzellen ließen in dieser Hinsicht deutlich vergrößerte Unterschiede gegenüber der 6 kr- und 8 kr-Parzelle erkennen.

Nach der Blüte wurden die Parzellen der bestrahlten Serien noch bedeutend lückiger. Viele der bis dahin immerhin lebensfähigen Pflanzen starben ab oder waren in ihrer Fertilität so stark gestört, daß kein Hülsenansatz zustande kam. Die schon nach der Aussaat festgestellte Keimverzögerung und die zum Teil recht erhebliche Wirkung der Bestrahlung auf das vegetative Wachstum wirkten naturgemäß stark verzögernd auf die Reife der behandelten Pflanzen. Die bestrahlten Serien konnten erst 10 Tage nach den Kontrollen geerntet werden. Die Ernte erfolgte vom 6. 10. — 17. 10. 52 mit der Wurzel, um das Material im Laufe des Winters als Einzelpflanzen verarbeiten zu können. Die Tabelle 5 gibt eine Übersicht über die Anzahl der geernteten Pflanzen mit Hülsenansatz bei den verschiedenen Bestrahlungsserien.

Tabelle 5. Die Anzahl der geernteten Pflanzen mit Hülsenansatz der verschiedenen Bestrahlungsserien im Vergleich zur Kontrolle

Dosis	Kontr.	6000 r	8000 r	10000 r	12000 r
Anzahl der ausgel. Samen	4450	4450	9840	5020	5040
Anzahl der geernteten Pflanzen mit Hülsenansatz	3149	1560	1505	1095	784
Geerntete Pflanzen mit Hülsenansatz in Prozenten	70,8	35,0	15,3	21,8	15,5

Bei der Beurteilung der angegebenen Werte muß berücksichtigt werden, daß die Anzahl der geernteten Pflanzen durch ein starkes Hagelunwetter am 7. 8. 52 allgemein herabgedrückt wurde und daß die 8 kr-Parzelle besonders starken Hasenverbiß aufwies. Trotzdem wird bei den höheren Dosen jetzt die steigende Schädigungswirkung der Bestrahlung einigermaßen erkennbar, die bei der Auszählung der entwicklungsfähigen Pflanzen noch nicht in Erscheinung trat. Auf Abb. 5 ist der bei den einzelnen Bestrahlungsdosen ermittelte Prozentsatz überlebender Pflanzen im Stadium der Blüte zu dem der geernteten Pflanzen mit Hülsenansatz in Beziehung gesetzt.

Um genauere Hinweise über die Strahlenwirkung an der X_1 -Generation zu erhalten, wurden bei der Aufarbeitung des geernteten Materials an je 500 Pflanzen der einzelnen Serien Untersuchungen über deren Fertilität durchgeführt. Sie umfaßten folgende Merkmale: 1. Anzahl der Hülsen je Pflanze, 2. Anzahl der Samen je Hülse und 3. Anzahl der unentwickelten Samenanlagen je Hülse. Diese Untersuchungen waren insofern noch wichtig, als sie uns einen notwendigen Überblick über die Variabilität der wesentlichsten, den Ertrag bestimmenden Merkmale unserer Ausgangssorte lieferten. Die Tabelle 6 gibt eine Übersicht über die Hülsenzahlen je Pflanze des behandelten Materials im Vergleich zur Kontrolle.

Außer der Feststellung des arithmetischen Mittels wurde von einer weiteren fehlerstatistischen Berechnung abgesehen. Die Werte für m_M und die Werte für

t und P des bestrahlten Materials in Beziehung zur unbehandelten Kontrolle lassen bei den vorliegenden Versuchsbedingungen keine eindeutigen Rückschlüsse auf den Grad der Strahlungsschädigung zu. Sie sind, genauso wie das arithmetische Mittel aller Versuchsserien, untereinander und für sich, bezüglich der Strahlungsschädigung nur abstrakte Werte und können nur zu informatischen Vergleichen herangezogen werden. Zu diesem Zweck genügt aber völlig ein Vergleich der mittleren Hülsenzahlen zwischen der Kontrolle und dem behandelten Material. Die durch die

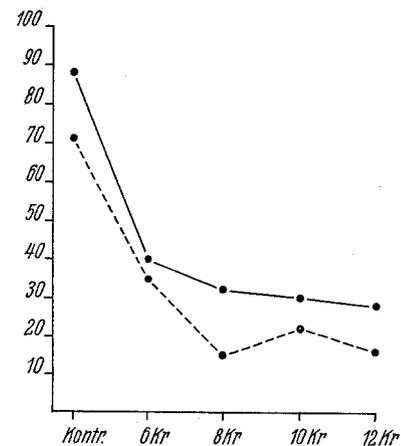


Abb. 5. Erläuterung im Text. — Anzahl der Pflanzen im Stadium der Blüte in %; - - Anzahl der Pflanzen mit Hülsenansatz in %.

Bestrahlung bewirkte verschiedenartige Lückigkeit der Parzellen verwischt die primäre Strahlenwirkung sehr unterschiedlich. Sojapflanzen reagieren mit ihrem Hülsenansatz stark auf unterschiedliche Standräume. Trotzdem gibt die Tabelle 6 für praktische und versuchstechnische Gesichtspunkte wichtige Anhaltspunkte. Läßt man den Wert für die 8 kr-Serie, auf dessen übermäßig starke Verminderung schon bei der Besprechung der Tabelle 5 hingewiesen wurde, außer acht, so ist doch eine deutliche Verminderung der mittleren Hülsenzahlen mit ansteigender Dosis bei den verschiedenen Versuchsserien gegenüber der Kontrolle festzustellen. Der größere Standraum, der den einzelnen überlebenden Pflanzen trotz der dichteren Aussaat zur Verfügung steht, wirkt sich zweifellos fördernd auf den Hülsenansatz aus. Auf diesen Vorteil, der ausreichendes Saatgut für die X_2 -Generation sichert, darf unseres Erachtens nicht verzichtet werden, da auch, wie Tabelle 7 zeigt, die mittlere Fertilität der bestrahlten Pflanzen im Vergleich zur Kontrolle, wenn auch geringfügig, zu sinken scheint. Das Fertilitätsprozent einer Pflanze wurde stets durch Division der Anzahl Samenanlagen durch die mit 100 multiplizierte Anzahl der Samen erhalten. Die mittlere Fertilität drückt die Veränderungen des bestrahlten Materials gegenüber der Kontrolle nicht so deutlich aus, wie sie durch einen Vergleich der Verteilung der Häufigkeiten der einzelnen Serien in den gewählten Klassen in Erscheinung treten. Auch hier wurde aus den oben angeführten Gründen auf eine weitere fehlerstatistische Berechnung verzichtet. Die bei den bestrahlten Serien durch den größeren Standraum bewirkte stärkere Bildung von Seitentrieben an den Pflanzen hat einen vermehrten Ansatz normal fertiler Hülsen zur Folge, der in unserem Falle das Sichtbarwerden des Anteils der vermindert fertilen Hülsen zu überdecken scheint.

Tabelle 6. Anzahl der Hülsen der Kontrollpflanzen und

	Häufigkeitsverteilung der Hülsen je Pflanze																
	1	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
Kontrolle	10	25	15	23	32	33	41	30	29	29	30	24	17	24	20	24	17
6 kr	12	23	23	16	27	35	36	24	35	40	42	46	24	25	20	22	7
8 kr	40	52	61	40	45	30	41	32	22	21	15	19	11	18	10	13	9
10 kr	29	53	51	45	42	31	36	32	32	20	16	15	21	13	10	9	9
12 kr	63	80	77	53	41	43	26	29	15	21	14	4	7	6	7	3	5

Die im Triebkraftversuch ermittelten Anhaltspunkte für geeignete Bestrahlungsdosen der X_1 -Generation im Freiland erwiesen sich als richtig. Bei allen angewandten Dosen war der Grad der Strahlenschädigung derart, daß in der X_2 -Generation nach allen Erfahrungen, die mit anderen Kulturpflanzen gemacht wurden, mit einer guten Mutantenausbeute gerechnet werden konnte. Wir halten es aber nach unseren Beobachtungen an der beschriebenen X_1 -Generation

hoher Prozentsatz schwarzer, grünschwarzer oder gesprenkelter Samen modifikativ auftreten. WOODWORTH und COLE (1924) und OWEN (1927) fanden bei der Untersuchung dieser Erscheinung, daß sowohl erbliche Faktoren wie auch Umweltfaktoren für die Ausprägung dieses „mottling“ verantwortlich sind. Das Merkmal schwarzumrandetes Hilum unterliegt keinen derartigen modifikativen Veränderungen (OWEN 1928).

Tabelle 7. Fertilitätsprozente der Kontrollpflanzen und der mit verschiedenen Röntgendosen bestrahlten X_1 -Pflanzen

	Anzahl der Pflanzen mit einer Fertilität in Prozenten zwischen										Pflanzenzahlen	Mittlere Fertilität in Prozenten
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
Kontrolle	—	1	11	13	34	140	256	40	5	500	70,1	
6000 r	6	2	17	38	106	127	121	73	10	500	65,5	
8000 r	8	7	29	62	115	173	84	18	4	500	59,8	
10000 r	1	8	16	31	55	114	166	83	26	500	69,2	
12000 r	8	21	52	99	118	105	72	17	8	500	55,7	

des Jahres 1952 und an weiteren X_1 -Generationen der Jahre 1953 und 1954 bei Bestrahlungsversuchen mit Sojabohnen nicht für zweckmäßig, sich streng an die in einem Jahre ermittelten günstigsten Bestrahlungsdosen zu halten. Sie liegen in unserem Falle zwischen 8 kr und 10 kr. Es ist einleuchtend, daß gerade bei Soja günstige oder ungünstige Witterungsbedingungen die Anzahl der zur Reife kommenden X_1 -Pflanzen erhöhen bzw. vermindern können.

In der X_1 -Generation treten dominante Mutationen als Heterozygote mit phänotypisch erkennbarer Wirkung, wenigstens am mutierten Sektor der Pflanze, nur selten auf. Bei unserem Material war die modifikative Einwirkung der Bestrahlung derart stark, daß während der Vegetationszeit hinsichtlich Veränderungen der Wuchs- und Blattform und anderer morphologischer Merkmale keine Selektion vorgenommen wurde.

Bei der Verarbeitung der Einzelpflanzen des bestrahlten Materials nach der Ernte konnte dagegen eine verhältnismäßig große Anzahl Pflanzen ausgelesen werden, von denen die Samenschale eines oder mehrerer Samen schwarz oder grünschwarz gefärbt war oder eine schwarze Sprenkelung („mottling“) aufwies. Drei Pflanzen enthielten Samen, deren Hilum von einem scharf begrenzten schwarzen Ring umgeben war. Nach den Untersuchungen von WOODWORTH (1921), OWEN (1928) und HERB-MÜLLER (1938) sind schwarze und grünschwarze Samenschalenfarbe dominant über gelb. Auch schwarzumrandetes Hilum ist dominant über farblos. Bei einer Reihe von gelbsamigen Sorten, so auch der Ausgangssorte Heimkraft I, kann jedoch durch unterschiedliche Anbaubedingungen und durch die Witterungsverhältnisse ein mehr oder weniger

Obwohl bei den verarbeiteten Kontrollpflanzen keine schwarzen oder schwarzgrünen Samen gefunden werden konnten, sondern nur der Samen einiger Pflanzen schwarz gesprenkelt war, war anzunehmen, daß das häufige Auftreten dunkel gefärbter Samen bei den X_1 -Pflanzen zum großen Teil durch die Bestrahlung und die Lückigkeit der Bestände bewirkt wurde. Die Entscheidung darüber, ob es sich bei diesen Fällen tatsächlich um dominante Genmutationen oder nur um modifikative Veränderungen durch die Bestrahlung handelte, war nur durch einen Nachbau dieser Formen in der X_2 -Generation möglich.

3. Auslese der Mutanten in der X_2 -Generation 1953

Für den Anbau der X_2 -Generation standen insgesamt 4944 Einzelpflanzen-Nachkommenschaften zur Verfügung, die nach den einzelnen Bestrahlungsreihen getrennt, vom 27. 4. — 29. 4. 53 mit der Hand ausgelegt wurden, und zwar je 20 Samen jeder Nachkommenschaft.

Die in regelmäßigen Abständen während der Vegetationsperiode durchgeführten Bonituren des Materials ließen bald erkennen, daß die starke Variabilität fast aller morphologischen Merkmale der Sojabohne eine einigermaßen sichere Mutantenauslese in der X_2 -Generation unmöglich macht. Außer den beobachteten Veränderungen am Chlorophyllapparat der Pflanzen, dem Auftreten von Kümmer- und Zwergformen und einiger anderer eindeutig als Mutanten erkennbarer Pflanzen konnte von der Mehrzahl der als verändert bonitierten Formen nicht mit Sicherheit entschieden werden, ob es sich um mutative oder modifikative Erscheinungen handelte. Da es für praktische

der mit verschiedenen Röntgendosen bestrahlten X_1 -Pflanzen

Häufigkeitsverteilung der Hülsen je Pflanze																	Pflanzen- zahlen	Mittlere Hülsenzahlen
86	91	96	101	106	111	116	121	126	131	136	141	146	151	156	161	166		
90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170		
15	14	13	8	3	6	3	4	3	1	1	3	—	1	1	—	1	500	51,4
5	13	6	9	3	1	1	1	1	—	2	1	—	—	—	—	—	500	47,3
3	5	2	2	—	1	3	—	—	1	1	1	1	1	—	—	—	500	33,1
8	7	3	6	5	3	—	3	—	1	—	—	—	—	—	—	—	500	35,6
2	1	—	—	2	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	500	23,3

Zwecke wichtig war, die Mutanten des Habitus zu erfassen (Wuchshöhe, Art und Stärke der Verzweigung usw.), wurde eine große Anzahl X_2 -Pflanzen als „mutiert“ ausgelesen. Insgesamt waren das annähernd 10% der X_2 -Pflanzen aller Bestrahlungsreihen. Soweit die selektierten Formen Samen ansetzten, wurden sie als Einzelpflanzen geerntet. Waren die selektierten Pflanzen steril und war nur ein Exemplar in der betreffenden Nachkommenschaft aufgetreten, so wurden die Geschwisterpflanzen geerntet,

von denen die Heterozygoten in der X_3 -Generation die Bestätigung der Mutation herbeiführen konnten.

4. Ergebnisse der Bestätigungsgeneration X_3
1954

Die X_3 -Generation, deren Aussaat vom 28. 4. bis 30. 4. 54 vorgenommen wurde, bestand aus 5538 Einzelpflanzen-Nachkommenschaften zu je 1—10 Pflanzen, je nach Saatgutvorrat und Keimfähigkeit der Samen der Mutterpflanzen. Der extrem kühle und

Tabelle 8. Übersicht über die aufgetretenen Mutationen des Chlorophyllapparates bei den verschiedenen Bestrahlungsintensitäten in absoluten und relativen Zahlen. Die relativen Zahlen beziehen sich auf die jeweils angebaute X_1 -Nachkommenschaft jeder Bestrahlungsreihe

Mutantentyp	Beschreibung	6 kr 1560 X_1 -Nachsch.		8 kr 1505 X_1 -Nachsch.		10 kr 1095 X_1 -Nachsch.		12 kr 784 X_1 -Nachsch.	
		Mutanten	%	Mutanten	%	Mutanten	%	Mutanten	%
Gelbe Kotyledonen	Keine Chlorophyllbildung. Gelbe, nichtlebensfähige Keimlinge.	—	—	1	0,07	—	—	—	—
Grüne Kotyledonen, gelbe Primärblätter, gelbgrüne Fiederblätter	Nur in den Fiederblättern sehr schwache Chlorophyllbildung. Pflanzen bleiben klein und sterben während der Vegetationszeit ab.	14	0,90	18	1,20	7	0,64	9	1,15
Grüne Kotyledonen, gelbe Primärblätter, hellgrüne Fiederblätter	Die Fiederblätter können nur geringfügige Mengen Chlorophyll bilden. Die hellgrüne Farbe bleibt erhalten. Die Pflanzen können schwach bis normalwüchsig sein. Samenbildung.	23	1,48	17	1,13	6	0,55	10	1,28
Grüne Kotyledonen, grüne Primärblätter, gelbe Fiederblätter	Die ersten Fiederblätter enthalten noch geringe Mengen Chlorophyll, meist an der Blattnervatur, bleichen aber aus, kein Samenansatz.	3	0,19	1	0,07	—	—	1	0,13
Grüne Kotyledonen, grüne Primärblätter, hellgrüne Fiederblätter	Die jungen Fiederblätter sind gelb bis hellgrün. Die älteren ergrünen normal. Die Pflanzen haben meist normalen Wuchs und bilden Samen aus.	13	0,83	15	1,00	15	1,37	4	0,51
Grüne Kotyledonen, grüne Primärblätter, panaschierte Fiederblätter	Die jungen Fiederblätter sind unregelmäßig gelb gefleckt. Die älteren ergrünen normal. Die Pflanzen haben normalen Wuchs und bilden Samen aus.	4	0,26	3	0,20	4	0,37	1	0,13
Grüne Kotyledonen, grüne Primärblätter, olivgrüne Fiederblätter	Die olivgrüne Färbung der Fiederblätter betrifft junge und alte Blätter in gleicher Weise. Die Pflanzen sind normal im Wuchs und bilden Samen aus.	1	0,05	2	0,13	—	—	—	—
Grüne Kotyledonen, grüne Primärblätter, dunkelgrüne Fiederblätter	Die dunkelgrüne Färbung ist mit einer stärkeren Kräuselung der Fiederblätter verbunden. Die Blattstiele der Fiederblätter sind verkürzt, Wuchs gedungen.	—	—	2	0,13	—	—	—	—
Insgesamt:		58	3,72	59	3,92	32	2,92	25	3,19

feuchte Sommer und Herbst waren für die allgemeine Entwicklung der Sojapflanzen sehr ungünstig. Während 1953 der Durchschnitt der Hülsenzahl von 100 untersuchten Kontrollpflanzen 43 Hülsen betrug, konnten 1954 bei der gleichen Anzahl Pflanzen nur 15 Hülsen als Durchschnitt ermittelt werden! So unerwünscht die ungünstige Jahreswitterung für die Erzeugung von gutem und reichlichem Saatgut zur Vermehrung der Mutanten war, so günstig war sie zur Erkennung viruskranker Pflanzen. Dadurch war eine gute Bereinigung der Bestände möglich. Wir konnten die Angaben von SZIRMAI (1953) bestätigen, nach denen die Krankheitssymptome virusinfizierter Pflanzen bei hohen Temperaturen maskiert werden, während sie bei kühler Jahreswitterung deutlich in Erscheinung treten.

Das Material wurde während der Vegetationszeit in regelmäßigen Abständen bonitiert und die im folgenden beschriebenen Mutantentypen bestätigt. Die in den Abbildungen wiedergegebenen Aufnahmen der



Abb. 6. Pflanze der Ausgangssorte Heimkraft I. Ernte: 17. 10. 1954. Aufnahme am 18. 7. 1954.

lebenden Pflanzen aller Mutanten sind zum gleichen Zeitpunkt (17. — 23. 7. 54) kurz vor der Blüte der Kontrollpflanzen gemacht worden, so daß in jedem Falle ein Vergleich des Entwicklungszustandes der Mutanten untereinander und zur Kontrolle möglich ist.

a) Mutationen des Chlorophyllapparates

Ähnlich wie bei Mutationsversuchen mit anderen Kulturpflanzen traten Änderungen am Chlorophyllapparat der Pflanzen sehr zahlreich auf. Es konnten Mutanten gefunden werden, deren Blätter gelb und gelbgrün oder panaschiert waren, und auch solche, bei denen die Chlorophyllbildung in anderer Weise verändert war, was sich in einer intensiv dunkelgrünen oder olivgrünen Blätfärbung äußerte. Die von GUSTAFSSON (1940) auf Grund der in seinen Mutationsversuchen bei Gerste erhaltenen Chlorophyllmutationen aufgestellte Systematik dieser Merkmalsgruppe war für die Unterscheidung der Sojamutanten nicht anwendbar. Da wir bei den Bonituren feststellen konnten, daß die Kotyledonen, Primärblätter und Fiederblätter der Pflanzen in unterschiedlicher Weise von den Chlorophylldefekten betroffen werden, ist die

Einteilung der Mutantentypen nach diesen Erscheinungen durchgeführt worden. Ferner wird die Anzahl der verschiedenen Mutantentypen bei den verschiedenen Bestrahlungsserien mitgeteilt (Tabelle 8).



Abb. 7. Mut. 50/23. Unverzweigte Kümmerform. Steril. Aufnahme am 24. 7. 1954.

Die in der Tabelle 8 angeführten Mutanten des Chlorophyllapparates traten alle als homozygot Rezessive in der X_2 -Generation auf und waren in der X_3 einheitlich, soweit sie nicht von sterilen bzw. nicht lebensfähigen Formen stammten, die nur durch das Aufspalten ihrer heterozygoten Geschwisterpflanzen in der X_3 bestätigt werden konnten. Die zu den einzelnen Gruppen zusammengefaßten Mutanten sind sicherlich genetisch nicht identisch. Sie zeigen mehr oder minder geringe Unterschiede in der Färbung der Blätter und der Vitalität der Pflanzen, die nur durch eingehendere Untersuchungen differenziert werden können.

b) Mutationen des Habitus

Von den zahlreichen Mutanten, bei denen der allgemeine Habitus verändert war, konnte nur eine Reihe Kümmer- und Zwergformen in der X_2 -Generation 1953 mit Sicherheit ausgelesen werden. Alle anderen bedurften noch der Bestätigung in der X_3 -Generation 1954. Ein großer Teil der 1953 selektierten Formen mußte 1954 ausgeschlossen werden. Immerhin bestätigten sich eine verhältnismäßig große Anzahl, von denen einige Abbildungen gezeigt werden. Die Abbildung 6 zeigt zum Vergleich eine Kontrollpflanze der Ausgangssorte Heimkraft I kurz vor der Blüte.

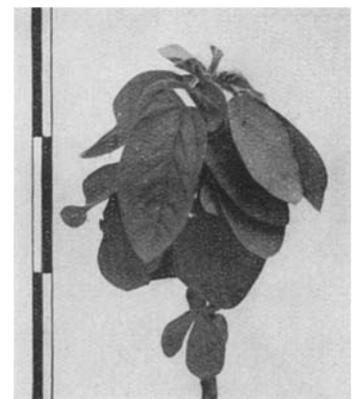


Abb. 8. Mut. 17/92. Stark gestauchte Zwergform. Fertil. Aufnahme am 17. 7. 1954.

Für die Mehrzahl der Kümmer- und Zwergformen ist charakteristisch, daß die Bildung von Seitentrieben in der Regel unterbleibt. Sie haben nur einen mehr oder weniger gestauchten Haupttrieb. Viele dieser

Mutanten sind steril und können nur als Heterozygote erhalten werden. Die Abbildungen 7 und 8 zeigen einige typische Mutanten dieser Gruppe, von denen aus der 6 kr-Parzelle 18 (1,15%), der 8 kr-Parzelle 19



Abb. 9. Mut. 71/123. Gestauchter Wuchstyp. Fertil. Aufnahme am 23. 7. 1954.

(1,27%), der 10 kr-Parzelle 8 (0,73%) und aus der 12 kr-Parzelle 6 (0,76%) ausgelesen wurden. Die Angaben über die prozentuale Häufigkeit der Mutanten beziehen sich immer auf die Anzahl der Nachkommenschaften in der X_2 -Generation jeder Bestrahlungsserie.

Niedrige, gestauchte Mutanten, deren Internodien verkürzt sind, traten in verschieden starker Ausprägung sehr häufig auf (Abb. 9). In den meisten Fällen waren auch die Blattstiele kürzer und bei 11 Mutanten die jungen Fiederblätter gerollt. Die Fertilität

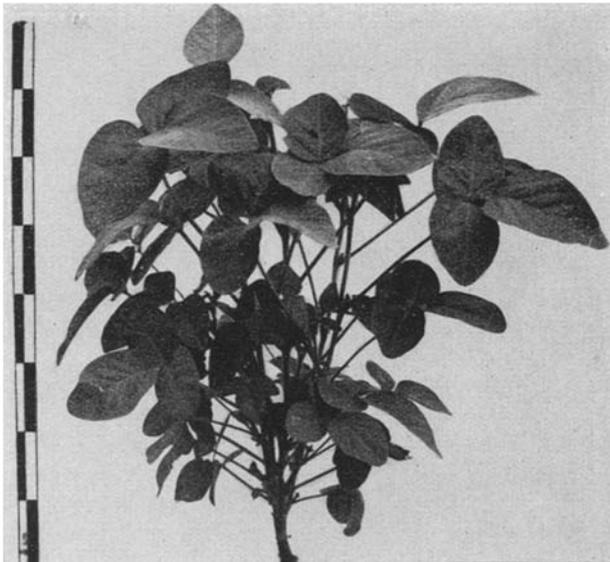


Abb. 10. Mut. 49/67. Feingliedriger, reichverzweigter Wuchstyp. Aufnahme am 17. 7. 1954.

dieser gestauchten Typen ist unterschiedlich. Einige haben nur äußerst geringen Hülsenansatz, während andere den Kontrollpflanzen im Hülsenbehang 1954 deutlich überlegen waren. Die letztgenannte Erscheinung prägte sich nur unter den extrem ungünstigen Witterungsbedingungen des Jahres 1954 aus. Wahrscheinlich bietet das dichte Blattwerk der gestauchten Pflanzen den sehr empfindlichen Blüten der Sojabohne einen größeren Schutz, als es die normale Blatt-

dichte der Ausgangssorte unter diesen Bedingungen vermag. Von solchen gestauchten, buschigen Formen konnten aus der 6 kr-Parzelle 16 (1,03%), der 8 kr-Parzelle 25 (1,66%), der 10 kr-Parzelle 9 (0,82%), und aus der 12 kr-Parzelle 12 (1,53%) Mutanten bestätigt werden.

Neben den Mutanten mit anormal gestauchtem, buschigem Habitus konnten auch Wuchstypen gefunden werden, deren Gesamthabitus wohl normale Proportionen aufwies, die aber im ganzen niedriger waren als die Ausgangssorte, feingliedriger im Bau und in den meisten Fällen reicher verzweigt (Abb. 10).

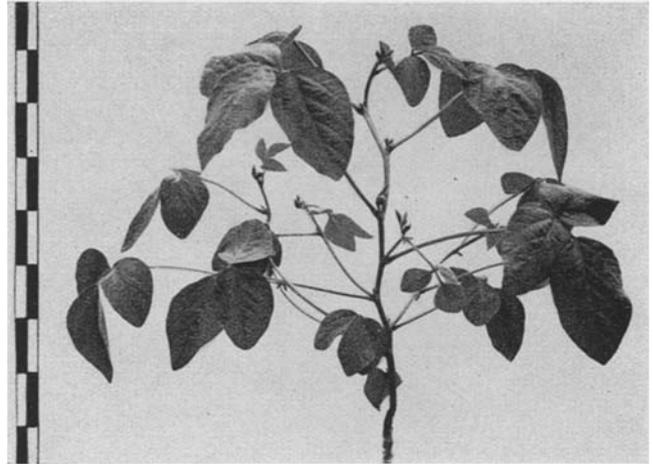


Abb. 11. Mut. 68/49. Offener Wuchstyp. Aufnahme am 23. 7. 1954.

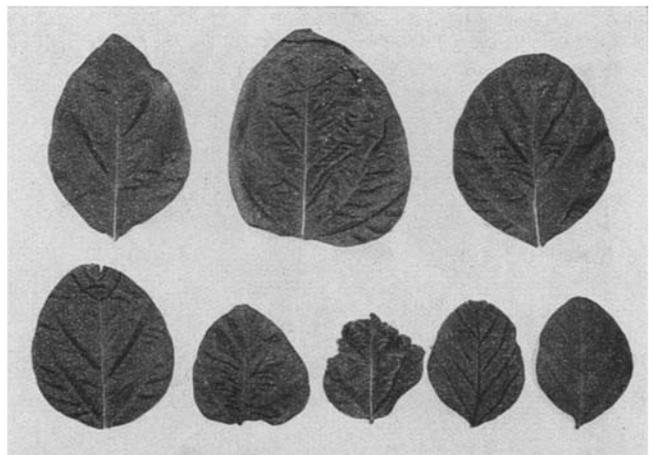


Abb. 12. Mittlere Blättchen des fünften Fiederblattes am Haupttrieb von sieben Mutanten mit breiter, abgerundeter Blattform. Oben links: Blatt der Ausgangssorte Heinkraft I. Aufnahme am 29. 7. 1954.

Der Hülsenansatz dieser Mutanten ist gut, und es wird zu prüfen sein, ob der gute Hülsenansatz der stärker verzweigten Mutanten eine Ertragssteigerung bewirkt. Solche Mutanten traten bei den verschiedenen Bestrahlungsserien mit folgender Häufigkeit auf: 6 kr-Parzelle 7 (0,45%), 8 kr-Parzelle 10 (0,66%), 10 kr-Parzelle 4 (0,36%) und 12 kr-Parzelle 2 (0,25%). Aus der 6 kr- und 10 kr-Parzelle konnte je eine Mutante mit offenem, lockerem Wuchs bestätigt werden (Abb. 11). Bei der Pflanze 38/68 waren außerdem noch die Spitzen der Fiederblätter gekräuselt. Der offene, lockere Wuchs beider Formen wird durch eine Vergrößerung des Winkels der Blattstiele und Seitentriebe zum Haupttrieb bewirkt. Der Hülsenansatz ist gering.

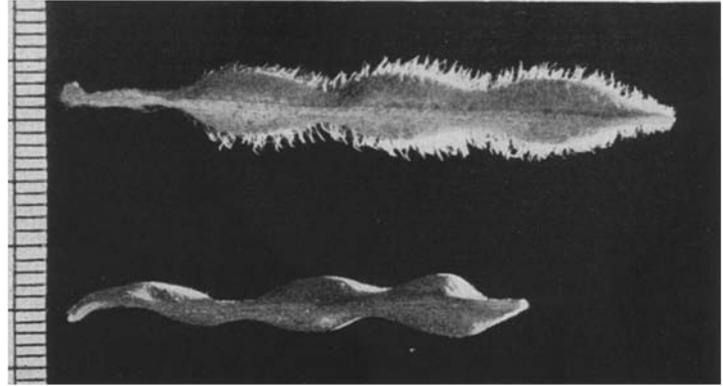
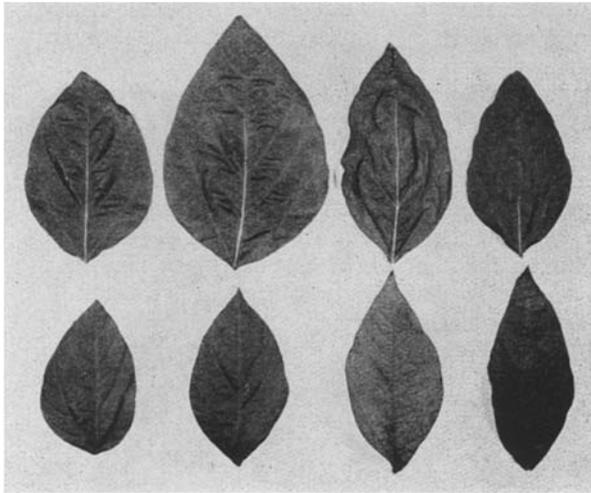


Abb. 14. Oben: Normalbehaarte Hülse einer Kontrollpflanze, unten: fast unbehaarte Hülse der Mut. 34/136.

Abb. 13. Mittlere Blättchen des fünften Fiederblattes am Haupttrieb von sieben Mutanten mit schmaler, spitzer Blattform. Oben links: Blatt der Ausgangssorte Heimkraft I. Aufnahme am 29. 7. 1954.

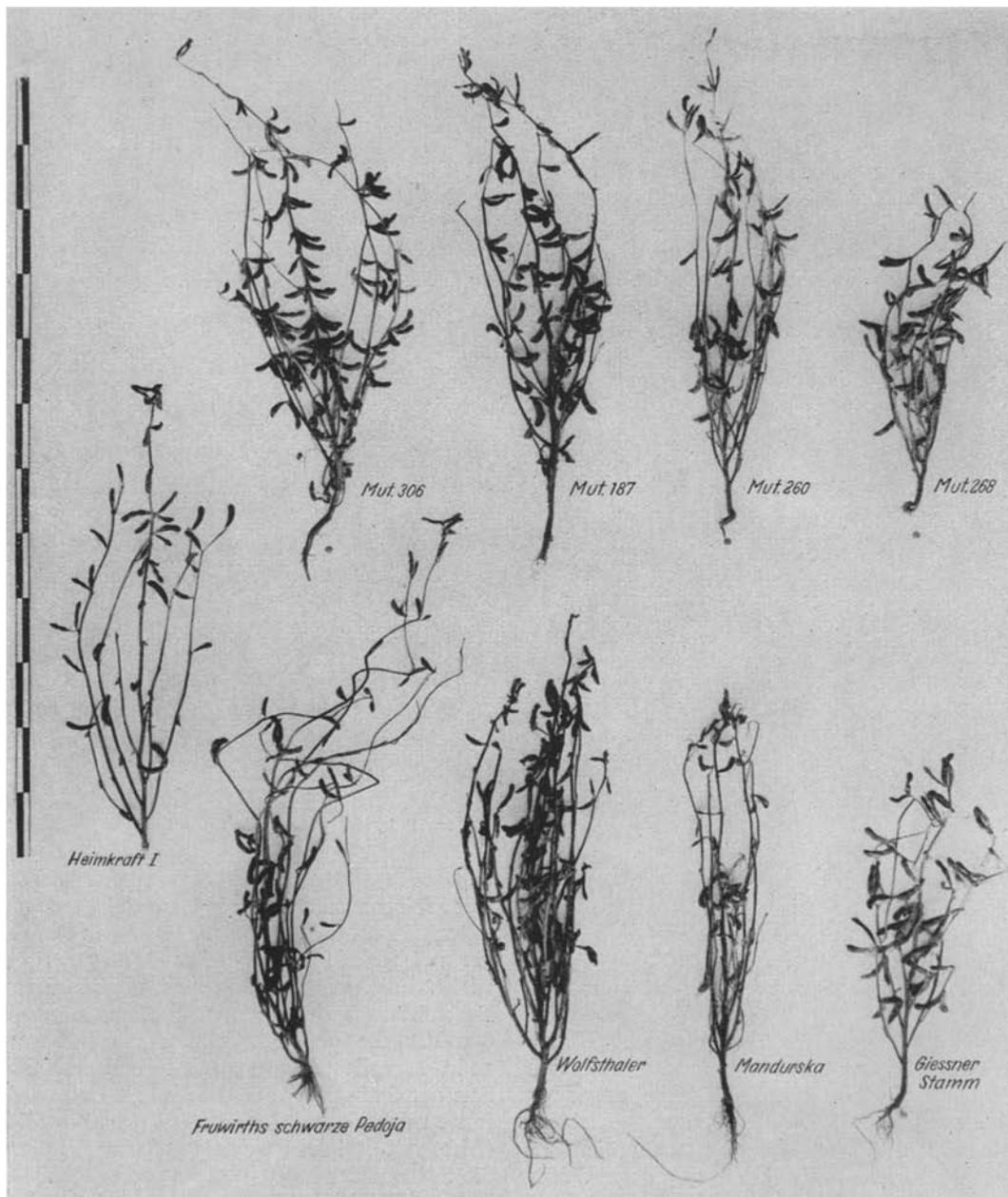


Abb. 15. Oben: hochwüchsige, zum Ranken neigende Mutanten des Habitus. Von links nach rechts: Mut. 306, Mut. 187; Mut. 260, Mut. 268. Unten: den Mutanten ähnliche Wuchstypen aus dem Weltsortiment: Von links nach rechts: Fruwirths schwarze Pedoja, Wolfsthaler, Mandurska, Gießner Stamm. Mitte links: Ausgangssorte Heimkraft I.

Hohe, rankende, massenwüchsige, oft lagernde Formen sind im Weltsortiment der Soja bekannt und finden in günstigen Anbaugeländen häufig zur Grünfütter- und Heugewinnung Verwendung. In Deutschland scheiterte ihr Anbau bisher an ihrer langen Vegetationszeit, die die Samengewinnung erschwert. In unseren Versuchen traten in der 6 kr-Parzelle 2 (0,13%), der 8 kr-Parzelle 5 (0,33%) und in der 10 kr-Parzelle 1 (0,09%) solcher hochwüchsigen, rankenden Typen auf, die jedoch schon wenige Tage nach den

lich dem 5. Fiederblatt am Hauptproß jeder Mutante entnommen, so daß nicht nur ein Vergleich der verschiedenen Blattformen, sondern auch der Blattgrößen zur Ausgangssorte und untereinander möglich ist.

Blätter und Stengel der Sorte Heimkraft I haben eine dichte, leicht rötliche Behaarung. Die in der 8 kr-Parzelle gefundene Mutante mit weißer Behaarung war normal entwickelt und sogar noch etwas höher im Wuchs als die Kontrolle. Die zwei Mutanten aus der 8 kr- und 10 kr-Parzelle, bei denen die Be-

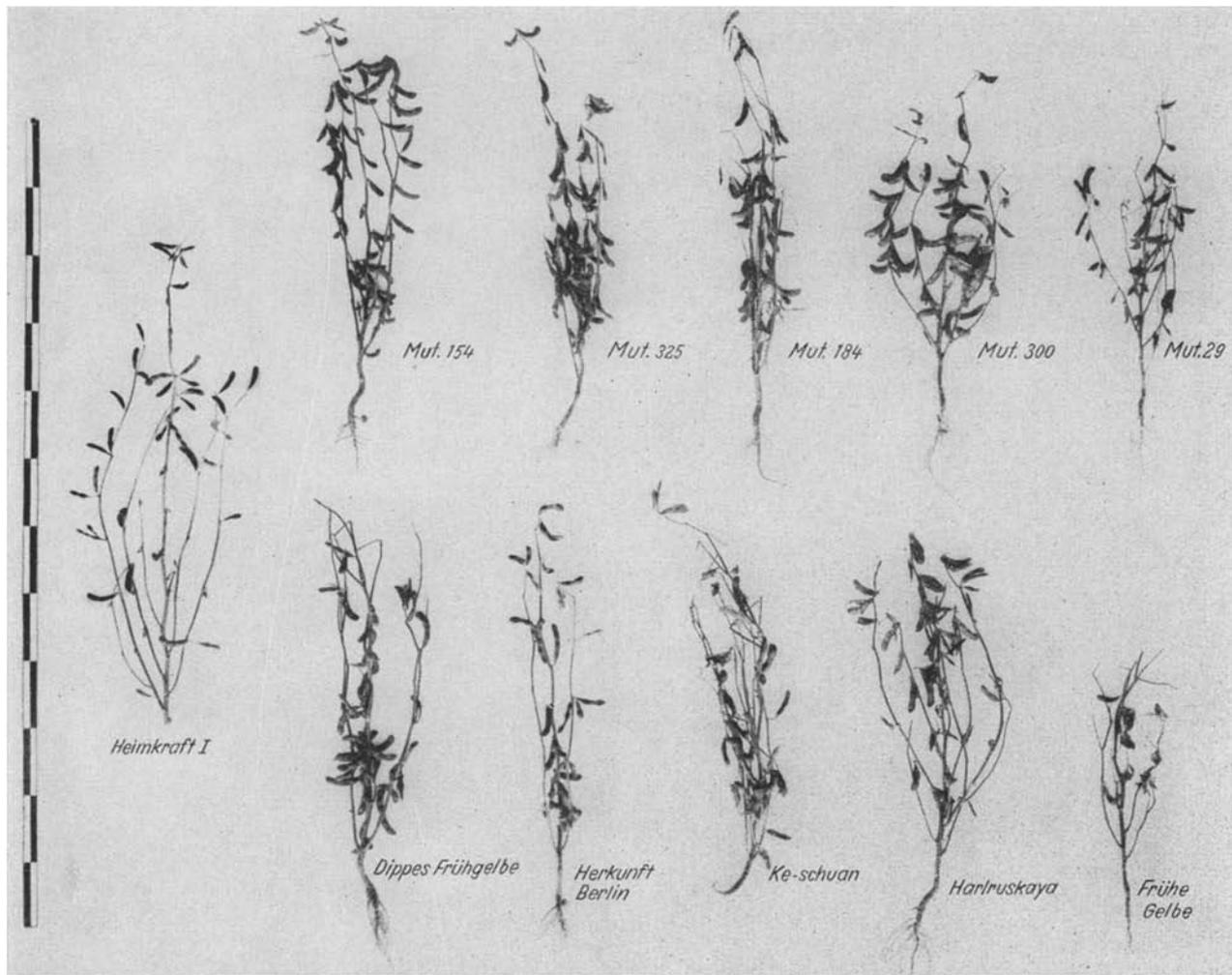


Abb. 16. Oben: mittelhohe, in Art und Stärke der Verzweigung unterschiedliche Mutanten des Habitus. Von links nach rechts: Mut. 154, Mut. 325, Mut. 184, Mut. 300, Mut. 29. Unten: den Mutanten ähnliche Wuchstypen aus dem Weltsortiment. Von links nach rechts: Dippes Frühlgelbe, Herkunft Berlin, Ke-schuan Harluskaya, Frühe Gelbe. Mitte links: Ausgangssorte Heimkraft I.

Kontrollen geerntet werden konnten, aber nur geringen Hülsenansatz hatten. In der Abb. 15 werden Mutanten dieses hochwüchsigen, rankenden Typs gezeigt.

Da die beobachteten Mutationen der Blattform und der Behaarung der Pflanzen in den meisten Fällen mit Veränderungen des Habitus verbunden waren, sollen sie in diesem Abschnitt besprochen werden. Bezüglich der Blattform können die aufgetretenen Mutanten in zwei Gruppen zusammengefaßt werden, innerhalb derer sich die einzelnen Typen in einer mehr oder weniger starken Ausprägung des Merkmals und in der Blattgröße unterscheiden: 1. Mutanten mit breiten, abgerundeten Blättern und 2. Mutanten mit schmalen, spitzen Blättern. Die in den Abbildungen 12 und 13 gezeigten mittleren Blättchen wurden einheit-

haarung an den Blättern, Stengeln und Hülsen verkürzt und die Behaarungsdichte reduziert war, blieben jedoch in ihrer Entwicklung stark hinter der Kontrolle zurück. Noch deutlicher zeigte eine Mutante aus der 12 kr-Parzelle, die fast völlig unbehaart war, die Wichtigkeit der Behaarung für das Wachstum der Sojapflanzen. Diese Mutante konnte zwar 8 Tage vor der Kontrolle geerntet werden, ihr Wuchs war aber niedrig, die Verzweigung und der Hülsenansatz gering (Abb. 14).

Obwohl eine geringe Behaarung der Hülsen bei feuchter Herbstwitterung das Reifen der Samen beschleunigen und die Qualität des Samens erhöhen kann, ist es doch sehr fraglich, ob solche Mutanten praktischen Wert bekommen können, da bei der Soja die Behaarung für die allgemeine Entwicklung der

Pflanzen wichtig zu sein scheint und die Erträge bei fehlender Behaarung zu sehr herabgedrückt werden. Bei späteren X_2 -Generationen muß aber die Auslese kurzhaariger oder unbehaarter Typen im Auge behalten werden, da TROLL (1941) und KRESS (1952 und 1953) bei der gelben Lupine kurzhaarige spontane und induzierte Mutanten beschrieben, die durchaus frohwüchsig sein können.

Die in unseren Versuchen aufgetretenen Mutationen des Habitus und damit verbunden der Blattform und -größe und der Behaarung der Sojapflanzen repräsentieren die wesentlichsten, im Gaterslebener Soja-

leren Behang ausgewählt wurden. Die Mutanten 7 und 291 auf der Abbildung 17 sind mit ihrem dichten, vollen Behang von großem züchterischem Interesse, und es wird zu prüfen sein, ob sie der Ausgangssorte im Ertrag überlegen sind. An den Mutanten mit veränderter Wuchsform weisen häufig auch die Hülsenformen und -größen Veränderungen auf. Die Abbildung 18 zeigt eine Anzahl Hülsen solcher Pflanzen. Die Hülsen unterscheiden sich in Breite und Länge von denen der Ausgangssorte. Häufig ist auch die Farbe der Hülsen dunkler oder heller oder auch die Stärke der Krümmung verändert.

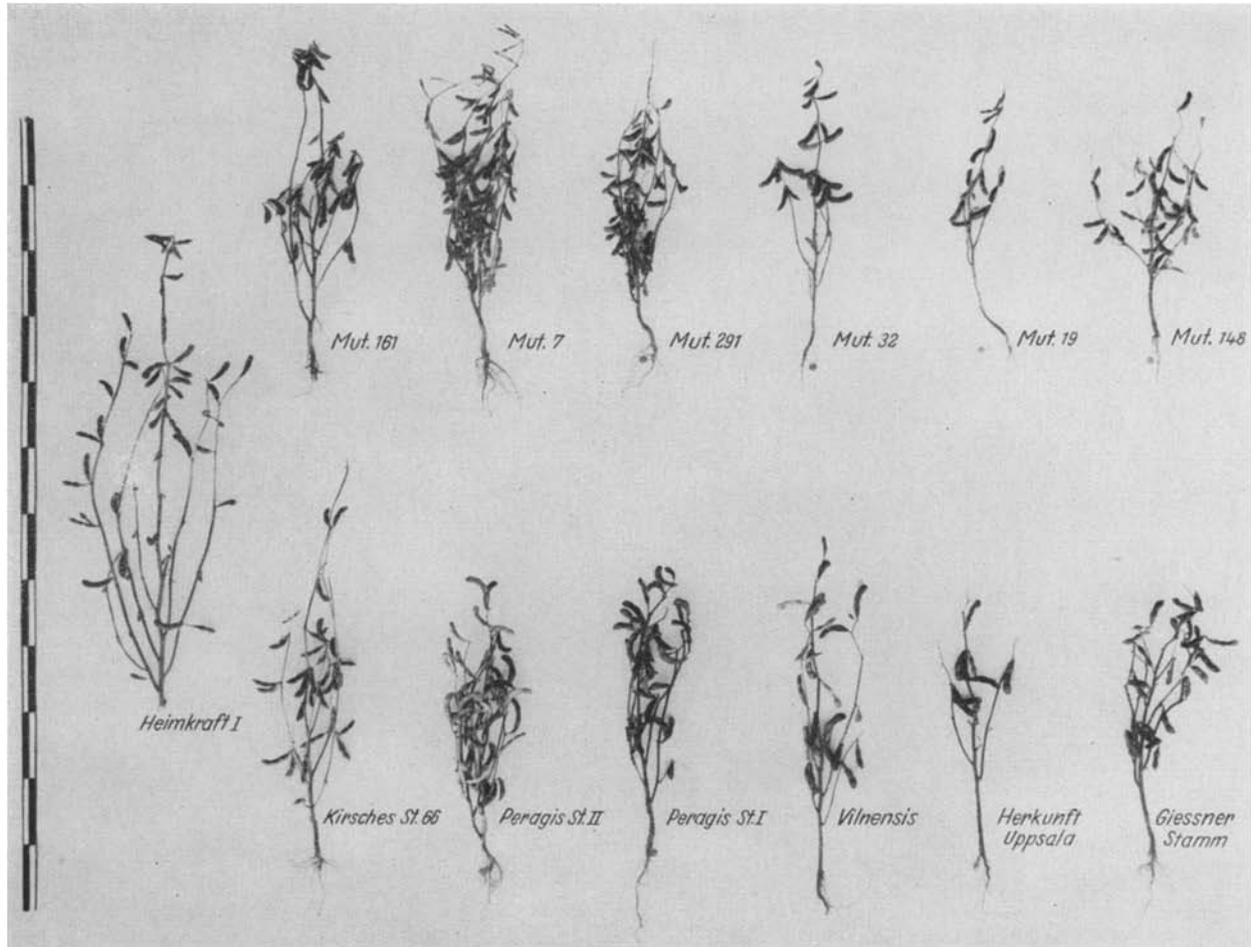


Abb. 17. Oben: niedrige, mehr oder weniger verzweigte Mutanten des Habitus. Von links nach rechts: Mut. 161, Mut. 7, Mut. 291, Mut. 32, Mut. 19, Mut. 148. Unten: den Mutanten ähnliche Wuchstypen aus dem Weltassortiment. Von links nach rechts: Kirsches St. 66, Peragis St. II, Peragis St. I, Vilnensis, Herkunft Uppsala, Giessner Stamm. Mitte links: Ausgangssorte Heimkraft I.

Sortiment vorhandenen und uns aus der Literatur bekannten Wuchstypen der kultivierten Soja. In den Abbildungen 15 — 17 ist eine Reihe Mutanten verschiedener Wuchstypen im reifen Zustande im Vergleich zur Ausgangssorte und ähnlichen Sorten und Herkünften aus dem Gaterslebener Soja-Sortiment dargestellt. Die Abbildung 15 zeigt hochwüchsige, zum Ranken und Lagern neigende Pflanzen. Auf der Abbildung 16 werden mittelhohe Typen gezeigt, die sich hauptsächlich in der Art und Stärke der Verzweigung unterscheiden. Die Abbildung 17 zeigt niedrige, buschige Formen und auch solche, die nur wenig verzweigt sind. Bezüglich des Hülsenbehanges an den abgebildeten Pflanzen ist eine Beurteilung der Unterschiede insofern möglich, als von den Mutanten bzw. Sortimentsformen jeweils Pflanzen mit einem mitt-

c) Mutationen der Samenschalenfarbe und der Samengröße und -form.

Von den in der X_1 - und X_2 -Generation ausgelesenen Pflanzen, deren Samenschalenfarbe in verschiedener Weise von der Ausgangssorte abwich, konnten in der X_2 - und X_3 -Generation die in der Tabelle 9 zusammengefaßten Mutanten bestätigt werden.

Bei der Bearbeitung der schwarzsamigen X_2 -Pflanzen 1953 fiel schon auf, daß sich einzelne Mutationen in der Intensität der Schwarzfärbung unterschieden. Zunächst wurde wiederum angenommen, daß es sich um eine modifikative Erscheinung handelte. In der X_3 -Generation 1954 erhielten sich diese Intensitätsstufen jedoch, von denen drei deutlich unterscheidbar waren und mit zunehmender Intensität mit I, II und III bezeichnet wurden (Abb. 19). Ob es sich hier

Tabelle 9. Die Mutationen der Samenschalenfarbe und ihre Häufigkeiten bei den verschiedenen Bestrahlungsserien

	6 kr	8 kr	10 kr	12 kr
schwarzer Samen I	—	1	2	—
schwarzer Samen II	2	1	1	1
schwarzer Samen III	4	2	2	3
olivgrüner Samen, schwarz gesprenkelt	2	5	3	—
gelber Samen, schwarz gesprenkelt	3	4	1	1
gelber Samen mit schwarzumrandetem Hilum	1	1	—	1
olivgrüner Samen	2	3	—	—
bräunlicher Samen	—	1	—	2
gelber Samen	—	—	1	—
Insgesamt:	14	18	10	8

um eine Reihe multipler Allele handelt, zu der eventuell auch noch die Mutanten mit schwarz gefleckter Samenschale gehören, kann sich erst durch Kreuzungsexperimente erweisen; daß eine Reihe multipler Allele für die Hemmung der Bildung von schwarzem oder braunem Pigment in der Samenschale verantwortlich ist, hat schon HERB-MÜLLER (1938) beschrieben, allerdings ohne dabei die verschiedenen Intensitätsstufen

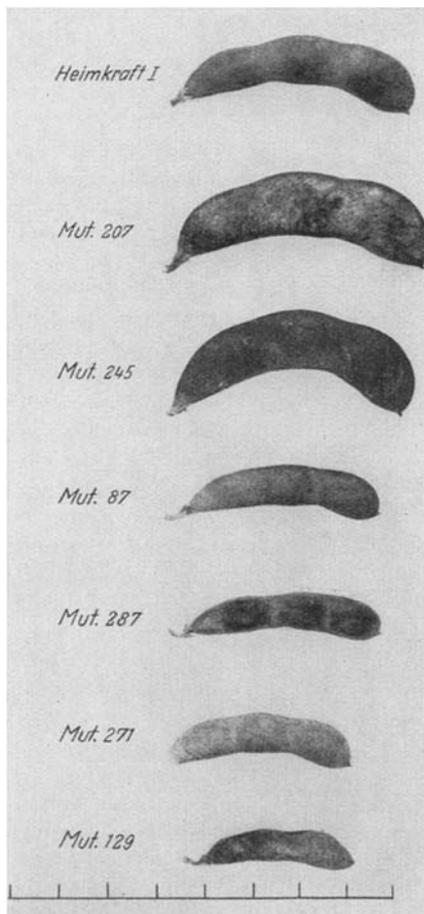


Abb. 18. Verschiedene Hülsengrößen und -formen von Mutanten des Habitus.

der schwarzen Samen zu unterscheiden. Die übrigen, in der Tabelle 9 angegebenen Mutantentypen der Samenschalenfarbe müssen, ebenso wie die schwarz-samigen Formen, noch auf ihr genetisches Verhalten gegenüber der Ausgangssorte näher untersucht werden. Die zahlreich aufgetretenen Mutationen der

Samenschalenfarbe der Soja kommen im Weltsortiment häufig vor und sind von SKVORZOFF (1927) als eigene Varietäten beschrieben worden. Formen mit kaffeebrauner Samenschalenfarbe und braunem Hilum und rein grünsamige Typen, die im Sortiment

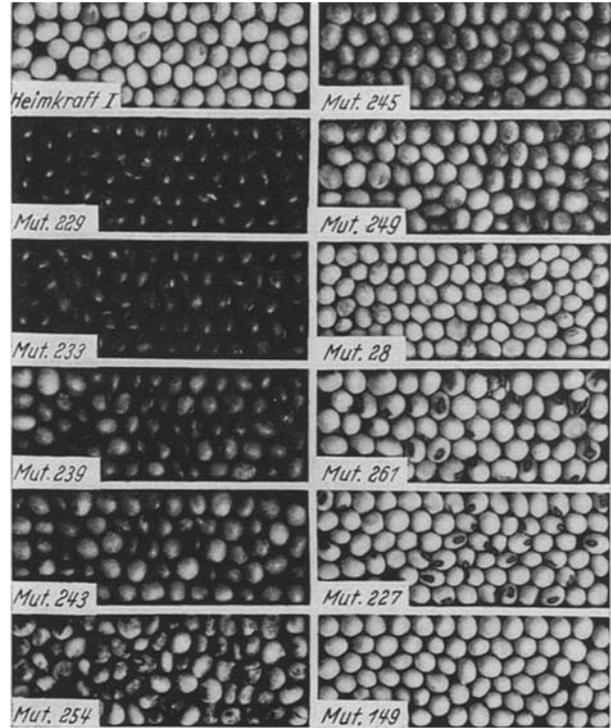


Abb. 19. Mutanten der Samenschalenfarbe. Heimkraft I: ocker; Mut. 229: schwarz I; Mut. 233: schwarz II; Mut. 239: schwarz III; Mut. 243: olivgrün, schwarz gesprenkelt; Mut. 254: ocker, schwarz gesprenkelt; Mut. 245: bräunlich; Mut. 249: bräunlich; Mut. 28: helles Bräunlich; Mut. 261: ocker mit schwarzumrandetem Hilum; Mut. 227: gelb mit schwarzumrandetem Hilum; Mut. 149: gelb und farbloses Hilum.

in mannigfaltiger Ausprägung vorhanden sind, konnten bei unseren Versuchen nicht beobachtet werden. Es ist möglich, daß diese Samenschalenfarben durch das Zusammenwirken mehrerer Gene bedingt sind und deshalb durch eine einzige Genmutation nicht realisiert werden können.

Bezüglich der Samengröße wurden in der 8 kr-Parzelle zwei und der 12 kr-Parzelle eine kleinsamige Mutante ausgelesen, deren Tausendkorngewichte 117 g, 76 g und 72 g betragen (Abb. 20), gegenüber einem Tausendkorngewicht der Kontrolle von 147 g. Von einiger praktischer Bedeutung sind vielleicht die mit Sicherheit in der 6 kr- und 8 kr-Parzelle aufgetretenen großsamigen Mutanten mit Tausendkorngewichten von 187 g und 190 g (Abb. 20). Außer diesen im Tausendkorngewicht von der Ausgangssorte stark abweichenden Mutanten sind noch eine Reihe anderer, weniger stark abweichender Formen ausgelesen worden, deren eindeutige Bestätigung noch aussteht.

Die Ausgangssorte Heimkraft I hat kugelige, runde Samen mit einem Samenformindex (Länge:Breite) nahe 1. Unter den untersuchten X_2 -Pflanzen fanden sich insgesamt vier Pflanzen, deren Samen bohnenähnlich war, mit einem Samenformindex von 1,5 und 1,7. Diese Veränderung erhielt sich auch in den folgenden Generationen. 1955 wurden von der Ausgangssorte und jeder Mutante je 200 Samen gemessen. Die Mittelwerte von Länge und Breite der Bohnen wurden

nach dem Multiplikationsverfahren errechnet. In der Tabelle 10 werden die erhaltenen Werte mitgeteilt.

Tabelle 10. Mittelwerte von Länge und Breite der Samen der Ausgangssorte Heimkraft I und einiger Mutanten mit bohnenähnlicher Samenform

	M Länge in mm	M Breite in mm	Samenformindex Länge:Breite
Heimkraft I	6,78	5,55	1,2
Mut. 58	6,48	3,81	1,7
Mut. 180	6,71	3,97	1,7
Mut. 300	6,50	4,28	1,5
Mut. 323	7,38	4,96	1,5

bestätigt werden. Während die Kontrollpflanzen am 17. 10. 54 reif waren und geerntet wurden, reiften die Mutanten 59/77 (Abb. 21) und 64/70 schon drei Wochen früher, am 24. 9. 54. Diese beiden Mutanten sind trotz der verkürzten Vegetationszeit gut fertil und frohwüchsig. Die Laubfärbung ist etwas aufgehellt. Nach den bisherigen Ertragsfeststellungen an wenigen Pflanzen läßt sich schon sagen, daß sie die Kontrolle im Ertrag nicht erreichen werden. Sie stellen jedoch wertvolles Ausgangsmaterial für weitere Kreuzungen dar.

Die Erntetermine der übrigen frühreifen Mutanten, die für weitere züchterische Arbeit nicht weniger wertvoll sind, lagen am 25. 9., 28. 9., 3. 10., und 13. 10. 54.

Außer den hier beschriebenen Mutanten, die in der Tabelle 11 zusammengefaßt sind, konnte bei der Verarbeitung der Einzelpflanzen der X_2 -Generation 1953 und des X_3 -Materials 1954 eine Reihe Pflanzen ausgelesen werden, deren Samen- und Hülsenzahlen den Kontrollen gegenüber bedeutend erhöht waren. Im Jahre 1955 wurden diese Elitepflanzen als A-Stämme angebaut. Bei der Prüfung des umfangreichen Materials konnten erste Anhaltspunkte für die Selektion hochertragreicher Stämme gefunden werden, die dem Standard bis zu 5 dz im Ertrag je ha überlegen waren. Eine Entscheidung über die Frage, welche dieser ausgelesenen Formen tatsächlich Mutanten mit höherem Ertrag sind, können erst wiederholte Ertragsprüfungen herbeiführen. Bei den Bonitierungen des Materials zeigte es sich, daß geringfügige morphologische Abweichungen an den Pflanzen, die bei einer Mutantenauslese aus einer X_2 -Generation nicht erkannt werden können, erst im Parzellenbestand sichtbar werden. Auf der Abbildung 22 ist als Beispiel der Stamm 407 neben einer Standardparzelle abgebildet.

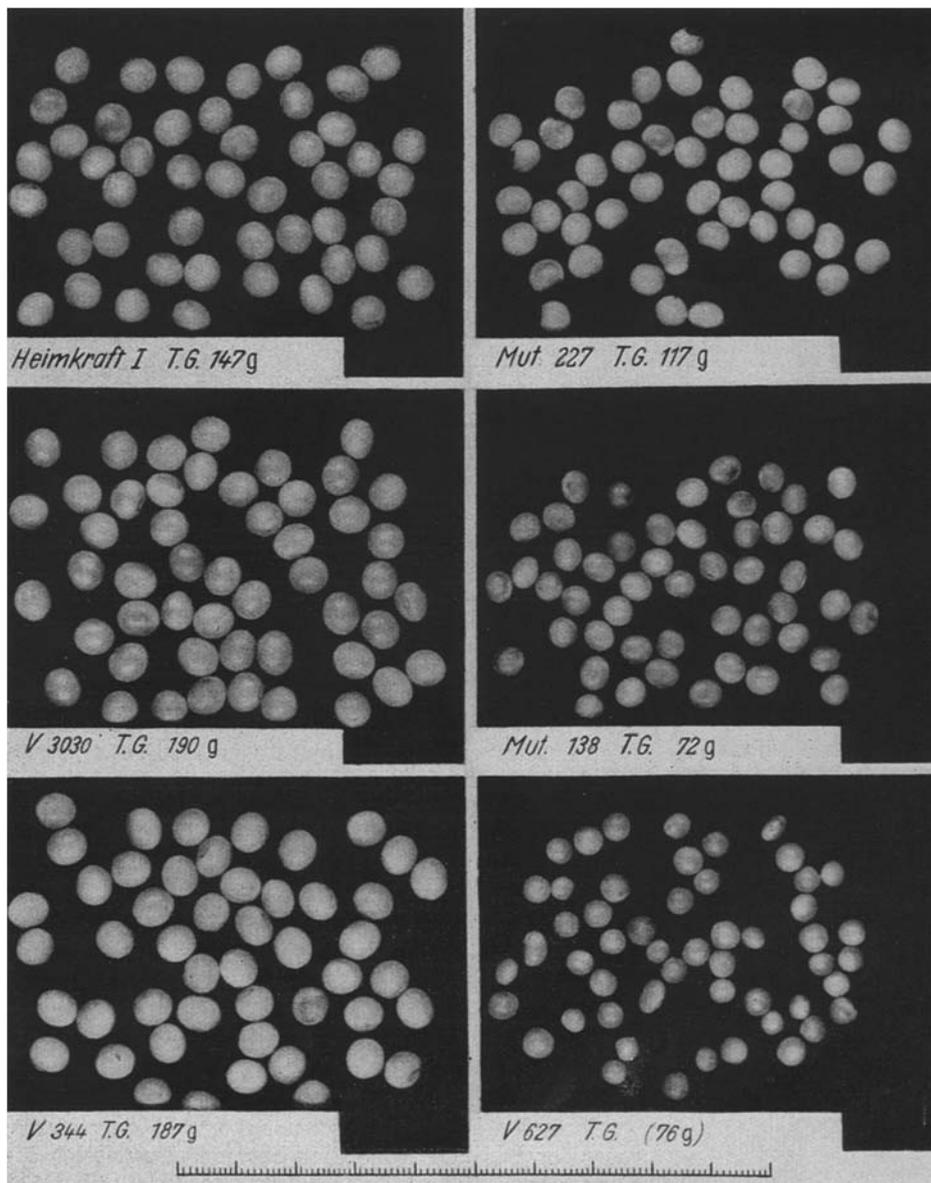


Abb. 20. Mutanten mit veränderter Samengröße im Vergleich zur Ausgangssorte Heimkraft I.

d) Frühreife Mutanten.

Da die Verkürzung der Vegetationszeit bei der Sojabohne eines der vordringlichsten Zuchtziele ist, wurde auf die Auslese frühreifender Formen besonderer Wert gelegt. So konnten aus der 6 kr-Parzelle 7 (0,45%), der 8 kr-Parzelle 4 (0,26%), der 10 kr-Parzelle 5 (0,46%) und der 12 kr-Parzelle 2 (0,25%) frühreifende Formen

det. Im Ertrag ist dieser Stamm dem Standard gleich. Die Reife war dagegen um 10 Tage früher.

Auf die Ergebnisse der A-Stammprüfungen der aus der X_2 -Generation 1953 und der X_3 -Generation 1954 ausgelesenen Elitepflanzen konnte hier nur andeutungsweise hingewiesen werden, da die Sicherung der Ergebnisse noch weitere Prüfungen erfordert.

Tabelle 11. Übersicht über die in der X_3 -Generation 1954 bestätigten Mutationen bei den verschiedenen Bestrahlungsserien in absoluten und relativen Zahlen. Die relativen Zahlen beziehen sich auf die jeweils angebaute X_1 -Nachkommenschaft jeder Bestrahlungsreihe

Mutantentyp	6 kr 1560 X_1 -Nachk.		8 kr 1505 X_1 -Nachk.		10 kr 1095 X_1 -Nachk.		12 kr 784 X_1 -Nachk.	
	Mut.	%	Mut.	%	Mut.	%	Mut.	%
1. Mutationen des Chlorophyllapparates (vgl. auch Tab. 8)	58	3,72	59	3,92	32	2,92	25	3,19
2. Mutationen des Habitus:								
a) Kümmer- und Zwergformen	18	1,15	19	1,27	8	0,73	6	0,76
b) gestauchter, buschiger Wuchstyp	16	1,03	25	1,66	9	0,82	12	1,53
c) niedriger, feingliedriger Wuchstyp	7	0,45	10	0,66	4	0,36	2	0,25
d) offener, lockerer Wuchstyp	—	—	1	0,06	1	0,09	—	—
e) hochwüchsiger, rankender Wuchstyp	2	0,13	5	0,33	1	0,09	—	—
f) spitze, längliche Blattform	5	0,32	4	0,26	4	0,36	2	0,25
g) abgerundete, breite Blattform	6	0,38	1	0,06	2	0,18	3	0,38
h) schwach behaart, bzw. fast unbehaart	—	—	1	0,06	1	0,09	1	0,13
i) weiße Behaarung	—	—	1	0,06	—	—	—	—
3. Mutationen der Samenschalenfarbe (vgl. auch Tab. 9)	14	0,90	18	1,19	10	0,91	8	1,02
4. Mutationen der Samengröße:								
a) kleine Samen	—	—	2	0,13	—	—	1	0,13
b) große Samen	1	0,06	1	0,06	—	—	—	—
5. Mutationen der Samenform	—	—	2	0,13	1	0,09	1	0,13
6. frühreife Mutanten (4—23 Tage früher)	7	0,45	4	0,26	5	0,46	2	0,25
Insgesamt:	134	8,59	152	10,11	78	7,01	63	7,89

5. Auslese der X_2 -Generation 1953 nach Mutanten mit niedriger Keimtemperatur

Das Zuchtziel „niedrige Keimtemperatur“ ist für die Sojazüchtung in Deutschland besonders dringend. HERB-MÜLLER (1938) und SESSOUS (1943) stellten die Schaffung bei niedrigen Temperaturen keimender Sorten immer wieder in den Vordergrund. Die Aussaat kann zeitiger erfolgen, und die jungen Pflanzen überwinden ihre langsame Jugendentwicklung in einer hierfür angebrachten Zeit, so daß sie bereits voll entwicklungsfähig sind, wenn die günstigen Vegetationsbedingungen des Sommers einsetzen. Außerdem können sich die Kurztagsbedingungen, denen sie in diesem Falle während der Jugendentwicklung ausgesetzt wären, beschleunigend auf die gesamte spätere Entwicklung auswirken. Die Auslese solcher unter niedrigen Bodentemperaturen keimender Typen ist deshalb noch besonders gerechtfertigt, weil die jungen Keimpflanzen nach SESSOUS (1943) und nach eigenen



Abb. 21. Frühreife Mutante 59/77. Reife am 24. 9. 1954. Aufnahme am 7. 7. 1954.



Abb. 22. Links: Parzelle der Ausgangssorte Heimkraft I. Rechts: Parzelle des frühreifen Stammes 407. Aufnahme am 1. 10. 1954.

Beobachtungen Nachtfröste bis -4°C ohne Nachteil überstehen. Mit der Schaffung solcher Sorten wird zwar eine Verkürzung der Vegetationszeit nicht erreicht, wohl aber „Frühreife“ in dem Sinne, daß die Ernte durch die Vorverlegung der Aussaat früher in einer dafür günstigeren Zeit erfolgen kann. Dadurch könnten der Sojaanbau zweifellos sicherer gestaltet und große Ertragsschwankungen durch ungünstige Herbstwitterung vermieden werden. Außerdem ist anzunehmen, daß die Ertragsausfälle, die bei

„echten“ frühreifen Sorten durch die verkürzte Vegetationszeit entstehen, wegfallen.

In der Literatur ist über Ergebnisse von Selektionsarbeiten in dieser Richtung noch nichts bekannt. Auch wissen wir noch nichts darüber, ob im Welt-sortiment hinsichtlich der optimalen Keimtemperatur zwischen den einzelnen Formen erbliche Unterschiede bestehen. Diese wichtige Frage bleibt noch zu untersuchen. Die Ergebnisse der theoretischen Mutationsforschung zeigen aber (STUBBE 1934, 1937, 1942, SCHICK 1934, FREISLEBEN und LEIN 1943), daß die im Idiotyp einer Gattung ruhenden Entwicklungs-

einer mindestens 2 mm langen Keimwurzel durchbrochen war. Wie die Tabelle 12 zeigt, ist der Übergang von absolut nichtgekeimt zu Keimbeginn bei allen untersuchten Sorten alternativ und nicht fluktuierend, wie angenommen werden konnte. Der Unterschied von einem Grad genügt, um bei fast allen Sorten den Umschlag von nichtgekeimt zu beginnender Keimung nahezu hundertprozentig hervorzurufen. Diese Tatsache war für die Festlegung der Temperatur des Selektionsversuches vorteilhaft.

Aus der Tabelle 12 ist zu erkennen, daß erst bei 7° bei der Mehrzahl der Samen der Sojasorte Heimkraft I

Tabelle 12. Die Anzahl gekeimter Samen der Sojasorte Heimkraft I und anderer Leguminosensorten bei verschiedenen Temperaturen

Sorte	Keimfähigkeit in %	Anzahl der Samen je Test	Anzahl der gekeimten Samen bei							
			2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
Sojabohne Heimkraft I	91	100	—	—	—	—	29	91	85	90
Speiseerbse Favorit	95	100	—	97	98	98	96	98	97	98
Markerbse Delex	95	100	—	98	98	95	94	98	94	91
Buschbohne Saxa	94	100	—	—	—	—	—	—	—	—
Pferdebohne Rastatter	99	100	—	84	95	94	95	97	89	90
Sommerwicke Svalöfs Süßwicke	92	100	—	62	83	93	77	96	90	95
Lupine Hadmersleber Nährquell	75	100	—	62	54	66	71	73	71	75

möglichkeiten durch die Methoden der Mutationsforschung aktiviert werden und daher auch Merkmale und Eigenschaften realisiert werden können, die noch nicht bekannt sind, aber auf Grund des Gesetzes der Parallelvariationen bzw. der homologen Reihen neu auftreten können. Daher schien es uns möglich, daß es auch bei Sojabohnen Formen geben müsse oder durch künstliche Mutationsauslösung zu erzeugen seien, die mit niedrigen Temperaturen bei der Keimung auskommen.

Zunächst mußte für diese Untersuchungen die „kritische Keimtemperatur“ unserer Ausgangssorte ermittelt werden, d. h. die Temperatur, bei der absolute Nichtkeimung in beginnende Keimung übergeht. Um Vergleiche zu Leguminosen anderer Gattungen zu bekommen, wurde noch je eine Speiseerbsen-, Markerbsen-, Buschbohnen-, Pferdebohnen-, Süßwicken- und Lupinensorte hinzugezogen. Die einzelnen Keimteste wurde in einer automatisch regulierbaren Klimakammer der chemisch-physiologischen Abteilung des Institutes durchgeführt. Die angegebenen Temperaturen schwanken in allen Fällen nur um $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Durch den Einbau eines Ventilators konnten eine dauernde Luftumwälzung im Raum und gleichmäßige Temperaturen in allen Höhen erreicht werden.

Dies war später bei den Serientesten besonders notwendig, da hier, durch den Umfang des Materials bedingt, die Samen nicht nur in einer Raumebene geprüft werden konnten. Ein Thermograph und mehrere Thermometer mit Zentigradeinteilung, die in den verschiedenen Raumhöhen ausgelegt wurden, ließen eine genaue Temperaturkontrolle zu. Der Samen wurde immer zu je 100 Stück in sandgefüllte Pikierkästen ausgelegt. Damit der Samen immer gleichmäßig mit Feuchtigkeit versorgt wurde, war der Grund jedes Pikierkastens mit einer 1 cm dicken Torfmüllschicht bedeckt. Der Keimtest begann mit $+ 2^\circ\text{C}$ und endete mit nur jeweils 1°C Unterschied bei $+ 9^\circ\text{C}$. Jeder Test lief 11 Tage vom 17. 11. 53 bis 15. 3. 54. Die Keimung wurde bonitiert, wenn die Samenschale von

die Samenschale von der Keimwurzel durchbrochen wird, während sie bei 4° noch in völliger Keimruhe verharren. Obwohl auch bei 5° bei den Sojabohnen noch keine Keimung festzustellen war, wurde als Temperatur für den Selektionsversuch $4,5^\circ$ gewählt, um mit möglichst großer Sicherheit außerhalb des Bereiches modifikativ bedingter Abweichungen zu bleiben. Die Methodik des Selektionsversuches war die gleiche wie bei der Feststellung der „kritischen Keimtemperatur“ der Sojasorte Heimkraft I. Nur die Untersuchung eines möglichst großen Materials konnte die Aussichten vergrößern, Mutanten zu finden, deren „kritische Keimtemperatur“ bei $4,5^\circ$ oder noch tiefer liegt. Deshalb wurde zu diesem Keimtest die gesamte als Einzelpflanzen geerntete X_2 -Generation 1953 herangezogen, also sowohl die Pflanzen, bei denen mutative Veränderungen in morphologischer oder physiologischer Hinsicht vermutet oder festgestellt werden konnten und deren Bestätigung in der X_3 -Generation 1954 erfolgte, als auch alle jene Pflanzen, die nach den Feldbonituren als unverändert galten. Insgesamt wurden von über 36000 Einzelpflanzen je 5 Samen vierzehn Tage lang bei einer Temperatur von $4,5 \pm 0,5^\circ$ geprüft. Die Untersuchungen liefen vom 28. 3. 54 bis 8. 12. 54. Nach Abschluß jeder Versuchsserie wurden die fünf Samen jeder Einzelpflanze wieder aus der Pikierkiste entnommen und überprüft, ob eine Keimung stattgefunden hat. War dies der Fall, so wurde unterschieden, ob ein, zwei, drei, vier oder alle fünf Samen einer Einzelpflanze gekeimt hatten. Am wertvollsten und aussichtsreichsten erschienen uns die Formen, bei denen sämtliche fünf ausgelegten Samen keimten, weil hier eher mit einer erblichen Veranlagung gerechnet werden konnte. Selbstverständlich lassen erst wiederholte Nachkommenschaftsprüfungen solcher Formen sichere Aussagen darüber zu, ob es sich in diesen Fällen um erblich bedingte Veränderungen handelt. Hatten von einer Pflanze drei oder mehr Samen gekeimt, so wurden diese zunächst im Gewächshaus und später, solange das noch möglich war, im Freiland zur Samengewinnung weiter

Tabelle 13. Die Anzahl der gekeimten Samen der Kontrollpflanzen und der X_2 -Pflanzen der verschiedenen Bestrahlungsreihen

Temperatur Dosis	5° C		4,5° C		4,5° C		4,5° C		5° C	
	Kontr.	%	6 kr	1/4	8 kr	%	10 kr	%	12 kr	%
Zahl der geprüften Pflanzen	3569	100	10675	100	12897	100	11867	100	4454	100
1 Same gekeimt	42	1,18	380	3,56	179	1,39	125	1,05	92	2,07
2 Samen gekeimt	1	0,03	143	1,34	40	0,31	23	0,19	50	1,12
3 Samen gekeimt	—	—	31	0,29	23	0,18	11	0,09	20	0,45
4 Samen gekeimt	—	—	22	0,29	7	0,05	4	0,03	10	0,22
5 Samen gekeimt	—	—	13	0,12	2	0,02	—	—	2	0,04
Pflanzen insgesamt gekeimt	43	1,21	589	5,52	251	1,95	163	1,36	174	3,90

kultiviert. Die Ergebnisse des Keimversuches werden in der Tabelle 13 mitgeteilt.

Es ist deutlich zu erkennen, daß der Samen der X_2 -Pflanzen der 6 kr-, 8 kr- und 12 kr-Serie gegenüber den Samen der Kontrollpflanzen eine gesteigerte Keimung bei $+4,5^\circ$ aufweist. Allerdings konnte nicht erwartet werden, daß hinsichtlich der gekeimten Samen der Einzelpflanzen bei allen X_2 -Pflanzen eine Verteilung eintrat, die der üblichen Variabilität eines Merkmals ähnlich ist. Da die Untersuchungen in der schon angegebenen Zeitspanne vom 28. 3. 54 bis 8. 12. 54 durchgeführt wurden, die einzelnen Serien also wegen des zahlreichen Materials nicht parallel, sondern hintereinander geprüft wurden, lag es nahe anzunehmen, daß die Temperaturen der einzelnen Serien nicht einheitlich waren. Die Überprüfung der Thermogramme ergab, daß bei den X_2 -Pflanzen aus der 6000 r-, 8000 r- und 10000 r-Serie, die vom 28. 3. 54 bis 1. 9. 54 liefen, die Temperaturen einheitlich $4,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ betragen. Nur bei der Prüfung der X_2 -Pflanzen der 12000 r-Serie und der Kontrollpflanzen vom 4. 9. 54 bis 4. 10. 54 war die Temperatur und ihr Schwankungsbereich um $0,5^\circ$ erhöht, so daß sie durchschnittlich $5,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$ betrug. Da also auch der Samen der Kontrollpflanzen einer um $0,5^\circ$ erhöhten Temperatur ausgesetzt war, sind die Zahlen der X_2 -Serien noch eindrucksvoller. Da nicht angenommen werden konnte, daß es sich bei den erhöhten Keimungszahlen der X_2 -Pflanzen gegenüber denen der Kontrolle in jedem Falle um erblich veränderte Varianten handelt, genügt zunächst die Feststellung, daß die Variationsbreite bezüglich des Merkmals „beginnende Keimung bei $4,5^\circ\text{C}$ “ bei dem gesamten X_2 -Material gegenüber der Kontrolle erhöht ist. Eine Erklärung dieser Tatsache kann zunächst noch nicht gegeben werden.

Wie schon erwähnt, wurden die Samen der Einzelpflanzen im Gewächshaus bzw. im Freiland weiterkultiviert, von denen drei Samen oder mehr keimten. Insgesamt konnten von 276 Pflanzen, die von 163 X_2 -Pflanzen abstammten, Samen geerntet werden. Die erneute Prüfung von je fünf Samen dieser Pflanzen bei einer Temperatur von $4,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ in der Klimakammer im Vergleich zu einer großen Anzahl Kontrollpflanzen und des Restsaatgutes der X_2 -Pflanzen, von denen sie abstammten, ergab die in der Tab. 14 dargestellten Ergebnisse. Der Versuch lief vom 22. 12. 54 bis zum 5. 1. 55.

Die Keimungsprozentsätze des Samens der aus der X_2 -Generation 1953 selektierten Pflanzen und des Samens des ersten Nachbaues 1954 liegen deutlich höher als der Prozentsatz gekeimter Samen der umfangreichen Kontrolle. In keinem Falle keimte von

den fünf ausgelegten Samen jeder Nachkommenschaft mehr als ein Samen. Ob an diesem Ergebnis jahresperiodische Schwankungen der Keimfähigkeit des Sojasamens beteiligt sein können, muß noch überprüft werden. Jedenfalls ergeben sich zunächst keine Anhaltspunkte dafür, daß die bei der Prüfung des gesamten X_2 -Materials festgestellte erhöhte Variabilität des Merkmals „beginnende Keimung bei $4,5^\circ\text{C}$ “ erblichen Charakter hat. Der prozentual höhere Anteil gekeimter Samen des Restsaatgutes 1953 und des ersten Anbaues 1954 zeigt aber doch, daß durch die angewandte Selektionsmethodik eine Vorselektion der Formen erreicht wurde, die bei geringeren Temperaturen mit der Keimung beginnen als die Ausgangssorte. Nach einer Frühaussaat (4. 4. 1955) des Samens der selektierten Pflanzen im Freiland konnten weitere Anhaltspunkte für die Brauchbarkeit dieser Selektionsmethodik gefunden werden. Die kühle Witterung im April und Mai begünstigte diesen Versuch. Einzelne Stämme erwiesen sich gegenüber den spärlich aufgegangenen Kontrollen der Ausgangssorte als frühsaatverträglich und behielten ihren Entwicklungsvorsprung bis zur Reife bei. Nach Sicherung der Ergebnisse durch wiederholte Keimversuche in der Klimakammer und auch durch Freilandversuche wird über diese Untersuchungen gesondert berichtet werden.

Tabelle 14. Die Anzahl der gekeimten Samen der Kontrollpflanzen, des Restsaatgutes der selektierten X_2 -Pflanzen und des Saatgutes des ersten Nachbaues bei einer Temperatur von $4,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$

	Kontr.	%	Selekt. Pfl. aus X_2 1953	%	Pflanzen aus 1. Nachbau 1954	%
Anzahl der geprüften Pflanzen	3120	100	163	100	276	100
1 Same gekeimt	16	0,51	7	4,29	5	1,81

IV. Zusammenfassung der Ergebnisse

Bei den mit angewandter Zielsetzung durchgeführten Mutationsversuchen an der Sojabohnensorte Heimkraft I wurden zunächst durch Triebkraftversuche Anhaltspunkte und dann im Freilandversuch genauere Hinweise für geeignete Röntgendosen für Bestrahlungsversuche mit Sojabohnen gefunden. Die Anzahl der Pflanzen mit Hülsenansatz der 6 kr-, 8 kr-, 10 kr- und 12 kr-Parzelle (35,0%, 15,3%, 21,8%, 15,5%) der X_1 -Generation zeigen, wie auch schon die im Gewächshaus durchgeführten Triebkraftversuche, daß im Gegensatz zu den Angaben GUSTAFSSONS (1944) nach unseren Versuchen 10000 r nicht als Höchstmaß der Strahlenverträglichkeit von Sojabohnensamen ange-

sehen werden kann. Im Triebkraftversuch waren bei einer Dosis von 16 kr nach fünf Wochen Versuchsdauer noch 12,5% der Pflanzen durchaus wüchsig, und erst bei 20 kr mit 0,7% wüchsigen Pflanzen war die letale Dosis nahezu erreicht.

Wie die prozentuale Verteilung der insgesamt 427 bestätigten Mutanten auf die einzelnen Bestrahlungsreihen zeigt (Tab. 11), sind Röntgendosen von 6 kr bis 12 kr, sowohl was die Höhe der Mutantenhäufigkeit als auch die Anzahl der überlebenden X_1 -Pflanzen (Tab. 4 und 5) betrifft, für Bestrahlungsversuche mit Sojabohnen am besten geeignet.

Von den in unseren Versuchen gefundenen Mutanten haben nur einige reichverzweigte Formen, die frühreifen Typen, die Mutanten mit höherem Tausendkorngewicht und eine Reihe noch näher zu untersuchender Formen mit erhöhtem Hülsenbehang und Ertrag und geringerer Keimtemperatur züchterischen Wert. Die außer den Mutanten des Chlorophyllapparates noch zahlreich aufgetretenen verschiedenen Wuchstypen, die Veränderungen in der Blattform und Behaarung der Pflanzen und der Samenschalenfarbe, sind vom Standpunkt der deutschen Sojazüchtung als neutral oder in den meisten Fällen als negativ zu bezeichnen. Ihr Auftreten war aber insofern wichtig, als damit bewiesen werden kann, daß es auch bei Soja in verhältnismäßig kurzer Zeit möglich ist, aus einer Zuchtsorte ein Mutantensortiment experimentell zu erzeugen, in dem die charakteristischen Merkmale eines Teiles der im Weltsortiment bekannten Soja-Varietäten auftreten.

Abgesehen davon, daß ein experimentell geschaffenes Mutantensortiment zur Lösung genetischer, physiologischer und biochemischer Fragestellungen geeignetes Ausgangsmaterial bietet, läßt sich aus den bisherigen Ergebnissen schließen, daß bei weiterer Arbeit in absehbarer Zeit Formen geschaffen werden können, die früher als die Ausgangssorte zur Reife kommen und ihr im Ertrag überlegen sind. Außerdem können die Mutanten mit züchterisch wertvollen Merkmalen als Ausgangsmaterial für weitere Kreuzungen verwendet werden und die schwierige Kombinationszüchtung der Sojabohne beschleunigen helfen.

Literatur

1. ANDERSSON, G.: Redogörelse för arbetena med soja vid Sveriges Utsädesförening åren 1941—1943. Särtryck ur Sveriges Utsädesförenings Tidskrift, H. 4, 279—293. (1944). — 2. BANDLOW, G.: Mutationsversuche an Kulturpflanzen. II. Züchterisch wertvolle Mutanten bei Sommer- und Wintergersten. Züchter 21, 257—363 (1951). — 3. FREISLEBEN, R., und A. LEIN: Vorarbeiten zur züchterischen Auswertung röntgeninduzierter Mutationen. II. Mutationen des Chlorophyllapparates als Testmutation für die mutationsauslösende Wirkung der Bestrahlung bei Gerste. Z. f. Pflanzenzüchtung 25, 256—283 (1943). — 4. FREISLEBEN, R., und A. LEIN: Vorarbeiten zur züchterischen Auswertung röntgeninduzierter Mutationen. I. Die in der Behandlungsgeneration (X_1) sichtbare Wirkung der Bestrahlung ruhender Gerstenkörner. Z. f. Pflanzenzüchtung 25, 236—254 (1943). — 5. FREISLEBEN, R., und LEIN, A.: Möglichkeiten und praktische Durchführung der Mutationszüchtung. Kühn-Archiv 60 (1943). — 6. GUSTAFSSON, A.: The mutation system of the chlorophyll apparatus. Lunds Univ. Arsskr. N.F., Avd. 2, 36, 1—40 (1940). — 7. GUSTAFSSON, A.: The X-ray resistance of dormant seeds in some agricultural plants. Hereditas 30,

165—178 (1944). — 8. GUSTAFSSON, A.: Mutations in agricultural plants. Hereditas 33, 1—100 (1947). — 9. HERB-MÜLLER, L.: Soja, *Glycine hispida* MAX. Handbuch der Pflanzenzüchtung. Herausg. TH. ROEMER und W. RUDOLF, im Erscheinen seit 1938, Berlin. — 10. HOFFMANN, W.: Zitiert in KUCKUCK-MUDRA: Lehrbuch der allgemeinen Pflanzenzüchtung, Stuttgart 1950, S. 162—164. — 11. HOFFMANN, W.: Erfolge und gegenwärtiger Stand der Hallenser Arbeiten zur Kombinationszüchtung bei Getreide. Z. f. Pflanzenzüchtung 29, 318—345 (1951). — 12. HUMPHREY, L. M.: Effects of neutron irradiation on soybeans I. Soybean Digest 12, 11—12 (1951). — 13. HUMPHREY, L. M.: Effects of neutron irradiation on soybeans II. Soybean Digest 5, 18—19 (1954). — 14. KAPLAN, R. W.: Beeinflussung des durch Röntgenstrahlen induzierten mutativen Fleckenmosaiks auf den Blättern der Sojabohne durch Zusatzbehandlung. Strahlentherapie 94, 106—118 (1954). — 15. KRESS, H.: Die Auffindung einer kurzhaarigen, alkaloidfreien, platzfesten, weißsamigen, frohwüchsigen, gelben Lupine. Züchter 22, 337—338 (1952). — 16. KRESS, H.: Ergebnisse der Röntgenbestrahlung bei der Gülzower Süßen Gelblupine (*L. luteus*). (Vorläufige Mitteilung.) Züchter 23, 168—172 (1953). — 17. MUDRA, A.: Anleitung zur Durchführung und Auswertung von Feldversuchen nach neueren Methoden. Leipzig 1949. — 18. MÜLLER, L.: Über Sojazüchtung. Züchter 2, 277—288 (1930). — 19. NAGAI, J.: Genetic-physiological study on the formation of anthocyanin and brown pigments in plants. Jour. Col. Agr., Imp. Univ. Tokyo 8, 1—92 (1921). — 20. NAGAI, J., und S. SAITO: Linked factors in soybean. Japan. Jour. Bot. 1, 121—136 (1923). — 21. OWEN, F. V.: Hereditary and environmental factors that produce „mottling“ in soybeans. Journ. Agr. Research 34, 559—587 (1927). — 22. OWEN, F. V.: Inheritance studies in soybeans. II. Glabrousness, color of pubescence, time of maturity, and linkage relations. Genetics 12, 519—529 (1927). — 23. OWEN, F. V.: Inheritance studies in soybeans. III. Seed-coat color and summary of all other mendelian characters thus far reported. Genetics 13, 50—79 (1928). — 24. PIPER, C. V., and W. J. MORSE: The soybean. New York and London (1923). — 25. RUDOLF, W.: Beobachtungen auf dem Gebiete der Pflanzenzüchtung in USA. Z. f. Pflanzenzüchtung 28, 273—354 (1949). — 26. SCHICK, R.: Über einige für den Pflanzenzüchter interessante Mutanten von *Antirrhinum majus*. Züchter 6, 30—33 (1934). — 27. SESOUS, G.: Stand und Ziel von Anbau und Züchtung der Soja. Forschungsdienst, Sonderheft 16, 400 (1943). — 28. SKVORZOFF, B. W.: Die wilde und kultivierte Soja in Ost-Asien. Charbin (1927), (russ.), zitiert nach HERB-MÜLLER (1938). — 29. STUBBE, H.: Über die Möglichkeit der experimentellen Erzeugung neuer Pflanzenrassen durch künstliche Auslösung von Mutationen. Züchter 1, 6—11 (1929). — 30. STUBBE, H.: Die Bedeutung der Mutationen für die theoretische und angewandte Genetik. Naturwissenschaften 22, 781—787 (1934). — 31. STUBBE, H.: Spontane und strahleninduzierte Mutabilität. Leipzig (1937). — 32. STUBBE, H.: Pflanzenzüchtung und Mutationsforschung. Forschungsdienst, Sonderheft 16, 333 bis 338 (1942). — 33. STUBBE, H.: Über einige theoretische und praktische Fragen der Mutationsforschung. Abhandl. d. Sächs. Akad. d. Wiss. zu Leipzig 47, 1—23 (1952). — 34. STUBBE, H., und G. BANDLOW: Mutationsversuche an Kulturpflanzen. I. Röntgenbestrahlungen von Winter- und Sommergersten. Züchter 17/18, 365—374 (1947). — 35. SZIRMAI, J.: Die Verbreitung von Viruskrankheiten durch das Saatgut. Különymat az Agrártudományi Egyetem Kert — es Szőlőgazdaságtudományi Karának Közleményei 12, 649—650 (1953) (ungarisch). — 36. TROLL, H. J.: Körnertragsqualität verbessernde, schnelltrocknende, kahlhülsige, gelbe Lupinen. Züchter 13, 283 (1941). — 37. WOODWORTH, C. M.: Inheritance of cotyledon, seed-coat hilum, and pubescence colors in soybeans. Genetics 6, 487—553 (1921). — 38. WOODWORTH, C. M.: Inheritance of growth habit, pod color, and flower color in soybeans. Journ. Amer. Soc. Agr. 15, 481—495 (1923). — 39. WOODWORTH, C. M., and L. J. COLE: Mottling of soybeans. Journ. Heredity 15, 349—354 (1924).