

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung, Erwin Baur-Institut, Müncheberg/Mark.)

## Röntgenbestrahlungen beim Hanf.

Von **Walther Hoffmann** und **Edgar Knapp**.

### Einleitung.

Die männlichen Individuen des Hanfes sterben bereits ab, ehe die Samen auf den weiblichen Individuen ausgereift sind. Deshalb muß der Hanf, wenn man eine hochwertige Faserausbeute erzielen will, als „Faserhanf“ geerntet werden, d. h. die Ernte muß vor dem gänzlichen Absterben der männlichen Individuen erfolgen. Man muß dann auf die Gewinnung der Samen verzichten. Will man dagegen als „Samenhanf“ ernten, so muß man, weil die Fasern der männlichen Pflanzen dann schon verholzt und durch Röstprozesse angegriffen sind, eine minderwertige Faserqualität in Kauf nehmen. Hierin liegt ein großer Nachteil für eine rationelle Verwertung des Hanfes, ein Nachteil, der durch die Züchtung einer Sorte, bei der die männlichen Pflanzen nicht vor der Samenreife abzusterben beginnen, oder einer monözischen Sorte behoben wäre. Eine monözische selbstfertile Sorte hätte weiterhin große methodische Vorteile für die Züchtung hochwertiger, homozygoter Stämme und ist deshalb einer diözischen Sorte mit gleicher Lebensdauer beider Individuengruppen vorzuziehen.

Die Tatsache, daß beim Hanf häufig einzelne Individuen mit männlichen *und* weiblichen Blüten gefunden werden, übrigens Individuen von recht verschiedenem Aussehen, zeigt, daß beim Hanf Genotypen vorkommen, die mindestens unter bestimmten Entwicklungsbedingungen einhäusige Pflanzen ergeben. Die Aufgabe der Züchtung eines monözischen Hanfes kann aber erst dann als gelöst gelten, wenn solche Genotypen geschaffen sind, die unter *normalen* Entwicklungsbedingungen regelmäßig zu Pflanzen mit funktionsfähigen männlichen und weiblichen Blüten auf demselben Individuum führen, wobei diese Genotypen in einem solchen Maße homozygot sein müssen, daß nach Selbstung oder freier Bestäubung innerhalb einer solchen Population in den folgenden Generationen nicht durch Neukombinationen wieder Genotypen herauspalten können, die unter den normalen Entwicklungsbedingungen nur weibliche oder nur männliche Blüten hervorbringen.

Nach Mc PHEE (10), HIRATA (3), GRISCHKO (2) u. a. ist der Unterschied zwischen den weiblichen und den männlichen Individuen einer normal diözischen Sippe von Hanf bedingt durch einen einfach mendelnden Erbunterschied, wobei die weiblichen Pflanzen in dieser Hinsicht homozygot, die männlichen heterozygot sind. Der genetische Unterschied zwischen weiblichen und männlichen Individuen kann demnach durch folgende schematische Erbformeln ausgedrückt werden:

$$\text{♀♀} : \frac{a}{a} ; \text{♂♂} : \frac{A}{A} .$$

Es liegt also normale genotypische Geschlechtsbestimmung vor.

Wenn aber die gelegentlich beobachteten  $\pm$  einhäusigen Individuen ihre abweichenden Geschlechtsverhältnisse nicht einer abweichenden Konstellation der Entwicklungsbedingungen, sondern, was in vielen Fällen wahrscheinlich ist, einer abweichenden genetischen Konstitution verdanken, so können durch das oben angeführte Schema noch nicht sämtliche, in der Sippe vorliegenden, die Geschlechterverteilung beeinflussenden genetischen Unterschiede dargestellt sein. Entweder müssen, wenn es sich um Unterschiede des Genotypus handelt, in der Sippe für den obengenannten genetischen Unterschied  $a-A$  noch andere Allele ( $A'$ ,  $A''$  usw.) oder außer dem genetischen Unterschied  $a-A$  noch andere, die Geschlechterverteilung in irgendeiner Weise beeinflussende genetische Unterschiede ( $b-B$ ,  $c-C$  usw.) vorliegen. Nach der 1. Alternative wären also z. B.  $\frac{a}{A'}$  oder  $\frac{a}{A''}$  usw. Genotypen, die unter den herrschenden normalen Entwicklungsbedingungen Pflanzen mit weiblichen *und* männlichen Blüten hervorbringen würden. Nach der 2. Alternative würde, wenn etwa ein reines Weibchen mit  $\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{C} \frac{d}{d} \frac{E}{E}$  zu charakterisieren wäre, eine Pflanze  $\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c} \frac{d}{d} \frac{e}{e}$  außer weiblichen auch männliche Blüten hervorzubringen imstande sein. Das normale Männchen wäre dann entsprechend mit  $\frac{a}{A} \frac{b}{b} \frac{C}{C} \frac{d}{d} \frac{E}{E}$

zu bezeichnen, während eine Pflanze  $\frac{a}{A} \frac{B}{B} \frac{C}{C} \frac{D}{D} \frac{E}{E}$  außer männlichen auch weibliche Blüten hervorbringen würde. Es ist hier also angenommen, daß die Allele b, c, d und e „vermännlichend“, B, C, D und E „verweiblichend“ wirken. Es braucht wohl kaum besonders betont zu werden, daß die hier aufgezeichneten Erbformeln nur mögliche Beispiele sein sollen, um die genannten zwei Alternativen für das Zustandekommen einer genetisch fundierten Monözie in sonst diözischen Sippen zu illustrieren.

Eine endgültige Entscheidung darüber, ob beide oder welche der beiden Alternativen beim Hanf vorliegen, scheint uns nach den bisher vorliegenden Befunden noch nicht möglich zu sein. Verschiedene Tatsachen, so vor allem das Vorkommen von Pflanzen, die bei sonst für weibliche Pflanzen charakteristischem Habitus männliche Blüten tragen („feminisierte Männchen“), von Pflanzen mit „männlichem Habitus“ und weiblichen Blüten („maskulinisierte Weibchen“), von  $\pm$  monözischen,  $\pm$  weiblichen oder  $\pm$  männlichen Pflanzen mit „weiblichem“ oder „männlichem“ Habitus, scheinen uns aber besser mit der zweiten Alternative einer *polymeren* Beeinflussung der Geschlechterverteilung als mit der ersten einer *monomeren*, aber *poly-allelen* vereinbar zu sein. Jedenfalls sind durch Selbstung monözischer Formen und fortgesetzte Auslese konstante monözische Sippen zu erwarten (2, 4), welche der beiden Alternativen auch zutreffen mag.

Die Tatsache, daß in manchen Hanfherkünften nicht selten monözische Individuen zu finden sind, ließ uns vermuten, daß wohl auch mutative Abänderungen von „weiblichen“ oder von „männlichen“ Genotypen, die zu „monözischen“ Genotypen führen, nicht allzu selten vorkommen dürften, sei es nun, daß eines der beiden für den Unterschied zwischen weiblichen und männlichen Pflanzen der diözischen Sippe verantwortlichen Allele mutierte, sei es, daß ein anderes geschlechtsbeeinflussendes „Gen“ verändert wurde oder sei es, daß die zu einem „monözischen“ Genotypus führende Mutation auf irgendeiner chromosomalen Störung beruhte. Deshalb schien es uns auch lohnend, zu versuchen, durch experimentelle Mutationsauslösung die Geschlechterverteilung zu beeinflussen, um so mehr als bereits CORRENS (1) nach Bestäubung mit gealtertem Pollen bei dem diözischen *Melandrium album* eine eindeutige Erhöhung der Häufigkeit zwittriger Individuen feststellen konnte<sup>1</sup> und KNAPP

(6, 7) und LORBEER (8, 9) bei *Sphaerocarpus Donnellii* durch Röntgenbestrahlung eine Umwandlung weiblicher Pflanzen (oder weiblich bestimmter Sporen) in männliche erzielten<sup>1</sup>.

Wir wandten den zur Auslösung von Mutationen vielbewährten Weg der Behandlung mit Röntgenstrahlen an. Soweit uns bekannt, sind Röntgenbestrahlungen beim Hanf bisher nur von IMAI durchgeführt worden, der nach Bestrahlung von Pollen zwei einfach mendelnde, offenbar geschlechtsgekoppelte Mutationen nachwies (5). Wenn wir auch noch nicht über die Erreichung des eigentlichen Zieles, nämlich die Schaffung einer konstanten monözischen Sippe berichten können, so erhielten wir doch eine Reihe bemerkenswerter Ergebnisse, über die hier berichtet werden soll.

### Methodik.

Nach einigen Vorversuchen in den Jahren 1937 und 1938, in denen ein geeignetes Dosisgebiet für die Bestrahlungen und Unterschiede zwischen der Bestrahlung trockener und gequollener Körner festgestellt werden sollte, haben wir 1938 einen umfangreicheren Versuch angesetzt, über den wir hier allein berichten.

Bestrahlt wurden trockene Samen eines Zuchtstammes (4028/37), der aus der Kreuzung von Kuhnowschem Hanf mit einem Hanf aus dem oberen Waagtal (Slowakei) hervorgegangen ist. Dabei sind wir folgendermaßen vorgegangen: In eine Glasschale von 19 cm Durchmesser wurden 80 g (etwa 4400 Samen) trockene Hanfsamen gefüllt, die dann etwa zweischichtig liegen. Darüber wurde, durch eine Lage Filtrierpapier getrennt, eine 2. Portion von 80 g Samen geschichtet, darüber eine 3. Portion von 80 g Samen und so

tantan durch Alterung anzusehen ist — daß es sich lediglich um eine Selektion zugunsten der mutierten Pollenkörner mit zwittriger Tendenz handeln sollte, erscheint äußerst unwahrscheinlich —, wird leider in der Literatur über Mutationen meist übersehen. CORRENS teilte folgendes mit (l. c.): „Unter 1422 Pflanzen, die durch Bestäubung von vier verschiedenen Weibchen mit altem Pollen eines Männchens entstanden waren, befanden sich 28 Zwitter, gleich 1,97 %. Unter 2327 Pflanzen, die bei den gleichen Eltern durch Bestäubung mit sehr viel und ganz frischem Pollen hervorgegangen waren, gab es nur einen Zwitter, gleich 0,043 %. Der alte Pollen hat also die Entstehung von Zwittern außerordentlich begünstigt, was auf einer Valenzänderung der Tendenz der männchenbestimmenden Pollenkörner beruhen dürfte. Wenn bei *Melandrium* die Möglichkeit zur Zwitterbildung in den Versuchspflanzen steckt, kann also ihre Häufigkeit von äußeren Bedingungen abhängen.“

<sup>1</sup> LORBEER (9) glaubt bei dem zweihäusigen *Sphaerocarpus* durch Röntgenbestrahlung auch einhäusige Mutanten erzielt zu haben. Zur Kritik siehe KNAPP und HOFFMANN (7).

<sup>1</sup> Dieser Befund von CORRENS, der zweifellos als erster Fall einer Erhöhung der Häufigkeit der Mu-

insgesamt 7 Portionen. Eine gleiche Portion von 80 g wurde als unbestrahlte Kontrolle mit angebaut. Die mit den 7 Samenportionen angefüllte Glasschale wurde von oben bestrahlt. Die beschriebene Anordnung erlaubte uns, in *einem* Bestrahlungsgang verschiedene Bestrahlungsdosen anzuwenden, die gesamte Bestrahlungsdauer also wesentlich abzukürzen.

Bestrahlungsdaten<sup>1</sup>: 30. April 1938. Metallix-Oberflächentherapie-Röhre, betrieben an Coolinan-Halbwellen-Apparat, 68 KV eff., 4 mA, ohne Filter. Abstand der Antikathode von der obersten Samenschicht: 26 cm. Bestrahlungsdauer: 360 Minuten. Vorher wurde auf Grund von Messungen mit dem Hammerdosimeter die Intensität der Strahlung (r/min) in den verschiedenen Lagen bestimmt und daraus die auf die 7 verschiedenen Lagen einwirkende Dosis berechnet. Es ergaben sich folgende ungefähre Dosen:

Tabelle 1.

Schichtfolge	Strahlenbereich	angebaut als Versuch Nr.:
(oberste) 7. Schicht	39700—53500 r	536
6. „	31100—39700 r	535
5. „	26000—31100 r	534
4. „	21900—26000 r	533
3. „	18300—21900 r	532
2. „	15000—18300 r	531
(tiefste) 1. „	12100—15000 r	530

Selbstverständlich nimmt in den untersten Schichten nicht nur die Dosis ab, sondern es ändert sich auch die Strahlenqualität: Da die längeren Wellen stärker absorbiert werden, wird die Strahlung immer reicher an kurzwelligen Strahlen, also immer härter. Erfahrungsgemäß spielen aber Qualitätsunterschiede, wie sie hier in Frage kommen, kaum eine Rolle für die zu beobachtenden Unterschiede der Wirkung. Diese können vielmehr als durch die Unterschiede der Dosis bedingt angesehen werden. Am 5. Mai wurden die Samen aus den 7 Bestrahlungsgruppen sowie die unbestrahlte Kontrolle auf schwach humosen Sandboden reihenweise ausgesät, der Reihenabstand betrug 20 cm, die Dichte innerhalb der Reihe etwa 1—2 cm.

### Ergebnisse.

Die Keimung der Samen ist durch die Bestrahlung kaum beeinflusst worden; sie war in allen Proben gut. Dagegen wurde die weitere Entwicklung um so stärker gehemmt, je höher die Dosis war.

<sup>1</sup> Die Bestrahlung wie auch die ersten Pflanzenbeobachtungen am 27. Mai, 6. Juni und 11. Juni hat Herr Dr. WERTZ durchgeführt, dem wir hierfür bestens danken.

Beobachtung am 27. Mai 1938 durch Herrn Dr. WERTZ:

- 530: Die Keimlinge sind etwas kleiner als in der Kontrolle (537). Auf vielen Folgeblättchen zeigen sich chlorotische Flecke. Auch sind die Blättchen oft deformiert.
- 531 u. 532: Die bei 530 geschilderten Erscheinungen treten verstärkt auf, die Keime sind noch kleiner.
- 533: Neben Keimen, die die eben beschriebenen Erscheinungen zeigen, sind Keime vorhanden, die nur normal grüne Kotyledonen, aber noch keine Folgeblätter entwickelt haben.
- 534: Eine Anzahl der Keimlinge zeigt vergilbende Kotyledonen.
- 535: Nur noch wenige Keimlinge, die Folgeblätter entwickelt haben, die meisten mit vergilbten Kotyledonen.
- 536: Fast alle Keimlinge nur mit Kotyledonen, die vergilben.
- 537: Kontrolle.

Beobachtung am 6. Juni 1938 durch Herrn Dr. WERTZ: Wachstumshemmung bei den Keimen aus bestrahlten Samen.

- 534: Die Pflanzen im Durchschnitt nur etwa halb so groß wie bei den Kontrollen.
- 535: Ein großer Teil der Keimlinge in der Entwicklung stehengeblieben und keine Folgeblätter entwickelt.
- 536: Nur noch ganz wenige Pflanzen vorhanden, die sich weiterentwickelt haben.

Beobachtung am 11. Juni 1938 durch Herrn Dr. WERTZ: Zahl der überlebenden, sich weiterentwickelnden Pflanzen:

- 534: Etwa 50—60 %.
- 535: Etwa 10 %.
- 536: Nur eine Pflanze<sup>1</sup>.

Die endgültige Beurteilung wurde zwischen dem 16. und 19. September 1938 vorgenommen, als die Pflanzen erntereif waren. Die Männchen waren bereits abgestorben und die Weibchen hatten reife Früchte.

Es ergab sich das Bild von Tabelle 2 über den Bestand der einzelnen Parzellen.

Die Pflanzen wurden, nach Männchen und Weibchen getrennt, geerntet und gezählt. Die Gesamtzahl der Pflanzen nimmt mit steigender Bestrahlungsdosis erheblich ab. Während auf der Kontrollparzelle 2675 Pflanzen, das sind etwa 61 % der ausgelegten Samen, standen, waren es bei höchster Dosis bei Nr. 536 nur noch 14 Pflanzen = etwa 0,3 % der Samen. Dies stimmt mit den sonstigen Erfahrungen bei Röntgenbestrahlungen vollkommen überein.

<sup>1</sup> Die späteren Beobachtungen in den Parzellen ergaben bei Nr. 536 14 entwickelte Pflanzen (siehe Tabelle 3). Dies zeigt, daß ein Teil der am 11. Juni 1938 als entwicklungsunfähig angesehenen Pflanzen sich doch noch entwickelt hat.

Tabelle 2.

Versuchs-Nr.	Bestrahlungsdosis	Bestand	Länge in cm	Ansatz
530	12 100—15 000 r	weitgehend normal	130—170	gut
531	15 000—18 300 r	viele kleine Pflanzen (Unterhanf)	120—150	gut
532	18 300—21 900 r	etwas licht, Unterhanf	90—130	gut
533	21 900—26 000 r	licht, viel Unterhanf	60—110	gut
534	26 000—31 100 r	sehr licht, viel Unterhanf	70—120	gut
535	31 100—39 700 r	alleinstehende, zum Teil stark verzweigte Pflanzen mit stark ausgebildeten Drüsenhaaren	130—150	schlecht
536	39 700—53 500 r	wenige alleinstehende, stark verzweigte Pflanzen	110—180	gut
537	Kontrolle	normal	130—150	gut

Von besonderem Interesse ist in unserem Zusammenhang die Erscheinung, daß sich das Geschlechtsverhältnis mit steigender Dosis immer mehr zugunsten der weiblichen Pflanzen verschiebt. Während normalerweise beim Hanf der Prozentsatz weiblicher Pflanzen meist nur wenig höher ist als der der Männchen und auch in unserer Kontrolle ein Geschlechtsverhältnis von 52,4% ♀♀:47,5% ♂♂ vorlag, stellten wir in Nr. 535, dem Versuch mit der höchsten Bestrahlungsdosis, in dem wir noch eine zur statistischen Sicherung genügende Zahl von Pflanzen erzielten; 61,1% ♀♀ gegen nur 33,5% ♂♂ fest.

Es ist natürlich nicht sicher auszumachen, ob die nach Bestrahlung der Samen festzustellende Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses zugunsten der Weibchen auf einer Selektion zugunsten der Weibchen oder auf einer Umwandlung ursprünglich männlich determinierter Samen zu Weibchen beruht. Man wird, bis zum Beweis des Gegenteiles, wohl die erste der beiden Alternativen für wahrscheinlicher halten. Bei der offenbaren Labilität der geschlechtlichen Deter-

minierung beim Hanf und besonders im Hinblick auf bei anderen Objekten tatsächlich nachgewiesene Umprägungen der geschlechtlichen Determinierung wird man allerdings auch die zweite Alternative im Auge behalten müssen. Bei *Sphaerocarpus* hat ja KNAPP (6) nach Behandlung von Sporenmutterzellen oder Sporen mit Röntgenstrahlen mit steigender Dosis ebenfalls eine immer stärkere Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses bei den aus den Sporen hervorgehenden Pflanzen festgestellt, hier jedoch zugunsten der Männchen. Hier war es aber, dank der Gunst des Objektes, mit Hilfe der genetischen Tetradenanalyse und cytologischer Untersuchungen möglich, eindeutig nachzuweisen, daß sowohl eine Geschlechtsumwandlung als auch eine Selektion zugunsten der Männchen für die Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses verantwortlich ist.

Bei der Zählung der Pflanzen fanden wir in den Parzellen mit bestrahltem Samen zahlreiche gegabelte Pflanzen (Abb. 1). Die Gabelung konnte höher oder tiefer am Stengel erfolgt sein. Gelegentlich gingen auch drei Äste aus einer

Tabelle 3.

Versuchs-Nr.	Bestrahlungsdosis	Anzahl der Pflanzen bei der Ernte			Gegabelte Pflanzen <sup>2</sup>	Gegabelte Weibchen <sup>3</sup>	Gegabelte Männchen <sup>4</sup>	Abnorme Pflanzen <sup>2</sup>
		insgesamt <sup>1</sup>	davon Weibchen <sup>2</sup>	davon Männchen <sup>2</sup>				
530	12 100—15 000 r	2111=48,0%	1140=54,0%	966=45,8%	170=8,1%	112=9,7%	58=6,0%	5=0,24%
531	15 000—18 300 r	2263=51,5%	1229=54,3%	1031=45,6%	197=8,7%	116=9,4%	81=7,9%	3=0,13%
532	18 300—21 900 r	2004=45,6%	1086=54,2%	913=45,6%	174=8,7%	131=12,1%	43=4,7%	5=0,25%
533	21 900—26 000 r	1547=36,1%	896=57,9%	642=41,5%	226=14,6%	141=15,7%	85=13,2%	9=0,58%
534	26 000—31 100 r	941=21,4%	569=60,5%	364=38,7%	188=20,0%	128=22,5%	60=16,5%	8=0,85%
535	31 100—39 700 r	293=6,7%	179=61,1%	98=33,5%	68=23,2%	45=25,1%	23=23,5%	16=5,5%
536	39 700—53 500 r	14=0,32%	13=92,9%	1=7,1%	8=57,1%	7=53,9%	1=100%	0
537	Kontrolle	2675=60,7%	1402=52,4%	1271=47,5%	3=0,11%	2=0,14%	1=0,08%	2=0,08%

<sup>1</sup> Prozentzahlen bezogen auf die etwa 4400 ausgelegten Samen.

<sup>2</sup> Prozentzahlen bezogen auf die Gesamtzahl der geernteten Pflanzen.

<sup>3</sup> Prozentzahlen bezogen auf die Gesamtzahl der Weibchen.

<sup>4</sup> Prozentzahlen bezogen auf die Gesamtzahl der Männchen.

Gabelung hervor. In einigen Fällen fanden wiederholte Gabelungen statt. Man wird vermuten dürfen, daß durch die Bestrahlung der Vegetationspunkt in irgendwelcher Weise geschädigt wurde und sich infolge dieser Schädigung teilte. Der Ort der Gabelung scheint auch durch die angewandte Dosis beeinflußt zu werden. Bei Nr. 530—532 trat die Gabelung meistens erst im Blütenstand oder kurz unter dem Blütenstand, bei Nr. 533—534 meist im oberen Drittel der Pflanzen, bei Nr. 535—536 zum Teil bereits kurz über den Keimblättern ein. Die Anzahl der in den einzelnen Versuchen beobachteten gegabelten Pflanzen ist aus Tabelle 3 zu entnehmen. Es ergibt sich auch hier wieder, daß ihre Häufigkeit mit der Bestrahlungsdosis zunimmt. Sie erreicht schließlich mehr als 50% der Pflanzen. Bemerkenswert ist noch die Tatsache, daß unter den Männchen der Prozentsatz gegabelter Pflanzen durchweg geringer ist als unter den Weibchen. Es erscheint uns am wahrscheinlichsten, daß dieser Unterschied auf die allgemeinen morphologischen und anatomischen Unterschiede zwischen den weiblichen und den männlichen Pflanzen zurückzuführen sein dürfte, vielleicht auf eine größere Anzahl der den Vegetationspunkt der kräftigeren weiblichen Pflanzen bildenden Zellen.

Nachdem die im vorhergehenden geschilderten mannigfachen Strahlenwirkungen festgestellt worden waren, wurden alle Pflanzen eingehend untersucht, um etwaige sonstige Abweichungen festzustellen. Da aber die Männchen zum Zeitpunkt dieser Untersuchung bereits abgestorben waren, wurden fast nur bei weiblichen Pflanzen solche Abweichungen festgestellt. Auch die Häufigkeit dieser Abweicher nimmt mit steigender Bestrahlungsdosis zu (Tabelle 3).

Wir können die abnormen Pflanzen im großen ganzen in 2 Gruppen einteilen: Zur einen Gruppe zählen wir die Pflanzen mit Abweichungen in vegetativen Merkmalen, wie Wuchs, Blatt und Farbe, zur anderen Gruppe die Pflanzen mit Abweichungen in der Blütenregion, wie Sterilität, Änderung des Geschlechts usw. Viele Pflanzen weisen gleichzeitig 2 verschiedene Abnormitäten auf, wie Sterilität und deformierte Blätter usw. Sowohl bei den ungegabelten als auch bei den gegabelten Pflanzen wurden solche Abweicher festgestellt, die im folgenden beschrieben werden sollen.

*Ungegabelte Pflanzen:* An Abweichern in vegetativen Merkmalen wurde eine grüne, weißlich gescheckte, weibliche Pflanze, deren Fertilität gestört war, und eine stark verzweigte weibliche Pflanze beobachtet. Der weitaus größte Teil der

Abweicher war aber der 2. Gruppe zuzurechnen. Allein 12 Pflanzen waren steril oder nur unvollkommen fertil, 5 davon hatten gleichzeitig deformierte Blätter. 1 Pflanze besaß nur wenige weibliche, aber sterile Blüten, eine weitere Pflanze bildete, obwohl sie völlig entwickelt war, überhaupt keine Blüten aus. Häufig wurden Pflanzen gefunden, die Übergänge zu männlichem Wuchstypus zeigten. Diese Pflanzen waren zwar rein weiblich, hatten aber, meistens an der Spitze, lange Triebe, die den Wuchstyp der männlichen Pflanzen besaßen (Abb. 2, 2). Einen weiteren Schritt in der Geschlechtsumwandlung



Abb. 1. Gabelungen an weiblichen Pflanzen.

stellten Pflanzen dar, die vollkommen den männlichen Habitus aufwiesen, aber anstatt männlicher Blüten weibliche trugen. Diese Pflanzen stellen den in der Literatur beschriebenen Typ des maskulinisierten Weibchens dar, der durch eine abweichende genetische Konstitution bedingt ist (2) (Abb. 2, 1). Auch 3 monözische Pflanzen wurden entdeckt, und zwar traten bei 2 männlich aussehenden Pflanzen an den Enden der Seitentriebe einige wenige weibliche Blüten auf und eine Pflanze mit weitgehend weiblichem Wuchstyp und weiblichen Blüten entwickelte an der Spitze rein männliche Triebe mit männlichem Wuchstyp und männlichen Blüten (Abb. 2, 3).

Ähnliche Typen wurden auch bei den *gegabelten* Pflanzen gefunden. Hier waren dann aber in den meisten Fällen die Gabeläste voneinander verschieden ausgebildet. Der eine Gabelast war meistens normal weiblich, während der andere abnorm gestaltet war. In 3 Fällen bezog sich

die Abweichung des einen Sprosses auf vegetative Merkmale; besonders hinzuweisen ist auf eine Pflanze, bei der ein Ast durch Anthozyan rot gefärbt war, während der andere normal gelblich war. Sterilität oder unvollkommene Fertilität eines Seitenastes wurde an 9 Pflanzen festgestellt (Abb. 3), an 3 Pflanzen traten blühunfähige Gabeläste auf.

Am bemerkenswertesten sind aber die gegabelten Pflanzen, bei denen die beiden Gabel-

handelte es sich nicht um eine Gabelung, sondern der Haupttrieb war abgestorben, so daß sich 2 Nebentriebe in dieser Weise entwickelt hatten. An einem männlichen Sproß wurden an der Spitze wieder einige weibliche Blüten gebildet.

Die Verteilung der verschiedenen abnormen Pflanzen auf die einzelnen Parzellen ergibt sich aus Tabelle 4.

Die Sterilitätserscheinungen machen einen

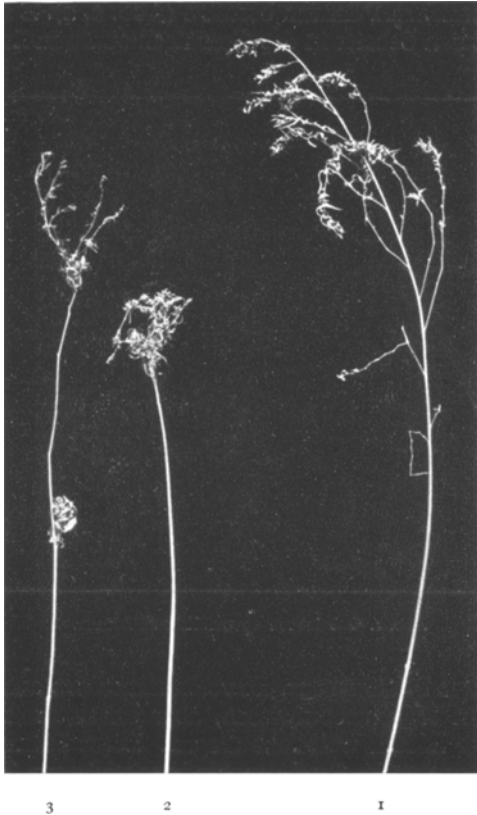


Abb. 2. Abnorme Pflanzen. 1. Maskulinisierte weibliche Pflanze. 2. Weibliche Pflanze mit Ästen des maskulinisierten weiblichen Typus. 3. Weibliche Pflanze mit langen männlichen Trieben.

äste im Geschlecht der Blüten und in dem für die beiden Geschlechter charakteristischen Habitus voneinander verschieden waren. So war in 2 Fällen der eine Sproß rein weiblich, während der andere dem Typ des maskulinisierten Weibchens entsprach, also den Wuchstyp der Männchen zeigte, dabei aber nur weibliche Blüten trug (siehe Abb. 4, 1). In 3 Fällen waren die beiden Äste geschlechtlich genau entgegengesetzt, der eine Sproß war nach Habitus und Blüten weiblich und auch gut fertil, der andere dagegen nach Habitus und Blüten männlich (siehe Abb. 4, 2 u. 3). Bei einer dieser Pflanzen

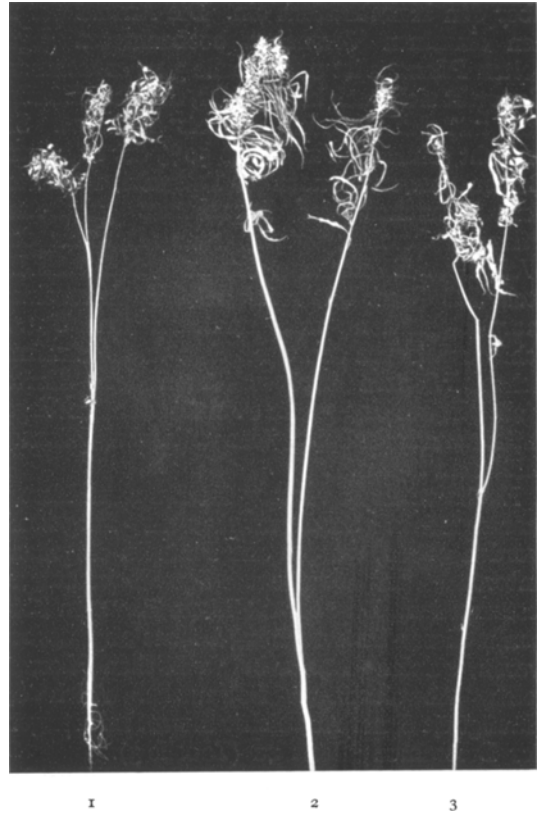


Abb. 3. Gegabelte weibliche Pflanzen mit einem weitgehend sterilen Gabelast. 1. Mittlerer Gabelast fast steril. 2. Rechter Gabelast steril mit schmalen Blättern. 3. Linker Gabelast abnorm ausgebildet und weitgehend steril.

großen Teil der Abnormitäten aus. Von insgesamt 48 Pflanzen sind 21 durch Sterilität gekennzeichnet. Hoch ist auch der Anteil an maskulinisierten Weibchen (8 Individuen oder Äste), während Abweichungen der vegetativen Merkmale seltener nachgewiesen werden (5 Individuen oder Äste).

Es fragt sich nun, wie die verschiedenen beobachteten Abweichungen zu deuten sind, insbesondere ob und in welcher Weise eine Abänderung der genetischen Konstitution für diese Abweichungen verantwortlich ist. Da wir bis jetzt nur die unmittelbar aus den bestrahlten Samen

hervorgehenden Pflanzen, nicht aber deren Nachkommen untersucht haben, kann die Frage nach der erblichen Natur der Abweicher nicht endgültig beantwortet werden. Wir wissen ja, daß durch Röntgenstrahlen auch nichterbliche Veränderungen bewirkt werden können, sei es, daß die genetische Konstitution lediglich in Zellen von Geweben oder Organen verändert ist, die nicht Glieder der „Keimbahn“ sind, sei es, daß die Veränderungen überhaupt nicht auf einer Änderung des Genotypus der Zellen, sondern auf sonstigen physiologischen Wirkungen beruhen. Für die weißgescheckte Pflanze mit gestörter Fertilität erscheint uns wahrscheinlich, daß es sich hier um eine Chimäre handelt, d. h. daß die grünen und die weißen Gewebepartien genetisch verschieden sind, wobei die Erkrankung der Plastiden in den weißen Gewebepartien auf einer Mutation des Genotypus oder einer konstanten Abänderung einer anderen genetischen Komponente, etwa des Plastidoms, beruhen kann. Die beschriebene stark verzweigte weibliche Pflanze dürfte durch Hemmungen in der Entwicklung der Vegetationspunkte, mögen diese nun genetisch bedingt sein oder nicht, verursacht sein. Für die Entstehung der Gabelungen wird man kaum eine genetische Bedingtheit annehmen; vielmehr kann es sich um unmittelbare Entwicklungsstörungen von Zellen des Vegetationspunktes handeln. Wenn wir dagegen beobachten, daß ein Gabelast anthozyanrot gefärbt ist, während der andere Ast, wie alle übrigen Pflanzen, grün ist, so können wir hier mit großer Sicherheit damit rechnen, daß mindestens die anthozyanführende Schicht im Gabelast genetisch abgeändert ist. Da bei Bestrahlung von Samen mit ihrem vielzelligen Embryo rein zufallsmäßig nur einzelne Zellen mutieren werden, ist die Entstehung genetischer Chimären ja leicht verständlich. Die verschiedenen Sterilitätserscheinungen dürften wohl auch auf Störungen des Genotypus zurückzuführen sein, wenn auch eine rein modifikatorische Beeinflussung durch die Bestrahlung möglich ist.

Wichtiger sind für uns aber, im Hinblick auf das Zuchtziel der Schaffung eines monözischen Hanfes, alle Beobachtungen über Geschlechtsumwandlungen. Zur Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses haben wir bereits Stellung genommen und wir haben uns nun mit den in der Ausprägung der Geschlechtsmerkmale abweichenden Pflanzen zu befassen, also mit den 3 monözischen Pflanzen und den teilweise oder völlig „maskulinisierten Weibchen“. Wenn die Häufigkeit solcher Typen auch nicht groß ist, so

scheint es doch, daß sie nach Bestrahlung der Samen gegenüber der Kontrolle vermehrt aufgetreten sind. Aber immerhin fand sich unter den 2675 Pflanzen unserer Kontrollparzelle auch ein maskulinisiertes Weibchen und es ist ja bekannt, daß dieser Typ auch sonst in jedem größeren Hanffeld gelegentlich gefunden wird. Auch monözische Individuen, d. h. weibliche Pflanzen mit vereinzelt männlichen Blüten oder rein

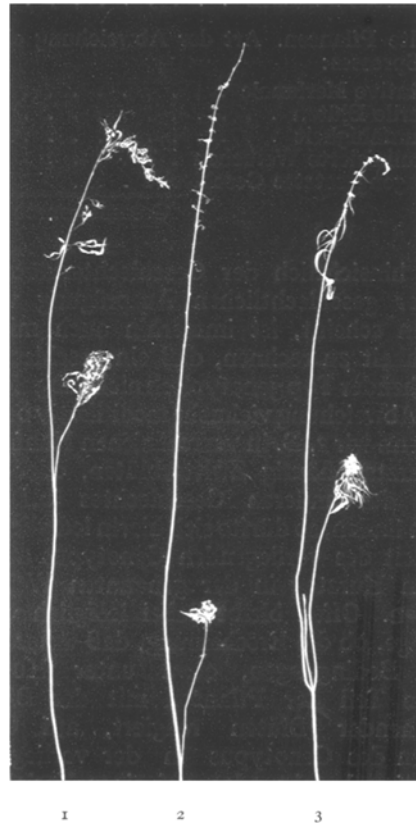


Abb. 4. Pflanzen mit Ästen des entgegengesetzten Geschlechtes.  
1. Linker Ast: maskulinisierter weiblicher Typ; rechter Ast: weiblich. 2. und 3. Linker Ast: männlich; rechter Ast: weiblich.

männlichen Zweigen, oder männliche Pflanzen mit einigen weiblichen Blüten, treten in dem von uns benutzten Zuchtstamm, wie auch in anderen Stämmen, gelegentlich spontan auf. In unserer Kontrolle war allerdings kein solcher Typ. Nach dem, was wir heute wissen, sind solche Formen, wie wir schon in der Einleitung ausgeführt haben, wenigstens zum Teil wohl durch eine gegenüber den weiblichen und den männlichen Individuen abweichende genetische Konstitution bedingt. Da aber beim Hanf je nach den Entwicklungsbedingungen bei gleichem Genotypus eine bedeutende Variabilität des Erscheinungsbildes

Tabelle 4.

	530	531	532	533	534	535	536	537 (Kontrolle)	Summe
Ungegabelte Pflanzen. Art der Abweichung:									
Vegetative Merkmale . . . . .	I	I							2
+ sterile Blüten . . . . .	I	I		4		5		I	12
Blühunfähigkeit . . . . .				2					2
Einige maskulinisierte weibliche Triebspitzen			3						3
Maskulinisierte Weibchen . . . . .	3	I			I			I	6
Monözische Pflanzen . . . . .			2		I				3
Gegabelte Pflanzen. Art der Abweichung eines Sprosses:									
Vegetative Merkmale . . . . .					I	2			3
+ sterile Blüten . . . . .				I	2	6			9
Blühunfähigkeit . . . . .				I	2				3
Maskulinisierte Weibchen . . . . .				I	I				2
Entgegengesetztes Geschlecht . . . . .						3			3
Gesamtsumme . . . . .	5	3	5	9	8	16	0	2	48

gerade hinsichtlich der Geschlechterverteilung und der geschlechtlichen Ausprägung vorzukommen scheint, ist immerhin auch mit der Möglichkeit zu rechnen, daß ein geschlechtlich abweichender Typ genotypisch nicht abweichend ist, die Abweichung vielmehr modifikativ bedingt ist. Wenn wir z. B. in verschiedenen Hanfrassen bei Kurztag häufig Zwitterblüten, oder auch Blüten des anderen Geschlechtes auf einer Pflanze finden, so dürfte sich hierin lediglich eine Fähigkeit des vorliegenden Genotypus äußern, auf den Kurztag in der genannten Weise zu reagieren. Offen bleibt dabei lediglich wieder die Frage, ob die Erscheinung, daß unter „gleichen“ Bedingungen, etwa unter Kurztag, nur ein Teil der Pflanzen mit der Bildung abweichender Blüten reagiert, auf Unterschieden des Genotypus in der vorliegenden Population beruht oder auf einer Variabilität der Entwicklungsbedingungen für die einzelnen Individuen.

Aus den genannten Gründen wagen wir nicht zu behaupten, daß die in unseren Versuchen nach Bestrahlung aufgetretenen maskulinisierten Weibchen und monözischen Formen ihre Entstehung tatsächlich einer durch die Bestrahlung ausgelösten Mutation, also einer die Geschlechterverteilung oder die geschlechtliche Ausprägung beeinflussenden Veränderung des Genotypus verdanken. Am wahrscheinlichsten erscheint uns allerdings diese Deutung.

Das Vorliegen einer das Geschlecht beeinflussenden Mutation wird aber fast zur Gewißheit in den bisher noch nicht bekannten Fällen, wo gegabelte Pflanzen vorliegen, bei denen der eine Gabelast weiblich, der andere männlich ist, oder wenn der eine Gabelast die Merkmale des

typischen Weibchens, der andere die eines maskulinisierten Weibchens trägt. Es ist hierbei wenig wahrscheinlich, daß die Entwicklungsbedingungen für beide Gabeläste in einem solchen Maße verschieden sein sollen, daß sie, bei gleichem Genotypus, eine solche verschiedene geschlechtliche Ausprägung zeigen. Dort, wo ein Gabelast ein typisches Weibchen, der andere ein maskulinisiertes Weibchen ist (2 Fälle), wird man vermuten, daß ursprünglich der ein typisches Weibchen bedingende Genotypus vorlag und daß der maskulinisierte Weibchen-Ast aus einer mutierten Zelle hervorging. Die wichtige Frage aber, ob in den Fällen, wo ein Gabelast weiblich, der andere männlich ist, ursprünglich ein „weiblicher“ oder ein „männlicher“ Genotyp vorlag, d. h. ob die Mutation von ♀ nach ♂ oder von ♂ nach ♀ erfolgte, ob nur die eine Richtung der Mutation oder beide möglich sind, können wir vorläufig nicht beantworten.

Leider wurden die gegabelten Pflanzen mit weiblichen und männlichen Ästen erst entdeckt, als die weiblichen Äste bereits unkontrolliert bestäubt und die männlichen Äste verblüht waren, so daß keine kontrollierten Bestäubungen mehr durchgeführt werden konnten. Die Versuche werden aber fortgesetzt, und wir hoffen später auch über die Nachkommenschaften solcher gegabelter Pflanzen, wie auch über die der sonstigen beschriebenen Typen berichten zu können.

#### Zusammenfassung.

Samen von Hanf wurden mit Röntgenstrahlen behandelt und die Wirkung der Bestrahlung auf die aus den Samen sich entwickelnden Pflanzen festgestellt. Mit steigender Dosis machen sich



immer stärkere Schädigungen an den Keimpflanzen geltend, und der Prozentsatz der zur Reife gelangenden Individuen wird immer geringer. Das Geschlechtsverhältnis verschiebt sich immer mehr zugunsten der weiblichen Pflanzen. Es ist nicht zu entscheiden, wieweit für diese Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses eine Selektion zugunsten der Weibchen und wieweit eine Geschlechtsumwandlung durch die Bestrahlung verantwortlich zu machen ist. Es tritt mit steigender Dosis ein immer höherer Prozentsatz abweichender Typen, darunter auch monözische Formen und maskulinisierte Weibchen, auf. Außerdem ergab sich bei steigender Dosis ein immer höherer Prozentsatz von gabelten Pflanzen. Bei einigen war ein Gabelast weiblich, der andere männlich, bei anderen war ein Gabelast typisch weiblich, der andere ein „maskulinisiertes Weibchen“.

Die Versuche machen es sehr wahrscheinlich, daß es möglich ist, die Geschlechterverteilung und die Geschlechtsausprägung beim Hanf durch Röntgenbestrahlung mutativ abzuändern. Wir hoffen, auf diesem Wege zur Züchtung eines konstanten monözischen Stammes aus einem zweihäusigen Stamm zu gelangen.

#### Schrifttum.

1. CORRENS, C.: Fortsetzung der Versuche zur experimentellen Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses. Sitzgsber. preuß. Akad. Wiss. **50**, 1175—1200 (1918).
2. GRISCHKO, P. N.: Gleichzeitig reifender Hanf. *Novoje v seljskom chosjaistoe* **5** (1937).
3. HIRATA, K.: Sex determination in hemp. (*Cannabis sativa* L.) J. Genet. **19**, 65—79 (1928).
4. HOFFMANN, W.: Das Geschlechtsproblem des Hanfes in der Züchtung. Z. Züchtg A **22**, 453—468 (1938).
5. IMAI, Y.: Sex-linked mutant characters in the hemp, *Cannabis sativa*. J. Genet. **35**, 431—432 (1938).
6. KNAPP, E.: Untersuchungen über die Wirkung von Röntgenstrahlen an dem Lebermoos *Sphaerocarpus*, mit Hilfe der Tetraden-Analyse. I. Z. Abstammungslehre **70**, 309—349 (1935).
7. KNAPP, E., u. I. HOFFMANN: Geschlechtsumwandlung bei *Sphaerocarpus* durch Verlust eines Stückes des X-Chromosoms. *Chromosoma* **1**, 130—146 (1939).
8. LORBEER, G.: Die Umwandlung eines haploiden, genotypisch weiblichen Gametophyten von *Sphaerocarpus Donnellii* in einen männlichen mit Hilfe von Röntgenstrahlen. *Planta* **25**, 70—83 (1936).
9. LORBEER, G.: Über das Vorkommen von drei verschiedenen Geschlechtsrealisatoren bei den Lebermoosen. *Planta* **27**, 708—717 (1938).
10. Mc PHEE, H.: The genetics of sex in hemp. J. agric. Res. **31**, 935—943 (1925).

(Aus der Staatsanstalt für Pflanzenbau und Samenprüfung, Wien).

## Zur Verbreitung der Getreidesorten in der Ostmark, unter Berücksichtigung der geographisch-ökologischen Verhältnisse.

Von **F. Drahorad** und **L. Dímítz**.

Über die Verbreitung von Getreidesorten in ehemaligen Bundesländern der Ostmark liegen bereits einige Arbeiten vor. So hat HAFNER in zwei Arbeiten 1937 über die Verbreitung der Winterweizensorten und 1938 über die Verbreitung der Roggensorten in Niederösterreich, Burgenland und Steiermark (nunmehr Gau Niederdonau und Steiermark) gearbeitet. Auch von MAYR liegt eine Arbeit über die Weizenklimaregionen Österreichs (1935) vor, in der allerdings das Hauptgewicht auf die einzelnen Weizenzonen gelegt wird und daher eine namentliche Anführung einzelner Sorten unterblieb. Leider kann auch die vorliegende Arbeit keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Es war nämlich aus verschiedenen Gründen nicht mehr möglich, die beiden ehemaligen Bundesländer und nunmehrigen Gaue der Ostmark Oberdonau (Oberösterreich) und Salzburg einzubeziehen. Weiter mußte auch die ursprüngliche Einteilung der Ostmark in die Bundesländer beibehalten wer-

den, da die statistischen Erhebungen vor dem Zusammenschluß Österreichs mit dem Deutschen Reich durchgeführt und ausgewertet wurden.

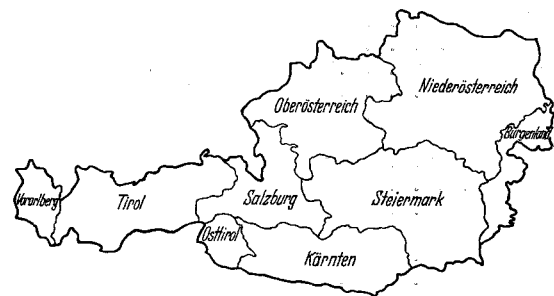


Abb. 1.

Bei dem veröffentlichten Zahlenmaterial handelt es sich um einen fünfjährigen Durchschnitt der Jahre 1933—1937.

Auf ein gesondertes Anführen der einzelnen Bezirke der ehemaligen Bundesländer in den