

# HANDBUCH DER PFLANZENZÜCHTUNG

Begründet von TH. ROEMER und W. RUDORF

Zweite, vollständig neubearbeitete Auflage · In sechs Bänden

In Gemeinschaft mit Prof. Dr. H. K. HAYES, St. Paul/USA, und  
Prof. Dr. A. MÜNTZING, Lund/Schweden

herausgegeben von

Prof. Dr. H. KAPPERT  
Direktor des Instituts für  
Vererbungs- und Züchtungsforschung  
Berlin-Dahlem

Prof. Dr. W. RUDORF  
Direktor des Max-Planck-Instituts  
für Züchtungsforschung  
Köln-Vogelsang

Unter Mitwirkung zahlreicher in- und ausländischer Mitarbeiter

Zweiter Band

ZÜCHTUNG DER GETREIDEARTEN



1959

PAUL PAREY IN BERLIN UND HAMBURG

VERLAG FÜR LANDWIRTSCHAFT, VETERINÄRMEDIZIN, GARTENBAU UND FORSTWESEN  
BERLIN SW 61, LINDENSTRASSE 44-47

# Roggen (*Secale cereale* L.)

Von Dr. WALTHER LAUBE, Bergen, und Dr. Friedrich QUADT, Klausheide

## EINLEITUNG

Die Statistik der Weltgetreideflächen ergibt, daß der Roggenkörnerbau eine untergeordnete Bedeutung hat. Unter den 6 Hauptgetreidearten steht er an letzter Stelle. Z. B. ist allein der Weltweizenanbau schätzungsweise 5 mal so groß wie der Weltroggenanbau. Zudem ist in manchen Ländern der Roggenkörneranbau in starkem Rückgang begriffen. In den USA ist in den letzten 20 Jahren die Roggenfläche von 2,16 Mill. ha auf 1,34 Mill. ha zurückgegangen. Nur etwa 50% dienen der Körnergewinnung (anonym 1950). Die verhältnismäßig stärkste Ausbreitung hat der Roggen in Ost- und Mitteleuropa. In Deutschland steht er an erster Stelle (Tab. 3).

Tabelle 3. Roggenanbau in Deutschland im Vergleich zu den übrigen Getreidearten. (Flächenangabe in 1000 ha.)

	Roggen		Weizen		Hafer		Gerste	
	in ha	%	in ha	%	in ha	%	in ha	%
Deutschland 1938 . . . . .	4263	37,45	2150	18,88	2697	23,69	1673	14,69
Bundesgebiet 1953 . . . . .	1394	29,42	1155	24,38	1056	22,29	788	16,63

(Aus: Statist. Jb. für Deutschland und die Bundesrepublik 1939 und 1954.)

Entsprechend der weltwirtschaftlich geringeren Bedeutung ist die Roggenzüchtung vielfach nicht so intensiv betrieben worden wie die der anderen Getreidearten. Hinzu kommt, daß der Roggen ausgeprägter Fremdbefruchter und Windbestäuber mit hoher Selbststerilität ist. Die Befruchtungsregulierung ist daher beim Roggen wesentlich schwieriger als bei den meisten anderen Fremdbefruchtern. All dies erklärt, warum sich die exakte Züchtungsforschung am Roggen im Vergleich zu den anderen Getreidearten erst relativ spät entwickelte.

## I. Systematik

Von F. QUADT

### A. Verwandte Gattungen und Arten

Die Gattung *Secale* gehört wie der Weizen zur Familie der *Hordeae* in der Unterfamilie der *Pooideae*. Sie umfaßt zahlreiche Gattungen, von denen mit Roggen *Triticum*, *Secale*, *Agropyrum*, *Haynaldia* und *Aegilops* kreuzbar sind. Die Gattung *Secale* wird in neuerer Zeit in zwei Sektionen, einerseits die *Agrestes* Schiem. und andererseits die *Cerealia* Schiem., gegliedert, von denen die ersteren eine Anzahl kleinsamiger, dem Kulturroggen fernstehender Wildgräser, die letzteren den Kulturroggen und die ihm verwandten Wild- und Unkrautformen umfassen. (ANTROPOV, 1936, SCHIEMANN, 1948, 1949, SCHIEMANN und SCHWEICKERDT, 1952).

Die Arten der Section *Agrestes* zeichnen sich durch typische Merkmale der Wildgräser — brüchige Spindel und meist kleines wertloses Korn — aus. Zu ihnen gehören: *Secale sylvestre* Host, ein auf Sandböden wachsender einjähriger Wildroggen mit brüchiger Spindel, der von Ungarn über Jugoslawien, Rumänien und Südrußland bis zum Kaukasus und Ural sowie Transkaukasien, Nord-Afghanistan und Zentralasien verbreitet ist.

*Secale montanum* Guss. umfaßt zahlreiche Unterarten, die von älteren Autoren als eigene Arten aufgefaßt wurden, dem ursprünglichen *Sec. montanum* aber sehr nahe stehen (SCHIEMANN, 1948). *Sec. montanum* ist bis auf die einjährige var. *Vavilovii* Grossh.

perennierend mit vollbrüchigen Ähren und meist kleinem Korn. *Sec. montanum* findet sich auch in den Küstenländern des Mittelmeeres von Spanien bis Kleinasien sowie in Armenien und Persien. Die östlichen und westlichen Varietäten unterscheiden sich durch die Länge der Deckspelze und Granne. Solange keine *cereale*-Formen mit brüchiger Spindel bekannt waren, hielt man *Sec. montanum*, insbesondere dessen var. *anatolicum* Boiss. und var. *Vavilovii* Grossh., für die Stammformen der Kulturroggen (vgl. ROEMER, 1939), eine Anschauung, die nach Untersuchungen von SCHIEMANN und NÜRNBERG-KRÜGER (1952) und NÜRNBERG-KRÜGER (1954) nicht mehr aufrechtzuhalten ist (s. unten).

*Secale africanum* Stapf, eine Art, die, geographisch völlig isoliert in Südafrika als echtes Wildgras vorkommend, große Bestände zu bilden vermag, welche sich alljährlich aus Rhizomen erneuern, schließt sich morphologisch und zytologisch an *Sec. montanum* an (SCHIEMANN und SCHWEICKERDT, 1952). Die Ähren sind klein, vollbrüchig, die Ährchen dreiblütig, sehr kurz begrannt (SCHIEMANN, 1948, NÜRNBERG-KRÜGER, 1954). *Sec. montanum* und *africanum* stehen sich nach SCHIEMANN und NÜRNBERG-KRÜGER (1952) sowie nach NÜRNBERG-KRÜGER (1954) näher als beide dem Kulturroggen.

Zu den Arten der Section *Cerealia* Schiem. wird außer dem Kulturroggen *Sec. cereale* Schiem., seine vermutliche Ursprungsform, die Wildform *Sec. ancestrale* Zhuk., gestellt. *Sec. ancestrale* wurde 1926 von ZHUKOVSKY in Libyen und später am Golf von Smyrna als Halbunkraut auf sandigen Grenzstreifen in Feigenplantagen und Weinbergen entdeckt. CHRISTIANSEN-WENIGER fand 1928 am Vansee und am Abhang des Ararat bei Erciz riesige Bestände dieser Art (CHRISTIANSEN-WENIGER, 1933, ROEMER, 1939, SCHIEMANN, 1932, ZHUKOVSKY, 1928). *Sec. ancestrale* ist einjährig, winterannuell, die Ähre ist lang, dicht und vollbrüchig, die Ährchen sind zweiblütig, die Grannen sehr lang (9 bis 10 cm) und hart. Alle Spindelglieder sind stark behaart. Die Spelzen umschließen das ziemlich große Korn fest. Die Spelzenfarbe ist sehr variabel; von strohgelb bis fast schwarz umfaßt sie sehr zahlreiche bräunlich-rötliche Tönungen.

Der Kulturroggen schließlich ist als sekundäre Kulturpflanze durch natürliche Auslese aus zähspindeligen Unkrautroggen entstanden, die zwischen Weizen und Gerste standen. Der Übergang von der Wildform zur Kulturform hat sich im Zustand des Unkrautes durch den Menschen, aber unbewußt, vollzogen, was durch die Auffindung von Zwischenformen als erwiesen gelten kann (s. unten). Durch natürliche Einkreuzung von Wildformen in die zähspindeligen Unkrautroggen entstehen teilbrüchige Ährenformen, bei denen die Ähre nicht in alle Stufenglieder, sondern nur in zwei, drei oder vier Teile zerbricht (ROEMER, 1939).

In neuerer Zeit sind durch artifizielle Verdoppelung der Chromosomen aus verschiedenen Zuchtsorten des Kulturroggens neue tetraploide Roggensorten entstanden, die sich morphologisch durch derberen Habitus, vergrößerte Zellen und vergrößertes Korn von den ursprünglichen Kulturroggen unterscheiden (BREMER-REINDERS und BREMER, 1952, 1954, BREMER-REINDERS, 1950a und b, MÜNTZING, 1943c, 1951, v. SENGBUSCH, 1940a, 1941). Da sie durch eine Sterilitätsbarriere von ihrer Ursprungsform getrennt sind (BLEIER, 1950, HAKANSSON und ELLERSTRÖM, 1950, v. LÖWENSTEIN, 1951), bieten sie die Möglichkeit zur Entwicklung eines eigenen systematischen Formenkreises innerhalb der *Secale cereale*.

#### Systematische Übersicht über die Gattung *Secale*

##### I. Sectio *Agrastes* Schiem.

1. <i>Secale sylvestre</i> Host . . . . .	1jährig	brüchig	wild
2. <i>Secale montanum</i> Guss. . . . .	perenn. nur var. <i>Vavilovii</i>	brüchig	wild und Unkraut
3. <i>Secale africanum</i> Stapf . . . . .	1jährig perenn.	brüchig	wild

II. Sectio *Cerealia* Schiem.

1. <i>Secale ancestrale</i> Zhuk. . . . .	1jährig	brüchig	wild
2. <i>Secale cereale</i> L. . . . .	1jährig	zähspindeliger und teilbrüchig	Unkraut im Ge- misch mit Wei- zen in Kultur
viele Varietäten			
Kulturroggen 2n und 4n . . . . .	1jährig	zähspindeliger	in Kultur

Der Übergang Wild- → Unkraut- → Kulturroggen ist fließend, und nach SCHIEMANN (1932, 1948) muß man etwa die in Sectio II wiedergegebene Entwicklungsreihe für die Entstehung des Kulturroggens annehmen.

### B. Geographische Ursprungsgebiete und Formenmannigfaltigkeit

Die Entstehung des Kulturroggens aus den vollbrüchigen Wildgrasformen über die mehr oder minder zähspindeligen Unkrautformen läßt sich noch heute in den Weizenfeldern Vorderasiens beobachten, wo der oft widerstandsfähigere, wenig brüchige Unkrautroggen mit dem Weizen geerntet und wieder ausgesät wird. Dieser Vorgang spiegelt sich auch in dem vorderasiatischen Namen *chou-dar*, *gaudam-dar*, d. h. Unkraut im Weizen, in der Gerste wider. Beim Vordringen des Weizenanbaues in höhere Gebirgslagen oder in höhere Breiten mit kälteren Wintern oder leichteren Böden nahm der Roggenanteil in den Feldern ständig zu, bis schließlich der Weizen durch den Roggen völlig verdrängt war. In diesen Gebieten, in denen der Roggen selbst nicht angebaut wird, findet sich — im Gegensatz zu dem wohl durch bewußte Selektion auf helle Formen entstandenen einheitlichen Typus europäischer Kulturroggen — eine große Formenmannigfaltigkeit der Unkrautroggen. Die verschiedensten Ährenfarben und Ährenformen von gelb über rotgelb, von braun zu schwarz und schwarzgrau treten neben dichten und lockeren, langen und kurzen Ähren mit langen und kurzen Grannen, mit lockerem und festem Spelzenschluß und verschiedenartiger Behaarung auf (SCHIEMANN, 1948). Die Unkrautroggen sind nach ROEMER (1939) eine unausgewertete Quelle erblicher Variationen und für die Züchtung wesentlich wichtiger als die Wildformen.

Das Mannigfaltigkeitszentrum liegt im Gebiet der Weizenkultur in Transkaukasien von Ostanatolien bis Persien, wo auch das Ursprungszentrum des Kulturroggens zu suchen ist.

Ein zweites Mannigfaltigkeitszentrum, allerdings nur mit gelbährigen Formen, findet sich nördlich des Hindukusch-Pamir-Gebirges in Badakschan, Buchara, Turkestan, Taschkent. Hier wurden ein nicht ausfallender Roggen, dessen Körner von großen Spelzen gehalten werden (*clausopaleatum*), und ein autogamer Roggen gefunden (BENZIN, 1933), (vgl. S. 48). Die Nutzung dieses zweiten Zentrums bietet für die Züchtung manch neue Aussichten (ROEMER, 1939).

Für die Wanderung des Roggens hält SCHEIBE (1935) — siehe auch SCHIEMANN (1948) — auf Grund morphologischer und physiologischer Untersuchungen anatolischer Unkrautroggen zwei seit langem diskutierte Wege für verwirklicht:

1. über Byzanz, den Balkan entlang der Donau nach Nordeuropa (KÖRNICKE 1885, SCHULZ 1918) und
2. über das Schwarze Meer oder unter östlicher Umgehung desselben über die süd-russischen Ebenen (VAVILOV 1917, ENGELBRECHT 1917).

Das von SCHEIBE untersuchte Material enthält zwei Korntypen:

- a) glasiges Korn mit vorwiegend dunkler Färbung, hauptsächlich verbreitet auf den hoch alkalischen ariden Steppenböden des Zentralanatolischen Hochlandes,
- b) mehliges, vorwiegend grün gefärbtes, in den humiden Vorgebirgs- und Gebirgslagen Ostanatoliens verbreitetes Korn.

Die unter a genannten xerophilen Typen mit glasigem Korn gedeihen auf den typischen sauren Roggenböden Nordeuropas schlecht, während die unter b genannten den in Nordeuropa angebauten Roggensorten so weitgehend entsprechen, daß für diese der Weg um oder über das Schwarze Meer angenommen werden muß. Hierfür sprechen auch die Untersuchungen von POPOFF (1939), der in Bulgarien mehr vorderasiatische Primitivformen fand als in Mittel- und Nordeuropa.

### C. Zytologische Verwandtschaft und Kreuzbarkeit

Alle *Secale*-Arten haben im allgemeinen  $n = 7$  Chromosomen und besitzen demnach genau wie die Gerste nur ein Genom. Auf Grund von Untersuchungen an *Secale cereale* stellen FLOVIK (1938) und PATHAK (1940) die Hypothese auf, nach welcher sich die Gattung *Secale* als sekundär diploid durch Verdoppelung zweier Chromosomen einer ursprünglich 5-chromosomigen Grundform herleitet. Diese Vorstellung wird von LEVAN (1942) und LIMA DE FARIA (1952), der eine vollständige Pachythänanalyse durchführte, für unwahrscheinlich gehalten. Genaue Messungen an somatischen Chromosomen von *Sec. cereale* ergaben Längen von 6 bis 10  $\mu$  (OINUMA, 1952, ROEMER, 1939). Jedes der 7 Chromosomen besitzt eine submediane Einschnürung. Die 7 Chromosomen lassen sich auf Grund ihrer Längenverhältnisse, sekundärer Einschnürungen, Chromomerenanordnung und Satelliten identifizieren (LEVAN, 1942, SHMARGON, 1938 a, b, 1939), doch stimmen die Angaben der einzelnen Autoren nicht immer überein. So berichten u. a. HASEGAWA (1934) und MÜNTZING (1937) nur von einem satellitentragenden Chromosomenpaar, während OINUMA (1952) zwei bis drei Chromosomen mit Satelliten fand. Diese Differenzen können auf Artefakten beruhen (AASE, 1946), sie können durch Außeneinflüsse, wie Temperatur, auf die Ausprägung besonderer Chromosomenstrukturen (LEVAN, 1942) oder auf Unterschieden in den untersuchten Varietäten und Rassen beruhen (AASE, 1946, OINUMA, 1952). OINUMA konnte bei Untersuchung asiatischer und europäischer Varietäten von *Secale cereale* 5 Karyotypen feststellen, die sich bezüglich der Struktur der von ihm als „a“ und „d“ bezeichneten Chromosomen unterschieden. Chromosom „a“ kann danach je nach Varietät neben der normalen Form solche mit ein oder zwei sekundären Einschnürungen aufweisen, während Chromosom „d“ in einer Varietät mit, in der anderen ohne Satellit gefunden werden kann. Der Typ mit einfachem, submedianem „a“- und „d“-Chromosom wurde in primitiveren Varietäten, der Typ mit zwei sekundären Einschnürungen im „a“- und Satellit im „d“-Chromosom wurde nur im hochentwickelten Petkuser gefunden, woraus auf eine allmähliche Entwicklung verschiedener Chromosomenstrukturen aus den einfacheren Ausgangsformen geschlossen wird.

Aus mehreren Untersuchungen geht hervor, daß *Secale cereale* infolge zahlreicher Strukturaberrationen als zytologisch nicht stabile Art anzusehen ist (MÜNTZING, 1939 a, 1945 b, 1946 b, MÜNTZING und PRAKKE, 1941, PUTT, 1954). Die Aberrationen lassen sich in der Meiosis nachweisen und äußern sich häufig im Auftreten von Univalenten sowie Trennungsschwierigkeiten und Fragmentationen in Anaphase I.

Aber auch Inversionen, reziproke Translokationen, Deletionen (MÜNTZING, 1945 b) und Trisomie sind beschrieben worden. MÜNTZING und PRAKKE (1941) fanden bei Untersuchung der Meiosis von 167 aus Roggenpopulationen der schwedischen Varietäten „Stålråg“ und „Östgöta Gråråg“ herausgegriffenen Pflanzen, daß nur etwas mehr als die Hälfte der untersuchten Pflanzen eine völlig normale Reduktionsteilung hatte. Durchschnittlich ist bei den untersuchten Varietäten jede 15. bis 20. Pflanze eine Chromosomenmutante. Die damit verbundene häufige Strukturheterozygotie ist eine der Ursachen von Sterilitätserscheinungen (Schartigkeit) (vgl. S. 58).

Sowohl bei den Arten *Secale sylvestre* syn. *fragile* und *Sec. montanum* (EMME, 1927, 1928) als auch bei Primitiv- (MÜNTZING, 1950) und Kulturformen von *Secale cereale* treten häufig Pflanzen mit überzähligen Chromosomen auf, die vor allem von MÜNTZING vorwiegend an Kulturroggen untersucht wurden (weitere Angaben im Literaturverzeichnis!). Der Prozentsatz der Pflanzen mit überzähligen Chromosomen schwankt je nach Art und Varietät zwischen 0,5% (Vasa-Roggen) und 29% (bei bestimmten Primitivformen). Die Ursache des Auftretens dieser sogenannten Fragment-, extra-accessorischen oder B-Chromosomen ist noch nicht geklärt. Sie treten als Univalente, häufiger als Paarlinge bis zu acht Fragmenten pro Zelle auf und haben keine unmittelbaren Homologiebeziehungen zu den etwa doppelt so großen A-Chromosomen, mit denen sie sich nicht paaren.

Die B-Chromosomen sind stark hetero-chromatisch und genetisch weitgehend inaktiv, bewirken jedoch eine verminderte Fertilität und Vitalität und führen schließlich, wenn mehr als 6 pro Zelle auftreten, zum Tode der Pflanzen (MÜNTZING, 1943 a, 1949). HÅKANSSON (1948) fand, daß bei Kernteilungen im Embryosack mit steigender Zahl von B-Chromosomen der Spindelapparat zunehmende Störungen aufweist. ÖSTERGREN (1945) ist der Ansicht, daß die B-Chromosomen eine Art parasitischer Existenz führen und daß ihre Fähigkeit, sich zahlenmäßig stark zu vermehren, und ihr schädigender Einfluß auf die Pflanzen zu einem Gleichgewicht geführt haben. Nach MÜNTZING und AKDIK (1948 a) haben Pflanzen mit B-Chromosomen größere Zellen als solche ohne B-Chromosomen.

Die bisher bekannten Wildarten sind alle mit Kulturroggen (ROEMER, 1939) und, soweit bekannt, auch untereinander mehr oder weniger erfolgreich kreuzbar (DUKA, 1935, KOSTOFF, 1937, NÜRNBERG-KRÜGER, 1954, OSSENT, 1938, ROEMER, 1939, SCHIEMANN und NÜRNBERG-KRÜGER, 1952). Die Fertilität der Bastarde vom Kulturroggen mit *Sec. montanum* und *africanum* ist mehr oder weniger vermindert. Nach zytologischen Untersuchungen von SCHIEMANN und NÜRNBERG-KRÜGER (1952) und NÜRNBERG-KRÜGER (1954) zeigten diese Bastarde in der Diakinese Ringe und Ketten mit bis zu 6 Chromosomen und 12 bis 15% gestörte Anaphasen mit entsprechend reduzierter Fertilität. KOSTOFF, DOGADKINA, TIHONOVA (1935) und KOSTOFF (1937) fanden nach Kreuzung *Sec. cereale* × *montanum* Trisomie. Die reinen Arten *Sec. cereale* und *montanum* haben in der Diakinese 7 Ringbivalente ohne Anaphasestörung, während *Sec. africanum*, die hier am wenigsten fertile Art, meistens 6 Ringe und ein offenes Bivalent und 2,7% gestörte Anaphasen aufweist (GOUWS, 1950). Der Bastard *montanum* × *africanum* hat in der Diakinese 7 Bivalente mit 3 bis 4% gestörten Anaphasen und einer Fertilität, die etwa den reinen Arten entspricht. Nach diesen Befunden unterscheidet sich *Sec. cereale* von den beiden Wildarten durch zwei reziproke Translokationen. *Sec. montanum* und *africanum* stehen sich demnach näher als beide dem *Sec. cereale*. Die Richtigkeit der durch SCHIEMANN vertretenen Einordnung von *Sec. ancestrale* neben *cereale* scheint auch durch zytologische Untersuchungen von KOSTOFF (1937) bestätigt.

Die F<sub>1</sub> von Kulturroggen mit *Sec. montanum* ist in sich einheitlich (OSSENT, 1938, ROEMER, 1939). Der Wuchs entspricht *montanum*, die Blühzeit, Ährenform und Korngröße sind intermediär. Die stark behaarten Blattscheiden, die rot gefärbten Blattöhrchen, die vollbrüchigen Ähren der perennierenden F<sub>1</sub>-Pflanzen sind dagegen Merkmale des Wildelters. In F<sub>2</sub> tritt deutliche Spaltung in allen Eigenschaften auf (vgl. S. 67). KOSTOFF (1940) beobachtete nach Rückkreuzung (*Sec. cereale* × *montanum*) × *cereale* bei Temperaturen um 10° vivipare Pflanzen.

Die Kreuzung Kulturroggen × *Sec. africanum* gelang bisher nur mit *cereale* als Mutter (NÜRNBERG-KRÜGER, 1954, SCHIEMANN und NÜRNBERG-KRÜGER, 1952). Die perennierenden Bastarde zeigen in Höhe und Bestockung Heterosis. Die Ährenmerkmale sind

intermediär. In  $F_2$  tritt Aufspaltung in allen Eigenschaften ein. Die Zahl der perennierenden Pflanzen ist sehr gering.

Die  $F_1$  von *Sec. montanum*  $\times$  *africanum* zeigt reziproken Unterschied in der Winterfestigkeit (NÜRNBERG-KRÜGER, 1954), die im Plasma von *africanum* schwächer ist. Die  $F_2$  spaltet in viele verschiedene Wuchstypen. Es spalten einzelne zähspindelige Pflanzen und solche mit zweiblütigen Ährchen heraus. Auch 16blütige, allerdings sterile Ährchen treten auf.

ZHUKOVSKY (1944) berichtet von Kreuzungen Kulturroggen  $\times$  *Sec. ancestrale*, die bis  $F_4$  gezüchtet sind. Sie enthalten perennierende Formen mit großen Ähren, großem Korn, mit festem Spelzenschluß und langem Stroh.

In den letzten 15 Jahren etwa spielt der durch Verdoppelung der Chromosomen aus diploidem Kulturroggen entwickelte tetraploide Roggen mit  $n = 14$  Chromosomen eine immer größere Rolle (vgl. S. 86 ff). Bei Bestäubungen zwischen  $4n$ - und  $2n$ -Roggen kommt es zu  $3n$ -Embryonen, die aber im allgemeinen bis auf einen verschwindend geringen Prozentsatz in einem frühen Entwicklungsstadium absterben, so daß praktisch eine Sterilitätsbarriere zwischen dem  $4n$ - und  $2n$ -Roggen besteht (BLEIER, 1950, ELLERSTRÖM und HAGBERG 1954, HAKANSSON und ELLERSTRÖM, 1950, v. LÖWENSTEIN, 1951, MÜNTZING, 1943 c, 1951 a, PLARRE, 1954). Auch beim tetraploiden Roggen wird die Fertilität (Schartigkeit) sehr wesentlich durch Chromosomen-Aberrationen beeinflusst (MÜNTZING, 1943 c).

Durch Temperaturschocks können starke zytologische Änderungen im Roggen genom hervorgerufen werden (CAMARA, 1939). MÜNTZING (1937) berichtet über durch Kälteschock erhaltene, nicht lebensfähige haploide Roggenpflanzen. NORDENSKIÖLD, (1939) fand lebensfähige haploide Roggenpflanzen, an denen auch die Meiosis beobachtet werden konnte, nachdem die Mutterpflanze nach der Bestäubung einem Hitzeschock ausgesetzt war. LEVAN (1942) und ZIMMERMANN (1951) fanden unter Zwillingpflanzen eine Anzahl Haploide; solche treten aber auch in Populationen spontan auf. Während NORDENSKIÖLD nur in 3% der Zellen je 1 Bivalent, sonst stets nur 7 Univalente in der ersten Metaphase fand, beobachtete LEVAN in seinem Material ziemlich häufig Bi- und Multivalentbildungen. Die Chiasmafrequenz schwankt von Pflanze zu Pflanze zwischen 0,08 bis 0,83 Chiasmata pro Zelle. Von LAMM (1944) wird über eine triploide Zwillingpflanze mit durchschnittlich 3,75 Trivalenten pro Zelle, hoher Chiasmafrequenz und morphologisch normal erscheinendem Pollen, der jedoch hochgradig steril ist, berichtet. TAKAGI (1935) beschreibt eine trisome Roggenpflanze. Wesentliche zytologische Störungen werden auch durch Zunahme der Homozygotie in Inzuchtlinien (vgl. S. 45 und 79) sichtbar (KAKHIDZE, 1939, KATTERMANN, 1939, LAMM, 1936, MÜNTZING und AKDIK, 1948 b, PRAKKEN und MÜNTZING, 1942, PRAKKEN, 1943).

Gattungsbastarde mit Roggen sind in großer Zahl in der Literatur beschrieben (vgl. MÜNTZING dieses Handbuch Bd. I und ISENBECK und v. ROSENSTIEL dieses Handbuch Bd. II, 1. Aufl., OEHLER dieses Handbuch Bd. I, 1. und 2. Aufl.). Roggen-Weizen-Bastarde sind wiederholt durch natürliche Kreuzung entstanden (ROEMER, 1939, ZWOBODA, 1942, u. a.). Roggen geht mit allen *Triticum*-Arten geschlechtliche Verbindung ein. Experimentell sind derartige Kreuzungen von verschiedenen Autoren (siehe Literaturverzeichnis) in großer Zahl hergestellt worden. Auch mit *Sec. montanum* sind zahlreiche Weizen-Roggen-Bastarde erhalten worden (ISENBECK und v. ROSENSTIEL, 1950). Die Kreuzungen gelingen leichter, wenn Roggen als  $\sigma$  benutzt wird. Bestimmte Weizensorten eignen sich besser für derartige Kreuzungen. VASSILIEV (1940) findet, daß *Trit. erythro-spermum irkutianum* 41% Ansatz bei Kreuzung mit Roggen gibt, während drei andere

Weizen nur 3 bis 5% ergeben. Aus der Beobachtung der Nachkommenschaften und Linienkreuzungen geht eine deutliche Vererbung der Kreuzungseignung hervor, die auf polymeren Faktoren beruhen soll. Die Abhängigkeit von Kreuzbarkeitsgenen bei der Herstellung von Roggen-Weizen-Kreuzungen konnte auch LEIN (1943 a, b) feststellen. SHMUCK, PISAREV und VINOGRADOVA (1944) und HALL (1954) konnten den Kreuzungserfolg bei Weizen ♀ × Roggen ♂ steigern, wenn die Weizen-Mutterpflanzen aus Embryonen aufwuchsen, die auf Roggenendosperm transplantiert waren. Derartige Gattungsbastarde sind wegen völliger Inhomologie der Chromosomen steril, können aber durch Ausbleiben der Reduktionsteilung auf natürlichem Wege oder durch artifizielle Verdoppelung der Chromosomen zu fertilen amphidiploiden Bastardarten werden (*Secalotriticum* [v. ROSENSTIEL und MITTELSTENSCHIEDT], 1943, wenn *Secale* ♀ und *Triticum* ♂, oder *Triticale*, wenn *Triticum* ♀ und *Secale* ♂ war). Durch Rückkreuzung amphidiploider Roggen-Weizen-Bastarde mit Weizen entstehen Formen mit haploidem Roggengenom, das dann wieder vollkommen eliminiert werden kann. Bei Bastardarten, die aus 4n-Roggen hervorgegangen sind, müßte es möglich sein, trotz Rückkreuzung mit Weizen das Roggengenom diploid in der allopolyploiden Bastardart zu erhalten und vor der Elimination zu bewahren. LEIN (1948) lagerte durch wiederholte Rückkreuzung von *Triticale* Meister mit *Secale cereale* ein Roggengenom in das Weizenplasma ein und fand als Wirkung des artfremden Plasmas gewisse Wuchshemmungen, Degeneration der Antheren und Lodiculae, so daß dieser sogenannte alloplasmatische Roggen geschlossen abblühte (vgl. S. 48).

Kreuzungen zwischen *Sec. cereale* und verschiedenen Varietäten von *Sec. montanum* einerseits und *Agropyron intermedium*, *glaucum*, *elongatum*, *repens*, *sibiricum*, *trichophorum*, *crispatum* andererseits sind von verschiedenen Autoren beschrieben (AASE, 1946, GAUL, 1954, ISENBECK und v. ROSENSTIEL, 1950). ZHUKOVSKY (1944) erhielt einen fertilen Bastard aus der Kreuzung Vjatka-Roggen ♀ mit tetraploider *Haynaldia bordeacea* Hack als ♂. NAKAJIMA (1950, 1951 c, 1953 b) erhielt aus der Bestäubung *Haynaldia villosa* mit Roggen eine F<sub>1</sub>-Pflanze, die 10 bis 14 Uni- und 0 bis 2 Bivalente aufwies. Aus einer Rückkreuzung (*Haynaldia villosa* × *Sec. cereale*) F<sub>1</sub> × *Sec. cereale* erhielt er 12 sterile Pflanzen, die morphologisch dem Roggen ähnelten. Sie hatten 2n = 20 oder 21 Chromosomen mit 0 bis 8 Bivalenten, selten auch Multivalente. Gelegentlich trat allosyndetische Paarung auf.

Alle *Aegilops*-Arten sind sowohl mit *Sec. cereale* als auch mit *Sec. montanum*, besonders mit *Aegilops* als Mutter kreuzbar. OEHLER (zit. nach ISENBECK und v. ROSENSTIEL, 1950, vgl. auch ROEMER, 1939) erhielt im Durchschnitt 8% Ansatz. Die F<sub>1</sub> ist meist pollensteril. Die Genome sind nicht homolog, es findet keine Konjugation statt.

BRINK, COOPER und AUSERMAN (1944), COOPER und BRINK (1944), BRINK und COOPER (1944) kreuzten *Hordeum jubatum* ♀ mit *Sec. cereale* ♂. Die frühzeitige Abortion des Embryos beruht auf der anomalen Endospermentwicklung, die ihrerseits auf anomale Entwicklung der Antipoden zurückgeführt wird. Aus einem auf künstlichem Medium kultivierten Embryo konnte ein steriler Bastard aufgezogen werden, der 5 Bivalente und 11 Univalente in der Metaphase I erkennen ließ. Ähnliches beobachteten THOMPSON und JOHNSTON (1945) bei Gersten-Roggen-Kreuzungen, fanden aber kein abweichendes Verhalten der Antipoden.

Dreifache Gattungsbastarde sind ebenfalls wiederholt hergestellt worden. KOSTOFF (1936) und KOSTOFF und ARUTIUNOVA (1937) berichten über Dreifach-Kreuzungen zwischen *Triticum Timopheevi*, *Sec. cereale* und *Haynaldia villosa* sowie über das Verhalten des *Haynaldia*-Genoms in dem Dreifachbastard (*Triticum dicoccum* × *Haynaldia villosa*) × *Sec. cereale*. NAKAJIMA (1952b) stellte mehrfach Bastarde zwischen *Triticum turgidum*, *Trit. vulgare* und *Sec. cereale* her (vgl. auch ROEMER 1939).

## II. Blühbiologie und Samenbildung

VON W. LAUBE

### A. Blütenbau

Der Blütenstand des Roggens ist eine Ähre. Die Ährchen sitzen ungestielt an der Spindel. Letztere ist mehr oder weniger gedrunken und stufenförmig abgesetzt. In den Stufen sitzen an beiden Seiten abwechselnd die zwei-, selten dreiblütigen Ährchen. Gipfelährchen fehlen. Die Länge der Ähren schwankt zwischen 8 und 20 cm. Im Laufe der Domestikation haben sich aus den Wildformen mit brüchiger Spindel die Land- und Zuchtsorten mit zäher Spindel entwickelt.

Die Ährendichte (vgl. S. 59) „D“, d. h. der Abstand der Ährchenansatzstellen an den Spindelstufen wird berechnet:  $\text{Ährchenzahl} \times 100 : \text{Spindellänge vom untersten bis obersten Ährchen in mm}$ . Je größer „D“ ist, desto geringer ist der Abstand der Ährchen und damit der Körner. Große Ährendichte bedingt eine straffe, kleine Ährendichte (Landsorten) eine lockere Ähre. Landsorten haben im Reifestadium eine durchgebogene lockere und herabhängende Ähre; die Zuchtsorten dagegen besitzen wegen der größeren Dichte eine straffere Ähre. Letztere kann in der Reife aufrecht stehen (*Compactum*-Typ) oder in allen Übergangsformen sich nach unten neigen.

Die Ährchen werden gebildet aus:

- Hüllspelzen (auch Klappen, Kelchklappen, Kelchspelzen oder Ährchenspelzen genannt) = *Glumae*
- Deckspelze (oder äußere Deckspelze) } Blütenspelzen
- Vorspelze (oder innere Deckspelze) } = *Paleae*
- Geschlechtsorganen
- Schwellkörper (oder Schüppchen) = *Lodiculae*

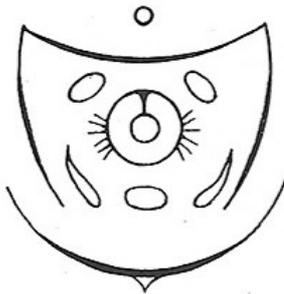


Abb. 9. Blütendiagramm

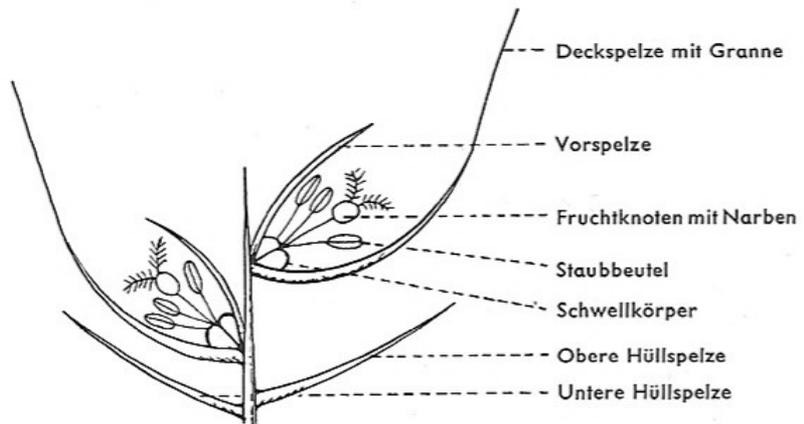


Abb. 10. Ährchen (schematisch)

Die Hüllspelzen sind bei Roggen meist kleiner als bei Weizen und Hafer. Sie sind einnervig, schmal und kürzer als die Deckspelzen.

Da Deck- und Vorspelze die Blüte direkt umschließen, werden sie auch „Blütenspelzen“ genannt. Die etwas tiefer sitzende äußere Deckspelze — *Palea inferior* — ist größer, kahnförmig gekielt; ihr Mittelnerv läuft in eine 3 bis 8 cm lange Granne aus. Die Vorspelze (oder innere Deckspelze), etwas höher angesetzt — *Palea superior* —, ist kleiner, dünn, hautartig und unbegrannt. Die Blütenspelzen umschließen das Korn nur lose und in verschiedenem Ausmaß. Sie fallen beim Drusch ab, so daß die nackte Frucht frei wird.

PLARRE (1954) fand bei vergleichenden Untersuchungen an diploidem und tetraploidem Roggen, daß die Spelzen des tetraploiden Roggens größer sind und durch-

schnittlich 88,8% der Kornoberfläche bedecken (diploider Roggen nur 81,0%) (vgl. S. 59).

Zwischen Deck- und Vorspelze befinden sich die Geschlechtsorgane; als weibliches Organ der einfächerige, nur eine Frucht ausbildende Fruchtknoten mit zwei fedrigen Narbenästen und als männliches Organ drei Staubbeutel (Antheren), die auf drei langen Fäden (Filamenten) aufsitzen. Der in den Antheren enthaltene gelblichweiße Pollen hat gedrückte, kugelig-eiförmige Gestalt und einen Durchmesser von 0,041—0,049 : 0,059—0,068 mm (ROEMER, 1939).

PLARRE (1954) fand weiter für Tetraroggen eine um 18,6% vergrößerte Längenausdehnung und eine Gesamtvolumenvergrößerung um 54,2% (Volumen von haploidem Pollen 167,8 und von diploidem Pollen 258,8 Maßeinheiten).

PLARRE (1954) fand, daß analog der Zell- und damit Organvergrößerung beim Tetraroggen auch das Fruchstielchen stärker ausgeprägt ist als beim diploiden Roggen, was sich in einer größeren Zerreiß- und Abbruchfestigkeit äußert. (vgl. S. 59).

An der Basis des Fruchtknotens sitzen zwei Schwellkörper (Lodiculae), die besondere Funktionen beim Öffnen der Blüte erfüllen (siehe unten).

Dreiblütigkeit hat sich als Zuchtziel nicht bewährt, weil die drei Blütchen eines Ährchens ungleichmäßig blühen, reifen und die Körner zumeist kleiner bleiben. Zudem scheint Dreiblütigkeit vorwiegend bei hygrophilen, anspruchsvollen Typen aufzutreten (ROEMER 1939). So konnte der bewußt auf Dreikörnigkeit gezüchtete Prof.-Heinrich-Roggen keine praktische Bedeutung erlangen. F. VON LOCHOW dagegen züchtete auf Zweiblütigkeit und damit auf eine vierzeilige Ähre. Da hier die Nährstoffansammlung auf zwei Körner beschränkt bleibt, erzielte er eine vollere und gleichmäßigere Kornausbildung. Vergleichende Versuche an diploidem und tetraploidem Roggen (PLARRE 1954) zeigten, daß das Merkmal Blütenzahl pro Ähre bei Annahme zweiblütiger Ährchen durch die Polyploidisierung eine nachteilige, ertragsdrückende Veränderung erfahren hat.

Vielfach treten beim Roggen sterile Blüten auf, und zuweilen sind — besonders an der Basis und der Spitze der Spindel — ganze Ährchen steril. Man spricht dann von Schartigkeit (vgl. S. 58). Gegenüber dem 2n-Roggen zeigt der 4n-Roggen besonders an den Feldrändern häufig eine verstärkte Schartigkeit. Dies dürfte auf der geringeren Flugfähigkeit des um 50% vergrößerten Pollens bei 4n-Roggen beruhen.

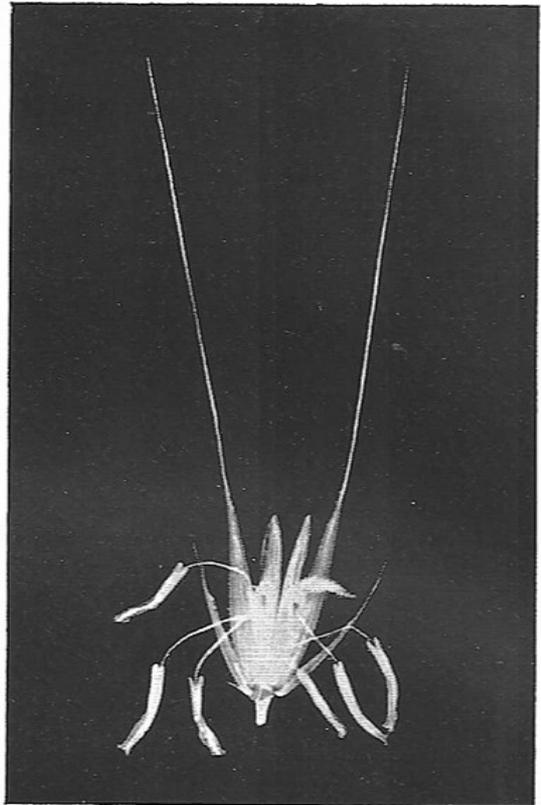


Abb. 11. Ährchen (Werkfoto)

## B. Blühverlauf

Roggen ist allogam (RIMPAU 1877) und Windblütler. Der Blühvorgang und der gesamte Blühverlauf sind weitgehend von Witterungseinflüssen, vor allem von Luftfeuchtigkeit und Temperatur, abhängig.

Der Blühvorgang innerhalb der Einzelblüte wird dadurch eingeleitet, daß die *Lodiculae* aus dem Fruchtknoten Wasser aufnehmen und anschwellen. Durch diese Volumenvergrößerung der Schwellkörper wird die elastische Deckspelze seitlich abgedrängt, die Spelzen spreizen und lassen die noch geschlossenen Staubbeutel, die bereits kurz vorher den Raum oberhalb des Fruchtknotens vollkommen ausfüllen, hervortreten. Hierbei verlängern sich die Filamente sehr rasch, und die Staubbeutel — dies ist für Roggen typisch — kippen sehr bald um, wobei sie der Länge nach aufreißen und den Pollen freilassen. Dieser Vorgang ist bei Roggen auffallender als bei den anderen Getreidearten. Die Narben, die zu dieser Zeit ebenfalls empfängnisfähig sind, stehen bei offenen Blüten bogenförmig auf beiden Seiten heraus. FRUWIRTH (1919) stellte fest, daß in seltenen Fällen bereits vor dem Umkippen kleinere Pollenmengen zwischen die Spelzen gelangen. Dieser Vorgang kann zur Selbstbestäubung, vielleicht auch Selbstbefruchtung führen.

Im allgemeinen wurde beobachtet, daß bei Wildformen der Pollen etwa 2 bis 4 Stunden und bei Kulturformen  $\frac{1}{2}$  bis 2 Minuten nach dem Umkippen der Staubbeutel austritt (ROEMER, 1939). Da der Pollen seine Befruchtungsfähigkeit nach 1 bis 3 Tagen verliert, sollte älterer Pollen für künstliche Kreuzungen nicht verwendet werden. Auch enthalten die Nachschosser oft nicht keimfähigen Pollen.

Je wärmer und trockener die Witterung ist, desto weiter werden die Blüten geöffnet. Der Öffnungswinkel beträgt bei warmem Wetter bis zu  $45^\circ$  und kann bei kühlerem Wetter auf  $30^\circ$  zurückgehen (ROEMER 1939).

Ist die Bestäubung vollzogen, so fallen die leeren Staubbeutel und -fäden ab. Auch die Narbenäste welken nach erfolgter Befruchtung ab. Bleibt die Befruchtung aus, so können sie — auch nach Schließen der Spelzen — bis zu mehr als 14 Tagen empfängnisfähig bleiben. Die *Lodiculae* werden schließlich wieder schlaff, wodurch die Deckspelzen die alte Lage einnehmen und die Blüte sich wieder schließt.

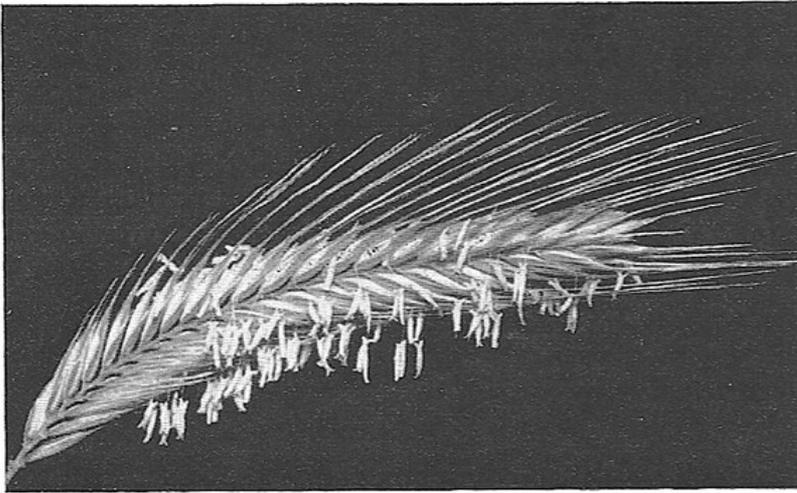


Abb. 12. Abblühende Ähre (Werkfoto)

erklären, daß dreiblütige Typen oft ungleiche Reife, ungleiche Korngröße, verschiedenen N-Gehalt und auch unterschiedlichen Auswuchsgrad aufweisen (ROEMER 1939). An einer Ähre beginnt das Blühen zuerst im mittleren Drittel, setzt sich nach oben und unten fort, erreicht jedoch die Spitze etwas früher als die Basis der Ähre. (Abb. 12.)

Hält man eine Ähre gegen die Sonne, so läßt sich leicht feststellen, welche Blüten bereits verblüht sind, da diese das Licht stärker durchscheinen lassen als solche, in denen die Staubbeutel noch vorhanden sind. Bei einer Pflanze blüht in der Regel der Hauptalm zuerst; die nachfolgenden Halme blühen in der Reihenfolge, wie sie geschoßt haben.

Der Blühverlauf in einem Bestand ist — bedingt durch die Windblütigkeit des Roggens — bei trockenem und warmem Wetter am günstigsten. Normalerweise beginnt die Blüte in den frühen Morgenstunden, etwa zwischen 5 und 6 Uhr, wenn die

nennen sie — auch nach Schließen der Spelzen — bis zu mehr als 14 Tagen empfängnisfähig bleiben. Die *Lodiculae* werden schließlich wieder schlaff, wodurch die Deckspelzen die alte Lage einnehmen und die Blüte sich wieder schließt.

Von den Blüten eines Ährchens öffnet sich die untere etwas früher als die obere und diese früher (2 bis 4 Tage) als eine evtl. vorkommende dritte Blüte. Hierdurch läßt sich

Temperatur 12° C erreicht hat. Bei längeren Kälteperioden kann das Blühen auch schon bei niedrigeren Temperaturen (10° C) einsetzen. Die Blüte setzt sich bis gegen 10 Uhr in etwa gleicher Stärke fort. In den Mittagsstunden öffnen sich meist nur vereinzelt Blüten, während nachmittags und abends weitere Blüten, allerdings nicht so zahlreich wie am Vormittag, aufbrechen. Nach kühlem Vormittag kann sich der Blüh-Höhepunkt auch auf nachmittags verschieben. Häufig findet das Aufblühen sehr plötzlich statt, so daß eine sichtbare Pollenwolke über dem Bestand steht. Im allgemeinen ist der Verlauf nicht gleich-, sondern wellenförmig.

Ungünstige Witterungsverhältnisse, wie Kälte und Nässe während der Blütezeit, können den Blühverlauf nachteilig beeinflussen, eine ausreichende Bestäubung verhindern und damit einen schlechteren Kornansatz bewirken. Diese Gefahr ist jedoch nicht zu überschätzen, da schlechte Witterungsverhältnisse im allgemeinen nur zu einer zeitlichen Verschiebung des Blühtermins führen. Dagegen kann Lager in der Blüte viel eher die Windbestäubung beeinträchtigen.

BROUWER (siehe ROEMER, 1951) stellte an Hand von 25jährigen Untersuchungen der Roggen-erträge fest, daß hohe Niederschläge während der 10 Blühtage bei NPK-Düngung eine Ertragsminderung von 16,4 dz/ha erbrachten.

Bei günstigem Wetter beträgt die Blühdauer für eine Blüte etwa 20 bis 30 Minuten, für eine Ähre 4 bis 5 Tage, wobei der Höhepunkt etwa zwischen dem dritten und fünften Tag liegt. Eine ganze Roggenpflanze benötigt etwa 7 bis 8 Tage und ein Feldbestand etwa 8 bis 10 Tage zum Abblühen. Durch ungünstige Witterungsverhältnisse kann diese Zeitspanne um 2 bis 3 Wochen verlängert werden. Je zögernder der Blühvorgang verläuft, desto ungleichmäßiger ist die Kornausbildung. Im allgemeinen blühen die heutigen Hochzuchten schneller und gleichmäßiger ab als die unausgeglicheneren Land- oder Primitivsorten.

TSCHERMAK (1904) fand, daß der Blühvorgang durch Streichen, Reiben oder Anschlagen der Ähren künstlich ausgelöst werden kann. Diese Behandlung entspricht dem mechanischen Reiz, den der Wind normalerweise im Feldbestand herbeiführt. Auch Erwärmen der Ähren führt zu schnellerem Aufblühen. Bei dem Pollensammeln für künstliche Kreuzungen können diese Methoden praktisch ausgenutzt werden (HERIBERT-NILSSON, 1917).

### C. Selbstfertilität und Selbststerilität

Weizen, Gerste und Hafer haben im Verlauf ihrer Domestikation den Übergang von der Xenogamie über die Autogamie bis zur Kleistogamie durchlaufen und damit erhebliche Züchtungsfortschritte ermöglicht. Es erhebt sich deshalb die Frage, inwieweit dieser Entwicklungsschritt beim Roggen durch die Züchtung nachgeholt werden kann. Hierzu wurden eingehende Untersuchungen über das Vorkommen von selbstfertilen Typen (AGEEV 1929, ANTROPOV 1929, BREWBAKER 1926, DUCKART 1928, FRUWIRTH 1919, 1925, HAYES 1927, HERIBERT-NILSSON 1916, 1953, JOHST 1907, KRASNJUK 1934, LEITH 1925, MAINS 1926, MUNERATI 1924, OSSENT 1930, RIMPAU 1877, ULRICH 1902) und die Ursachen der Selbststerilität (EAST 1925, 1929, JOHST 1907, LANDES 1939, LUNDQUIST 1947, 1954, MÜNTZING 1941, 1946, PUTT 1954, STRAUB 1948) durchgeführt.

Experimentell wurde die Frage der Autogamie (Selbstbefruchtung) einer Einzelblüte beim Roggen von FRUWIRTH (1919), JOHST (1907), RIMPAU (1877), ULRICH (1902) u. a. geprüft (vgl. S. 40 und 79 f). In keinem Fall konnten Samen durch Selbstbestäubung innerhalb eines Blütchens gewonnen werden. JOHST (1907) stellte dabei fest, daß der Pollen auf der zugehörigen Narbe zwar keimt, der Pollenschlauch aber vor Erreichen der Eizelle abstirbt. Diese Beobachtungen begründeten die Vorstellung von der absoluten Selbststerilität des Roggens, die jedoch BREWBAKER (1926) durch weitere Unter-

suchungen widerlegen konnte. Ihm gelang es erstmalig, durch künstliche autogame Bestäubung Kornansatz zu erzielen.

Erfolgreicher sind die Bestäubungen zwischen den Blüten eines Ährchens, zwischen verschiedenen Ährchen einer Ähre und zwischen verschiedenen Ähren einer Pflanze. Diese Art der Befruchtung wird zur Unterscheidung von der Autogamie als Geitonogamie (Nachbarbefruchtung) bezeichnet, ist ihr aber vom genetisch-züchterischen Standpunkt aus völlig gleichzusetzen.

Von verschiedenen Forschern (AGEEV 1929, ANTROPOV 1929, BREWBAKER 1926, DUCKART 1928, FRUWIRTH 1925, HAYES 1927, HERIBERT-NILSSON 1916, KRASNJUK 1934, LEITH 1925, MAINS 1926, MUNERATI 1924, OSSENT 1930 u. a.) ist der Erfolg der Geitonogamie durch Einschluß von Ährchen, Ähren und Einzelpflanzen experimentell erwiesen worden. BREWBAKER (1926) erzielte in einem Fall bei der Bestäubung von Blüte zu Blüte innerhalb verschiedener Ährchen einen Ansatz von 16%. RIMPAU (1877) und ULRICH (1902) erhielten durch Ährenisolierung bei Schlanstedter Roggen einen Ansatz von 1,1 bzw. 5% und durch Zusammenführung mehrerer Ähren einer Pflanze 1,9 bzw. 7,2%. HERIBERT-NILSSON (1953) fand bei Petkuser Roggen nach Isolierung für die Mehrzahl der Pflanzen eine Fertilität von weniger als 1% und im Durchschnitt aller seiner Versuche für die Mehrzahl der Pflanzen weniger als 5% und fast keine Pflanze mit mehr als 10% Fertilität. BREWBAKER, (1926) stellte bei der Isolierung von 100 Pflanzen aus Michigan Roggen 73 Pflanzen mit 0 bis 5%, 23 Pflanzen mit 5 bis 10% und nur 4 Pflanzen mit mehr als 10% Ansatz fest.

Die zahlreichen Untersuchungen zeigen, daß die Selbstfertilität im Durchschnitt gering blieb (1 bis 6%), daß aber Unterschiede in der Stärke des Ansatzes und in der Häufigkeit des Vorkommens selbstfertiler Typen beim Vergleich verschiedener Sorten bzw. verschiedener Individuen einer Sorte auftreten.

So sind im allgemeinen Wildformen weniger selbstfertil als Kultursorten (ROEMER, 1939). Unter den russischen Sorten zeigen die aus dem Norden stammenden eine größere Neigung zur Selbstfertilität als die aus südlichen Gebieten. Auszählungen ergaben, daß bei Herkünften aus den Nordgebieten etwa 6%, aus der Ukraine 5,17% und aus Kleinasien 3,6% der Pflanzen einen Kornansatz aus Selbstbefruchtung aufwiesen. Es ist wahrscheinlich, daß ständig ungünstige Witterungseinflüsse während der Blüte in diesem Sinne selektiv wirken (ROEMER, 1939).

ULRICH (1902) fand in Übereinstimmung mit HERIBERT-NILSSON (1953), daß Petkuser Roggen eine verhältnismäßig geringe Neigung zur Selbstfertilität zeigt. Günstigere Ergebnisse wurden bei Probsteier Roggen, Schlanstedter Roggen, Zwätzener Landroggen u. a. erzielt. Individuelle Unterschiede innerhalb einer Sorte (DUCKART 1928, FRUWIRTH 1925, HERIBERT-NILSSON 1916) mit allen Übergängen von völlig selbststeril bis hochgradig selbstfertil wurden mehrfach beschrieben. Allerdings werden hochfertile Typen relativ selten gefunden. Selbstfertile Formen werden deshalb nur nach Isolierung einer großen Zahl von Pflanzen (z. B. 50000 jährlich) entdeckt (OSSENT, 1938).

Aus der Beobachtung, daß seine sämtlichen hochfertilen Pflanzen aus selbststerilen hervorgegangen und sogleich konstant waren, schloß HERIBERT-NILSSON (1916) zunächst auf rezessive Vererbung der Selbstfertilität. KRASNJUK (1936) kreuzte fertile Linien  $\times$  weniger fertile Linien. Er beobachtete in den nachfolgenden Generationen der weniger fertilen Ausgangspflanzen gesteigerte Fertilität und schloß daraus auf einfache dominante Vererbung. Auch PETERSON (1934) schloß auf Grund seiner Untersuchungen auf Dominanz der Selbstfertilität. AGEEV (1929) erhielt in gleichem Sinne von hoch selbstfertilen Pflanzen überwiegend hoch selbstfertile Nachkommenschaften, daneben jedoch auch spaltende Nachkommenschaften. Übereinstimmend wird eine Zunahme der Selbstfertilität in den nachfolgenden Generationen festgestellt. (Tab. 4)

Nach neueren Untersuchungen von HERIBERT-NILSSON (1953) und LUNDQUIST (1954) ist anzunehmen, daß mindestens 2 Allele oder allele Serien von Sterilitätsfaktoren für die Selbstfertilität bzw. Selbststerilität bestimmend sind.

Diese Versuche zeigen, daß die anfangs sehr schwierig erscheinende Aufgabe keineswegs unlösbar ist und daß in jeder Roggen-Population — in wechselndem Prozentsatz — Pflanzen mit erblich bedingter Selbstfertilität vorkommen, die durch Versuche auf breiter Basis ausgelesen werden können.

Tabelle 4. Zunahme der Selbstfertilität in den nachfolgenden Generationen  
(Aus ROEMER, 1939)

	ANTROPOV		AGEEV			BREWBAKER		PETERSON		
	Wjatka		Wjatka			Minnesota		Minnesota		
	Zahl der Blüten	Ansatz %	Zahl der Linien	Ansatz aus Selbstbefr. 5—30%	> 30%	Zahl der Linien	Ansatz %	Zahl der Linien	Ansatz %	
I <sub>1</sub>	304	8,0	150	31,3	0	36	3,1	I <sub>3</sub>	28	4,8
I <sub>2</sub>	672	23,4	131	19,8	8,4	8	4,7	I <sub>5</sub>	7	19,7
I <sub>3</sub>	1928	55,2	808	36,0	33,7	14	9,1	I <sub>6</sub>	58	29,1
I <sub>4</sub>						19	14,1	I <sub>7</sub>	12	43,1
I <sub>5</sub>						12	7,7	I <sub>8</sub>	3	46,6
								I <sub>11</sub>	4	30,6
								I <sub>12</sub>	11	41,8

Die Selbstfertilität als solche genügt jedoch noch nicht. Die Prüfung der Nachkommenschaft von durch Isolierung erhaltenen selbstfertilen Pflanzen hat gezeigt, daß in der Mehrzahl der Fälle eine Verminderung der Vitalität eintritt, d. h. daß sich bei Roggen nach erzwungener Selbstbestäubung Inzuchtdepressionen bemerkbar machen, die durch zunehmende Homozygotie von Letalfaktoren und Chromosomenaberrationen erklärt werden (vgl. S. 79). Für die praktische Nutzung müßten also selbstfertile Linien gefunden werden, die trotz fortgesetzter Selbstbefruchtung keine Inzuchtdepression zeigen.

Auf Grund der unterschiedlichen Inzuchtwirkungen nahm HERIBERT-NILSSON (1926) eine Einteilung in selbstvitale, selbstfertile und selbstmortale Linien vor. Danach können selbstfertile Linien zwar mit Erfolg geselbstet werden, zeigen aber geringere Vitalität, während selbstvitale Linien keine Störungen aufweisen. Selbstvitale Linien sind äußerst selten. Die nach Selbstung beobachtete allgemein lockere Beziehung zwischen dem Kornansatz und der Wüchsigkeit der Nachkommen (ROEMER 1939) weist darauf hin, daß man aus Pflanzen, die nach Selbstung gut ansetzen, u. U. leichter zu vitalen Linien kommen kann. HERIBERT-NILSSON (1926) konnte aus 4000 I-Linien nach 10jähriger Arbeit eine vollvitale auffinden. Nach DUCKART (1927) hängt das Ergebnis anscheinend von der Ausgangssorte ab. Aus je 500 I-Linien von drei Zuchtsorten fand er keine, aus 500 I-Linien einer Landsorte (Erzgebirgsroggen) dagegen 29 vitale Linien. Weiterhin waren KRASNJUK, OSSENT, LEITH, SHANDS erfolgreich (siehe ROEMER 1939). Hiernach erscheint es möglich, aus einem besonders großen Material vollvitale und leistungsfähige I-Linien zu isolieren. Damit wäre der zweite Schritt für die Züchtung eines selbstbefruchtenden, leistungsfähigen Roggens getan.

Neben der Verminderung der Vitalität tritt als weitere Inzuchtwirkung ganz allgemein eine Zunahme der Homozygotie und ein Herausspalten von vorher nicht erkennbaren Genotypen in Erscheinung.

Die Wirkung der Inzucht nimmt in der Reihenfolge Selbstbefruchtung — Vollgeschwisterbefruchtung — Halbgeschwisterbefruchtung ab.

Faßt man die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen zusammen, so kann festgestellt werden:

1. daß sich in jeder Roggen-Population ein wenn auch kleiner Anteil an selbstfertilen Pflanzen auffinden läßt,

2. daß die Prüfung der Nachkommenschaft solcher selbstfertilen Linien eine unterschiedliche Inzuchtempfindlichkeit zeigt und selbstvitale Inzuchtlinien nicht außerhalb des Möglichkeitsbereiches liegen,

3. daß infolge der Selbstfertilität und der damit möglichen Inzucht homozygote Formen erzielt werden können.

Damit wäre eine Annäherung an die obligatorische Selbstbefruchtung erreicht. Es fehlt jedoch der letzte und entscheidende Schritt von der typischen Chasmogamie zur Kleistogamie: zu einem Roggen mit selbstfertilen, geschlossen abblühenden Einzelblüten. Kleistogame Varianten wurden bisher nur von HERIBERT-NILSSON, BENZIN und ZHUKOVSKY gefunden (siehe ROEMER 1939, vgl. S. 37), was immerhin darauf hinweist, daß dieser Entwicklungsschritt auch beim Roggen möglich ist. LEIN (1948) erzielte durch Rückkreuzung von *Triticale* Meister mit Roggen einen geschlossen abblühenden sogenannten alloplasmatischen Roggen (vgl. S. 41). Eine praktische Auswertung erfolgte bisher jedoch nicht und dürfte wohl auch nur bei einer Zuchtarbeit auf breitester Basis oder durch Auffindung kleistogamer Wildformen o. ä. erreichbar sein. Gelänge es, einen kleistogamen Roggen herzustellen, „so ließe sich die reiche Variabilität des Roggens in reine Linien aufrollen und durch Kreuzungszüchtung optimale Kombination von Leistungseigenschaften in einzelnen, reinen Linien vereinigen“ (FRIMMEL 1951).

Die Züchtung eines autogamen Roggens ist und bleibt vorläufig noch ein züchterisches Zukunftsproblem. Eher lassen sich die Ergebnisse der Fertilitätsuntersuchungen in der praktischen Züchtung, z. B. zur Ausnutzung der Inzucht für Populations-Analysen und für die Herstellung von synthetischen Sorten und zur Heterosiszüchtung (siehe Zuchtmethoden) anwenden.

Untersuchungen über die Fertilitätsverhältnisse und Inzuchterscheinungen bei 4n-Roggen wurden von LUNDQUIST (1947, 1953), v. LÖWENSTEIN (1951), PLARRE (1954) u. a. durchgeführt. Sie kommen zu annähernd übereinstimmenden Ergebnissen. LUNDQUIST (1947) fand bei Untersuchung von 2n- und 4n-Linien aus Stahlroggen keine wesentlichen Unterschiede hinsichtlich der Selbstfertilität. Die Inzuchtdepression dagegen ist bei 4n-Linien bedeutend geringer ausgeprägt (LUNDQUIST 1953) als bei den entsprechenden 2n-Linien. Die ermittelten Unterschiede sind z. T. hoch signifikant.

PLARRE (1954) erhielt in  $I_0$  bei 2n-Roggen eine durchschnittliche Selbstfertilität von 5,6% und bei 4n-Roggen von 5,3%. Setzt man die Fertilität bei Fremdbefruchtung gleich 100, so ergibt sich eine relative Selbstfertilität von 6,7% für 2n- und von 7,5% für 4n-Roggen. In der  $I_1$  ergab sich ein ebenfalls nicht gesicherter Unterschied von 11,5 (2n) zu 10,5% (4n) in der absoluten Selbstfertilität. PLARRE (1954) teilt mit, daß beim 4n-Roggen gegenüber dem 2n-Roggen eine gewisse Tendenz zur Inzuchtverträglichkeit vorliegt, die er jedoch statistisch nicht sichern konnte.

#### D. Frucht- und Samenbildung

Frucht- und Samenbildung tritt nur nach vorausgegangener Befruchtung ein. Embryonenentwicklung ohne Geschlechtsvorgang (Apomixis) ist bei Roggen nicht einwandfrei nachgewiesen worden. Aus dem Vorkommen von haploiden und diploiden Zwillingspflanzen schließt ZIMMERMANN (1951) u. a. auch auf die Möglichkeit einer apomiktischen Entwicklung von Embryonen. Auch vermuten BREMER und BREMER-REINDERS (1954), daß die Abregulierung des 4n-Roggens u. U. durch apomiktische Entwicklung der diploiden Eizelle hervorgerufen werden kann. Durch die für Angiospermen typische doppelte Befruchtung tritt Xenienbildung bei Roggen auf.

Das voll entwickelte Roggenkorn besteht aus drei Hauptbestandteilen:

1. dem Embryo oder Keimling. Er liegt am Kornende, ist dem Endosperm seitlich angedrückt und von diesem durch das sogenannte Schildchen (*Scutellum*) getrennt;

2. dem Endosperm oder Mehlkörper. Er nimmt den größten Teil des Korns ein und dient als Nährstoffbehälter für den Keimling. In den Endospermzellen sind Stärkekörner eingelagert, welche die für Roggen typische kugel- oder linsenförmige Gestalt aufweisen. Die äußere Zellschicht des Endosperms ist die Aleuronschicht. Sie ist frei von Stärke, weist dagegen feinkörniges Eiweiß, das Aleuron, und Einlagerungen von Fettsubstanzen auf. Außerdem führen die Aleuronzellen Farbstoffmengen und sind mitbestimmend für die Ausprägung der Kornfarbe (vgl. S. 64);
3. der Schale. Sie besteht aus der äußeren Fruchtschale (Perikarp) und der mit ihr verwachsenen Samenschale (Testa). Die im allgemeinen graugelbe bis fast farblose Fruchtschale und die sogenannte braune Farbstoffschicht der Samenschale beeinflussen ebenfalls die Kornfarbe.

Die Kornfärbung des Roggens wird also bestimmt durch das Zusammenspiel der Farbtonung von Aleuronschicht, Samenschale und Fruchtschale. Letztere wirkt sich besonders durch ihre mehr oder weniger große Dicke aus. Die Kornfarbe variiert von hellgelb, hellgrau, graugelb, grünlichgelb, grün, dunkelgrün, bräunlich, rötlich bis schwarz-violett.

Das Zustandekommen verschiedener Kornfarben erklärt die folgende Übersicht:

Tabelle 5. Zustandekommen verschiedener Kornfarben  
(Aus NEUMANN-PELSHENKE, 1954.)

Kornfarbe	Stärke oder Farbe der		
	Fruchtschale	Farbstoffschicht der Samenschale	Aleuronschicht
grün	graugelber Grundton	gelb-gelbbraun	blau
sattgrün	graugelber Grundton	schwache Gelbfärbung	blau
gelb	graugelber Grundton	gelb	gelb oder kein Farbstoff
blau	dünn	gelb	schwach blau
silbergrau graugelb	dick	gelb	schwach blau

Ist die Aleuronschicht dunkel bzw. blau, so schimmert sie durch die gelblichbraune Frucht- und Samenschale hindurch. Es entsteht eine Komplementärwirkung: das Korn erscheint grün. Ist der Farbstoff der Aleuronschicht gelb oder fehlt er ganz, so entstehen helle oder gelbfarbige Körner. Darüber hinaus können durch das Zusammenspiel der Farbtonungen und durch wechselnde Dicke der Fruchtschale alle Abstufungen der Kornfarben zustande kommen.

Die Aleuronschicht, dem triploiden Endosperm zugehörig, besitzt wie dieses infolge der doppelten Befruchtung Bastardcharakter, während die Schale aus rein mütterlichem Gewebe besteht. Damit wird die Farbe der Aleuronschicht und somit die Farbe des Korns auch durch die vom Pollen übertragenen Farbgene beeinflusst. Das Korn zeigt bereits die Farbe der nächsten Generation. Diese Erscheinung wird als Xenienbildung bezeichnet. Die Ausfärbung der Aleuronschicht hängt nach DUMON (1947) von zwei dominanten Genen (ein Grundfaktor und ein Modifikator) ab, deren rezessive Allele

gelbe Körner bedingen. Die Kreuzung (rezessiv) gelb  $\times$  (dominant) grün ergibt bereits auf der gelbkörnigen Mutterpflanze grünliche  $F_1$  Körner.

Die Farbgenen ermöglichen, bei den (rezessiven) hellkörnigen Formen unerwünschte Fremdbefruchtung durch (dominante) farbige Typen rechtzeitig zu erkennen und auszumerzen oder den Erfolg künstlicher Bastardierung frühzeitig zu kontrollieren und damit die Auslese zu beschleunigen. Bei dunkelkörnigen Sorten sind Farbgenen naturgemäß nicht erkennbar.

V. RÜMKE (siehe ROEMER, 1939) wies 1911 erstmalig die rezessive Vererbung der gelben Kornfarbe und das Auftreten von Farbgenen nach. Er bestäubte an einer gelbkörnigen Ähre zwei Zeilen mit der gelbkörnigen und die beiden anderen Zeilen mit einer grünkörnigen Sorte und erhielt eine Ähre mit zwei gelben und zwei grünen Kornreihen. Ebenso konnten STEGLICH und PIEPER (siehe ROEMER, 1939) 1922 die Dominanz der schwarzen Kornfarbe in der Kreuzung von gelb  $\times$  schwarz nachweisen.

Neben Farbgenen wurden auch solche beobachtet, die das Korngewicht beeinflussen. NICOLAISEN (1932) kreuzte eine gelb- und kleinkörnige Muttersorte mit einer grünen, großkörnigen Vatersorte und stellte bei den rein grünen  $F_1$ -Körnern eine Zunahme des Tausendkorngewichtes um etwa 10% gegenüber den rein gelben Körnern fest. Er hält es für möglich, daß hierdurch eine Verschiebung der relativen Leistungsfähigkeit in Sortenversuchen verursacht werden kann. WELLENSIEK (1948) pflanzte jeweils 50 Teile eines Klons in einen Bestand mit einer kleinkörnigen bzw. großkörnigen Roggensorte. Bei der Kreuzung mit großkörnigen Pflanzen entstanden z. T. Körner, die leichter als die der kleinkörnigen Sorte waren. Ein direkter Einfluß des Pollens auf das Korngewicht bestand danach nicht. FRIMMEL (1939) kommt zu der Feststellung, daß Formengenen bei Roggen nicht und Größengenen nur in geringem Ausmaß vorkommen.

### E. Bestäubungstechnik

Da der Blühverlauf (vgl. S. 43 ff.) in erster Linie von den jeweils herrschenden Witterungsverhältnissen bestimmt wird, ist es nicht möglich, durch verschiedene Aussaatzeiten eine zeitliche Isolierung herbeizuführen. Es kann z. B. vorkommen, daß Aussaaten — im Abstand von 2 bis 3 Wochen vorgenommen — infolge hoher Sommertemperaturen gleichzeitig blühen. Auch können genetisch bedingte Blühzeitunterschiede durch entsprechende Witterungsverhältnisse nivelliert werden. Eine beabsichtigte Isolierung durch zeitlich fraktionierte Aussaat ist also stets mit großem Risiko verbunden. Eine begrenzte Beeinflussung der Blühzeit ist durch verschieden weite Standräume (Drillbestände blühen früher als auf weiten Abstand gelegte Einzelkornbestände) und mit größerem Effekt durch photoperiodische Behandlung möglich (HÄNSEL 1951, 1953 b, PURVIS und GREGORY 1937). Wirkungsvolle Isolierungen sind deshalb am besten durch räumliche Trennung herbeizuführen, wobei die Reichweite des Pollens berücksichtigt werden muß.

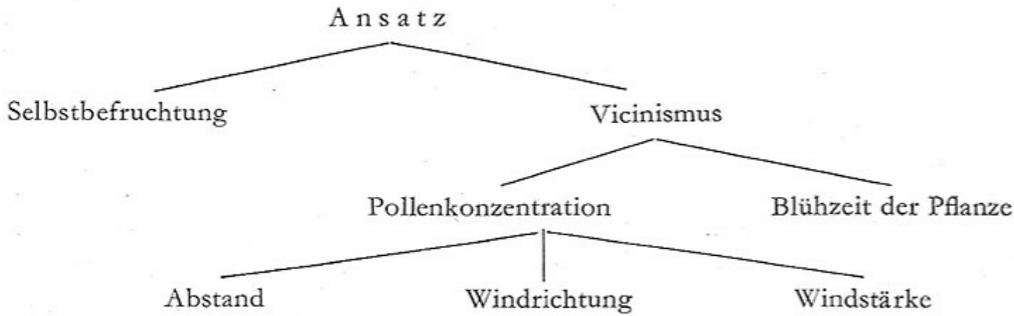
Eingehende Untersuchungen über die Reichweite des Pollens wurden von HERIBERT-NILSSON (1917) und ROEMER (1932) durchgeführt. HERIBERT-NILSSON prägte hierbei den Begriff des „Vicinisismus“, worunter die Stärke der Nachbarbestäubung im Zusammenwirken mit den dieselbe beeinflussenden Faktoren verstanden wird. Als „maximaler Vicinisismus“ wird der höchste Wert bezeichnet, den die Nachbarbestäubung durch das ungünstigste Zusammenwirken dieser Faktoren erreichen kann.

Sowohl HERIBERT-NILSSON als auch ROEMER benutzten zum Nachweis der Reichweite des Pollens sogenannte „Indikator-Sorten“ mit leicht erkennbaren rezessiven Merkmalen; NILSSON eine Form mit rein grünem, unbereiften Blatt, isoliert aus der dänischen Sorte Brattinsborg, ROEMER eine Sorte aus Wageningen mit hellgelbem Korn ohne Anthocyanfärbung der Koleoptile und der Halmknoten.

Nach Anbau der Indikator-Sorten in abgestufter Entfernung von einem Roggenbestand mit den entsprechenden dominanten Anlagen ist aus der Häufigkeit, mit der das dominante Allel in der Nach-

kommenshaft der Indikatorpflanzen auftritt, auf den Umfang der Fremdbestäubung bei verschiedenen Entfernungen zu schließen.

Die Ergebnisse zeigen, daß die Reichweite des Pollens bzw. der Ansatz einer Pflanze, die dem Vicinismus ausgesetzt ist, vom Zusammenspiel der von HERIBERT-NILSSON (1917) im folgenden Schema zusammengefaßten Faktoren abhängt.



Ausschlaggebend für den Vicinismus sind demnach die Faktoren Blühzeit und Pollenkonzentration, wobei letztere wiederum von der Entfernung, Windrichtung und -stärke beeinflußt wird.

Je dichter die durch den Wind herangeführte fremde Pollenmasse und je geringer die von der Indikatortorte selbst erzeugte Pollenmenge ist, desto größer wird der Einfluß des fremden Pollens.

Stellte man z. B. Indikatorpflanzen (mit 5 m Abstand untereinander) auf eine Entfernung von 40 m von einem 5 ha großen Roggenbestand in Windrichtung, so konnte ein starker Einfluß des fremden Pollens beobachtet werden (ROEMER 1939). HERIBERT-NILSSON (1917) fand für einzelne, alleinstehende Pflanzen, die 60 m von einem 3500 qm großen Roggenfeld entfernt standen, 53,3% Fremdbefruchtung und für einen Bestand von 20 Pflanzen unter gleichen Bedingungen nur noch 37,3%. Einzelne Pflanzen zeigten gegenüber anderen Einzelpflanzen bei 30 m Entfernung keine Zeichen von Fremdbefruchtung mehr. Dagegen steigt der Prozentsatz sofort an (10%) bei Nachbarschaft von nur 0,5 qm großen Beständen. Beim Anbau einzelner Reihen einer Indikatortorte in verschiedenen Entfernungen von einem 3500 qm großen Roggenbestand wurden für die einzelnen Abstände folgende Fremdbefruchtungsprozente festgestellt (HERIBERT-NILSSON, 1917):

bei 50 m	54,4%	bei 350 m	29,7%
250 m	46,3%	400 m	19,0%

Auch hier ist die Pollenkonzentration der einzelnen Indikatorreihen so gering, daß der fremde Pollen noch auf weite Entfernung wirksam wird.

ROEMER (1939) fand bei Verwendung von drei Reihen Indikatorroggen in verschiedenen Abständen von einem 2 ha großen Feldbestand folgende Fremdbefruchtungswerte:

bei 16—30 m	rund 7%
100—120 m	5,5%
250—300 m	4,0%
600—660 m	3,0%

ROEMER (1932) legte um ein  $4 \times 4$  m großes Mittelstück aus Petkuser Roggen nach allen vier Himmelsrichtungen 15 Drillreihen mit einer Indikatortorte. Die für jede Reihe durchgeführten Auszählungen (in der Abbildung durch Schrägschraffierung kenntlich gemacht) beweisen eindeutig den Einfluß der Windrichtung auf die Verbreitung des Pollens (Abb. 13).

Die Zahlen zeigen, daß der Einfluß fremden Pollens — bei übereinstimmender Blütezeit und bei Lage in der Windrichtung — um so intensiver ist, je dichter die fremde Pollenwolke gegenüber der eigenen ist, und daß unter diesen Bedingungen der fremde Pollen auch über weitere Entfernungen wirksam sein kann. Stehen Sorten, Stämme usw. in geschlossenen Parzellen nebeneinander, dann ist die effektive Reichweite des Pollens meist geringer, als im allgemeinen angenommen wird. Die Versuchsergebnisse von ROEMER (1932) (Abb. 14) zeigen deutlich die prozentuale Abnahme der Fremdbefruchtung zur Mitte der Parzelle hin. Die Abnahme ist

um so stärker, je breiter die Parzelle ist, da hier gleich große Pollenkonzentrationen aufeinanderstoßen und die eigene Pollenmenge schon auf kurze Entfernung den eindringenden fremden Pollen verdünnt oder sogar verdrängt.

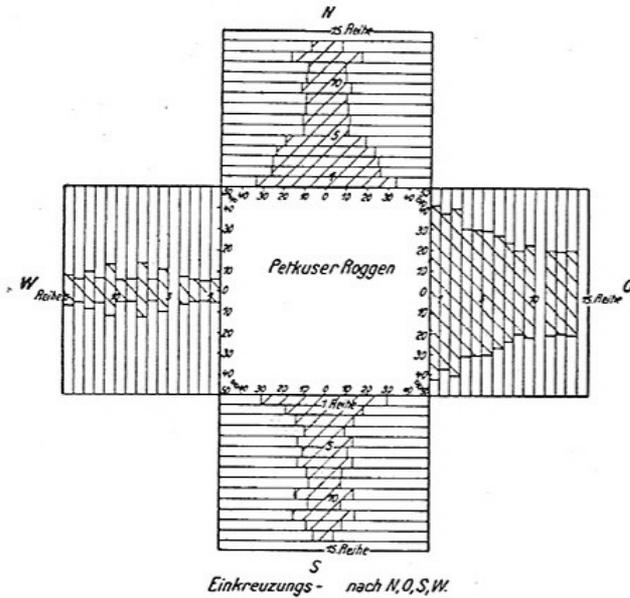


Abb. 13. Verbreitung des Pollens in die vier Himmelsrichtungen; nach ROEMER, 1932

GROSS (1907) stellte in dreijährigen Versuchen keine starke Vermischung von Sorten fest, die auf 200 qm großen Parzellen nebeneinander angebaut wurden.

Für die praktische Züchtung ergibt sich die wichtige Folgerung, daß z. B. bei nebeneinander stehenden Familien, aus denen neue Mutterpflanzen selektiert werden sollen, bei Entnahme aus der Mitte der Parzelle mit einer ausreichenden Geschwisterpaarung gerechnet werden kann (ROEMER 1939). Die vorliegenden Untersuchungen beziehen sich auf 2n-Roggen. Es ist anzunehmen, daß sich 4n-Bestände untereinander ebenso verhalten. Anders liegen dagegen die Verhältnisse beim benachbarten Anbau von 2n- und 4n-Roggen, nicht nur im Hinblick auf die speziellen Befruchtungsverhältnisse, sondern auch auf die Wirksamkeit der beiden Pollenarten. Die mehrfach durchgeführten Untersuchungen über die Befruchtungsverhältnisse von 2n- und 4n-Roggen können allerdings nicht ohne weiteres als exakte Methode zur Ermittlung der Pollenreichweite angesehen werden. Denn es ist meist nicht einwandfrei festzustellen, ob für Unterschiede in der Schartigkeit die Nachbarbestäubung oder auch andere Gründe verantwortlich sind. Sie geben aber einen Hinweis für das Verhalten dieser beiden Pollenarten.

v. LÖWENSTEIN (1951) stellte fest, daß bei Bestäubung mit einem Gemisch aus diploidem und haploidem Pollen der letztere auf beiderlei Mutterpflanzen überlegen ist. Auf der diploiden Mutterpflanze entstehen zu etwa 70% ausgereifte Körner, auf der 4n-Mutterpflanze dagegen überwiegend abortive Körner (73%). Es findet also eine selektive Befruchtung zugunsten des haploiden Pollens statt. Diese Feststellung erklärt, warum 4n-Bestände sehr viel ungünstiger auf eine mehr oder weniger große Dichte des fremden Pollens reagieren als 2n-Bestände und bei benachbartem Anbau von 4n- und 2n-Roggen der 4n-Roggen stärker geschädigt wird als der 2n-Roggen. Im Gegen-

% befruchtet von westlicher Parzelle

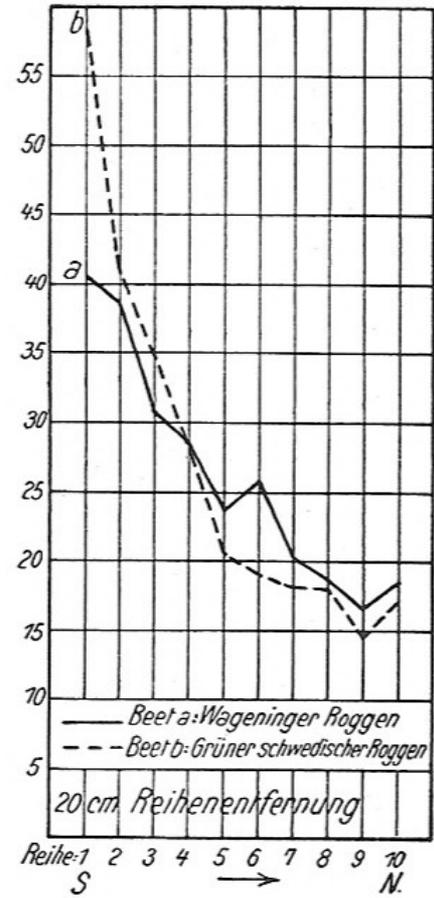


Abb. 14. Reichweite des Pollens; nach ROEMER, 1932

satz hierzu stellten KOO und MYERS (1954) fest, daß bei Kreuzbefruchtung von 2n- und 4n-Roggen-sorten die diploide Sorte stärker geschädigt wird als die tetraploide.

Die Untersuchungen über die Reichweite des Pollens geben der praktischen Züchtung Hinweise für evtl. Isoliermöglichkeiten. Wir unterscheiden zwei Arten: die zeitliche und räumliche Isolierung. Über die mit großem Risiko verbundene und deshalb unsichere zeitliche Isolierung durch Aussaatverschiebung wurde bereits im Abschnitt über den Blühverlauf gesprochen.

Die räumliche Isolierung bietet eher Aussichten auf Erfolg, ist aber nur in solchen Gebieten konsequent durchführbar, die frei von Roggenanbau sind.

HERIBERT-NILSSON (1917) hat die Technik der räumlichen Isolierung ausgearbeitet. Nach seinen Ergebnissen sind Einzelpflanzen im Abstand von 30 m (pflanzte man statt Einzelpflanzen Klone aus, so müßte die Isolierung noch sicherer sein) und kleinere Parzellen (Familien usw.) im Abstand von 50 m praktisch genügend gegeneinander geschützt. HERIBERT-NILSSON nutzt diese Isolierungsmöglichkeit bei seiner „Separierungszüchtung“ (vgl. S. 78).

Eine Abart dieser Isolierungsmethode stellt die Zentralbeet-Methode von FRIMMEL dar (vgl. S. 79).

Die räumliche Isolierung beansprucht naturgemäß große Flächen oder verringert die Zuchtbasis. Den sichersten Schutz gegen ungewollte Bestäubung bietet die künstliche Isolierung, deren praktische Anwendungsmöglichkeit jedoch begrenzt ist.

Hilfsmittel hierzu sind Schutzkästen und Hauben, deren Verkleidung möglichst aus Pergamin oder Öltuch bestehen soll. Gaze und auch Baumwollgewebe genügen nicht. Die Kästen und Hauben werden erst unmittelbar vor Eintritt der Blüte aufgesetzt, da die Pflanzen bei längerem Einschluß leiden. Es ist zweckmäßig, zur Zeit der Hauptblüte die Ähren, evtl. mit Hilfe eines Drahtes, mehrmals zu bewegen, damit eine genügende Pollenverteilung innerhalb des Kastens erzielt wird. Die Isolierung von Einzelpflanzen, wie sie z. B. bei einer erstrebten Selbstbestäubung erforderlich ist, wird am sichersten durch Verwendung von Pergamintüten erzielt. Man erleichtert sich das Anbringen der Isoliertüten, wenn man nur die ungefähr gleich hochstehenden Ähren der Haupthalme zusammenschließt und kürzere Nachschosser entfernt. Die Tüten werden kurz vor der Blüte übergestülpt und unterhalb der Ähren fest — aber ohne die Halme zu knicken — zugebunden oder mit Klipp-Verschlüssen befestigt. Es kommt vor, daß die etwas tiefer stehenden Ähren mehr Körner entwickeln als die höher stehenden. Dies ist meist auf ungenügende Pollenbewegung innerhalb der Tüte zurückzuführen. Dem kann durch Schütteln der Tüten begegnet werden. Um Schädigungen zu vermeiden, werden die Tüten nach beendeter Blüte entfernt. Weiterhin ist das Gelingen der Isolierung nach BREWBAKER (1926) mehr oder weniger abhängig von der Jahreswitterung und dem Ernährungszustand der Pflanze. Zu früher Einschluß kann den Ansatz verschlechtern, zu später Einschluß begünstigt die Möglichkeit einer nicht gewollten Fremdbestäubung.

Für die Durchführung exakter Kreuzungen wird man auf Kastration nicht verzichten können. LINNIK (1934) hat dies durch die Einführung der Schnittkastration erleichtert. Er schneidet von Deck- und Vorspelze das obere Drittel ab. Wenn sich die Staubbeutel später herauschieben, können sie mit einer Pinzette mühelos entfernt werden. Nach MENGERSEN (1950) schneidet man  $\frac{2}{3}$  der Spelze und damit gleichzeitig ein Stück der Antheren ab, so daß die Antheren vertrocknen.

Eine Gefahr für die Narbe besteht dabei nicht. MENGERSEN (1950) stellte sogar einen wesentlich besseren Ansatz nach Schnittkastration (bis zu 90%) als nach der klassischen Methode der Bestäubung mit der Pinzette fest. Mit Hilfe dieses zeitsparenden Verfahrens kann eine ungeschulte Arbeiterin etwa 400 Ähren pro Tag kastrieren.

Man beginnt mit der Kastration etwa 10 Tage vor der Blüte. Die Ähren der Haupthalme bringen den besten Ansatz. Die kastrierte Ähre wird vor falscher Bestäubung durch Pergamintüten geschützt. Diese müssen mit wasserfestem Klebstoff geklebt sein und mit Klipp-Verschlüssen oder Fäden verschlossen werden.

Sobald die fedrigen Narben sichtbar werden, kann die Übertragung des Pollens stattfinden. Damit der verwendete Pollen nicht verunreinigt ist, empfiehlt es sich, nach der von RIMPAU beschriebenen Methode die Vaterähren kurz vor dem Aufblühen abzuschneiden und in geschlossenen Räumen in

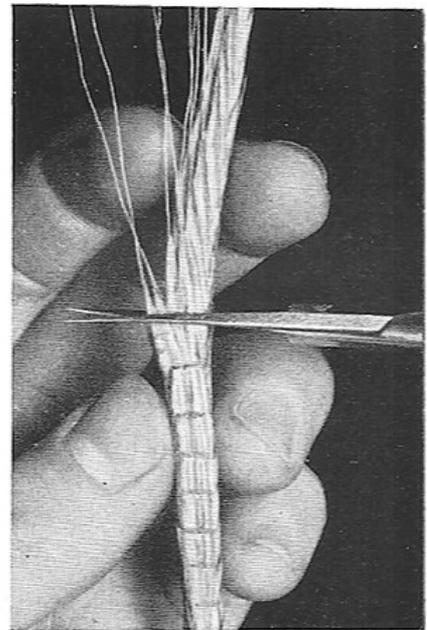


Abb. 15. Durchführung der Schnittkastration (Werkfoto)

Wasser zu stellen. Unter die Ähren legt man schwarzes Glanzpapier, auf dem man den ausfallenden Pollen sammelt. Werden mehrere Sorten gleichzeitig in einem Raum aufgestellt, so trennt man sie sicherheitshalber durch Überstülpen von Glasglocken. Die Sammlung des Pollens kann auch direkt im Freiland in Pergamintüten o. ä., die vor der Blüte über die Ähren gestülpt werden, erfolgen.

Die Übertragung des Pollens auf die Narbe geschieht einfach und schnell mit einem Pinsel, da die Narbe freiliegt. Sterilisation des Pinsels mit Alkohol nach jeder Kreuzung ist notwendig. Nach der



Abb. 16. Ro. Ähre, z. T. schnittkastriert  
(Werkfoto)

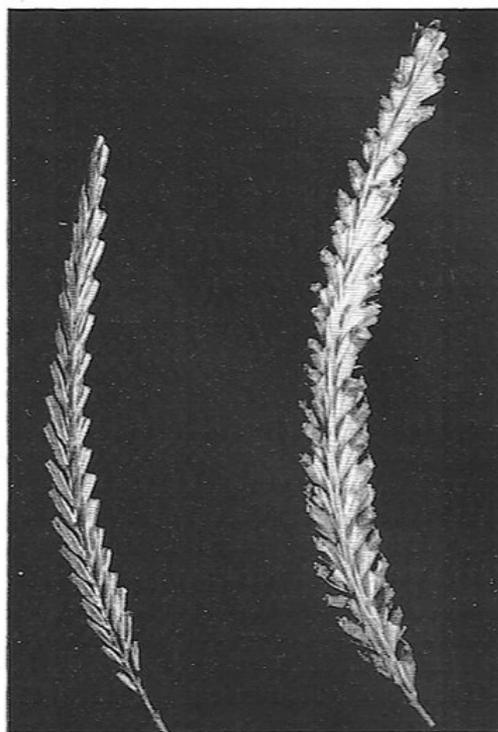


Abb. 17. Ro. Ähre, links schnittkastriert,  
rechts mit Kornansatz (Werkfoto)

Bestäubung werden die Tüten wieder übergestülpt und die bestäubten Ähren bis zur Verarbeitung gekennzeichnet.

Nach erfolgter Befruchtung werden die Tüten entfernt, um eine gute Kornentwicklung zu gewährleisten.

Im Durchschnitt kann man damit rechnen, daß der Pollen — je nach Temperatur und Luftfeuchtigkeit — 48 Stunden und die Narbe 7 Tage befruchtungsfähig bleibt. Längeres Aufheben des Pollens — auch im Exsikkator — vermindert seine Vitalität (ROEMER 1939). Fünf Tage alter Pollen brachte keinen Ansatz mehr. Es empfiehlt sich daher, nach Möglichkeit mit frischem Pollen zu arbeiten.

Eine höchst wirkungsvolle Lenkung der Bestäubung ist zu erwarten, wenn es gelingt, Roggenpflanzen vegetativ zu vermehren und einen Teil der so entstandenen Klone am Leben zu erhalten, bis aus den Nachkommenschaften der übrigen Klonteile deren Genotyp bestimmt ist (vgl. S. 83). Die Klone mit den erwünschten Genkombinationen ließen sich dann zur wechselseitigen Befruchtung bringen. Die vegetative Vermehrung von Roggen durch Teilung der Pflanzen ist seit langem bekannt.

Erste Versuche wurden von HEEMSTRA (siehe WELLENSIEK 1947), MUNERATI (1924) und KOWARSKY (siehe AUST 1941) angestellt. Sie gingen bei ihrem Klonverfahren von einer normalen Aussaatzeit im Herbst aus und erhielten durch Teilung eine, wenn auch nur geringe, vegetative Vermehrung der Ausgangspflanzen. AUST (1941) kam bei Versuchen, die auf eine schnelle Vermehrung von wertvollem Zuchtmaterial hinzielten, zu günstigeren Teilungsergebnissen. Sie säte ihr Zuchtmaterial im September in Töpfe (Freiland) und brachte diese Mitte Dezember in ein Gewächshaus von 10 bis 12° C. In 3 Teilungsschritten (Dezember — Februar — April) erzielte sie im Durchschnitt bei den besten Klonen 20 Teilpflanzen und im Höchsthalle sogar 87 Teile.

Besonders eingehend befaßte sich WELLENSIEK (1940, 1947) mit der Technik und züchterischen Ausnutzung der Roggenklonung. Seine ersten Versuche basierten ebenfalls auf Herbstsaatsaaten. Er beobachtete jedoch, daß die geteilten Pflanzen durch die im Winter erfolgte Vernalisation sehr bald schoßten. Entfernte man die Ähren, so starben die Pflanzen ab. Insgesamt gesehen war das Teilungsergebnis nicht befriedigend. Aussaatzeitversuche zeigen, daß Winterroggen bei März-Aussaat noch schoßt, während Mai-Aussaaten im vegetativen Stadium bleiben und zahlreiche Stocktriebe hervorbringen, welche die Grundlage guter Klonung bilden. Aussaaten im April zeigen alle Übergänge. Ein auf diese Beobachtung aufgebauter erneuter Klon-Versuch brachte befriedigende Ergebnisse. Nach Aussaat am 8. Mai konnte am 23. Juni zum erstenmal und am 3. August zum zweitenmal geteilt werden. Obgleich nicht versucht wurde, das höchstmögliche Teilungsergebnis zu erzielen, betrug die durchschnittliche Pflanzenzahl bei 120 Klonen 57 und im Maximum 106 Pflanzen. WELLENSIEK (1940) ist der Ansicht, daß die Aussaat unter holländischen Verhältnissen wahrscheinlich bis zum 15. April vorverlegt werden kann. Hierdurch werden drei oder sogar vier Teilungen möglich, und es könnten 250—300 Pflanzen je Klon erzielt werden.

WELLENSIEK (1940) weist darauf hin, daß folgende Punkte bei der Technik zu beobachten sind: 1. die zu klonenden Pflanzen müssen Standweiten von etwa  $20 \times 20$  cm haben, 2. die Blätter sollen bei der Teilung zweckmäßig auf etwa 5 cm zurückgeschnitten werden, 3. jedes Teilstück soll möglichst eine oder mehrere Wurzeln haben, 4. der Boden muß nach dem Pflanzen gut angedrückt werden.

Nach Untersuchungen von PURVIS (1934) und REINDERS (1944) übt die N-Düngung einen deutlichen Einfluß auf die Bestockung aus. Eine normale Düngung mit Überdosierung von N wird empfohlen, um möglichst viel Teilstücke pro Klon zu erzielen.

Weitere Untersuchungen von REINDERS (1946) zeigten, daß eine Keimtemperatur von 22 bis  $30^{\circ}$  C die Schoßneigung herabsetzt, so daß auch bei früherer Aussaat klonfähige, nicht geschoßte Pflanzen erhalten werden. Die Schoßneigung ist bei verschiedenen Sorten und Stämmen unterschiedlich und scheint deshalb erblich veranlagt. Diese Methode ist jedoch für eine praktische Nutzenanwendung zu wenig erfolgreich.

Im allgemeinen ist die vegetative Vermehrung als solche bei Frühjahrsaussaat kein Problem mehr. Schwieriger ist die Überdauerung von Klonen über mehrere Jahre. Hinweise in dieser Richtung geben Untersuchungen über die Vernalisation von PURVIS (1934), PURVIS und GREGORY (1937, 1952) und HÄNSEL (1951, 1953b dort weitere Literatur). Vernalisation tritt als Folge von niedrigen Temperaturen und kurzer Belichtung ein. Devernalisation durch höhere Temperaturen von 15 bis  $18^{\circ}$  C ist nach FRIEND and GREGORY (1953), GREGORY und PURVIS (1948) und PURVIS (1945) möglich. Ihre Durchführung hängt ab von der Dauer der vorangegangenen Vernalisation und muß unmittelbar im Anschluß an diese erfolgen. Hält man die Pflanzen dagegen bei höheren Temperaturen und künstlichem Langtag, so findet keine Vernalisation statt, und die Klone müßten im vegetativen Stadium erhalten bleiben (WELLENSIEK 1940).

Eine andere Möglichkeit ergibt sich aus den Untersuchungen von PURVIS und GREGORY (1937), wonach bei vernalisierten Pflanzen, die ständig im Kurztag gehalten werden, das Streckungswachstum des Halmes und damit das Schossen verhindert wird (HÄNSEL 1951, WELLENSIEK 1940).

Durch Kurztagbehandlung und laufendes Herauspräparieren der vereinzelt doch schossenden Ähren erzielte WELLENSIEK (1947) in einigen Fällen gute Resultate. Durch diese Methode, aber auch allein durch ständigen Kurztag, sind einzelne Klone an verschiedenen Orten (JUNGFER 1955) drei und mehr Jahre am Leben erhalten worden. Wenn auch für die Praxis diese Verfahren augenblicklich noch zu unsicher und kompliziert sind, zeigen sie doch die prinzipielle Möglichkeit der Klonüberdauerung. Weitere entwicklungsphysiologische Untersuchungen werden eine für die züchterische Praxis brauchbare Vervollkommnung dieser Technik erwarten lassen.

### III. Grundlagen und Methoden der Züchtung

Von F. QUADT

#### A. Variabilität und Vererbung der Eigenschaften einschließlich derjenigen der Zuchtziele

##### 1. Variabilität

Die mittel- und westeuropäischen Roggensorten sind im Gegensatz zu den osteuropäischen, asiatischen Kultur- und Unkrautvarietäten (Abb. 18) morphologisch wenig differenziert. Die einwandfreie Kennzeichnung und Unterscheidung der Sorten auf morphologischer Grundlage ist deshalb kaum möglich (ROEMER 1939). ROEMER führt dies darauf zurück, daß aus wirtschaftlichen Gründen keine Sorten gezüchtet werden, die



Abb. 18. Ährentypen aus kleinasiatischen Unkrautroggen.  
(Aus SCHIEMANN, Weizen, Roggen, Gerste, FISCHER, Jena, 1948)

vom Normaltyp stark abweichen, weil sie infolge starker Durchkreuzung mit Pollen anderer Sorten schnell ihren Typ verlieren und ein zu häufiger Saatgutwechsel nötig wird.

Trotz der äußeren Uniformität haben sich jedoch teils durch Züchtung, teils durch natürliche Auslese sowohl physiologisch als auch morphologisch deutlich unterschiedene Typen entwickelt (VAVILOV 1949/50). So ist die Winterfestigkeit der finnischen, nordschwedischen und alpinen Sorten wesentlich höher als die der mitteleuropäischen. Die aus dem Petkuser ausgelesenen schwedischen Sorten Stern-, Stahl- und Königsroggen sind winterfester als die Ausgangssorte. POPOFF (1941, 1942) fand in bulgarischen Sorten deutlich höheren Eiweißgehalt als in westeuropäischem Material. AUST und OSSENT (1941) entwickelten bezgl. der Backqualität deutlich differenzierte Inzuchtlinien.

Auch eine Anzahl morphologisch differenzierter Roggen, wie Kurzstroh, Hellkorn und andere, konnte durch Bestäubunglenkung aus dem Petkuser entwickelt werden (ROEMER 1939, 1949). ROEMER (1939) konnte aus dem Petkuser Formen isolieren, die bezgl. der Halmlänge fast der ganzen Variationsbreite bei Weizen entsprechen. FRIMMEL und BARANEK (1935) fixierten aus einer Landsorte Stämme verschiedener Korngrößen. Ebenso lassen sich die verschiedensten Korn-, Spelzen- und Grannenfarben selektieren und Inzuchtlinien ohne Grannen und ohne Ligula finden (ROEMER 1939). v. MENGERSEN (1950) berichtet von Inzuchtlinien, die sich durch Blattbreite und -farbe, sowie Wachsüberzug und Anthocyanfärbung unterscheiden. Auch fand er chorophylldefekte Formen, wie sie bei den anderen Getreidearten bekannt sind.

DUMON (1947) kommt auf Grund von Genanalysen zu dem Schluß, daß im Gegensatz zu älteren Autoren sowohl die Korn- als auch die Keimlingsfarbe nicht monogen bedingt, sondern durch mehrere, z. T. kryptomere Gene gesteuert werden. Auch für die Chlorophyllausbildung konnte er zwei unabhängig spaltende Faktoren nachweisen. WAGNER (1942) stellt für drei Varietatamerkmale „aureostriata, variabilis, aurescens“ nicht mendelnde Vererbung durch den Pollen fest. Wiederholt sind sogenannte Glasroggen mit brüchigem Halm beschrieben worden (JERMOLJEV 1942, LADA 1934), deren Brüchigkeit auf Störungen im Zellulosestoffwechsel beruhen. Durch Inzucht sind Anlagen für die unterschiedlichsten Halm-, Blatt- und Ährenmißbildungen sichtbar gemacht worden (ROEMER 1939).

Auch auf Grund des Gesetzes der Parallelvariation ist zu erwarten, daß im Roggen die gleichen Erbvariationen enthalten sind wie in den anderen Getreidearten (VAVILOV 1949/50) (siehe Abb. 19). Einen Eindruck von der erheblichen Variabilität des Roggens vermittelt eine bei ROEMER (1939) gegebene Aufstellung VAVILOVS von den Merkmalen, nach denen sich die Formenkreise des Roggens unterscheiden. Darin sind enthalten Unterscheidungsmerkmale, wie Form, Farbe, Brüchigkeit der Ähren, Länge und Farbe der Grannen, Merkmale der Ligula usw. Auch V. und V. ANTROPOV unterscheiden über 40 Varietäten nach Brüchigkeit der Ährenspindel, Spelzenschluß, Ährenfarbe und Behaarung der Deckspelze (ROEMER 1939, SCHIEMANN 1948). Auch die erbliche Veranlagung der Auswuchsneigung konnten POPOFF (1941 a), v. MENGENSEN (1950) und ROEMER (1949) für Roggen nachweisen.

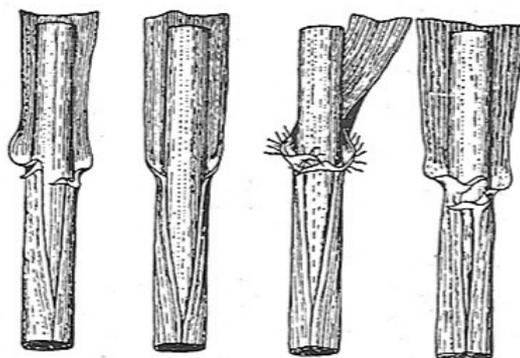


Abb. 19. Secale mit Blattöhrchen normal, wie Hafer, wie Weizen, wie Gerste (nach ANTROPOV 1929, aus Hdb. d. Pflanzenz., 1. Aufl.)

Es ist sicher anzunehmen, daß aus dem mitteleuropäischen Material, besonders aber aus dem nordschwedischen, finnischen, russischen, kleinasiatischen und kaukasischen ein Roggensortiment entwickelt werden könnte, welches dem der anderen Getreidearten entspricht.

## 2. Zuchtziele

Der Roggen wird vorwiegend als Körnerfrucht: a) als Brotgetreide, b) als Futtergetreide angebaut. In neuerer Zeit gewinnt er als Futterpflanze (vgl. S. 67) für Trocknung, Silage, Grünfütter und Heugewinnung immer mehr an Bedeutung. In Übersee scheint er sich auch als Weide-, Gründungs- und Schutzpflanze gegen Winderosion gut zu bewähren.

Die Verwendung als Brot- und Futtergetreide verlangt hohen Kornertrag. Er wird durch Halmertrag und Bestandesdichte bestimmt. HEUSER (1954) unterscheidet „Weit“- und „Wenigraumformen“, d. h. solche, die bei hohen Drillweiten, und solche, die bei engen Drillweiten bessere Erträge bringen. Danach reagiert „Petkuser Normalstroh“ neutral und „Carsten“ positiv auf verringerten Drillreihenabstand.

Sehr weitgehend wird der Ertrag durch mineralische Düngung bestimmt. Die Ausnutzung der Düngung ist bei den einzelnen Sorten sehr verschieden und damit als erblich anzusehen (vgl. S. 90 f.). Gute Verwertung hoher Minereraldüngung spielt vor allem im intensiven mitteleuropäischen Roggenanbau eine Rolle.

Die Bestandesdichte ist stark abhängig von der Bestockung. Da nicht alle Stocktriebe Ähren ausbilden, ist die Bestandesdichte meist höher als die Keimdichte, aber

geringer als die Bestockungsdichte. Nach BOEKHOLT (1950) und WELLENSIEK (1941) korrelieren Bestockung und der Prozentsatz ährentragender Halme nicht unbedingt miteinander. In kontinentalen Klimlagen spielt gute Bestockungsfähigkeit wegen leichteren Ausgleichs von Winterschäden eine größere Rolle als in maritimen Lagen, wo zu hohe Bestandesdichte wegen Lagergefahr sogar nachteilig wirken kann. LEIN, v. ROSENSTIEL und WIENHUES (1954) kommen nach Analyse der Ertragsfaktoren bei Weizen zu dem Schluß, daß schwach bestockte Sorten leichter zu Höchstertträgen zu bringen sind als stark bestockte. Wichtig für Roggen ist „Parallelbestockung“, d. h. gleichmäßige Höhe der Ähren, da tiefer stehende Ähren weniger Pollen erhalten und dadurch schartig werden. Nachschosser führen zu ungleichmäßiger Blütezeit und zu uneinheitlich ausgereiften Körnern. ROEMER (1939) hält einen Roggen, der sich bei später Aussaat noch ausreichend bestockt bzw. mangelhafte Herbstbestockung im Frühjahr rasch nachholt, im Hinblick auf die Stellung in der Fruchtfolge nach Spätkartoffeln für wesentlich. Einen Einfluß des Plasmas bei der Vererbung der Halmzahl fand NÜRNBERG-KRÜGER (1951). Die tetraploiden Kulturroggen bestocken sich im allgemeinen schwächer als ihre diploiden Ausgangsformen (MÜNTZING 1951 a, ROGNER 1953 a, b, SCHILDT und ÅKERBERG 1951).

Der Halmertrag ist abhängig von Kornbesatz, Korngröße (1000 Korngewicht), Korndichte (Zahl der Körner auf 10 cm Ährenlänge), Kornform und Kornausfall.

Der Kornbesatz hat für die Roggenzüchtung größte Bedeutung. Es wird unterschieden zwischen a) Besatz an der Spitze und Basis der Ähre und b) Schartigkeit. Sterilität der Ährchen an der Spitze und Basis kann modifikativ durch Ährenzwang beim Schieben aus der Blattscheide, durch Frost und Thrips entstehen oder genetisch bedingt sein. Die Schartigkeit=Lücken in den Kornreihen einer Ähre (vgl. S. 38), wurde schon durch v. LOCHOW als erblich erkannt und durch Züchtung weitgehend beseitigt (ROEMER 1939). MÜNTZING (1946 b) weist an Hand von Korrelationen zwischen Mutterpflanzen und ihren Nachkommenschaften nach, daß auch die bei hochentwickelten Zuchtsorten noch vorhandene Sterilität z. T. genisch bedingt ist (BORISENKO 1940), z. T. auf Chromosomenaberrationen beruht (MÜNTZING und PRAKKE 1941), (vgl. S. 38 und 74). Chromosomenaberrationen und Sterilitätsgene machen eine ständige Auslese notwendig, um dem Abbau des Roggens vorzubeugen. Besondere Beachtung verdient die Schartigkeit beim Tetraroggen, da sie hier noch wesentlich höher liegt als bei den diploiden Roggensorten (BREMER-REINDERS und BREMER 1952, BREMER und BREMER-REINDERS 1954, MÜNTZING 1951 a, PLARRE 1954, SCHILDT und ÅKERBERG 1951 u. a.).

Die Korngröße (1000 Korngewicht), stark an der Ertragsbildung beteiligt (ROEMER 1939), ist durch Auslese rel. leicht zu beeinflussen. Ein voll ausgebildetes 2n-Roggenkorn ist etwa 7 bis 10 mm lang und 2,5 bis 3,5 mm dick. FRIMMEL und BARANEK (1935) konnten aus einer Landsorte die Korngröße um 12% steigern. Starke Differenzierung fanden auch OSSENT (1938) und v. MENGERSSEN (1950) in Inzuchtlinien. Ähnliches stellte BORISENKO (1940) beim Vergleich von Einzelpflanzen-Nachkommenschaften fest. Starke Schartigkeit der Ähre begünstigt die Entwicklung großer Körner (ELLERSTRÖM und HAGBERG 1954), dementsprechend findet FREITAS, daß hohe Fertilität (1946) negativ mit dem Korngewicht korreliert ist, so daß Auslese auf große Körner ohne Berücksichtigung der Schartigkeit zu mangelhaftem Kornbesatz führen kann (AUFHAMMER 1953, FRIMMEL und BARANEK 1935, ROEMER 1939). POPOFF (1939, 1940) fand im Gegensatz dazu, daß der Aufwuchs aus großen Körnern eines zur partiellen Sterilität neigenden Roggens nicht stärker degenerierte als aus kleinen Körnern. Zu ähnlichen Ergebnissen kam BOGOMOLOV (1951 a, b). Durch besondere Korngröße zeichnen sich die tetraploiden Roggensorten aus, deren 1000 Korngewicht um 40 bis 50% erhöht ist (BLEIER

1950, MÜNTZING 1951 a, SCHILDT und ÅKERBERG 1951, PLARRE 1954 u. a.). Das Hektolitergewicht der tetraploiden großkörnigen Sorten ist wegen des höheren Luftvolumens zwischen den Körnern um 3 bis 4 kg niedriger als beim diploiden Roggen (PELSHENKE 1953, SCHÄFER 1954).

Die Korndichte ist negativ korreliert mit der Korngröße (FREITAS 1946, ROEMER 1939), da zu dichte Kornstellung die Kornentwicklung behindert. Auslese auf Korngröße führt nach Versuchen von FRIMMEL und BARANEK (1935) zu einer Auflockerung der Ähren (vgl. S. 42). Die erbliche Veranlagung der Korndichte wies auch v. MENGERSEN (1950) an Inzuchtlinien nach.

Eng mit der Korndichte verknüpft ist die Kornform, die etwa im gleichen Maße variiert wie beim Weizen (FRIMMEL und BARANEK 1935). KIFFMANN (1953) versucht, für die deutschen Roggensorten ein System aufzustellen, welches u. a. weitgehend auf Form und Farbe der Körner aufgebaut ist. Lange, schmale Körner verursachen ein niedriges hl-Gewicht und werden beim Dreschen leicht zerschlagen. Extreme Kurzkörnigkeit beeinflusst das Korn: Stroh-Verhältnis ungünstig, während kugelförmige Körner die Spelzen zu weit spreizen und zum Ausfallen neigen. Relativ kurze plumpe Körner mit glatter Kornoberfläche bedingen nach LJUNG (1948) hohes hl-Gewicht. Als Zuchtziel wird ein bauchiges, plumpes Korn angestrebt. Dies läßt sich wahrscheinlich durch Einkreuzung mit breitkörnigen asiatischen Formen erreichen. Aber auch aus mitteleuropäischem Material lassen sich durch Inzucht (v. MENGERSEN 1950) und Individualauslese mannigfaltige Kornformen isolieren.

Der Kornausfall ist — besonders im Mähdruschverfahren — ein wesentlicher Faktor des Halmertrages (JUNG 1934). Besonders hoch sind die Verluste in lockeren Ähren mit gespreizten Spelzen (Landsorten), doch ist auch der Ausfall bei den heutigen Hochzuchten mit dichten Ähren noch erheblich (ROEMER 1949). Zur Erzielung von Sorten mit festem Spelzenschluß scheinen als Kreuzungseltern die „*clausopaleatum*-Formen“ Asiens, bei welchen die Spelzen das Korn eng umschließen, nützlich (ROEMER 1939). Zu fester Spelzenschluß wirkt allerdings auswuchsfördernd (LJUNG 1946) und kann u. U. das Dreschen erschweren. PLARRE (1954) konnte zeigen, daß der festere Kornsitze des tetraploiden Roggens a) auf der kräftigeren Ausbildung des Fruchtstieles, b) auf der im Verhältnis zum Korn relativ großen Fläche der Deckspelze beruht, (vgl. S. 43), wodurch eine bessere Umhüllung des Kornes verursacht wird.

Die Ährenform ist nach FRIMMEL und BARANEK (1935) nicht als Leistungseigenschaft, sondern als Erkennungsmerkmal für die Sortenbestimmung zu werten. Ihre erbliche Variabilität ist mannigfaltig. Extreme Fisch- und *Compactum*-Formen sind unerwünscht, da die Entwicklung der Körner durch zu dichte Stellung gehemmt ist (ROEMER 1939). Zuchtziel ist lange Parallel- bis Fischform mit gleichmäßigem Ährchenabstand. Herabhängen der reifen Ähre deutet auf schwachen Halm und kann durch Abknicken der Ähre zu Verlusten führen. Völliges Aufrechtstehen deutet auf zu dichte, kurze Ähre hin. Letzteres fördert *Fusarium*-befall und Auswuchs (LJUNG 1946), da aufrechte, dichte Ähren das Niederschlagswasser festhalten (vgl. S. 42). Am zweckmäßigsten ist die horizontale bis dachförmig geneigte Haltung der reifen Ähre. Die erbliche Veranlagung der Ährenlänge wurde von BORISENKO (1940) und v. MENGERSEN (1951) an Inzuchtmaterial bzw. Einzelpflanzen-Nachkommenschaften festgestellt. NÜRNBERG-KRÜGER (1951) fand auch bei der Vererbung der Ährenlänge und der Kornzahl pro Ähre eine Beeinflussung durch das Plasma. CZARNOCKA (1939) fand positive Korrelation zwischen Ähren- und Strohlänge, FREITAS (1946) zwischen Ährenlänge einerseits und Fertilität und Ertrag andererseits. HÄNSEL (1951) berichtet, daß die Ährchenzahl pro Ähre modifikativ wesentlich erhöht werden kann, wenn nach vollständiger Kältevernalisation Kurztagbedingungen bei Temperaturen herrschen,

die das Wachstum des Sproßmeristems gestatten. Unter derartigen Verhältnissen wird das Schossen zunächst noch verhindert, die Anlage weiterer Ährchen jedoch gefördert, so daß HÄNSEL bei Gewächshausversuchen in einem Zeitabschnitt von 5 Wochen für je eine Woche Kurztagbehandlung eine Zunahme um 2 bis 3 Ährchen je Ähre feststellen konnte. In Rußland studiert man in neuerer Zeit das Auftreten der als Abnormalität seit langem bekannten (JUNG 1927) verzweigten Ähren (MOLOTKOVSKI 1950). Das Merkmal ist erblich (SMAGIN 1940), aber leicht modifizierbar (Parallelvariation zu Weizen). VRESKY (1953) fand nach verstärkter Düngung eine Zunahme verzweigter Ähren. NIKITENKO (1951) beobachtete verstärktes Auftreten verzweigter Ähren bei anomal früh einsetzenden, hohen Frühjahrstemperaturen.

Die Ertragssicherheit ist u. a. vorwiegend durch Winter-, Stand- und Dürrefestigkeit bedingt (ROEMER 1939). Krankheitsresistenz spielt keine so große Rolle wie bei den anderen Getreidearten.

Die Winterfestigkeit beruht a) auf der Kältefestigkeit, b) Resistenz gegen Schneedruck und Fusarium-Arten, c) Frühjahrsfestigkeit = Resistenz gegen den Wechsel von Frost- und Tauwetter im Vorfrühling (ROEMER 1949).

Die Kältefestigkeit des Roggens reicht, abgesehen von ganz extremen Lagen, für deutsche und westeuropäische Verhältnisse aus, während für den russischen, nordskandinavischen und finnischen Roggenbau aus deutschen Zucht- oder heimischen Landsorten, direkt oder nach Kreuzung, kältefestere Stämme mit ausreichendem Ertrag selektiert wurden (vgl. LJUNG 1946, NILSSON 1940, OGNEV 1951, PESOLA 1948, 1951, 1953, ROEMER 1939, SALTYKOWSKY und SAPRYGINA 1939, SMIRNITSKAJA 1937, WALLER 1950 u. a.). Tiefe Lage des Vegetationskegels und flaches Herbstwachstum deuten allgemein auf Winterfestigkeit hin (ROEMER 1939). Auch in Kanada wird die Frage der Kältefestigkeit studiert (ANONYM 1953, WHITESIDE 1942). Zwischen den mitteleuropäischen rel. empfindlicheren und den extrem kältefesten Sorten Rußlands und Alaskas sind alle Zwischenstufen feststellbar (ROEMER 1939). ANDERSSON (1944) fand, daß die Kältefestigkeit eng korreliert ist mit hoher Assimilationsrate einerseits und geringer Atmungsintensität während des Winters andererseits. Ebenso hängt sie davon ab, wie weit das Wachstum während des Winters eingestellt wird.

Die Frühjahrsfestigkeit beruht anscheinend auf erblichen Unterschieden in der Dehnbarkeit der Wurzeln, die den Pflanzen gegenüber dem sogenannten Auffrieren des Bodens eine gewisse Resistenz verleiht. Sie wurde wiederholt beobachtet. BAC (1947) (vgl. ROEMER 1939, 1949) stellte diese Resistenz an drei finnischen Varietäten fest. Sie steht direkt mit der Frühjahrsfestigkeit in Beziehung. Auch die Sorte „Sangaste“ soll nach STRAND (1952) gegen Bodenfröste im Frühjahr resistent sein. In vielen Fällen weisen die Roggenfelder Winterschäden durch Befall mit *Typhula*, *Sclerotinia* und *Fusarium* (Schneesimmel) auf (EKSTRAND 1946a, b, ROEMER 1939, STRAND 1952). Aufrechte Stellung der Ähren begünstigt die Infektion der Körner. Die weitere Entwicklung des Parasiten wird durch nasse Erntewitterung gefördert. Lang andauernde Schneedecke auf der Wintersaat leistet der Bodeninfektion und der weiteren Entwicklung des Parasiten Vorschub. Resistente Sorten wären besonders wichtig für Schneelagen und solche Gebiete, in denen keine Saatgutbeizung erfolgt. Ihre Züchtung erscheint möglich, da zwischen Roggenklonen gelegentlich sehr deutliche Unterschiede im Auftreten des Schneesimmels beobachtet werden konnten. Nach EKSTRAND (1946c) sind finnische Varietäten gegen diese Parasiten resistenter als die schwedischen Roggensorten.

Eng verbunden mit der Kältefestigkeit ist die Dürrefestigkeit, die a) durch Frühreife, b) durch geringen Wasserbedarf bedingt sein kann. Frühreife Sorten nutzen die Winterfeuchtigkeit besser aus. Sie spielen nach ADAM (1954) im pannonischen

Klima Österreichs, wo im Juni/Juli mit extremer Hitze zu rechnen ist, eine besondere Rolle. Die Erbllichkeit der Frühreife ist schon vor langer Zeit in Ausleseversuchen erwiesen (ROEMER 1939) und auch von POPOFF (1941/42) für bulgarische Landsorten festgestellt worden. Bei hochartragreichen Kultursorten zeigt sich eine Tendenz zu späterer Reife. Der geringe Wasserbedarf verdient in den kontinentalen Gebieten vor allem bei leichten Böden Beachtung (KUZJMIN 1950, MALINOVSKAJA 1949, ROEMER 1939). Die anatolischen xerophilen Unkrautformen (SCHEIBE 1935) sind u. U. für die Schaffung dürreresistenter Sorten wertvoll.

Ein wesentlicher Faktor der Ertragssicherheit ist die Standfestigkeit (LJUNG 1948, NILSSON 1940, PESOLA 1951, 1953, ROEMER 1939, WAGNER 1942/45 u. a.). Ihre Verbesserung ist in allen Gebieten des Roggenbaus sehr wichtig, und ihre Bedeutung wird vor allem in regenreichen Gebieten oder auf feuchteren Böden im Hinblick auf steigenden Düngeraufwand (KOPETZ 1951), bei der Entwicklung künstlicher Beregnung und besonders bei steigender Mechanisierung der Landwirtschaft (Mähdrusch) noch stark ansteigen. Auch macht sich mancherorts die Tendenz bemerkbar, zwecks Gesunderhaltung der Böden den Roggen stärker in die Fruchtfolge der Weizen-Rüben-Flächen einzuschalten. Hier werden besonders standfeste Sorten bevorzugt. Die Standfestigkeit, durch wechselnde Bestandesdichte modifizierbar, hängt ab a) von der Länge und b) von der Festigkeit des Halmes. Die Halmlänge ist, wie die Züchtung verschiedener Kurzstrohroggen (Petkuser-, Carsten-, Königsroggen) beweist, erblich. Auch durch Inzucht lassen sich in der Strohlänge differenzierte Linien gewinnen (ROEMER 1949, MENGENSEN 1950). NÜRNBERG-KRÜGER (1951) fand u. a. plasmatische Vererbung der Halmlänge. LJUNG (1948) weist für die schwedischen Sorten Stahl- und Königsroggen die Beziehung Halmlänge : Standfestigkeit nach. Kurzer Halm allein gibt jedoch keine Gewähr für Standfestigkeit. Es treten häufig auch kurzhalme Pflanzen mit weichem Stroh auf, wie der frühere Binder-Roggen (ROEMER 1939) und Carstens-Roggen (MORGENROTH 1938). Häufig treten kurze Halme und schwache Bestockung (zu geringe Bestandesdichte) und zu enge Stellung der Ähren (Entwicklungshemmung der Körner) auf. Diese Korrelationen sind jedoch nicht fest und durch entsprechende Auslese zu brechen (ROEMER 1949). Es gibt auch standfeste Roggensorten mit langem Halm, wie Sagnitzer und veredelter Flämischer (ROEMER 1939). Auch der finnische Pekka-Roggen besitzt nach PESOLA (1943, 1953) hartes Stroh. Diese Formen zeichnen sich durch einen zähen, elastischen Halm aus, während die Kurzstrohroggen in der Regel einen dicken, sklerenchymreichen Halm besitzen (ROEMER 1939). Nach PESOLA (1951) erscheint es schwierig, extreme Winterfestigkeit mit Standfestigkeit zu kombinieren. Pflanzen mit sternförmig flach am Boden liegenden Bestockungsknoten sollen standfester sein als andere (ROEMER 1939). Unterschiede in der Standfestigkeit werden auch für die verschiedenen tetraploiden Roggensorten angegeben. Während sich nach WAGNER (1950), ROGNER (1953a, b), ROSS (1953) der tetraploide Petkuser durch erhöhte Standfestigkeit auszeichnet, bestehen nach MÜNTZING (1951a) zwischen diploidem und tetraploidem Strohroggen keine Unterschiede in der Standfestigkeit. BLEIER (1950) und PLARRE (1954) stellen auch bei 4n-Roggen Kurzstrohformen fest, aus denen zweifellos tetraploide Kurzstrohsorten ausgelesen werden können.

Erhebliche Ertragsausfälle können infolge direkter Ertragseinbuße oder infolge der Qualitätsminderung durch Auswuchs (vgl. S. 65) in feuchten Klimaten oder bei nasser Erntewitterung auftreten. Zur Beurteilung des Auswuchses ist nicht nur der sichtbare, sondern auch der sogenannte latente Auswuchs heranzuziehen, der sich an den vorhandenen Stärkespaltprodukten messen läßt (MOLIN 1931, 1934) (siehe auch S. 72). Die Auswuchsfestigkeit ist ein wichtiges Zuchtziel, dem in allen

Roggen anbauenden Ländern große Beachtung geschenkt wird (ÅKERMAN, 1938, LJUNG 1948, PELSHENKE 1942, POPOFF 1941a und b, ROEMER 1949). Dem Auswuchs soll in gewisser Weise die Züchtung frühreifer Sorten entgegenwirken, da deren Ernte weniger leicht in die feuchtere Witterung des Spätsommers fällt (ROEMER 1939, 1949). Die Auswuchsneigung ist abhängig von morphologischen Faktoren, wie Ährenhaltung und Ährendichte, aber auch von der Keimruhe bzw. Keimverzögerung des Kornes. H. A. LAUBE (unveröffentlicht) konnte für den tetraploiden Petkuser wahrscheinlich machen, daß die Keimverzögerung unmittelbar nach der Ernte stärker ist als bei der diploiden Ausgangsform. Dann aber nimmt die Keimfähigkeit schneller zu, so daß der tetraploide Roggen zunächst schwerer, einige Zeit nach der Ernte aber leichter auswächst als der diploide. Diese Ergebnisse wurden durch praktische Beobachtungen in dem nassen Jahr 1954 bestätigt. Nach SCHÄFER (1954) hat der in den letzten Jahren an die Mühlen gelieferte Tetraroggen infolge aktiverer Fermenttätigkeit mehr Auswuchskörner enthalten als der diploide Roggen, welches sich vielleicht durch die allgemein spätere Ernte des 4n-Roggens erklären läßt. Dagegen hat man in Holland bez. der Auswuchsfestigkeit gute Erfahrungen mit tetraploidem Roggen gemacht (FUCHS 1954, HINTZER und DE MIRANDA 1954a, b). POPOFF (1943) fand eine negative Korrelation zwischen Proteingehalt des Kornes und der Auswuchsneigung. Er vertritt die Ansicht, daß die geringe Auswuchsneigung der südlichen Roggenherkünfte mit dem dort gleichzeitig vorhandenen, höheren Proteingehalt zusammenhängt. Nach POPOFF (1941a, b, 1941/42, 1943) kann man auswuchsfesteres Ausgangsmaterial in kontinentalen Trockenlagen südlicherer Länder erwarten und nicht etwa in niederschlagsreichen Gebieten. In Bulgarien fand er deutliche Sortenunterschiede, aber auch innerhalb einzelner Sorten alle Übergänge von Auswuchsfestigkeit über Auswuchshemmung bis zum ungehinderten Auswuchs. Erbliche Unterschiede bez. der Auswuchsneigung sind aber auch in mitteleuropäischem Material vorhanden (vgl. S. 91). AUST und OSSENT (1941) und MENGENSEN (1950) isolierten Inzuchtlinien mit verringerter Auswuchsneigung aus dem Petkuser, welche die Ausgangspopulation in dieser Hinsicht übertrafen. ROEMER (1949) berichtet über auswuchsverzögerte Roggentypen, die durch Inzucht aus den Landsorten Emsroggen, Adlerroggen, Erzgebirgsroggen und aus Primitivformen Albaniens und Griechenlands erhalten wurden. LJUNG (1948) konnte zeigen, daß die schwedischen Sorten Stahl- und Königsroggen erhöhte Auswuchsfestigkeit aufweisen. Nachdem je 250 Ähren der Versuchssorten für 4 bis 5 Tage unter auswuchsfördernden Bedingungen gehalten waren, fand LJUNG bei:

Petkuser	16,8%	Auswuchs
Stahlroggen	11,5%	„
Königsroggen II	9,0%	„

Die Vererbung der Auswuchsverzögerung wird von ROEMER (1939, 1949) und POPOFF (1941) als rezessiv angenommen.

Die Züchtung auf Krankheitsresistenz tritt gegenüber den anderen Getreidearten weit zurück. Am größten sind die Schäden durch *Fusarium*-Arten, geringer jene durch *Puccinia*-Arten und *Erysiphe*. Die Korninfektion mit *Fusarium* findet, durch bestimmte Ährentypen (s. S. 59) besonders gefördert, auf dem Halm statt. Tiefe Juni-Temperaturen fördern die Entwicklung und führen im folgenden Jahr zu stärkeren Schäden (BRUNDZA 1943). Schon früher sind deutliche Unterschiede in der Befallsstärke mit *Fusarium*-Arten bei Zuchtstämmen beobachtet worden (ROEMER 1939). BRUNDZA (1943) stellte fest, daß die litauischen Landsorten gegen Schneeschimmel resistenter waren als importierte deutsche und schwedische Zuchtsorten. Auf die Bedeutung der Schneeschimmelresistenz weist auch PICHLER (1952) hin, der Resistenzprüfungen

durchführte. WAGNER (1945) konnte nachweisen, daß die Schneeschimmelfälligkeit des Petkuser Roggens weitgehend behoben wurde. Dies hat seinen Grund wohl darin, daß die Nachkommenschaften jährlich ungebeizt ausgesät und auf die Überwinterungsfähigkeit bei der Auslese besonderer Wert gelegt wurde (OEHLER 1950).

Die Erbllichkeit der Resistenz gegen *Puccinia dispersa* ERIKSS. (Blattrost) ist seit langem bekannt (ROEMER 1939). GARBINI (1950) erkannte die in Pergamino entwickelten Massaux-Hybridroggen als besonders resistent. In Florida (ANONYM 1951) wurden resistente Inzuchtlinien entwickelt. Von *Puccinia graminis secalis* (Schwarzrost) sind auch seit langem schon 14 verschiedene physiologische Rassen durch amerikanische Roggensorten unterschieden worden (MAINS 1926). Rostresistente Formen finden sich auch bei *Sec. montanum* und Primitivformen aus den Abruzzen (ANONYM 1953). CZARNOCKA (1939) berichtet über Resistenz gegen Schwarzrost bei der polnischen Sorte „Early Pulawy“, die durch Auslese aus einer Landsorte entstand. Auch gegen *P. graminis* resistente I-Linien wurden in Florida selektiert. WATERHOUSE (1953) konnte die Rostresistenz des Roggens durch Kreuzung mit Weizen auf den allerdings stark sterilen Gattungsbastard übertragen. Die erbliche Veranlagung der Resistenz gegen Mehltau (*Erysiphe graminis secalis* (MARCHAL) ist bekannt (ROEMER 1939). Durch Inzucht sind resistente Linien zu erhalten (ANONYM 1951). Im Bericht der Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Zürich-Örlikon (Schweiz) (1949) wird festgestellt, daß die schweizerische Sorte „Rothenbrunnen“ gegen Schwarzrost resistenter sei als Petkuser bzw. ebenfalls dort geprüfte finnische Sorten. Die Resistenz gegen die drei genannten Krankheiten wird dominant und unabhängig voneinander vererbt (ROEMER 1939).

GASSNER und NIEMANN (1954 a, b) und WARMBRUNN (1952) stellten Infektionsversuche mit Steinbrand bei Roggen an, der, im östlichen Europa und in der Türkei vorkommend, seit langem bekannt ist. Die systematische Stellung des Roggensteinbrandes ist noch nicht klar. Es erhebt sich jedoch die Frage, ob bei der physiologischen und biologischen Ähnlichkeit des Weizen- und Roggensteinbrandes für die letztere Form eine gleiche Ausbreitung in Deutschland zu befürchten ist wie beim Zwergsteinbrand des Weizens. Über das Resistenzverhalten der Roggensorten ist einstweilen nichts bekannt.

Die Resistenz gegen *Claviceps purpurea* (Mutterkorn) ist nicht untersucht worden, da nennenswerte Ertragsausfälle durch Mutterkorn nicht entstehen und die Infektion durch tiefes Pflügen und moderne Saatreinigung stark eingeschränkt werden kann. Mutterkorn entwickelt sich besonders leicht auf unbefruchteten (Randpflanzen) oder sterilen Blüten, die lange Zeit spreizen (MOTHES und SILBER 1952, 1954). Alle Witterungs- und Kultureinflüsse sowie Sorteneigenschaften, welche die Öffnungszeiten der Blüten im Bestande fördern, erhöhen den Befall mit Mutterkorn (GÄUMANN 1946). Alkaloidgehalt und Gewicht des Mutterkornes sind nach DEUFEL (1952 a, b) auf tetraploidem Roggen höher als auf diploidem. Deshalb wird der 4n-Roggen mancherorts (Schweiz) auch zur Gewinnung von Mutterkorn angebaut. Nach SCHÄFER (1954) erreichen die Sklerotien auf tetraploidem Roggen etwa die Größe der Roggenkörner, so daß die Reinigung durch Absieben erschwert wird. HERRMANN (1955) hält die Entfernung des Mutterkornes durch Wind aber für technisch durchaus möglich.

*Urocystis oculata* (Stengelbrand des Roggens) ist, da durch Beizung leicht bekämpfbar, züchterisch bedeutungslos.

In manchen Gebieten am Niederrhein, in Schleswig-Holstein, Belgien, Dänemark, England, Frankreich, Norwegen, Tschechoslowakei, USSR (GOFFART 1951) und in Holland (DEWEZ 1940, SEINHORST 1945, 1950) treten z. T. erhebliche Schädigungen durch *Ditylenchus dipsaci* KÜHN, das Stockälchen, auf. Resistente bzw. tolerante Formen wurden im Pulderroggen, im niederrheinischen Landroggen (KOTTHOFF 1942) bzw.

im Ottersumer Landroggen (SEINHORST 1945, VAN DEM BRANDE und VAN ONSEM 1947) gefunden. Diese Sorten bringen aber bei geringem Befall wegen ihrer ausgesprochenen Landsorteneigenschaften keine höheren Erträge als Petkuser. In Holland wird deshalb seit einiger Zeit versucht, aus Kreuzungen Ottersumer  $\times$  Petkuser resistente und ertragreiche Sorten auszulesen. Die Vererbung der Älchenresistenz ist dominant (WELLENSIEK 1945, 1947).

Resistenz gegen *Aphiden* wird schließlich noch von WILLIAMSON und BALLARI (1950) für Pico-Roggen und von PARODI (1950) für Manfredi-Roggen angegeben.

Seitens der verarbeitenden Gewerbe werden bez. Kornfarbe und -qualität bestimmte Forderungen an die Roggenzuchtsorten gestellt. Sie decken sich z. T. (z. B. bei den müllereitechnischen Qualitätsforderungen) mit denen des Weizens, z. T. sind sie aber besonders dort, wo der Roggen auch als Futtergetreide Verwertung findet, ganz anderer Natur (NEUMANN und PELSHEKKE 1954, PELSHEKKE 1942, 1943, 1950, TORNOW 1950 hier zusammenfassende Darstellung).

Die Forderungen erstrecken sich nach PELSHEKKE (1943) auf:

- |                              |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1. Müllereitechnische        | 2. Backtechnische Eigenschaften |
| a) allgemeine Kornausbildung | a) Eiweißgehalt                 |
| b) Schalenanteil             | b) Stärkeeigenschaften          |
| c) Farbe der Schale          | c) Lösliche Kohlehydrate        |
| d) Farbe des Endosperms      | d) Schleimstoffe                |
| e) Auswuchsfestigkeit        | e) Wirkstoffe                   |
| f) Krankheiten               |                                 |

Unter allgemeiner Kornausbildung versteht man Korngewicht, -volumen, -form, -struktur und spezifisches Gewicht. All diese Eigenschaften lassen sich leicht bestimmen. Obwohl diese äußeren Merkmale für den Verarbeitungswert nur eine beschränkte Bedeutung haben (PELSHEKKE 1943), werden sie heute noch zur Bewertung des Getreides herangezogen. Deshalb dürfen sie in der Züchtung noch nicht vernachlässigt werden. Zwar wird das hl-Gewicht modifikativ durch rasche Reife, hohen Wassergehalt, Besatz mit kleinem Korn usw. leicht beeinflußt, doch lassen sich hier durch Auslese auf bauchige Kornform, glatte Kornoberfläche und schließlich auf die bei Roggen weniger augenfällige Glasigkeit (NEUMANN-PELSHEKKE 1954, SCHEIBE 1935) züchterische Erfolge erzielen, welche die Erbllichkeit dieser Eigenschaften beweisen. Die Glasigkeit (vgl. S. 37), bedingt durch dichte Stärkelagerung im Plasma und feste Verkittung der Stärkekörner, deutet auf hohes spezifisches bzw. Volumengewicht hin. Das um etwa 4 kg niedrigere hl-Gewicht des 4n-Roggens beruht auf dessen rauherer Kornoberfläche und dem stark vergrößerten Korn. Eine Beziehung zwischen Korngröße und Backfähigkeit besteht nach NEUMANN-PELSHEKKE (1954) nicht.

Der Verminderung des Schalenanteils durch Züchtung feinschaliger Sorten steht ROEMER (1939) skeptisch gegenüber, da feinschaliger Roggen mehr zum Auswuchs neigt. Die Farbe der Schale (vgl. S. 49), ein Kompromißmerkmal aus der Farbe des Perikarps und der damit verwachsenen Testa (SCHIEMANN 1948), soll möglichst hell sein. Dunkle Schalenfarbe führt sehr leicht zu dunklerem Mehl, wenn es nicht gelingt, beim Mahlen die Schale sauber vom Endosperm zu trennen.

Die Farbe des Endosperms verursacht bei den grünkörnigen Roggen, da diese dunkelgefärbte anthozyanhaltige Aleuronzellen besitzen, ein dunkleres Mehl. Die grüne Kornfarbe ist ein Kompromißmerkmal zwischen der gelben Schale und dem durch diese hindurchscheinenden blauen Anthozyan. Nach NEUMANN-PELSHEKKE (1954) sollen die Sorten mit dunkleren Kornfarben höheren Eiweißgehalt besitzen.

Die erbliche Veranlagung der Kornfarbe ist seit langem durch Ausleseversuche nachgewiesen (ROEMER 1939) (vgl. S. 92). Nach DUMON (1947) wird die Kornfarbe grün/gelb nicht wie bisher angenommen monogen, sondern digen durch einen die Aleuronschicht ausfärbenden Hauptfaktor und einen Modifikationsfaktor beeinflusst.

Vom Standpunkt der Qualitätszüchtung kommt der Auswuchsfestigkeit (vgl. S. 61) besondere Bedeutung zu, da nach PELSSENKE (1942, 1949) einerseits die meisten (80%) der Beanstandungen von Roggenmehl auf Auswuchsschäden beruhen und andererseits die Auswuchsschäden bei Roggen in backtechnischer Hinsicht sich wesentlich ungünstiger als bei Weizen auswirken. In Mehlen aus auswuchshaltigem Roggen ist die Stärke enzymatisch bereits weitgehend abgebaut. Sie haben eine geringe Wasseraufnahmefähigkeit und infolgedessen auch eine geringe Teig- und Brotausbeute. Die Teige werden schmierig, laufen auseinander und haben geringe Lockerungsfähigkeit. Die fertigen Brote haben schlechte Form, unzureichende Wölbung, häufig feuchte Krume, Wasserstreifen und abgebackene Oberkruste (Raum zwischen Kruste und Brotkern). (Abb. 22 obere Reihe.)

Bez. Variabilität und Vererbung der Auswuchsfestigkeit und Krankheitsresistenz siehe S. 61 ff.

Die Backfähigkeit wird beim Roggen weniger durch Eiweiß als durch Stärkegehalt und die Verkleisterung der Stärke bedingt. Bez. der backtechnischen Qualitätsmerkmale beim Roggen verdanken wir die ersten grundlegenden Untersuchungen PELSSENKE (1942) (vgl. auch TORNOW 1950 und NEUMANN-PELSSENKE 1954).

Der Eiweißqualität des Roggens kommt keine direkte backtechnische Bedeutung zu. Der Eiweißgehalt jedoch steht zu der backtechnisch sehr wichtigen Teig- und Brotausbeute in verhältnismäßig enger Korrelation.

PELSSENKE (1942) fand bei 11 deutschen Roggensorten eine Schwankung im Eiweißgehalt zwischen 8,4 und 12,1% und zwischen 30 Anbau-Orten eine solche zwischen 7,7 und 10,9%. Er schließt daraus, daß der durch die Umwelt bedingte Schwankungsbereich geringer ist als der Schwankungsbereich bei den Sorten. WAGNER (1945) fand bei einem Vergleich von 7 Schweizer Roggensorten und Petkuser Eiweißgehalte von 9,9 bis 11,5% und SCHULERUD (1939) solche von 7,7 bis 12,9% bei sechs verschiedenen ausländischen Sorten. MÜNTZING (1951a) gibt für tetraploiden Stahlroggen 11,2% Eiweiß und für den diploiden 10,8% an. Dies entspricht in etwa den Werten von 10,5% für diploiden und 11,7% für tetraploiden Petkuser Roggen, die PELSSENKE (1953) fand (vgl. hierzu NEUMANN-PELSSENKE 1954). Auch SCHÄFER (1954) gibt für Tetraroggen einen um 1% gesteigerten Eiweißgehalt gegenüber dem diploiden Roggen an, während PLARRE (1954) in Tetraroggen 2 bis 3% mehr Eiweiß findet. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch HINTZER und DE MIRANDA (1954a, b). AUST und OSSENT (1941) fanden I-Linien mit Eiweißgehalten von 7 bis 26,1%, und POPOFF (1941/42) berichtet über bulgarische Herkünfte, welche im Eiweißgehalt deutlich über den mitteleuropäischen Sorten liegen. Hieraus geht hervor, daß der Eiweißgehalt erblich und damit züchterisch beeinflussbar ist. PELSSENKE (1942) stellte bei Roggen folgende Grenzzahlen für den Eiweißgehalt fest:

< 9,0%	eiweißarm
9,0%—11,0%	mittlerer Eiweißgehalt
> 11,0%	eiweißreich

Im Laufe der Zeit scheint der durchschnittliche Eiweißgehalt der deutschen Roggensorten von 9,8 auf 10,5% gestiegen zu sein (PELSSENKE 1953). Dies kann z. T. auf erhöhte Stickstoffdüngung zurückgeführt werden. Indirekt läßt sich der Eiweißgehalt züchterisch evtl. auch über bessere Standfestigkeit und die dadurch ermöglichte höhere Stickstoffdüngung verbessern.

Wegen der fehlenden Kleberbildung (NEUMANN-PELSSENKE 1954) werden an die Stärkeigenschaften des Roggens große Anforderungen gestellt. Dies besonders, nachdem RÖTSCH (1953) nachweisen konnte, daß die Krumbildung zentral von der Zustandsform der Stärke abhängig ist. Es gelang, eiweißfreies Gebäck aus reiner Stärke herzustellen. Die Lockerung des Roggenteiges geschieht zum großen Teil im Backofen, während Weizenteig bereits weitgehend vor dem eigentlichen Backprozeß gelockert wird. Die relativ leicht angreifbare Roggenstärke und niedrige Verkleisterungstemperatur bedingen beim Abbacken rasch die Bildung eines viskosen Kleisters, der durch Gärgase und Wasserdampf gelockert wird (PELSSENKE 1942). Liegt die Ver-

kleisterungstemperatur — die für die Enzymtätigkeit notwendige Temperatur — niedrig, dann wird sie im Backofen frühzeitig erreicht, und die Qualität des Brotes wird besser, da bis zur Einstellung der Enzymwirkung bei etwa 70° C für die Lockerung des Teiges entsprechend längere Zeit zur Verfügung steht. Auf Grund dessen wird für die Stärkeverkleisterung eine möglichst weite Temperaturspanne zwischen 55° und 72° gefordert (vgl. auch NEUMANN-PELSHENKE 1954). Ebenso wichtig für die Beurteilung ist der Viskositätsgrad der Roggenmehle, der überwiegend durch die Stärke bedingt ist. Die Viskosität wird mit dem von BRABENDER (1937 a, b) entwickelten Amylographen gemessen und in „Amylogrammeinheiten“ (AE) angegeben (vgl. S. 70ff.). Die beste Brotqualität wird nach PELSHEKKE (1942) bei einer Amylogrammhöhe von 400 bis 700 Einheiten erzielt.

PELSHENKE (1942) stellte für 11 untersuchte deutsche Sorten einen an der untersten Grenze der Forderung liegenden Mittelwert von 400 Einheiten fest. Sowohl Verkleisterungstemperatur als auch Amylogrammhöhe sind stark modifizierbar. Vor allem Auswuchs wirkt sich infolge erhöhter Enzymtätigkeit im Korn besonders nachteilig aus. Für den Beginn der Verkleisterung fand PELSHEKKE bei den untersuchten Sorten Schwankungen von 50,5 bis 57,7° C und für Optimaltemperaturen von 66,0 bis 76,6° C. Die Amylogrammhöhe schwankte bei den untersuchten Sorten zwischen 345 und 545 Einheiten. Auf Grund der Sortenschwankungen schließt PELSHEKKE auf erblich bedingte Unterschiede in den Stärkeeigenschaften.

Auch AUST und OSSENT (1941) fanden für verschiedene Inzuchtlinien Amylogrammhöhen von 450 bis 900 Einheiten. HINTZER (1946) beobachtete u. a. Unterschiede in der Amylogrammhöhe zwischen Roggenklonen. Diese Befunde lassen auf erbliche Unterschiede und entsprechende Auslesemöglichkeiten schließen.

Die lange Gärführung, die beim Verbacken des Roggenmehles angewandt wird, verlangt einen hohen Gehalt an gärfähigem Zucker. Der Rohmaltosegehalt, der meist für die Bestimmung der vergärbaren Zucker herangezogen wird, soll 2,5 bis 3,0% betragen. Er ist modifizierbar und wird ebenfalls durch Auswuchs beeinflusst (mehr als 3% Rohmaltose deuten allgemein auf Auswuchs hin). PELSHEKKE (1942) fand bei deutschen Sorten einen Durchschnitt von 2,48%. Der Züchter wird dem Glukosegehalt mehr Wert beimessen als dem Maltosegehalt, da ersterer in stärkerem Maße erblich bedingt und weniger modifizierbar ist (vgl. NEUMANN-PELSHENKE 1954).

Besondere Bedeutung für den Backprozeß kommt den außerordentlich quellfähigen Schleimstoffen (ROTSCH 1941) zu, welche wesentlich als Wasserregulativ beim Backprozeß wirken (siehe auch NEUMANN-PELSHENKE 1954). Wie weit dieses Merkmal erblich ist, ist noch nicht geklärt, da dem Züchter keine ausreichende Schnellmethode für die quantitative Bestimmung der Schleimstoffe zur Verfügung steht.

Den Wirkstoffen kommt in der Qualitätszüchtung bis heute noch keine Bedeutung zu. Bezogen auf Frischgewicht hatte diploider, bezogen auf Trockensubstanz tetraploider Rosenroggen einen höheren Ascorbinsäuregehalt (NOGGLE 1947, 1948).

PELSHENKE (1942) machte Backversuche mit Roggensorten und fand keine deutlichen Unterschiede. Seitens der Qualitätsforschung werden Roggenmehle gefordert, die sich allein mit Hefe verbacken lassen. Möglicherweise werden sich nach wirksamer Bestäubungslenkung auch Unterschiede in der Backfähigkeit beim Roggen aufdecken lassen (vgl. S. 72). HINTZER und DE MIRANDA (1954) fanden bei tetraploidem Roggen bessere Backqualität als bei diploidem.

Gegenüber dem Winterroggen hat Sommerroggen geringere Bedeutung. Er spielt eine Rolle in Klimaten, wo entweder Winterroggen leicht auswintert (Hochgebirge, Nord-Skandinavien, Rußland) oder wo die frühere Blüte des Winterroggens durch Spätfröste gefährdet ist (Moore, exponierte Berglagen). In neuerer Zeit hat die Bedeutung des Sommerroggens im Gemengeanbau zugenommen. Die Auslese von Sommer-

formen aus dem Winterroggen ist wiederholt durchgeführt worden (ROEMER 1939). Der Übergang von der Winter- zur Sommerform ist fließend. Dies zeigte sich wiederholt bei Frühjahrssaat und darauffolgender Klonung von Winterroggen. Hier treten vollständig geschoßte Sommerformen neben schwach schossenden Übergangs- und echten, während des Sommers nicht schossenden Winterformen auf. MENGERSEN (1950) fand in Inzuchtmaterial Pflanzen, die überhaupt nicht schoßten. Die Sommerform wird dominant vererbt (PURVIS 1939, ROEMER 1939). PURVIS findet, daß eine klare 3 : 1, Spaltung in  $F_2$  durch evtl. die photoperiodischen Ansprüche modifizierende Gene verhindert wird. Auch tetraploider Sommerroggen ist wiederholt hergestellt worden (BRESLAVETZ 1940, v. SENGBUSCH 1941).

Die Züchtung von perennierendem Körnerroggen ist durch Einkreuzung von perennierenden Wildformen möglich (OSSENT 1938), hat aber nur bei extensiver Wirtschaftsweise Bedeutung. In Rußland wird diese Frage intensiv bearbeitet (ROEMER 1939).

Eine immer größere Bedeutung erhält der Grünfutterroggen (CAESAR 1954, hier weitere Literatur) wegen seiner Sicherheit als Winterzwischenfrucht und wegen seiner zeitigen Ernte im Frühjahr, welche noch die Bestellung einer nachfolgenden Hauptfrucht gestattet. Grünfutterroggen wird beim Spitzen der Grannen geschnitten (vgl. S. 93). Je rascher die Entwicklung, desto früher die Ernte und desto sicherer die Erfolgsaussichten für die nachfolgende Kultur. Er bringt besonders bei reichlicher N-Düngung hohe Erträge und eignet sich als Grünfutter (BRÜNNER 1954, FENSE 1954) und für die künstliche Trocknung (KÜNNEMANN 1954, WACKER und v. D. MOSEL 1954) wie für Silagebereitung (KÜNNEMANN 1954) und zur Heugewinnung (ATKINSON 1952, BRIGGILER 1950, ROEMER 1939). Die Auslese des „Liho-Futterroggens“, der sich durch relativ hohe Erträge bei frühzeitiger Entwicklung auszeichnet, beweist, daß diese Eigenschaften erblich und züchterisch beeinflussbar sind. Besonders hohe Grünmasseerträge liefert der Petkuser Normalroggen (FENSE 1954). Waldstauden- und Johannisroggen befriedigen nach KÜNNEMANN (1954) nicht, während CAESAR (1951) bei einem Vergleich zwischen Heßdorfer Johannisroggen und Rübsen zu durchaus befriedigenden Ergebnissen mit Johannisroggen kam. Aussichtsreich erscheint die Entwicklung tetraploider Futterroggen, da diese in ihren vegetativen Teilen außerordentlich üppig sind (BLEIER 1950). Für den Gemengebau mit Zottelwicke hält BERKNER (1940) nicht zu früh schossende Roggensorten für günstig, so daß hierfür der Tetraroggen besonders wertvoll zu sein scheint.

Auch perennierender Futterroggen kann durch Auslese aus perennierenden Wildformen, die sich als Weidegras eignen (NEEL 1944, ANONYM 1947, VARLAMOV und ZMANENSKY 1951), erzielt werden. Die Schmalblättrigkeit der meist stark bestockten perennierenden Formen läßt sich durch Einkreuzen in Kulturformen verbessern. Aus derartigen Kreuzungen spalten auch breitblättrige, perennierende Typen heraus (vgl. S. 39). Es gibt unter den perennierenden Roggen auch dürrefeste Formen, die für Trockengebiete und Sandböden geeignet sein dürften (ROEMER 1939). Dem perennierenden Futterroggen kann starker Rostbefall gefährlich werden. Resistente Formen sind in verschiedenen Herkünften, z. B. beim Abruzzenroggen und bei *Sec. montanum*, vorhanden (vgl. S. 63).

Die Züchtung eines grannenlosen bzw. eines weich- oder glattgrannigen Roggens wird von ROEMER (1939) für wertvoll gehalten und ist auf Grund des Gesetzes der Parallelvariationen auch als erreichbar anzusehen. Grannenlose Pflanzen treten gelegentlich in Inzuchtmaterial auf.

Die Vererbungsverhältnisse der einzelnen Eigenschaften sind beim Roggen wegen der Allogamie weit weniger bekannt und schwerer zu erforschen als bei den Selbstbefruchtern oder solchen Fremdbefruchtern, bei denen die Bestäubung leichter lenkbar ist. Soweit der Erbgang einzelner Eigenschaften erkannt wurde, zeigt sich weitgehende Parallelität mit der Vererbung der entsprechenden Merkmale bei Weizen und Gerste. Nach ROEMER (1939) kann folgende Übersicht der Vererbung der einzelnen Eigenschaften gegeben werden:

Monohybride Vererbung (3:1-Spaltung) ist nachgewiesen für:

	Dominant	Rezessiv	Zuerst von:	
Kornfarbe	grün	gelb	v. RÜMKER	1911
Kornfarbe	schwarz	gelb	STEGLICH-PIEPER	1922
Koleoptilenfarbe	rot	grün	TREBOUX	1925
Keimlingsfarbe	grün	weiß	NILSSON-EHLE	1913
„	grün	grün-weiß	BREWBAKER	1926
„	grün	aurea-gestreift	„	1926
Blätter	mit Wachsbezug	ohne Wachsbezug	HERIBERT-NILSSON	1917
Ligula	mit	ohne	KRASNJUK	1936
Halm	behaart	unbehaart	TSCHERMAK	1906
„	normal	brüchig	BREWBAKER	1926
Ährenspindel	brüchig	zäh	TSCHERMAK	1906
Spelzen	grün	weiß	SIRKS	1929
Spelzenfarbe	braun	gelb	BERKNER u. MEYER	1927
Selbstfertilität	selbststeril	selbstfertil	HERIBERT-NILSSON	1916
„	selbstfertil	selbststeril	PETERSON	1934
Kornbesatz	normal	lückig	PAMMER	1905
Reifezeit	früh	spät	TSCHERMAK	1906
Entwicklungstyp	Sommertyp	Wintertyp	TSCHERMAK	1906
Meiosis	Synapsis	Asynapsis	PRAKKEN	1943

Dihybride Vererbung ist nachgewiesen für:

Kornfarbe	AABB grün	AAbb } aaBB } aabb }	gelb	DUMON	1947
Keimlingsfarbe	Cl <sub>1</sub> Cl <sub>1</sub> Cl <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	Cl <sub>1</sub> Cl <sub>1</sub> cl <sub>2</sub> cl <sub>2</sub> } cl <sub>1</sub> cl <sub>1</sub> Cl <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> } typica } cl <sub>1</sub> cl <sub>1</sub> cl <sub>2</sub> cl <sub>2</sub> } weiß	gelb	DUMON	1947

Intermediäre Merkmalsausbildung in F<sub>1</sub> bzw. komplizierte F<sub>2</sub>-Spaltung wurde beobachtet (dominierendes bzw. prävalierendes Merkmal zuerst genannt):

Halm	lang	kurz	TSCHERMAK	1906
Korn	lang	kurz	„	„
Ähre	lang	kurz	„	„
„	breit	schmal	„	„
„	dicht	locker	„	„
„	nickend	aufrecht	„	„

	Dominant	Rezessiv	Zuerst von:	
Koleoptilenfarbe	rot	grün	DUMON	1947
Blätter	mit Wachsbezug	ohne Wachsbezug	DUMON	1947
Entwicklungstyp	Sommertyp	Wintertyp	PURVIS	1939
„	perennierend	1jährig	TSCHERMAK	1906
Verhalten gegen <i>Erysiphe graminis</i>	resistent	anfällig	MAINS	1926
Verhalten gegen <i>Puccinia dispersa</i>	hoch-resistent	anfällig	„	„
Verhalten gegen <i>Puccinia graminis</i>	hoch-resistent	anfällig	„	„
Verhalten gegen Stockälchen	resistent	anfällig	WELLENSIEK	1945

Rezessive Vererbung kann für glatte Granne und Auswuchsverzögerung vermutet werden.

Gekoppelt ist Färbung der Halmblattknoten mit der Anthozyan-Färbung der Koleoptilen.

Nicht mendelnde Vererbung bzw. plasmatischer Einfluß wurde beobachtet für:

Blätter	<i>variegata</i> -Formen	<i>aureostriata</i>	WAGNER	1942
		<i>variabilis</i>	"	"
		<i>aurescens</i>	"	"
Halm	Zahl		NÜRNBERG-KRÜGER	1951
	Länge		"	"
Ähren	Länge		"	"
	Kornzahl		"	"
Winterfestigkeit			"	1954

## B. Spezielle Prüfungsmethoden

Die Prüfungsmethoden für Resistenz gegen Klimaeinflüsse sowie gegen Krankheiten und Schädlinge und die Methodik zur Prüfung der Qualität weisen für Roggen relativ wenig Spezielles auf, weshalb in den meisten Fällen auf die entsprechenden Abschnitte bei den anderen Getreidearten verwiesen sei.

### 1. Resistenz gegen klimatische Faktoren

Die Prüfung der Kältefestigkeit läßt sich in geeigneten Lagen im Freiland durch Bonitierung oder durch direkte und indirekte laboratoriumsmäßige Prüfung im Gefrierversuch oder durch physikalisch-chemische Untersuchungen (Zuckerbestimmung, Gefrierpunktserniedrigung im Zellsaft u. a.) ermitteln.

AUFHAMMER (1954) und HOESER (1954) berichten über eine mit Weizen in Weihenstephan entwickelte Methode in frei über dem Boden stehenden, schneefrei gehaltenen Auswinterungskästen, deren Ergebnisse gute Übereinstimmung mit Feldbonitierungen und Laborergebnissen zeigten. Im Labor-Gefrierversuch genügen Minimaltemperaturen von  $-12^{\circ}$  bis  $-23^{\circ}$  C für 48 Stunden, um ein hinreichend genaues Bild von der Frostfestigkeit des Materials zu bekommen (ÅKERMAN, ANDERSSON und LINDBERG 1935, siehe auch FUCHS, ds. Hdb. Bd. I, 1. u. 2. Auflage und vgl. die Ausführungen über Weizen).

Für die Prüfung der Dürrefestigkeit vgl. FUCHS und v. ROSENSTIEL, ds. Hdb. Bd. I, 1. u. 2. Auflage. Ebenso unterscheiden sich die direkten Methoden der Prüfung auf Auswuchsfestigkeit nicht von denen der übrigen Getreidearten. Seitens der Qualitätsforschung sind indirekte Methoden entwickelt worden (siehe unten).

### 2. Die Resistenz gegen Parasiten und Insekten

Spezielle Methoden für die Prüfung des Roggens gegen Krankheiten und Schädlinge sind für *Fusarium culmorum* und *nivale*, die neben anderen Erregern den Schneeschimmel hervorrufen, von BALTZER (1930), für Rost und Mehltau von MAINS (1926) und für *Ditylenchus dipsaci* (Stockälchen) von SEINHORST (1945, 1950) entwickelt worden (vgl. auch FILIPJEV und SCHUURMANS-STEKHOVEN 1941 und GOODEY 1951).

Die genannten *Fusarium*arten bilden bei Kultur auf Stärke-Pepton-Agar leicht für künstliche Infektionen geeignete Konidien.

Für Infektionen im Gewächshaus werden 8 cm hohe Schalen zur Hälfte mit Komposterde gefüllt. Eine 1 cm starke Sandschicht dient zur Isolierung der Körner gegen die nicht sterilisierte Erde. Die Körner werden für 20 Minuten in eine Konidien suspension getaucht, leicht zurückgetrocknet, sofort ausgelegt und 3 cm stark abgedeckt. Zur Abdeckung wird eine Mischung von Sand und Haferschrot, welches mit 40 ccm Konidienaufschwemmung durchtränkt wurde, im Gewichtsverhältnis 100:1,5 verwendet. Das Haferschrot dient als saprophytisches Nährmedium für den Pilz und erhöht den Infektionserfolg. Die infizierten Körner läßt man bei  $20^{\circ}$  C und 80% relativer Luftfeuchte keimen.

Künstliche Infektion kann auch auf dem Halm während der Blüte durch Eintauchen der Ähren in eine Konidien suspension durchgeführt werden. Die Ergebnisse werden durch die Abhängigkeit von unkontrollierbaren Außenfaktoren beeinträchtigt. Wegen des Arbeitsaufwandes und der langen Zeitspanne bis zum endgültigen Ergebnis ist die Methode nicht geeignet.

Da bei Feldversuchen die Beigabe saprophytischer Nährmedien zu Schädigungen führt, eignet sich für Feldinfektion am besten reine Korninfektion, bei der die Körner eine Stunde in eine Konidienaufschwemmung eingetaucht werden.

Die künstliche Infektion mit Rost gelingt relativ leicht, wenn im Herbst ausgesäte Sämlinge im 3—4 Blattstadium mit Rostsporen im Gewächshaus eingestäubt und anschließend für 48 Stunden durch Abdeckung mit geeignetem Gewebe bei hoher Luftfeuchtigkeit (feuchte Kammer) gehalten werden (MAINS 1926).

Mehltauinfektionen stellen sich im Gewächshaus leicht spontan ein, so daß Infektionsmaterial zur Verfügung steht. Durch Schütteln von stark mehltaukranken Pflanzen über einem Sämlingsbestand und anschließender Behandlung wie bei Rostinfektionen erreichte MAINS (1926) ausreichende Infektionen.

Infektionsmaterial von Älchen gewinnt man am besten aus befallenen Pflanzenteilen, die man von infizierten Feldstücken sammelt. Die infizierten Pflanzenteile werden über einem Trichter mittels Düse oder Tropfeinrichtung mit Wasser besprüht bzw. tropfbar feucht gehalten (GOODEY 1951 und SEINHORST 1945, 1950). Die Älchen verlassen dann die Pflanzen und fallen mit dem Tropfwasser in den Trichter, dessen Öffnung in ein Auffanggefäß mündet. Aus diesem wird das Wasser, nachdem sich die Älchen am Boden abgesetzt haben, abpipettiert, oder man läßt es in so geringer Strömungsgeschwindigkeit über den Rand abfließen, daß sich die Älchen am Boden sammeln können. Von hier aus werden sie mittels Pipette oder Abflußhahn entnommen.

Die noch mit festen Pflanzenteilen und gelösten Stoffen vermengten Älchen werden anschließend gereinigt. Hierzu bringt man sie auf Filtrierpapier, welches auf einen Glasfiltertiegel gelegt wird. Das Ganze wird auf einem Sieb in eine Schale mit Wasser gesetzt. Die Älchen wandern dann durch das Filter in das Wasser ab. Es ist darauf zu achten, daß die Älchenschicht auf dem Filtrierpapier nicht zu dick ist und die Älchen auch nicht zu lange unter Wasser bleiben, da Luftmangel eintreten kann (vgl. auch GOFFART 1951). Älchensuspensionen sind gegen Bakterieninfektionen zu schützen, indem man sie bei 0 bis 1° C aufhebt. Auch Zusatz von Ceresan u. ä. hält die Suspensionen frei von Bakterien. Für monatelange Aufbewahrung bringt man die Älchen in einem Wassertropfen auf ein paraffiniertes Glas, läßt sie bei Zimmertemperatur langsam eintrocknen und bewahrt sie dann kühl und trocken auf. Zwecks Desinfektion kann man an Stelle von Wasser auch 2<sup>o</sup>/<sub>00</sub> Sublimat nehmen. Durch langsames Befeuchten und Spülen auf einem Filter lassen sie sich relativ leicht wieder in Bewegung bringen.

Zur Infektion wird ein Tropfen der Älchensuspension mittels Glasstab oder Nadel an junge Blattscheiden, die vorher durch einen kleinen Einschnitt verletzt wurden, herangebracht. Im Zuchtbetrieb Hoofddorp des CIV Rotterdam benutzt man zur Infektion eine mit mechanischer Dosiervorrichtung versehene Injektionsspritze.

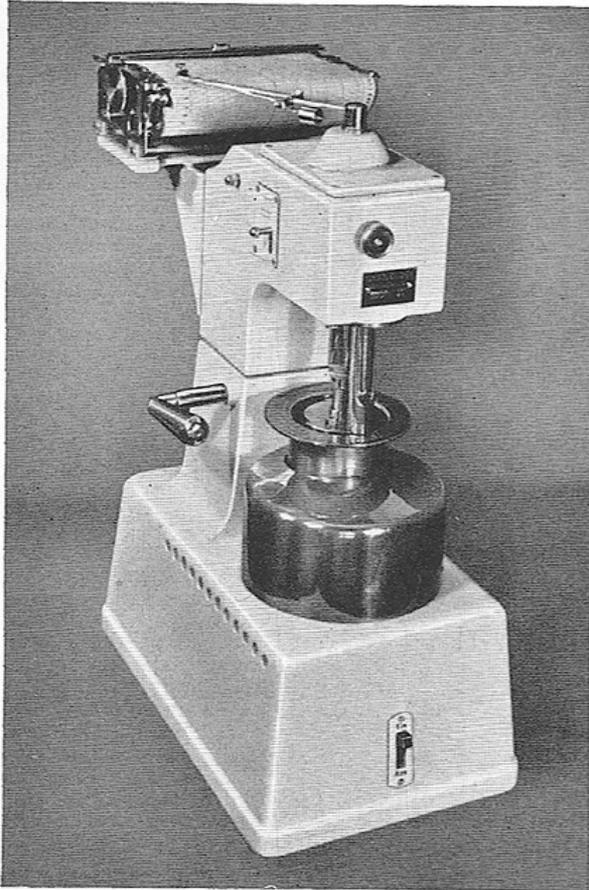
Etwa 100 Älchen je Pflanze reichen zur Erzielung von gut erkennbaren Symptomen aus. In Hoofddorp werden die infizierten Jungpflanzen so zwischen feuchtes Filtrierpapier geschichtet, daß die Wurzeln feucht gehalten werden und die Blätter in die Luft ragen. Sie werden dann in Leichtmetallrahmen eingelegt und diese Rahmen ähnlich wie Karteikarten in Kästen im Gewächshaus aufgehoben. Hier entwickeln sich nach einiger Zeit die für Älchenbefall typischen Knoten. Die Infektion läßt sich sowohl an Sämlingen als auch an jungen Klonteilen sicher durchführen.

### 3. Spezielle Prüfungsmethoden für Qualität

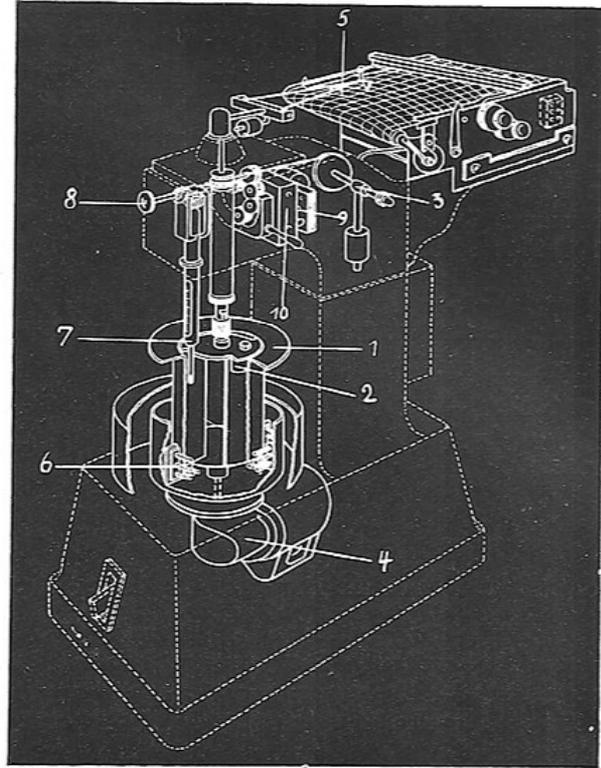
Die Qualität des Roggenmehles hängt in erster Linie von der Qualität der Stärke und allen Faktoren, welche diese beeinflussen und zu denen in erster Linie der Auswuchs gehört, ab. Dementsprechend sind einige Untersuchungsmethoden speziell für die Untersuchung des Roggens entwickelt worden (Arb. Gem. Getreideforschung 1954, PELSSENKE, HAMPEL und SCHÄFER 1953, TORNOW 1950).

Die Erkenntnis, daß die Stärke bzw. deren  $\pm$  starker diastatischer Abbau der maßgebende Faktor für die Backfähigkeit des Roggenmehles ist (vgl. S. 65f.), führte zur Entwicklung des „Amylographen“, mit dessen Hilfe die Unterschiede in der Verkleisterung der Roggenstärke gemessen werden können (BRABENDER, MÜLLER und KÖSTER 1937, BRABENDER 1937 b). Der Apparat mißt bei steigender Temperatur in einer wäßrigen Mehlsuspension Verkleisterung, Viskosität und die schließliche Verflüssigung der Roggenstärke, also die Faktoren, welche für die Qualität des Gebäckes maßgeblich sind. Die genannten Faktoren hängen ab 1. von der Aktivität der Diastase (bzw. Amylase) und 2. von der Widerstandskraft, welche die Stärke dem fermentativen Abbau entgegenstellt.

Der Amylograph arbeitet nach folgendem Prinzip (vgl. Abb. 20a, b): Der Rührtopf (1) nimmt die zu prüfende Mehl-Wasser-Suspension auf, in welche der Meßfühler (2) eintaucht. Der Meßfühler ist mit dem empfindlichen Waagensystem (3) gekuppelt. Durch einen Getriebemotor (4) wird der Rührtopf (1) in gleichbleibende Rotation versetzt und dabei entsprechend der sich in der Suspension einstellenden Viskosität der Meßfühler mitgenommen. Das so auftretende Drehmoment am Fühler wird auf das Waagensystem (3) übertragen und durch die Schreibvorrichtung (5) laufend registriert.



a



b

Abb. 20 Amylograph  
a) Photo, b) Schnittzeichnung

(Werkbild, Brabender o. H. Duisburg)

Die Aufheizung der Suspension erfolgt durch eine elektrische Strahlungsheizung (6), die entsprechend der sich in der Suspension einstellenden Temperatur durch das Kontaktthermometer (7) gesteuert wird. Man kann bei konstanter oder steigender Temperatur untersuchen. Die Einstellung des Kontaktthermometers auf eine bestimmte Temperatur erfolgt durch den Drehknopf (8). Soll die Untersuchung bei einer Aufheizgeschwindigkeit von  $1,5^\circ \text{C}/\text{min.}$  durchgeführt werden, so wird ein kleiner Synchronmotor (9) über ein Getriebe (10) mit dem Kontaktthermometer gekuppelt, und die Temperatur steigt automatisch.

Für die Untersuchung werden 80 g des zu untersuchenden Mehles oder Feinschrotes mit 450 ccm Aqua dest. zu einer homogenen Suspension angerührt. Diese wird im Amylographen mit einer konstanten Aufheizgeschwindigkeit von  $1,5^\circ \text{C}/\text{min.}$  von  $25^\circ$  auf maximal  $94^\circ$  erhitzt (SCHOLZ 1940). Während des Aufheizens wird die Viskositätsänderung der Suspension gemessen und in Form einer Kurve, dem Amylogramm, registriert, das den Ablauf der Stärkeverkleisterung unter Einfluß der Amylasen wiedergibt. Die Abb. 21 zeigt nach PAGENSTEDT (1954) drei charakteristische Amylogramme von Roggenmehlen mit deutlich unterschiedlichem Verkleisterungs- und Viskositätsverhalten. Die linke Kurve stellt ein Mehl mit

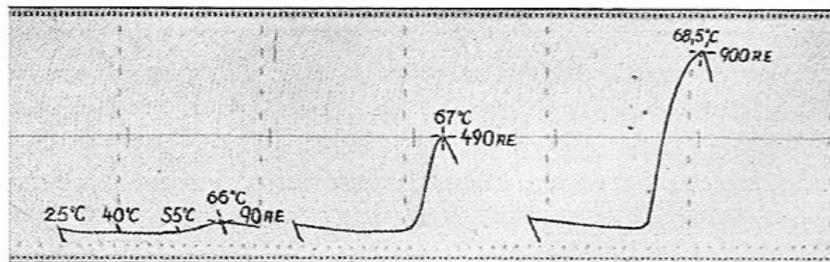


Abb. 21. Amylogramme von Roggenmehlen (Aus PAGENSTEDT, 1954)

ausgesprochen niedriger Viskosität (90 A.E. bei 66° C) dar. Hier wurde die Stärke durch hohe Amylaseaktivität während des Quellungs- und Verkleisterungsvorganges sehr stark abgebaut, so daß sie nur wenig von dem freien Wasser binden konnte. Es entstand ein schwach viskoser, dünnflüssiger Kleister. Die Krume des Gebäcks bleibt feucht, bildet leicht Wasserstreifen und neigt zum Abbacken (vgl. auch Abb. 22). Das rechte Amylogramm zeigt ein Mehl mit sehr hoher Viskosität (900 A.E. bei 68,5° C), dessen Stärke kaum enzymatisch angegriffen ist und infolgedessen bei Quellung und Verkleisterung sehr viel freies Teigwasser binden kann. Es entsteht ein zäher, wenig dehnbarer Kleister, der beim Ausbacken eine zu trockene, zu Rißbildung neigende, geschmacksarme Krume ergibt. Das mittlere Amylogramm gibt die Verkleisterungseigenschaften eines normalen und gut backfähigen Mehles (490 A.E. bei 67° C) wieder. Die Methode eignet sich gut, relativ große Unterschiede in der Stärkequalität, die vom züchterischen Standpunkt aus allein interessant sind, zu erfassen. AUST und OSSENT (1941) arbeiteten mit einem modifizierten Amylographen, bei dem eine Mehlprobe von 10 g ausreicht, und heizten schneller auf, wodurch für züchterische Zwecke eine wesentliche Beschleunigung der Untersuchungen erreicht wird. Wegen der hohen Amylaseaktivität in auswuchshaltigem Roggen kann das Amylogramm auch bei extrem niedrigen A.E.-Werten (etwa 100) Rückschlüsse auf Auswuchs zulassen.

Wegen der besonderen Bedeutung, die dem Auswuchs beim Roggen zukommt, sind mehrere indirekte Laboratoriumsmethoden zur Auswuchsbestimmung ausgearbeitet worden, die für die Züchtung wertvoll sein können. Sie beruhen häufig auf dem enzymatischen Zuckerbildungsvermögen der Mehle (MOLIN 1932, 1934, RUMSEY-RITTER zit. nach Arb. Gem. Getreideforschung 1954). Nach Autolyse einer definierten Mehlsuspension bei bestimmter Temperatur und von bestimmter Zeit wird die durch Stärkespaltung entstandene Maltose festgestellt und hieraus auf die Menge und Aktivität der stärkeabbauenden Enzyme geschlossen. Diese sind in gekeimtem Getreide deutlich aktiver als in ruhenden Körnern.

Nach RITTER (1942) kann die Eindeutigkeit der Ergebnisse verschleiert werden, da durch sortentypisch hohes Zuckerbildungsvermögen auswuchsfreien Kornes oder durch Steigerung der Maltosezahl infolge der Beschädigung von Stärkekörnern beim Mahlvorgang (vgl. auch NEUMANN-PELSHENKE 1954 und TORNOW 1950) die gefundenen Maltosezahlen nicht absolut mit dem Auswuchsgrad übereinzustimmen brauchen. Der Abbau der Stärke erfolgt durch  $\alpha$ - und  $\beta$ -Amylase. Letztere baut das Stärkemolekül nur bis zu den relativ hochmolekularen „Grenzextrinen“ ab, welche mit Jod die Stärke-reaktion geben, während  $\alpha$ -Amylase die Grenzextrine so weit zu spalten vermag, daß keine Blaufärbung mit Jod mehr eintritt. Da die  $\alpha$ -Amylase praktisch nur im keimenden und nicht im ruhenden Korn enthalten ist, kann mit Hilfe der Jod-Reaktion der Gehalt an  $\alpha$ -Amylase und damit der Auswuchsgrad bestimmt werden. Für die Untersuchung benötigt man 5 g Mehl oder Feinschrot, woraus mit 100 ccm Aqu. dest. eine homogene Suspension hergestellt wird. Diese wird im Erlenmeyerkolben für 30 Min. in ein auf 40° C konstant temperiertes Wasserbad gebracht und mehrfach umgeschüttelt. Anschließend wird durch Faltenfilter filtriert und das Filtrat so lange auf das Filter zurückgegeben, bis es klar durchläuft. 40 ccm dieses Filtrates werden mit 80 ccm 1%iger Stärkelösung gemischt und in ein auf 60° C konstant temperiertes Wasserbad eingestellt. In Zeitabständen von 5 Min. werden je 5 ccm entnommen und im Reagenzglas mit 5 ccm einer 1/800 normalen Jodlösung gebracht. Der nach dem Umschütteln auftretende Farbton wird sofort bestimmt. Mit zunehmendem Stärkeabbau durch die  $\alpha$ -Amylase durchläuft die Jodfärbung der Substanz alle Farbtöne von tiefblau, violett, rotviolett, weinrot, rot-orange bis gelb, die auf einer Farbtabelle von MÜHLHAUS (1930) wiedergegeben sind. Zur Kennzeichnung bestimmter Abbaustufen dienen die am einfachsten definierbaren Farben rot und gelb. Dabei bedient man sich standardisierter Vergleichsfarblösungen, die man aus Kobaltchlorür, Ausziehtusche und Aqu. dest. bzw. Kaliumbichromat herstellt (RITTER 1942). Als Maß für die Aktivität der  $\alpha$ -Amylase bzw. für den Auswuchsgrad der Probe dient die Zeit, welche bis zur Rotfärbung (R.Z. = Rot-Zeitwert) und bis zur Gelbfärbung (G.Z. = Gelb-Zeitwert) verstreicht.

Nach NEUMANN-PELSHENKE (1954) bildet der Backversuch die sicherste Grundlage für die Beurteilung der Roggenmehle. Der Roggenbackversuch (vgl. S. 66) ist sehr viel später entwickelt worden als der Weizenbackversuch, da hier die zunächst angewandte Sauerteigführung schwer kontrollierbare Faktoren in den Versuch hineinbringt (PELSHENKE 1942, ROEMER 1939, STEPHAN 1950). Auch lassen sich Backfehler des Roggenmehles relativ leicht durch geeignete Herstellungstechnik (Sauerteigführung, Milchsäurezusatz) ausgleichen (PELSHENKE 1942, 1949).

Man kann den Backversuch 1. mit reiner Hefe, 2. mit Hefe und Milchsäurezusatz oder 3. mit Sauerteig durchführen (Arb. Gem. Getreideforschung, 1954, STEPHAN 1950, 1954). Der Hefebackversuch stellt die höchsten Anforderungen an die Backfähigkeit und kennzeichnet den Unterschied im Backwert einzelner Mehle am deutlichsten. Mehle, die hier eine normale Krume ergeben, sind unter allen Umständen sehr gut backfähig. Bei abgebackener Kruste und Ansatz von Wasserstreifen

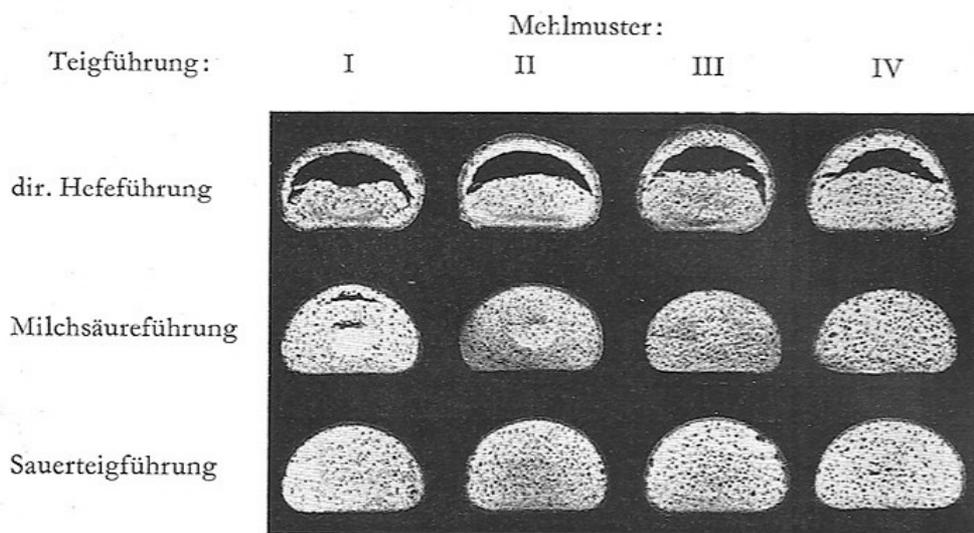


Abb. 22. Backversuch mit verschiedenen Mehlsproben bei Hefe-, Milchsäure- und Sauerteigführung (Aus STEPHAN, 1950)

werden sie als gut backfähig bezeichnet, da solche Mehle im normalen Backbetrieb gute Qualitäten ergeben. Durch Milchsäurezusatz zum Hefeteig wird die Backfähigkeit weitgehend verbessert, so daß Mehle, die beim reinen Hefebackversuch versagen, hier zu brauchbaren Gebäcken führen. Das so hergestellte Brot wird außer nach Form und Bräunung besonders nach der Elastizität der Krume beurteilt. Die geringsten Unterschiede ergibt der Sauerteigbackversuch, zu dessen Bewertung deshalb entsprechend zahlreiche Qualitätsmerkmale des Gebäckes herangezogen werden (Abb. 22).

### C. Allgemeine Züchtungsmethoden

Die Roggenzüchtung bietet eine Reihe von Schwierigkeiten, die den Fortschritt der Arbeit hemmen (HÄNSEL 1953 a, LAUBE 1925, ROEMER 1939). Sie beruhen in erster Linie darauf, daß die Auslese mit Sicherheit erst nach der Befruchtung stattfinden und diese nur schwer gelenkt werden kann.

Die anderen Fremdbefruchter bieten gegenüber dem Roggen folgende Vorteile:

1. Die Auslese der zweijährigen Rüben kann vor der Blüte durchgeführt werden, da die vegetativen Teile zur Beurteilung herangezogen werden. Die Befruchtung läßt sich durch Um- und Zusammensetzen der Samenträger leicht lenken.
2. Die fremdbefruchtenden mehrjährigen Gräser haben den Vorteil, daß sie ebenfalls auf Grund ihrer vegetativen Teile ausgelesen und vor der Samenernte 2 bis 3 Jahre geprüft werden können. Ihre Beurteilung kann wegen der leicht durchführbaren Klonung sicherer gestaltet und die Blühzeit durch Rückschnitt leicht verschoben werden.
3. Der einjährige Mais bietet den Vorteil, daß die Befruchtung einfach und sicher gelenkt werden kann.

Weiter wird in Gebieten mit starkem Roggenbau die Arbeit dadurch erschwert, daß die Luft zur Zeit der Roggenblüte mit Pollen angereichert ist, so daß stets die Möglichkeit unkontrollierter Bestäubung besteht (vgl. S. 89). Allerdings muß Roggen als Getreidefrucht für ungünstige Bodenverhältnisse und Trockenlagen auf Roggenböden gezüchtet werden (ROEMER 1939). Im Hinblick auf das Vordringen des Roggens auf bessere Böden (vgl. S. 61) ist diese Frage in Zukunft nicht mehr allein maßgebend. In Schweden (ROEMER 1939) und auch in Holland wird die Roggenzüchtung z. T. im

Weizengebiet durchgeführt. Für wenige Generationen können auch Roggenstämme von leichten Böden im Weizengebiet nachgebaut werden, ohne daß eine tiefgreifende Selektionswirkung die Population stark verändert. Vor ungewollter Bestäubung kann man sich bis zu einem gewissen Grade auch durch geschlossenen Anbau einer Sorte in der Umgebung der Zuchtstätte (vgl. S. 89) oder durch Anbau auf durch hohen Wald abgeschirmten oder sonst isolierten Flächen schützen (ROEMER 1939).

Die Vermehrung von Zuchtgartenmaterial bis zum Verkaufssaatgut ist bei Roggen wegen des relativ geringen Vermehrungskoeffizienten ( $VK = 7-10$ ) gegenüber anderen Fremdbefruchtern ziemlich langwierig und erfordert mehrere Generationen. Darin liegen erneute Gefahren unerwünschter Einkreuzungen, so daß ein komplizierter und ausgedehnter Vermehrungsbetrieb notwendig wird. Die Beschleunigung der Saatgutvermehrung kann dadurch erreicht werden, daß größere Mengen Vermehrungssaatgut 1. Stufe (Zuchtgartenmaterial) zur Verfügung gestellt wird. Dieses erfordert wiederum eine erhebliche Ausdehnung der Zuchtgärten, die wegen steigender Aufwendungen an Arbeit und Land ihrerseits einen begrenzenden Faktor für die Anwendung hochwirksamer aber komplizierter und arbeitsintensiver Zuchtmethoden darstellt.

Unter der Voraussetzung völlig freier Befruchtung und gleicher Reproduktionsfähigkeit aller Pflanzen bleibt bei Fremdbefruchtern das Genotypenverhältnis einer balancierten Population von Generation zu Generation erhalten. Da bei Roggen infolge von Chromosomenaberrationen (vgl. S. 58) häufig sterile Keimzellen oder solche mit reduzierter Vitalität entstehen, sind die Voraussetzungen für ein konstantes Genotypenverhältnis beim Roggen nicht gegeben. Hierauf beruht zum großen Teil auch der Abbau der Roggensorten, der sich bei unkontrolliertem Nachbau einer Sorte durch zunehmende Schartigkeit usw. äußert.

### 1. Einfache Auslese

Um die Leistungsfähigkeit einer Sorte zu erhalten oder gar zu steigern, muß alljährlich eine wirksame Auslese betrieben werden. Wie gering der Wirkungsgrad der Auslese ohne gleichzeitige Befruchtungsregulierung bei Fremdbefruchtern, deren Wertmerkmale erst nach der Befruchtung erkennbar sind (Roggen), im Verhältnis zu Selbstbefruchtern oder solchen Fremdbefruchtern ist, deren Auslese schon vor der Blüte durchgeführt wird, ist von KAPPERT (1953) abgeleitet worden. Die Zusammenstellung zeigt, daß bei Auslese auf ein dominierendes Merkmal die unerwünschten Rezessiven bei Fremdbefruchtern mit Auslesemöglichkeit vor der Blüte und bei Anwen-

Zusammenstellung der Rezessivzahlen in den aufeinanderfolgenden Generationen bei Auslese auf ein dominierendes Merkmal:

		F <sub>3</sub> %	F <sub>4</sub> %	F <sub>5</sub> %
1. Selbstbefruchter . . . . .	MA	16,7	10,0	5,5
	IA	16,7	0,0	0,0
2. Fremdbefruchter (Auslese vor der Blüte) . . . . .	MA	11,1	6,3	4,0
	IA	11,1	2,8	0,7
3. Fremdbefruchter (Auslese nach der Blüte) . . . . .	MA	16,7	12,5	9,6
	IA	16,7	10,4	6,9

MA = Massenauslese

IA = Individualauslese. (In der Roggenzüchtung wird Individualauslese = Familienauslese gesetzt.)

Aus KAPPERT: Die vererbungswissenschaftlichen Grundlagen der Züchtung. 2. Aufl., Parey, Berlin 1953.

derung der Massenauslese nur noch halb so häufig sind wie bei Auslesemöglichkeit nach der Blüte. Bei Individualauslese ist der Erfolg bei Erkennbarkeit des Auslesemerkmals vor der Blüte etwa zehnmal so groß wie bei Auslesemöglichkeit nach der Blüte.

Die Ausschaltung der Rezessiven ist so schwierig, weil sie durch das dominierende Allel verdeckt, heterozygot vorhanden sind und in den folgenden Generationen wieder homozygot Rezessive abspalten. Auch werden Rezessive in Populationen relativ selten gefunden, da sie, wenn letal, eingehen oder, durch dominante Allele bestäubt, wieder verschwinden.

Aus dem Vorhergehenden wird deutlich, daß sowohl die Erhaltung als auch die Neuzüchtung einer Roggensorte besondere Schwierigkeiten mit sich bringt. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die „Sorte“ bei Selbstbefruchtern praktisch eine reine Linie, bei den Fremdbefruchtern, besonders aber beim Roggen, eine  $\pm$  variable Population darstellt. Ihre durchschnittliche Variation soll in den einzelnen Jahren gewisse Grenzen nicht überschreiten und möglichst konstant sein. Die Grenzen der Variation müssen bei Roggenpopulationen naturgemäß wesentlich weiter bemessen werden als bei Selbstbefruchtern oder den Fremdbefruchtern, welche den züchterischen Maßnahmen leichter zugänglich sind (vgl. oben). Es ist notwendig, durch Entwicklung geeigneter Methoden zur Charakterisierung der Sorten künftig ihre physiologisch-pflanzenbaulichen Eigenschaften auf Kosten der formal-morphologischen Bewertung mehr in den Vordergrund zu stellen.

Während die grundsätzlichen Auslesemethoden bei Selbstbefruchtern heute eine gewisse Vollkommenheit erlangt haben, bietet die Auslese in der Roggenzüchtung noch mannigfaltige genetisch-züchterische Probleme. Ihre Lösung ist in erster Linie von der Entwicklung wirksamer und wirtschaftlich tragbarer Methoden der Befruchtungslenkung abhängig, mit deren Hilfe die Befruchtung zwischen Eltern gewährleistet wird, deren erbmäßiger züchterischer Wert mit größtmöglicher Sicherheit bestimmt ist. Das Kernproblem der Roggenzüchtung, auf dessen Lösung alle Zuchtmethoden abzielen, ist a) leistungsfähige Genotypen sicher zu erkennen, b) dieselben in einer Sorte zu kombinieren und zu erhalten.

Die historische Entwicklung der Roggenzüchtung läßt nach der Einteilung von KAPPERT (1953) zwei methodische Prinzipien erkennen: 1. Auslese ohne Befruchtungsregulierung, 2. Auslese mit Befruchtungsregulierung, bei welcher wiederum zwei grundsätzliche Unterschiede erkennbar sind: a) Zuchtwahl auf Grund des nachträglich ermittelten elterlichen Genotypus und b) Auslese mit Befruchtungsregulierung durch Paarung der Eltern auf Grund einer vorangegangenen Genotypenbestimmung. Da, wie überall, auch hier die Grenzen fließend sind, kann diese Einteilung nur als Richtschnur für das Verständnis der Roggenzüchtmethoden dienen.

Zu Beginn der zielbewußten Roggenzüchtung wurde keine Befruchtungsregulierung durchgeführt. Wie bei den anderen Kulturpflanzen, begann auch beim Roggen die Züchtung mit der *Massenauslese*, bei der die phänotypisch dem Zuchtziel entsprechenden Individuen gemeinsam geerntet und ausgesät werden. Diese Methode hat bei dem damaligen Niveau der Roggensorten zweifellos züchterische Erfolge gezeitigt. Ihre Wirkung ist aber, worauf auch die obige Zusammenstellung hinweist, relativ gering. Sie spielt als eigentliche Zuchtmethode heute fast keine Rolle mehr.

Gegenüber der Massenauslese stellt die *Familienauslese*, bei der die Nachkommenschaften bester Mutterpflanzen getrennt in reihenweisem Anbau nebeneinander stattfindet; eine wesentliche Verbesserung dar. Die Beurteilung der Familie läßt lediglich Rückschlüsse auf den Genotyp der Mutter zu (Mutterstammbaumzucht). Die im Laufe mehrerer Generationsfolgen aus einer gemeinsamen Mutterpflanze entstandenen Familien bilden eine Stammgarbe. Durch Beurteilung und Vergleich a) der einzelnen

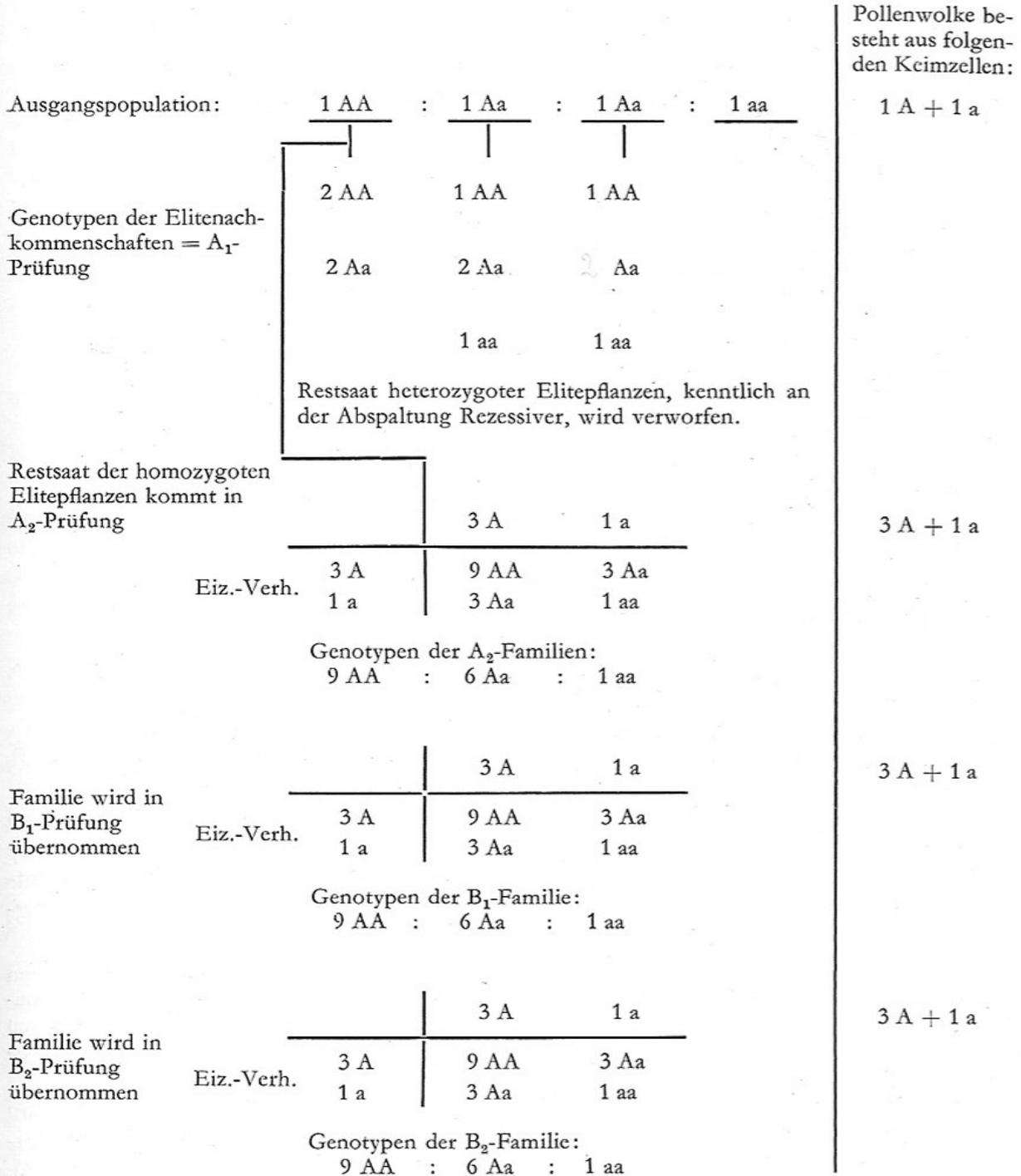
Familien, b) der Stammgarben (Familiengruppen) kann man ein Bild der ursprünglich ausgelesenen Mutterpflanzen gewinnen und durch Ausmerzung der schlechten Stammgarben züchterische Fortschritte erzielen. Es findet also auch hier die Auslese von Einzelpflanzen mit Prüfung ihrer Nachkommenschaft statt. Dieses Prinzip wurde durch VON LOCHOW unabhängig von VILMORIN angewendet und von FRUHWIRTH (um 1890) als „deutsches Ausleseverfahren“ bezeichnet. Durch den reihenweisen Anbau wurde eine weitgehend homogene Pollenmischung angestrebt. Mit dieser Methode wurden durch VON LOCHOW und andere Züchter die bestmöglichen Ergebnisse auch ohne zielbewußte Befruchtungslenkung erreicht (ROEMER, 1939). Ihre Wirkung ist jedoch im Vergleich zu den Fremdbefruchtern, deren Auslese vor der Befruchtung vorgenommen werden kann, noch gering.

Die weitere Entwicklung der Roggenzüchtung war abhängig von der Anwendung zielbewußter *Befruchtungslenkung*, die zunächst auf Grund der Zuchtwahl mit nachträglicher Ermittlung des elterlichen Genotypus erfolgte. Sobald der Anbau der einzelnen Familien nicht reihenweise, sondern in Flächen durchgeführt wird, findet nach ROEMER (1939) bereits eine teilweise Befruchtung innerhalb der Familien statt. Dies ist um so mehr der Fall, je weiter sich die Fläche der Form eines Quadrates nähert und je größer sie ist. Neben der Fremdbefruchtung setzt Befruchtung von Halbgeschwistern ein. Dies führt zu einer gewissen Befruchtungslenkung und damit zu schärferer Ausprägung von Unterschieden zwischen den Familien.

Eine intensive Befruchtungslenkung ist für all die Merkmale möglich, die vor der Blüte erkennbar sind (Winterfestigkeit, Bestockung, Halmstärke, Ährenform, Halm-länge, Entwicklungsgeschwindigkeit, Habitus, Blattform und -farbe), da man die negativen Abweicher durch Abschneiden vor der Blüte von der Befruchtung ausschließen kann (vgl. S. 74). Die Zuchtarbeit würde sehr erleichtert, wenn man sichere Korrelationen zwischen den vor der Blüte erkennbaren Merkmalen und den Wert-eigenschaften der reifen Pflanze für die Auslese benutzen könnte — eine Aufgabe, deren befriedigende Lösung immer wieder versucht, aber nicht gefunden werden konnte.

Eine viel weitgehendere und wirksamere Befruchtungsregulierung wird durch die *Restsaat-* oder *Ohio-* Methode erzielt. Bei ihr werden auch die negativen Varianten bezüglich solcher Merkmale, die erst nach der Blüte erkennbar sind (Schartigkeit, Halmzahl, Kornfarbe, Korngröße, Ährenform, Leistung usw.), von der Befruchtung ausgeschlossen. Wie der Name sagt, wird die Ernte der Elitepflanzen geteilt und nur ein Teil des Saatgutes zur Aussaat gebracht, während die „Restsaat“ für jede Mutterpflanze getrennt aufgehoben wird. Die Pflanzen des ausgesäten Materials dienen der Beurteilung aller Wertfaktoren und der Leistungsbestimmung der einzelnen Familien nach Aufarbeitung der Ernte. Das gesamte aus dieser  $A_1$ - oder A-Stammvorprüfung gewonnene Saatgut wird verworfen, da Befruchtung durch die Minusabweicher stattgefunden hat. Im zweiten Jahr werden die Saatreste der als gut beurteilten Familien untereinander an isoliertem Ort in einer  $A_2$ - oder A-Stammhauptprüfung angebaut, wodurch erreicht wird, daß keine Familien mit mangelhafter Leistung zur Befruchtung kommen können. Aus den im zweiten Jahr angebauten Familien werden durch Beurteilung nach der Ernte abermals die minder wertvollen entfernt. Das Saatgut der als gut erkannten Familien wird wiederum geteilt und bis auf einen Saatrest für eine  $B_1$ - oder B-Stammvorprüfung verwendet. Auch die Ernte dieser Prüfung wird verworfen. Auf Grund der abermaligen Prüfung wird nach der Ernte die Restsaat der besten Familien zu einer vierten, der  $B_2$ - oder B-Stammhauptprüfung benutzt. Die Ernte der hieraus nach vierjähriger Prüfung gewonnenen besten Familien gelangt in die Zuchtgartenvermehrung. Außerdem werden aus diesem Material die Elitepflanzen für den neu beginnenden Züchtungsgang ausgelesen. Nach der von KAPPERT (1953)

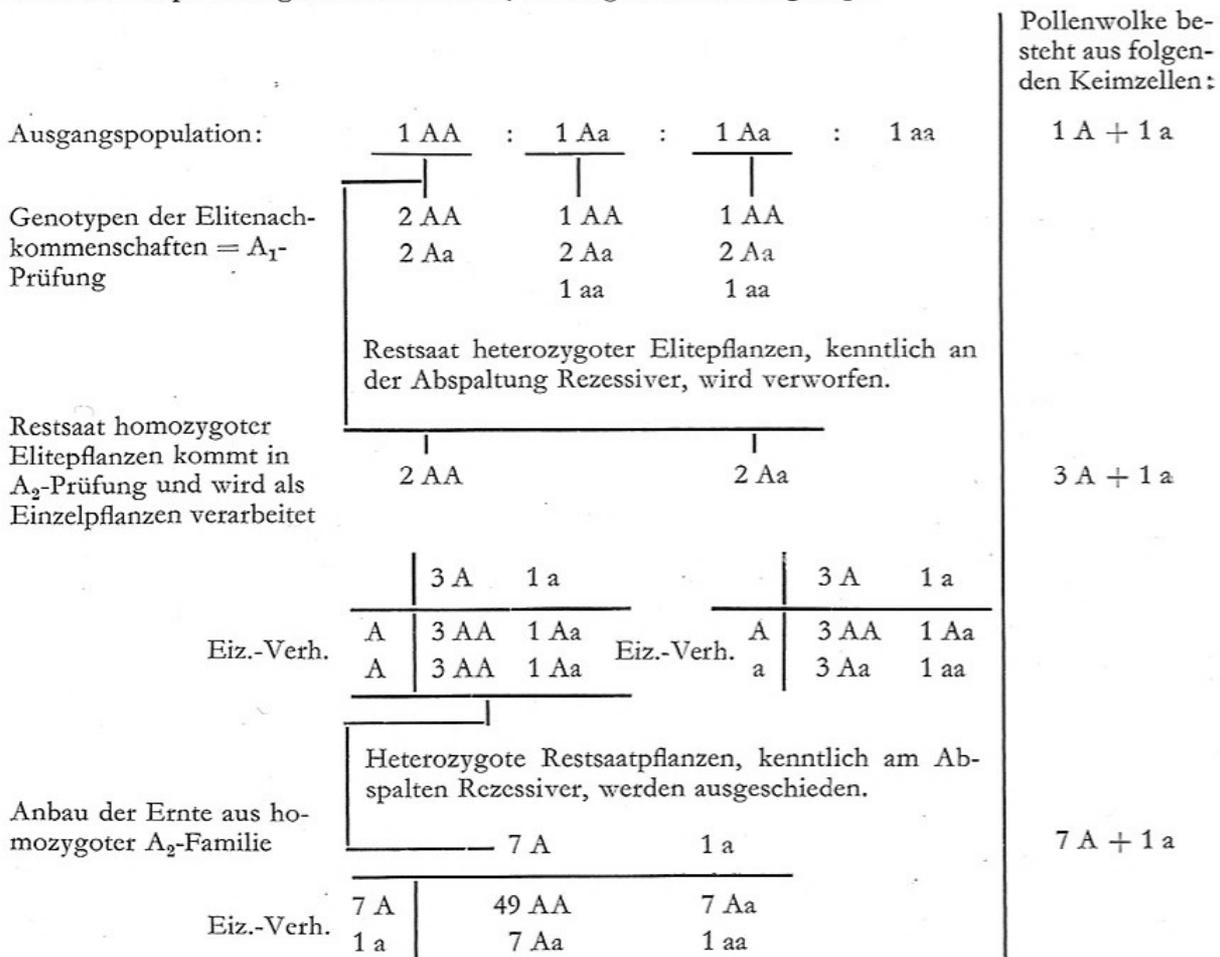
entwickelten schematischen Ableitung am Modell läßt sich der Vorgang für die Auslese auf ein klar erkennbares einzelnes dominierendes Allel wie folgt darstellen<sup>1)</sup>: Angenommen sei eine F<sub>2</sub>-Population aus dem Bastard Aa, wobei der Genotyp AA dem Zuchtziel entsprechend sein und konstant gezüchtet werden soll.



Aus dieser stark vereinfachten und schematisierten Ableitung geht hervor, daß von der A<sub>1</sub>-Prüfung an kein Fortschritt mehr erzielt wird, da das Genotypenverhältnis konstant bleibt. Es werden in den späteren Prüfungen lediglich die Ergebnisse der Nachkommenschaftsprüfung gefestigt bzw. korrigiert.

<sup>1)</sup> In der Praxis liegen die Dinge wegen der polygenen Merkmalsausbildung wesentlich komplizierter, doch geben die Modelle von KAPPERT einen guten Einblick in die prinzipiellen Verhältnisse

Die Wirkung ließe sich steigern, wenn aus mehreren unmittelbar aufeinanderfolgenden Generationen Elitepflanzen genommen würden, wie folgende Ableitung zeigt:



Während bei einmaligem Eliteanbau in der dritten Prüfung unerwünschte Rezessive in der Häufigkeit 1 auf 16 = 6,25% auftreten, sind sie nach zweimal aufeinanderfolgender Eliteauslese auf 1 : 63 = 1,6% zurückgegangen.

Um aus der Ernte der Elitepflanzen genügend Saatgut für zwei Prüfungen zu erzielen, müssen diese zwecks guter Bestockung auf weiten Standraum (20 x 20) gestellt werden.

Auf der seit 1921 durch LAUBE (1925) bei LOCHOW (Petkus) angewandten Restsaatmethode mit Nachkommenschaftsprüfung beruht der Welterfolg des Petkuser Roggens.

In räumlich isolierten Vorprüfungen ( $A_1$ - bzw.  $B_1$ -Prüfungen), deren Ernte aus dem weiteren Züchtungsgang ausgeschieden wird, können vorteilhaft fremde Vergleichssorten, Kreuzungspopulationen usw. eingeschaltet werden, die u. U. wertvolle Einblicke in den Stand der eigenen Arbeiten gewährleisten, ohne daß die Gefahr einer unerwünschten und unkontrollierten Einkreuzung in das eigene Material besteht.

Die gleiche züchterische Wirkung wie bei der Restsaatmethode wird erzielt, wenn man die Familien anstatt durch Anbau der besten Familien im zweiten Jahr anderweitig zur Befruchtung zwischen den ausgewählten Genotypen zwingt (vgl. S. 53). Dies gelingt, wenn man die Bestäubung nur innerhalb der Nachkommenschaft zuläßt. Dieses Verfahren, auch als „Separierungszüchtung“ bezeichnet, ist vor allem in Schweden zur Anwendung gekommen (ROEMER 1939, SCHEIBE 1951).

Dabei werden alle Körner einer Elitepflanze auf räumlich isolierte, möglichst quadratische Parzellen (sogenannte Isoliergärten) in Feldschlägen anderer Kulturarten angebaut. Es wird eine Entfernung von 50 m zwischen den Familien, wenn diese in Reihen quer zur Hauptwindrichtung stehen, als ausreichend angesehen, um eine Bestäubung zwischen den einzelnen Familien für praktische Be-

lange genügend sicher auszuschließen. Die Bestäubung innerhalb der Nachkommenschaften führt zur ausschließlichen Paarung von Halbgeschwistern und zu einer relativ schnellen genetischen Differenzierung des Materials. Dabei muß evtl. mit dem Auftreten von Inzuchtschäden gerechnet werden, die aber durch Kreuzung nicht verwandter, jedoch dem gewünschten Zuchtziel entsprechender Familien leicht behoben werden können. Diese Methode gestattet zwar eine schnellere Differenzierung des Materials als die Restsaatmethode, verlangt aber mehr Platz und damit mehr Arbeit als diese und stellt durch die oben genannten Schwierigkeiten die ganze Zuchtarbeit auf eine relativ schmale Basis. Außerdem verlagert sie die Zuchtarbeit auf Böden, die dem Roggen im allgemeinen nicht zukommen. Diese Schwierigkeit läßt sich, allerdings bei weiter erhöhtem Arbeitsaufwand, umgehen, wenn ein Teil des Materials in Isolierungsgärten, der andere aber zur Prüfung gemeinsam mit den übrigen Familien auf geeigneten Böden ausgesät wird. Die Methode würde sich vorteilhaft ausbauen lassen, wenn es gelänge, eine für Mantelsaat geeignete Pflanze (Hanf in der Rübenzüchtung) zu finden oder zu entwickeln. In reinen Roggenbaugebieten kann man durch Ausnutzung von Gebäuden, Gebüsch, Höhenrücken usw. bis zu einem gewissen Grade genügende Isolierungen durchführen.

Das Separierungsverfahren ist von FRIMMEL und BARANEK (1935) für die Anwendung auch im Roggengebiet modifiziert worden. Danach wird die Elitefamilie an räumlich isoliertem Ort in einer Mantelsaat aus ihren Eltern, um welche wiederum ein Mantel der Großelternfamilie gelegt ist, angebaut und dadurch eine Bestäubung zwischen nächsten Verwandten erreicht.

Bei den bisher besprochenen Methoden konnten die zur Befruchtung gelangenden Vaterpflanzen nicht näher definiert werden. Sie stellten vielmehr ein mehr oder minder unbekanntes Gemisch dar. Die folgenden Methoden zielen dagegen auf eine Zuchtwahl mit vorhergehender Ermittlung des elterlichen Genotypus und damit auf die Befruchtung mit Vätern ab, deren Erbanlagen weitgehend bekannt sind.

Die wirksamste Befruchtungslenkung erzielt man durch *erzwungene Selbstbefruchtung*, der beim Roggen jedoch gewisse biologische Hindernisse entgegenstehen. Erstens ergeben sich Schwierigkeiten aus der allgemein hochgradigen Selbststerilität (vgl. S. 45 ff.), zweitens zeichnen sich die Selbstungsnachkommenschaften generell durch Inzuchtschäden aus.

Entsprechend der Bedeutung, welche die Selbstbefruchtung für die praktische Züchtung haben könnte, sind zahlreiche Untersuchungen an Inzuchtmaterial gemacht worden (vgl. S. 40 u. 45 ff.). Alle zeigen, daß nach erzwungener Selbstbefruchtung Inzuchtschäden auftreten, die sich u. a. in einer mehr oder minder ausgeprägten Reduktion der Vitalität, der Halm- und Ährenlänge, der Wüchsigkeit und der für den Ertrag besonders wichtigen Fertilität äußern. Die Schäden sind bei den einzelnen I-Linien nach Grad und Art verschieden und zeigen, je nach Sorten, aus denen sie gewonnen wurden, mehr oder weniger deutliche Unterschiede (OSSENT 1938). Daneben werden infolge zunehmender Homozygotie zahlreiche Letal- und Subletalgene (brüchige Halme, chlorophyllfreie und variegata-Formen und physiologisch die Vitalität herabsetzende Faktoren) sowie morphologisch gut erkennbare Eigenschaften (Wachsüberzug, Halmstärke, Korngrößenunterschiede, Hellkorn, Halmlänge usw.) und physiologisch unterschiedliche Eigenschaften (Auswuchsfestigkeit, Eiweißgehalt, Stärkequalität, Resistenz gegen Krankheiten usw.) sichtbar, wodurch die Möglichkeit der Auslese in bestimmter Richtung und der Ausmerzung störender Letalfaktoren gegeben ist (FERWERDA 1951, KRASNJUK 1941, LUNDQUIST 1947, 1953, MAYER 1944, v. MENGENSEN 1950, 1951, OSSENT 1938, PLARRE 1954, ROEMER 1949 u. a.). Nach MÜNTZING (1939a) werden Inzuchtschäden auch durch homozygot letal wirkende Chromosomenaberrationen, wie Deletionen, Defizienzen u. ä. hervorgerufen (vgl. S. 38). Bereits LAMM (1936) und KAKHIDZE (1939) fanden in ingezüchtetem Roggen meiotische Störungen. Durch PRAKKEN (1943), PRAKKEN und MÜNTZING (1942), MÜNTZING (1943e) und MÜNTZING und AKDIK (1948b) wurden diese Störungen näher untersucht. Es ist anzunehmen, daß die Störungen, die auf der Asynapsis einzelner Chromosomen oder auch des ganzen Genoms beruhen, durch bestimmte Genkombinationen verursacht werden. So konnte PRAKKEN in I<sub>1</sub>-Material eine monogen

rezessive Spaltung für Asynapsis nachweisen. MÜNTZING und AKDIK konnten zeigen, daß derartige Störungen bereits von  $I_2$  an auftreten und daß der Grad der Chromosomenpaarung bei verschiedenen Inzuchtlinien und -familien unterschiedlich war. Dies läßt ebenfalls auf Genabhängigkeit schließen. Auch zeigen die Chromosomen des Inzuchtmaterials geringeren Nukleinsäuregehalt. Neben diesen Störungen finden sich außerdem Abnormitäten des Spindelapparates, prämeiotische Unregelmäßigkeiten und Fragmentationen. Positive Korrelation wurde nachgewiesen zwischen Chromosomenpaarung und a) Fertilität in beiden Geschlechtern und b) der Pflanzhöhe. Die genabhängigen Störungen der Chromosomenpaarung in der Meiosis haben nach MÜNTZING und AKDIK (1948b) folgende Konsequenzen: 1. Die Inzuchtlinien zeigen infolge von Chromosomenelimination usw. gestörte Mendelverhältnisse, 2. die meiotischen Störungen führen zur Sterilität, 3. absolute Homozygotie und Konstanz kann nur in I-Linien mit stabiler Meiosis erreicht werden. Selbst nach jahrelanger Inzucht ist bei weitgehend homozygoten Linien durch genbedingte meiotische Störungen immer die Abspaltung neuer, unterschiedlicher Linien zu erwarten. Nach LUNDQUIST (1947, 1953) und PLARRE (1954) hat der tetraploide Roggen die Tendenz, inzuchtverträglicher zu sein als der diploide. Durch fortgesetzte Inzucht und Auslese der besten Linien lassen sich dennoch mehr oder minder fertile oder sonst positiv erscheinende Linien isolieren. Fertilität und Ährenlänge lassen sich nach Kreuzung positiver I-Linien und anschließender erneuter Inzucht aus den so gewonnenen neuen Populationen steigern (v. MENGERSEN 1950). Bisher ist es jedoch nicht gelungen, etwa einen befriedigenden selbstfertilen oder für den praktischen Anbau brauchbaren Roggen zu züchten (vgl. S. 45 ff.). Gewisse Aussichten bietet, bei Verwendung von Inzuchtlinien, die Züchtung von Heterosissorten, auf die später noch zurückzukommen ist. ZIMMERMANN (1951) hält es für möglich, durch Verdoppelung der Chromosomen haploider Roggenpflanzen zu brauchbarem, absolut homozygotem Material zu kommen. Beweise hierfür stehen aber noch aus.

HERIBERT-NILSSON (1937) machte Ertragsversuche mit Roggen verschiedenen Inzuchtgrades. Er verglich untereinander:

1. Gruppenkreuzung = Bestandeskreuzung zweier Elitelinien mit nachfolgender Trennung der beiden Linien.
2. Elitekreuzung = Bestandeskreuzung zweier Elitelinien ohne nachfolgende Trennung.
3. Elitelinien = Räumlich isolierter Anbau von Elitenachkommenschaften aus freier Befruchtung.
4. Paarkreuzungen = Kreuzung von Einzelpflanzen verschiedener Abstammung.
5. Inzuchtkreuzung = Bestandeskreuzung von zwei Inzuchtlinien.

Nur bei 1. und 2. wurde kein Inzuchtschaden gefunden, während mit steigender Inzucht bei 3. bis 5. auch die Inzuchtdepression, welche sich hauptsächlich bei isoliertem Anbau der Population in späteren Generationen einstellt, deutlich zunahm. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch PRJANISNIKOWA (1939).

HERIBERT-NILSSON führte die Inzuchtdepression auf zunehmende Gleichartigkeit des Plasmas zurück und stellte damit die Inzuchtschäden des Roggens völlig außerhalb der bisher bekannten Erscheinungen. KRÜGER (1947) konnte jedoch auf Grund von Experimenten und durch Ableitung am Modell zeigen, daß auch die Inzuchterscheinungen des Roggens in Analogie zum Mais zwanglos auf faktorieller Grundlage durch die von JONES aufgestellte Kopplungshypothese erklärt werden können.

Da isoliert angebaute Paarnachkommenschaften späterhin Inzuchtschäden aufweisen, hat v. SENGBUSYH (1939, 1940b) folgende Methode der Pärchenzüchtung vorgeschlagen: Die Nachkommenschaften aus phänotypisch besten Paaren sollen so zur Befruchtung kommen, daß die Kreuzung zwischen Verwandten möglichst ausgeschlossen ist. Praktisch wäre folgendermaßen zu verfahren: Um die Chance der Kombination genisch gut veranlagter Paare zu erhalten, sollen zahlreiche Paare (10000, besser sehr viel mehr) zur gegenseitigen Befruchtung kommen. Ihre Nachkommenschaften

werden bis auf einen Saatrest zur Leistungsprüfung ausgesät, und die Ernte wird wegen unkontrollierter Befruchtung verworfen. Die Saatreste der leistungsfähigsten Nachkommenschaften können in Mischung angebaut zur erneuten Auslese von Paaren benutzt werden. Durch Anbau der Paarnachkommenschaften nebeneinander und Bildung neuer Paare lassen sich die Nachkommenschaften ermitteln, welche die besten Erbanlagen besitzen. Die Methode hat sich wahrscheinlich wegen des hohen Arbeitsaufwandes in der Praxis nicht durchsetzen können.

Ausgehend von den Erfolgen der Hybridmaiszüchtung, sind bereits seit Jahren (ROEMER 1939) Versuche zur Züchtung eines Heterosisroggens gemacht worden (FERWERDA 1948b, 1951, HAGBERG 1952, v. MENGENSEN 1950, 1951, MÜNTZING 1943d, 1954, ROEMER 1949, RUDORF 1949, SCHAD 1948, VETTEL und PLARRE 1955, WARREN und HAYES 1950 u. v. a.).

Schon seit längerer Zeit wurden mit wechselndem Erfolg Bestandeskreuzungen zwischen zwei und mehr in Mischung angebauten Roggensorten zur Erzielung von Heterosisroggen versucht (KRASNJUK 1946, MEDVEDEV 1951, ROEMER 1939). Da bei Verwendung von zwei Sorten aber infolge von Innersortenkreuzung keine 100%ige Bastardierung erreicht werden kann, haben die Versuche keinen besonderen Erfolg gehabt (ROEMER 1939).

HAGBERG (1952) kreuzte drei verschiedene Sommerroggen miteinander, indem er 100 Pflanzen je Sorte mit ebensoviel Pflanzen der anderen beiden Sorten paarweise unter Pergamintüten abblühen ließ. Als Kontrolle dienten je 100 Paarkreuzungen innerhalb jeder Sorte. Bei der Prüfung der Nachkommenschaften zeigten sich die Intersortenkreuzungen im Ertrag beiden Eltern überlegen (2 bis 17%). Der Heterosis-effekt war um so größer, je weniger verwandt die Kreuzungseltern miteinander waren. Eine Erscheinung, die durch v. MENGENSEN und SCHNELL (1956) bestätigt, bereits aus der Maiszüchtung bekannt ist und auch durch RUDORF (1949) und VETTEL und PLARRE (1955) für die Heterosiszüchtung bei Roggen Berücksichtigung fand. Parallelversuche mit Winterroggen ließen die gleiche Tendenz vermuten (vgl. auch KRÜGER 1947 und HERIBERT-NILSSON 1937). MÜNTZING (1954) fand ebenfalls nach Kreuzung von tetraploidem Stahl-, Königs- und Petkuser Roggen deutliche Heterosis, die sich in einer Reihe von Einzelfaktoren zeigte. Besonders stark stiegen dabei die Werte für Blütenzahl je Ähre und für den prozentualen Samenansatz an.

Gegenüber dem Mais wird die Heterosiszüchtung beim Roggen durch Kreuzung von auf „combining ability“ getestete I-Linien erschwert: a) durch die sehr viel schwieriger anwendbare Massenastration und nachfolgende Kreuzung, b) durch die hochgradige Selbststerilität, die der Erzeugung von I-Linien entgegensteht. Um trotz Inzuchtdepression und zytologischer Störungen (s. o.) eine genügende Anzahl vitaler, homozygoter und zytologisch konstanter I-Linien zu erhalten, muß mit einer sehr großen Zahl von Selbstungen begonnen werden. Dabei ist zu beachten, daß der Prozentsatz guter I-Linien von den jeweils benutzten Ausgangspopulationen abhängig (ROEMER 1939) oder von Familie zu Familie unterschiedlich sein kann (MÜNTZING und AKDIK 1948b).

Daß die genetischen Verhältnisse bei Mais und Roggen prinzipiell gleich liegen, zeigte auch MÜNTZING (1943d) an „double-crosses“ verschiedener I-Linien. Je nach Kombination der Ausgangslinien kam er bezüglich Vitalität, Fertilität usw. zu unterschiedlichen Ergebnissen. Er konnte bereits bei einem kleinen Inzuchtmaterial Doppelkreuzungen herstellen, welche die Ausgangspopulation bezüglich Pflanzengewicht um 20% und bezüglich Korngewicht je Pflanze um 14% übertrafen. Es erscheint danach möglich, mit Hilfe ausgedehnter, systematischer Testkreuzungen noch bessere Ergebnisse zu erzielen. Bei isoliertem Anbau eines derartigen Materials besteht auf Grund der Umkombination der Gene wiederum die Gefahr der Inzuchtdepression (vgl. oben

KRÜGER und HERIBERT-NILSSON). Diese wird dadurch erhöht, daß infolge der vorangegangenen Inzucht mit einer Steigerung der Selbstfertilität gerechnet werden muß (FERWERDA 1948b, 1951, v. MENGERSEN 1951, vgl. S. 46). Dem könnte durch isolierten Anbau bester  $F_1$ -Populationen begegnet werden, deren Ernte dann jeweils zur Herstellung größerer Mengen Heterosissaatgutes in Mischung zum Anbau kommen würden. WARREN und HAYES (1950) prüften zahlreiche I-Linien im Polycrosstest und stellten je nach Kombination ebenfalls deutliche Unterschiede in einzelnen Ertragsfaktoren sowie in den Gesamterträgen fest. Gegenüber dem Standard zeigten sich die meisten Kombinationen im Ertrag und in der Vitalität überlegen. Aus 16 Inzuchtlinien schwedischer und amerikanischer Herkunft wurde der besonders winterfeste Pierre-Roggen gezüchtet, welcher jedoch nur nach starken Winterschäden an den anderen Sorten seine Ertragsüberlegenheit halten kann (GRAFIUS 1951).

Auch v. MENGERSEN (1950, 1951) konnte auf Grund genauerer Untersuchungen einzelner Merkmale, wie Pflanzen- und Ährenlänge und Einzelpflanzenenertrag Unterschiede in der Kombinationseignung verschiedener Inzuchtlinien feststellen. Allerdings basieren die Ergebnisse einstweilen nur auf Einzelpflanzen-Untersuchungen, doch konnten auch in dem hier verwendeten Material Kombinationen gefunden werden, welche die Ausgangspopulationen deutlich übertrafen.

Aufbauend auf den Erkenntnissen der Hybridmaiszüchtung, wurde durch RUDORF (1949) ein Schema zur Züchtung synthetischer Roggensorten aus vorher auf ihren Erbwert geprüften Inzuchtlinien entwickelt (v. MENGERSEN 1950, 1951). Die hier vorgeschlagene Methode gestattet es, bei geringem Arbeitsaufwand, Massenkreuzungen und „topcross-test“ von Inzuchtlinien durchzuführen. Zu diesem Zweck werden I-Linien auf Isolierparzellen in großer Standweite ( $20 \times 20$  cm) angebaut, um genügend Ähren je Pflanze zu bekommen. Die Parzellen werden mit einer genügend breiten Mantelsaat eines Testelers (I-Linien mit guter Kombinationsfähigkeit oder Hochzuchtsorte) versehen. Je Pflanze werden zur Weiterführung der I-Linie genügend Ähren in Pergamintüten isoliert und die restlichen Ähren mit der Schere kastriert (vgl. S. 53, Abb. 15–17). Aus diesen werden dann ausschließlich Kreuzungen mit dem jeweiligen Testelter gewonnen, welche für die anschließende, für die Beurteilung der I-Linie maßgebliche Leistungsprüfung verwendet werden.

Als Beispiel sei im folgenden ein Schema nach RUDORF und v. MENGERSEN angeführt, welches von RUDORF (mündliche Mitteilung) gegenüber der ersten Fassung im wesentlichen dadurch abgeändert wurde, daß als Tester für die zwei S-Gruppen die nicht verwandte Ausgangssorte benutzt wird und nicht eine Inzuchtlinie. Die Ausgangssorten sollen miteinander gekreuzt möglichst starke Heterosis zeigen. Die Testung der S- bzw. I-Linien auf spezielle Kombinationseignung unterbleibt wegen Arbeitersparnis, weil das Schema der Maishybridzüchtung auf Roggen vorläufig nicht anwendbar ist. Das von MENGERSEN (1950) angegebene Schema berücksichtigt auch die spezielle Kombinationseignung.

Ausgangspopulationen: Zwei Hochzuchtsorten, z. B.: A=Petkuser Normalstroh-Roggen und B=Heines Hellkorn, welche nach Kreuzung Heterosis im Ertrag zeigen.

1. Jahr: Isolierung von Einzelpflanzen in beiden Ausgangspopulationen.
2. Jahr: a) Aussaat der  $S_1$  auf weitem Standraum. Räumliche Isolierung beider Gruppen. Jede Gruppe erhält Mantelsaat der mit den S-Gruppen nicht verwandten Ausgangssorte als Tester.  
b) Ausmerzen stark inzuchtgeschwächter Pflanzen und Nachkommenschaften.  
c) Je Pflanze einen Teil der Ähren kastrieren, den Rest in Pergamintüten isolieren. Jedes Freiabblühen von Ähren verhindern.  
d) Bestäubung von  $S_1$ -Pflanzen aus beiden Ausgangspopulationen mit den nicht verwandten Testern.
3. Jahr: Mikroprüfung der mit dem Testelter gekreuzten  $S_1$ -Pflanzen. Handaussaat  $20 \times 10$  cm.
4. Jahr: a) Aussaat der auf Grund der Prüfung ermittelten besten  $S_2$  auf weitem Standraum. Isolierung beider Gruppen. Jede Gruppe erhält Mantelsaat ihrer Testsorte.  
b) Ausmerzen schlechter Pflanzen und Nachkommenschaften.  
c) Je Pflanze einen Teil der Ähren kastrieren, den Rest in Tüten isolieren.  
d) Bestäubung von  $S_2$ -Pflanzen aus beiden Ausgangspopulationen mit den Tester-Sorten.
5. Jahr: Mikroprüfung der mit den Testeltern gekreuzten  $S_2$ -Pflanzen.
6. Jahr: Gemeinsame Aussaat der besten  $S_3$  beider Ausgangspopulationen zum Zweck der Kreuzbestäubung in räumlicher Isolierung.

7. Jahr: a) Erste Leistungsprüfung des Kreuzungsproduktes im Vergleich zur Ausgangspopulation.  
 b) Ausdrillen des gleichen Materials an isoliertem Ort zu weiterer Panmixie und erster Vermehrung.  
 c) Abzweigen eines Saatrestes, aus dem neue Einzelpflanzen-Isolierungen entnommen werden.
8. bis
10. Jahr: a) Weitere Vermehrung auf isolierten Ackerschlägen.  
 b) Weitere Leistungsprüfung der neuen synthetischen Sorte.

Die Methode ist modifizierbar und anpassungsfähig. Sie läßt sich auch mit anderen, z. B. mit der Klonmethode kombinieren (vgl. unten).

Unter Ausnutzung der bei bestimmten Voraussetzungen möglichen vegetativen Vermehrbarkeit des Roggens (AUST 1941) (vgl. S. 54 f.), hat WELLENSIEK (1940, 1947a, b, 1948, 1952) eine sehr wirksame Methode der Befruchtungslenkung entwickelt (HÄNSEL 1953a). Danach werden die aus der Ausgangspopulation ausgelesenen Elitepflanzen geklont. Anschließend ergibt sich die Möglichkeit, den Phänotyp der Klone mit relativ großer Sicherheit auf alle vor der Blüte erkennbaren Merkmale zu bewerten und eine Vorselektion durchzuführen, da die Beurteilung von Klonen wesentlich leichter ist als von Einzelpflanzen, die durch zufällig einwirkende Außenfaktoren stark modifiziert sein können. Die verbleibenden Klone werden dann in dem durch WELLENSIEK unabhängig von FRANSEN (1940) und TYSDAL, KIESELBACH und WESTOVER (1942) entwickelten „polycross-test“ auf ihre erbliche Veranlagung geprüft. Zur gegenseitigen Befruchtung läßt man die auf Grund des „polycross-test“ als gut erkannten Klone kommen, wobei unterstellt sei, daß man auf diese Weise weitgehend genetisch identische Pflanzen ermittelt. Die Methode ist von WELLENSIEK (1947a, b, c, d) ausführlich dargestellt und ihre Wirkungsweise einzeln am Modell (WELLENSIEK 1947a) abgeleitet.

Bisher ist es nicht gelungen, Roggenklone unter wirtschaftlich tragbaren Bedingungen für mehr als zwei Vegetationsperioden am Blühen zu hindern (vgl. S. 55) und damit am Leben zu erhalten. Die Bedeutung, welche der Lösung dieser Frage in der Roggenzüchtung zukommt, wird von HÄNSEL (1953), WELLENSIEK (1940, 1945, 1947a, b, c, d) und KAPPERT (1950, 1953) hervorgehoben. Sie beruht darauf, daß man bei experimentell hergestellten mehrjährigen Roggenklonen züchterisch die gleichen Erfolgsaussichten hätte wie bei den perennierenden Futterpflanzen. Da auf Grund der entwicklungsphysiologischen Forschungsergebnisse damit zu rechnen ist, daß die Frage in absehbarer Zukunft befriedigend gelöst wird, seien die Konsequenzen, die sich hieraus ergeben, mitbehandelt. Man würde unter Ausschaltung einer Inzuchtschädigung eine Befruchtungslenkung erzielen, welche von Generation zu Generation eine ähnliche Wirkung hätte wie bei Selbstbefruchtung. Allerdings würden die Generationen nicht jährlich, sondern in größeren Zeitabschnitten aufeinanderfolgen.

Praktisch wäre wie folgt zu verfahren:

1. Jahr: a) Herstellung von Klonen mit ausreichender Anzahl von Einzelteilen.  
 b) Vorauslese der Klone auf Blattmerkmale, Bestockung usw.
2. Jahr: a) Aufpflanzen verschiedener Teile jedes Klones im Polycross.  
 b) Vorauslese der Klone kurz vor der Blüte auf alle bis dahin erkennbaren Merkmale, wie Halmlänge, Standfestigkeit, Ährenlänge, Ährenhaltung usw.  
 c) Auslese der Klone nach der Blüte auf besondere Schartigkeit, Auswuchsneigung usw.  
 d) Überdauerung der restlichen Klonteile.
3. Jahr: Leistungsprüfung der aus dem Polycross gewonnenen Einzelklon-Nachkommenschaften in möglichst vielen Wiederholungen an verschiedenen Standorten, um ein Bild ihrer ökologischen Streubreite zu erhalten.

4. Jahr: Die Restpflanzen der auf Grund der Leistungsprüfung als gut kombinationsfähig erkannten Klone in zufälliger Verteilung miteinander auspflanzen und zu wechselseitiger Befruchtung kommen lassen.
5. Jahr: a) Vermehrung und Leistungsprüfungen des gewonnenen Materials.  
b) Auslesen neuer Elitepflanzen aus dem gleichen Material.

In der schematischen Ableitung am Modell würde sich der Vorgang folgendermaßen darstellen:

Ausgangspopulation:	1 AA:	1 Aa:	1 Aa:	1 aa:	Pollenwolke besteht aus folgenden Keimzellen 1 A + 1 a
Klonung und Polycross	A a	A a	A a	A a	
Eiz.-Verh.	A   AA Aa A   AA Aa				
Genotypen d. Polycross Nachkommenschaften:	1 AA : 1 Aa;	1 AA : 2 Aa : 1 aa;	1 Aa : 1 aa		

Die Nachkommen der homozygoten AA-Typen unterscheiden sich von den übrigen Genotypen dadurch, daß sie keine rezessiven abspalten.

Gemeinsames Abblühen der AA + AA ergibt vom 4. Jahr an absolute Konstanz in dem erwünschten Merkmal.

Solange die Überdauerung der Klone mit Sicherheit nicht zu erreichen ist, schlägt WELLENSIEK vor, die Restklone außerhalb des „polycross-test“ so zahlreich paarweise miteinander zu kombinieren, daß mit größtmöglicher Sicherheit die Kombination bester Partner erreicht wird. In der Folge wird mit dem Saatgut derjenigen Paare weitergearbeitet, deren Partner im „polycross-test“ gut abgeschnitten haben. Praktisch ist dabei so vorzugehen wie oben beschrieben. Im zweiten Jahr würden nur neben dem „polycross“ die Restklone in Paaren isoliert abblühen und die daraus gewonnene Ernte bis zum Abschluß der Leistungsprüfung aufzuheben sein. Die Nachkommenschaften aus den besten Paaren werden dann in Mischung gemeinsam ausgesät. Durch die wechselseitige Durchkreuzung werden die infolge der Paarkreuzung etwa auftretenden Inzuchtschäden wieder beseitigt. Nach der obigen Ableitung am Modell müßten so viele Paare gebildet werden, daß die Kombination AA × AA mit Sicherheit erzielt wird, wodurch die Wirkung der Methode unter Verwendung von Paarkreuzungen die gleiche sein würde wie bei der Überdauerung der Klone.

Auch durch erzwungene Selbstbefruchtung innerhalb der Restklone muß der gleiche genetisch züchterische Erfolg erwartet werden wie bei ihrer Überdauerung, da es für die Anlagenspaltung prinzipiell gleichgültig ist, ob man zwei Individuen identischen Genotyps miteinander kreuzt oder jedes für sich selbst bestäubt. Um genügend Saatgut aus den Selbstbefruchtungen zu ernten, müßten relativ zahlreiche Klonteile geselbstet werden. Ein weiterer Nachteil ist, daß man zur Gewinnung des Vermehrungssaatgutes von mehr oder minder inzuchtgeschädigten Pflanzen ausgehen müßte.

Die auf Grund der Durchmischung getesteter Pflanzen entwickelte „synthetische Sorte“ ist anschließend zu vermehren und in größeren Leistungsprüfungen zu bewerten, genau wie es bei der Herstellung von Heterosis-Sorten beschrieben wurde. Auch mag daraus hervorgehen, daß die Methoden der Hybridroggenzüchtung und der Klonzüchtung darauf abzielen, eine Bestäubung zwischen Kreuzungspartnern zu gewährleisten, deren Genotypus vor der gegenseitigen Befruchtung geprüft und genau definiert wurde.

WELLENSIEK (1947 d) fand bei einer Ertragsprüfung, daß der Einzelpflanzenenertrag des schlechtesten Klons 1,61 g und des besten Klons 5,42 g betrug. Ähnliche Ergebnisse erzielte auch JUNGFER (1955). Auf Grund von Beobachtungen über die interklonale Variabilität der Leistung hält KAPPERT (1950) eine 15–20%ige Ertragssteigerung des Roggens mit Hilfe der Klonmethode für erreichbar.

Auch die Methode der Klonzüchtung kann in mancher Hinsicht abgewandelt und mit anderen Methoden kombiniert werden. So wird mancherorts wegen der Fehlermöglichkeiten bei Aussaat und Ernte des Polycross ein abgewandelter „top-cross-test“ benutzt, der richtiger als Pollenübergewichtstest bezeichnet werden sollte, und bei dem man auf die relativ aufwandreiche Kastration verzichtet. Dabei werden die Klone reihenweise in einem großen Bestand einer Hochzuchtsorte, die als Testelter dient, so ausgepflanzt, daß zwischen den einzelnen Klonen jeweils ein genügend breiter Bestand der Testsorte steht. Da einerseits nur eine beschränkte Selbstbestäubung der Klone zu erwarten ist, andererseits aber ein sehr starkes Pollenübergewicht seitens der Testsorte zur Verfügung steht, sind bis auf einen sehr geringen Prozentsatz Kreuzungen zwischen den jeweiligen Klonen und dem Pollengemisch der Testsorte zu erwarten, was einem „top-cross-test“ mit einer Sorte als Testelter weitgehend entspricht. Um bei derartiger Methodik die Wirkung eines exakten „top-cross“ zu erzielen, können auch Proben jedes Klons isoliert und nur solche Klone für die Leistungsprüfung verwendet werden, welche sich als absolut selbststeril erwiesen haben. Dadurch wird gleichzeitig das Auftreten inzuchtgeschädigter Selbstungen in der Nachkommenschaft verhindert.

Die Klonmethode läßt sich auch mit der Separierungszüchtung kombinieren. Dabei werden Klone in der oben beschriebenen Weise getestet, ein Saatrest der Klonernte aufgehoben und die Saatreste der besten Klone auf Isolierparzellen als Familien angebaut. Verschiedene Familien können dann zu neuen Sorten vereinigt werden. Aus den Familien werden neue Eliten gewonnen.

Die Nachkommenschaften getesteter Klone dürften auch als Ausgangsmaterial neuer Inzuchtlinien einen gewissen Wert besitzen. Ebenso kann die Klonung für Vermehrung und Erhaltung von I-Linien gute Dienste leisten.

Die im vorstehenden behandelten Auslesemethoden des Roggens wurden bewußt nur in ihren Grundzügen besprochen. Die Beispiele zeigen, daß die meisten Methoden mannigfaltig modifiziert und kombiniert werden können. Da die Methodik für jeden Zuchtbetrieb angepaßt werden muß und es im einzelnen deshalb ebensoviel Zuchtmethoden wie Zuchtbetriebe gibt, wurde auf detaillierte Wiedergabe verzichtet.

Die Entwicklung der Methoden, die bei der Auslese des Roggens nacheinander in Anwendung kamen, zeigen, daß jeweils nach Vervollkommnung der Befruchtungsregulierung ein merkbarer züchterischer Fortschritt erzielt wurde. Die jüngst entwickelten Methoden werden es nun auch gestatten, den väterlichen Genotyp weitgehend zu kontrollieren. Damit nähern sich aber die Verhältnisse beim Roggen immer mehr denjenigen der Selbstbefruchter, d. h. die Homozygotie und damit die Einheitlichkeit des Zuchtproduktes — der Sorte — nehmen immer mehr zu. Einerseits ist zu erwarten, daß die Ertragsfähigkeit steigen wird, andererseits ist zu befürchten, daß die ökologische Streubreite eingeengt wird, wie aus Kreuzungsversuchen mit I-Linien hervorzugehen scheint (ROEMER 1949). Dem hält WELLENSIEK (1947 a, b) entgegen, daß in dieser Hinsicht eigentlich kein prinzipieller Unterschied zwischen Fremdbefruchtern einerseits und Selbstbefruchtern bzw. vegetativ vermehrten Fremdbefruchtern andererseits zu erwarten ist. Es existieren ja genug Sorten selbstbefruchtender Getreidearten mit einer durchaus respektablen Streubreite, obwohl derartige Sorten praktisch als „reine Linie“ zu betrachten und demzufolge absolut homozygot sind. Entsprechend liegen die Verhältnisse bei Kartoffeln, bei denen jede Sorte einen einzigen

Genotyp repräsentiert. Zur Erhaltung einer genügenden ökologischen Streubreite ist es notwendig, die Leistungsprüfungen der Testkreuzungen möglichst in Streulageversuchen unter wechselnden Standortverhältnissen durchzuführen. Dasselbe gilt im besonderen Maße für die späteren Leistungsprüfungen der „synthetischen Sorten“.

## 2. Kreuzung zur Kombination der Eigenschaften

Nach ROEMER (1939) scheiterte bisher die Kreuzungszüchtung beim Roggen zwecks zielbewußter Herstellung von Neuzüchtungen an der Heterozygotie des Roggens. Sie diente nur dazu, in vorhandene Primitivsorten wertvolle Eigenschaften von Zuchtsorten einzubringen (AVAKJAN und FRIGINSON 1946 u. a.), um die Auslese wirksamer zu gestalten. Die Möglichkeit zielbewußter Kombinationszüchtung rückt jedoch mit weiterer Vervollkommnung der Auslesetechnik in größere Nähe. So schlug WELLENSIEK (1945, 1947 a) mit Hilfe der Klonung eine Methode zur Züchtung älchenresistenter Roggensorten vor. Hier ergibt sich auch die Möglichkeit, mit Hilfe der Rückkreuzung bestimmte dominierende Gene in eine vorhandene Hochzuchtsorte zu übertragen, indem auf Grund von Resistenzprüfungen an Klonen die rezessiv anfälligen ausgeschaltet und nur die resistenten zur Rückkreuzung herangezogen werden. Die gleichen Möglichkeiten würden sich auch bzgl. Qualitätseigenschaften (QUADT 1954) und der dominierenden Resistenz gegen Mehltau und Rost (MAINS 1926) ergeben. Auch über die Kombination von Inzuchtlinien (GRAFIUS 1951, ROEMER 1949, WARREN und HAYES 1950 u. a.) läßt sich systematische Kombinationszüchtung betreiben. Da die genannten Methoden noch rel. jung sind, ist bisher mit ihrer Hilfe noch keine Sorte entstanden, welche den nach der Restsaatmethode gezüchteten Petkuser übertrifft. Daß die Kreuzung verschiedener Sorten zu neuen, leistungsfähigen Genkombinationen führen kann, zeigen Versuche von HAGBERG (1952) an diploidem und MÜNTZING (1954) an tetraploidem Roggen (vgl. S. 81 ff.).

## 3. Art- und Gattungsbastardierung

In Anbetracht der züchterischen Möglichkeiten, wie Kombination der Anspruchslosigkeit und Winterfestigkeit des Roggens mit der Qualität des Weizens oder Schaffung eines perennierenden rostfesten Roggens durch Einkreuzung von *Sec. montanum* in Kulturroggen (vgl. S. 63 und 67), sind zahlreiche Versuche mit Art- und Gattungsbastarden gemacht worden.

Artbastarde sind bei *Secale* rel. leicht herstellbar, und die Anlagenspaltung gestattet zweifellos die Auslese erwünschter Neukombinationen (vgl. S. 39). Entscheidende praktische Erfolge sind bisher jedoch nicht bekannt geworden.

Mit Aussicht auf praktischen Erfolg sind Roggen  $\times$  Weizen-Bastarde an verschiedenen Stellen hergestellt worden. Amphidiploide besitzen eine weitgehende Konstanz, aber immer reduzierte Fertilität. Selektierte Stämme zeigen jedoch deutliche Unterschiede bzgl. Fertilität, Winterhärte, Wuchs und Backfähigkeit (MÜNTZING 1939 b, 1947).

Die partielle Sterilität beruht nach MÜNTZING (1943 b) auf meiotischen Störungen, die auf Inzuchtschäden des Roggen-genoms, welches in Amphidiploiden infolge der Reduplikation der Chromosomen völlig homozygot vorhanden ist. Deshalb hält MÜNTZING (1947) die Verwendung selbstfertiler Inzuchtlinien für die Herstellung von *Triticale* für aussichtsreicher. Durch Herstellung einer gewissen Anzahl verschiedener *Triticale*-Kombinationen und Linientrennung mit nachfolgender Kreuzung lassen sich *Triticale* mit gesteigerter Leistung und beachtlichen Eiweißgehalten und Qualitäten entwickeln (MÜNTZING 1943 b), so daß die Herstellung praktisch bedeutsamer Roggen-Weizen-Formen in der Zukunft möglich erscheint.

## 4. Auslösung und Auslese von Mutationen

Künstliche Auslösung von Gen-Mutationen spielt in der Roggenzüchtung bisher keine Rolle, da dieselben wegen der hochgradigen Heterozygotie praktisch nicht von der Abspaltung Rezessiver unterschieden werden können. Die Entdeckung und Erhaltung von absoluter  $\delta$  Sterilität wäre u. U. für die Heterosiszüchtung von Wert, weil man dann auf die künstliche Kastration verzichten und rel. leicht Massenkreuzungen durchführen könnte.

Dagegen spielen Genom-Mutationen, hervorgerufen durch Verdoppelung der Chromosomen, eine wesentliche Rolle (vgl. S. 40). Seit den dreißiger Jahren wurden durch Temperaturschocks (DORSEY 1936), Röntgenstrahlen (BRESLAVETZ 1939, 1940), vor allem aber durch Behandlung mit Colchizin, in den verschiedensten Ländern tetraploide Roggen hergestellt (BREMER-REINDERS 1950 a, b, BREMER-REINDERS und BREMER

1952, BREMER und BREMER-REINDERS 1954, CHIN 1943, KONDO 1941, LEVAN 1945, MÜNTZING 1943c, 1951a, NOGGLE 1947, O'MARA 1943, v. SENGBUSCH 1940a, 1941, TJIO 1954). SCHMUCK und KOSTOFF (1939) erzielten tetraploiden Roggen durch Behandlung mit Acenaphthenderivaten.

Zwecks Verdoppelung der Chromosomen bedient man sich heute fast ausschließlich der Colchizinbehandlung. Für den Erfolg ist es wesentlich, in lebhafter Zellteilung begriffenes Gewebe für eine bestimmte Zeit dem Einfluß von Colchizin auszusetzen. Dazu behandelt man geeignetes Gewebe mit wäßriger Colchizinlösung von 0,05—0,4%, was in der unterschiedlichsten Weise erfolgen kann. So injizierte van DILLEWIJN (1941) mit Erfolg 0,05—0,1% Colchizinlösung in dekapitierte Koleoptilen von Roggen-Weizen-Bastarden, hatte aber bei Roggen keinen Erfolg. NAVASHIN-GERASSIMOVA (zit. nach BREMER-REINDERS und BREMER 1952) erzielten gute Ergebnisse durch Wurzelbehandlung. Hierzu werden im Feld angebaute Sämlinge kurz vor der Anlage der Blütenprimordia im Vorfrühling mit den Wurzeln aus der Erde genommen und tagsüber in Colchizinlösung und über Nacht in Wasser gebracht. Bei der einfachsten, sehr häufig angewandten Methode läßt man Roggenkörner in Colchizinlösung keimen und pflanzt sie danach in Kisten aus (v. SENGBUSCH 1940). BREMER-REINDERS und BREMER (1952) und BREMER und BREMER-REINDERS (1954) behandeln junge Keimlinge, deren Koleoptile und Wurzeln bis 10 mm lang sind, 2 Stunden mit 0,2%iger Colchizinlösung bei 27° C. Damit wird eine lebhafte Zellteilung unter dem Colchizineinfluß gewährleistet. Nach der Behandlung werden die Keimlinge in flache Kisten gepflanzt und bei 16—17° C unter Zusatzlicht im Gewächshaus kultiviert. Die Sterblichkeit der so behandelten Pflanzen ist hoch. Unter den Überlebenden finden sich aber viel Tetraploide, so daß letzten Endes die Ausbeute bei dieser Methode höher ist, zumal bei der kurzen Behandlungsdauer eine größere Anzahl von Keimlingen behandelt werden kann. Die jungen Keimlinge reagieren auf die Colchizinbehandlung deutlich mit verzögertem Wachstum, durch verdickte Blätter und dunkelgrüne Farbe.

Auf Grund verschiedener morphologischer Merkmale lassen sich bis zur Ernte eine ganze Anzahl der behandelten Pflanzen als tetraploidverdächtig auslesen. Da unter diesen meist ein mehr oder weniger hoher Prozentsatz mixoploider Pflanzen mit sowohl diploidem als auch tetraploidem Gewebe vorhanden ist, lohnt es sich für die Auslese in der Regel nicht, die behandelten Pflanzen selbst zytologisch zu untersuchen. Man benutzt hierzu besser die Wurzelspitzen der ersten Nachkommenschaft dieser Pflanzen. Nach PETERS (1954) läßt sich auf Grund der unterschiedlichen Dicke von Keimwurzeln eine sehr sichere Vorselektion in der Nachkommenschaft durchführen, so daß zur endgültigen zytologischen Prüfung vorwiegend polyploides Material kommt.

In den ersten Generationen nach der Chromosomenverdoppelung treten in wechselnder Häufigkeit um 25% aneuploide Pflanzen neben euploiden auf. Dabei überwiegen die Hypertetraploiden (über 28 Chromosomen) gegenüber den Hypotetraploiden (unter 28 Chromosomen) (BREMER und BREMER-REINDERS 1954, MÜNTZING 1943c, 1951a). Die Körner mit den aneuploiden Embryonen sind meist klein, geschrumpft und oft schlecht keimfähig. Die Ausmerzungen aneuploider Typen ist bis zu einem gewissen Grade durch Absieben der sogenannten Kümmerkörner möglich (MÜNTZING 1951a, HAGBERG 1953b). Aneuploide Pflanzen zeigen reduzierte Vitalität, mangelhafte Bestockung und geringe Fertilität. Sie treten infolge von meiotischen Störungen der Tetraploiden auf und lassen sich durch Auslese weitgehend reduzieren, wie BLEIER (1949), BREMER und BREMER-REINDERS (1954), MÜNTZING (1951a) und PLARRE (1954) zeigen konnten. Nach siebenjähriger Auslese auf Fertilität konnten BREMER und BREMER-REINDERS (1954) eine deutliche Zunahme des Kornansatzes je Ähre und gleichzeitig eine Verminderung der meiotischen Störungen feststellen. PLARRE (1954) fand in einer von ihm untersuchten Population, daß rund  $\frac{2}{3}$  der Pflanzen 20—35%, rund  $\frac{1}{4}$  35—55% und nur 10—15% der Pflanzen weniger als 20% gestörte Pollenmutterzellen aufwiesen. Sowohl der Vergleich verschiedener Populationen tetraploiden Roggens als auch die positiven Ausleseerfolge sprechen für eine erbliche Veranlagung der zytologischen Labilität, wie sie auch für den diploiden Roggen anzunehmen ist (vgl. S. 38 u. 79f.).

Die Züchtung muß die Schaffung zytologisch stabiler Formen anstreben. PLARRE erzielte eine Fertilitätssteigerung, indem er die Elitepflanzen vor der Blüte zytologisch

untersuchte und nur solche Pflanzen zur gegenseitigen Bestäubung kommen ließ, die weniger als 20% gestörte Pollenmutterzellen aufwiesen.

Da praktisch für die zytologische Kontrolle vor der Blüte nur 10–14 Tage Zeit sind, ist die Verarbeitung großen Materials schwer möglich. Es empfiehlt sich hier zweifellos, die Klonung einzuschalten, um im ersten Jahr an einer Anzahl Klonteile zytologische bzw. Fertilitäts-Untersuchungen durchzuführen und im zweiten Jahr die Klone mit den geringsten Störungen untereinander abblühen zu lassen.

Da eine Befruchtung zwischen di- und tetraploidem Roggen zwar leicht möglich ist, die entstehenden triploiden Embryonen aber auf frühem Entwicklungsstadium absterben oder, wenn sie gelegentlich am Leben bleiben, zur erneuten Entstehung aberranter Nachkommen führen (HAGBERG 1953a, HÅKANSSON und ELLERSTRÖM 1950, v. LÖWENSTEIN 1952, MÜNTZING 1943c), muß unter allen Umständen eine derartige Bestäubungsmöglichkeit ausgeschlossen werden.

HAGBERG (1953b) konnte durch Untersuchung von mehr als 1000 aus unterdurchschnittlichen Korngrößen erwachsenen Sämlingen einer im Handel befindlichen Partie tetraploiden Stahlroggens zeigen, daß spontan keine diploiden Formen darin auftraten. Die Zahl der Aneuploiden war im Laufe von 10 Generationen von 22,7% auf 14,5% gesunken. Dies beruhte auf einer Abnahme der Hypertetraploiden, während sich der Anteil der Hypotetraploiden nicht geändert hatte. Durch Bastardierung von  $2n \times 4n$ -Roggen entstandene  $3n$ -Pflanzen können gelegentlich keimfähige  $2n$ -Nachkommen hervorbringen (v. LÖWENSTEIN 1951). Diese werden jedoch in späteren Generationen a) wegen hochgradiger Sterilität nach Bestäubung durch  $4n$ -Pflanzen, b) weil sie durch die kräftiger ausgebildeten Tetraploiden unterdrückt werden, wieder eliminiert (ELLERSTRÖM und HAGBERG 1954).

Im Laufe der letzten  $1\frac{1}{2}$  Jahrzehnte sind an verschiedenen Orten tetraploide Kulturroggen hergestellt worden. In Deutschland und Schweden zeigen sie sich nach dieser relativ kurzen Zeit züchterischer Bearbeitung bereits durchaus konkurrenzfähig und sind in die landwirtschaftliche Praxis eingeführt worden. In Holland sind tetraploide Roggenstämme seit 1947 weitgehend entwickelt, und auch in vielen anderen Ländern arbeitet man an dieser Aufgabe. Der Vergleich von  $4n$ - und  $2n$ -Roggensorten in exakten Leistungsprüfungen ist durch die Ertragsdepression infolge der erhöhten Schartigkeits nach der unvermeidlichen Entstehung triploider Bastardkörner einseitig kaum möglich. Der mehrfach versuchte Vergleich der beiden Sorten über Weizen als Standardsorte, liefert wegen der unterschiedlichen Reaktion auf die Anbaubedingungen ebenfalls nur problematische Werte. Aus diesen Gründen ist es auch zunächst schwer, ein genaues Bild vom Stand der  $4n$ -Roggen-Züchtung zu erhalten. Bisher gibt es keine völlig einwandfreie Methodik des Leistungsvergleiches, und die lebhafteste Diskussion für und wider den „Tetraroggen“ basiert auf mehr oder weniger unsicheren Versuchsergebnissen. Den mehr oder minder optimistischen Berichten von BLEIER (1949), GREVE (1951), MÜNTZING (1951a), KEESE (1953) u. a. stehen kritische Ansichten (ANONYM 1955, HERRMANN 1955, ROGNER 1953a, b u. a.) gegenüber. Seitens der Mühlenindustrie werden besonders folgende Mängel angeführt: 1. Besatz mit Mutterkorn, 2. schwerere Lösbarkeit der Schalen vom Endosperm, 3. infolge der Korngröße schwierige Vermahlung auf dem Roggendiagramm, vor allem in Mischung mit Normalroggen. Nach HERRMANN (1955) sind die genannten Mängel technisch zu bewältigen. Für die Mühlen dürfte die Umstellung ihrer Technik jedoch erst dann lohnend sein, wenn genügend große Partien  $4n$ -Roggen angeliefert werden. Vom backtechnischen Standpunkt aus wird am tetraploiden Roggen in erster Linie die größere Auswuchsneigung kritisiert (vgl. S. 61 f.), der als Vorteil ein höherer

Eiweißgehalt gegenübersteht. Nach FUCHS (1954) und HINTZER und DE MIRANDA (1954) hat man dagegen in Holland mit tetraploidem Roggen gute Erfahrungen gemacht.

Da in Deutschland, vor allem aber in Westeuropa, nur etwa die Hälfte der Roggen-ernte zur menschlichen Ernährung verwendet wird, kommt diesen Qualitätsansprüchen nur begrenzte Bedeutung zu. Seitens der Landwirtschaft wird die geringere Bestandesdichte (Bestockung), die größere Schartigkeit und die dadurch bedingte wechselnde Ertragsfähigkeit kritisiert. Der wesentliche Vorteil für die Landwirte liegt vor allem in der besseren Standfestigkeit auch nach der Totreife (Mähdrusch) und dem deutlich verminderten Kornausfall. Zwecks Verbesserung der Bestandesdichte müssen höhere Aufwendungen für Aussaatkosten und zur Verbesserung des Ertrages höhere Düngeraufwendungen gemacht werden, die sich nicht in allen Fällen lohnen. In vielen Gebieten Deutschlands hat sich der Tetraroggen jedoch durchgesetzt und wird mit wirtschaftlichem Erfolg angebaut. Wie MÜNTZING (1954) zeigte, ergeben sich aus der Kreuzung verschiedener 4n-Roggen erhebliche Möglichkeiten der züchterischen Weiterentwicklung. Diese sind um so günstiger je mehr tetraploide Roggen hergestellt werden, weil damit die Auslese auf wesentlich breiterer Basis erfolgen kann. Die heutigen 4n-Roggen sind nicht als Endprodukt, sondern als Anfangserfolg zu betrachten (QUADT 1955). Mit Hilfe moderner Zuchtmethoden sind auch beim 4n-Roggen weitere Erfolge zu erwarten.

#### IV. Umweltbedingungen für die Roggenzüchtung

VON W. LAUBE

Die Wirksamkeit züchterischer Auslese wird in ungeeigneter Umwelt in Frage gestellt. Eine entscheidende Voraussetzung einer erfolgreichen Roggenzüchtung ist deshalb die Wahl des richtigen Standortes.

Wenn die Forderung nach isolierter Lage (vgl. S. 73f.) der Zuchtfläche nicht erfüllt werden kann, wird man eine Zone mit jungen Vermehrungsgenerationen um die Zuchtfelder legen. Will ein Züchter mehrere Roggensorten bearbeiten, so müssen die Zuchtfelder räumlich weit auseinander — besser noch in getrennten Betrieben — liegen. Die deutschen Anerkennungsbestimmungen verlangen eine Mindestentfernung von 300 m zwischen den Vermehrungsflächen zweier Roggensorten.

Bezüglich des Bodens der Zuchtstätte ist zu bedenken, daß der Roggen zwar auf allen Böden mit pH-Werten zwischen 4,5 und 7,2 gedeiht, aber seine Überlegenheit gegenüber anderen Getreidearten besonders auf basenarmen, trockenen Böden zeigt, auf denen er bei entsprechender Mineraldüngung noch lohnende Erträge bringt. Die dazu notwendige Genügsamkeit und Dürre-resistenz wird durch Züchtung auf trockenen Sandböden gewährleistet. Der Grundwasserstand der Zuchtfelder soll mindestens 3 m betragen, da die Roggenwurzeln bis 2 m tiefgehen.

Stärkere Temperaturextreme und geringere Niederschläge, wie sie im kontinentalen Klima gegeben sind, begünstigen die Verbesserung der Frost- und Dürre-resistenz. Ein Klima mit relativ spätem und kurzem Frühjahr ermöglicht die Auslese auf rasche Frühjahrsentwicklung.

Wenn heute in Europa zu 90% Petkuser Roggen gebaut wird, so ist das nicht zuletzt darauf zurückzuführen, daß die Zuchtstätte Petkus allen genannten Bedingungen in hervorragender Weise entspricht.

Die ökologische Streubreite einer Roggensorte läßt sich auf einem geeigneten Standort dadurch fördern, daß ein umfangreiches Ausgangsmaterial während einer mehrjährigen Selektion den stets unterschiedlichen Jahreswitterungen ausgesetzt wird. Sicherer wird die ökologische Streubreite berücksichtigt, wenn die ausgelesenen Stämme

auch in Filialzuchtstätten unter anderen Umweltbedingungen mehrere Jahre geprüft werden. In trockenem Kontinentalklima allein wird z. B. eine gute Standfestigkeit kaum zu erreichen sein.

Spezialsorten müssen natürlich auf dem ihnen zukommenden Standort gezüchtet werden, z. B. Moorroggen mit besonderer Reißfestigkeit der Wurzel und verspäteter Blüte, Höhenroggen mit Widerstandsfähigkeit gegen *Fusarium*, Schneedruck, lange Schneedauer usw.

## V. Bereits erzielte Zuchterfolge

VON W. LAUBE

Es ist nicht möglich, eine Ertragssteigerung während kürzerer Zeiträume exakt nachzuweisen, da keine Roggensorte ein feststehendes Ertragspotential hat. Als Fremdbefruchter-Population ändert sich eine Roggensorte laufend durch Züchtung und natürliche Auslese in morphologischer und physiologischer Hinsicht, während sich autogame Getreidearten lange Zeit auf derselben Leistungsstufe halten. Um für Roggen eine konstante Vergleichssorte zu gewinnen, müßte Saatgut dieser Sorte über viele Jahre keimfähig erhalten werden. Das läßt sich erreichen, wenn man die Lebensäußerungen des Embryo auf ein Minimum herabsetzt a) durch Heruntertrocknung auf etwa 5% Wassergehalt, b) durch Lagerung bei wenigen Graden über dem Gefrierpunkt im Kühlhaus. Wenn nach Jahren die Keimfähigkeit stärker sinkt, ist die Maßsorte isoliert ein Jahr zu vermehren, usw. Die Schaffung einer konstanten Maßsorte durch eine zentrale Prüfstelle ist erforderlich, zumal neue Roggenzüchtmethoden in der Entwicklung begriffen sind, deren Wirkung an einer solchen Sorte gemessen werden könnte. Mit Hilfe einer ertragsmäßig konstanten Roggenstandardsorte könnte auch gewissen Zweifeln an der Ertragssteigerung durch Züchtung (KURSELL 1953, OPITZ 1954, ZIMMERMANN 1951) begegnet werden.

Daß die seit 75 Jahren in Deutschland betriebene Roggenzüchtung große Leistungsfortschritte erzielte, ist aus eigenen Ertragsvergleichen ersichtlich, die zwischen Petkuser Roggen und zwei Landsorten unter Anwendung heutiger Kulturmethoden durchgeführt wurden.

Versuchsort und -jahre	Sorte	Durchschnittl. Körnerertrag dz/ha relativ	
12-jähriger Vergleich (1929 bis 1940) in Petkus	Petkuser	25,1	185
	Landsorte (Böhmerwald)	13,5	100
6-jähriger Vergleich (1947 bis 1953) in Hasselhorst	Petkuser	29,9	176
	Landsorte (Schwarzwald)	17,0	100

Die besonderen Schwierigkeiten der Roggenzüchtung haben dazu geführt, daß die Anzahl der deutschen Roggensorten in den letzten drei Jahrzehnten wesentlich abgenommen hat. 1952 standen z. B. in Westdeutschland 88 zugelassenen Weizensorten nur 18 Roggensorten gegenüber, obwohl die Roggenanbaufläche größer als die des Weizens ist. Bei keiner anderen Getreideart überwiegen die Anbauflächen einiger weniger Sorten in solchem Ausmaß wie bei Roggen.

Wie Tabelle 6 zeigt, wurden in wenigen Jahren die alten Landsorten der Schweiz durch bessere neue Sorten verdrängt.

Gute Verwertung hoher Mineraldüngung, vor allem einer gesteigerten N-Düngung, ist eine Sorteneigenschaft von wachsender Bedeutung, insbesondere dort, wo auf beschränkten Anbauflächen hohe Ernten erzielt werden müssen, wie z. B. in Holland, Belgien, Schweiz, Deutschland usw.

Tabelle 6

Sorten	Prozentuale Verteilung des Saatgutumsatzes in der Schweiz								
	1946 %	1947 %	1948 %	1949 %	1950 %	1951 %	1952 %	1953 %	1954 %
Petkuser . . . . .	—	27,6	71,1	87,3	93,9	93,6	93,2	96,6	94,0
Witzwiler . . . . .	60,2	44,2	18,0	10,3	4,7	4,4	5,0	2,5	4,7
Rotenbrunnen . . . . .	18,2	13,3	5,6	1,7	1,3	2,0	1,8	0,9	1,3
Mont Calme . . . . .	10,3	7,5	1,4	0,2	0,1	—	—	—	—
Lenzburger . . . . .	7,6	5,4	2,0	0,1	—	—	—	—	—
Landroggen und Adlikon	3,7	2,0	1,3	0,4	—	—	—	—	—
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

(Aus Tätigkeitsbericht des Schweizerischen Saatzuchtverbandes 1947—1951 und persönlichen Informationen 1954.)

Im Durchschnitt ergibt unter deutschen Erzeugungsbedingungen 1 kg N einen Mehrertrag von 16—19 kg Roggenkörnern. Dagegen beträgt der Produktionswert von 1 kg K<sub>2</sub>O 3—4 kg Körner, der von 1 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 6—7 kg Körner. WEIGERT und FÜRST (1929) wiesen in 8-jährigen Versuchen an 11 verschiedenen Roggensorten nach, daß gesteigerte N-Gaben nicht gleichmäßig verwertet werden. WELLENSIEK (1944) vergleicht die Fähigkeit zur N-Verwertung von Petkuser und Marienroggen.

	0 N	40 N	80 N	120 N
Petkuser . . . . .	100	100	100	100
Marienroggen . . . . .	98,3	95,5	86,9	83,4

Bei steigenden N-Gaben und im Hinblick auf maschinelle Erntemöglichkeiten wird die Züchtung auf Standfestigkeit vordringlich. Die in dieser Richtung bereits erreichten Zuchtfortschritte sieht man daran, daß Landsorten in Vergleichen mit heutigen Zuchtsorten meistens als erste lagern. Über die gelungene Verbesserung lagerschwacher Sorten durch Einkreuzung einer standfesten Zuchtsorte berichtet z. B. OGNEV (1951).

Die Auswuchsfestigkeit (vgl. S. 62 und 72) ist vor allem in Gegenden mit niederschlagsreichem Ernteklima von Bedeutung. Ein eigener Versuch 1954 zeigt, daß beträchtliche Sortenunterschiede bestehen.

Der Roggen wurde am 10. VIII. geschnitten und am 1. IX. eingefahren. In der Zwischenzeit fielen an 19 Tagen 88,5 mm Regen. Die Auswuchsprozente der Tabelle 7 wurden durch Untersuchung von 8 × 50 g je Sorte festgestellt. Die beiden Landsorten reagierten extrem verschieden. Da bei den Zuchtsorten 1 und 4 bekannt ist, daß seit etwa 15 Jahren Auswuchsprüfungen an den Nachkommen angestellt werden, kann ihre unterdurchschnittliche Auswuchsneigung wohl als ein züchterischer Erfolg dieser Prüfungen angesehen werden.

Tabelle 7. Auswuchsprozente aus einem Sortenversuch

Landsorte (Schwarzwald)		8,2 %
Zuchtsorte	1	12,5 %
„	2	13,9 %
„	3	17,1 %
„	4	17,2 %
„	5	22,6 %
„	6	25,1 %
„	7	28,5 %
„	8	28,6 %
„	9	30,2 %
„	10	35,4 %
Bergroggen Schweiz		40,4 %

Die Züchtung auf Kornqualität ist beim Roggen bisher nicht so weit fortgeschritten wie beim Weizen. Teils liegt das an den Züchtungsschwierigkeiten bei Fremdbefruchtung, teils daran, daß die Verarbeitung des Roggens zu Brot zurückgeht. Auch sind die Grundlagen der Backqualität noch nicht vollständig erforscht.

Die Gleichmäßigkeit der Kornausbildung ist züchterisch durch Eliminierung des dritten Kornes je Ährchen gefördert worden. Die Korngröße hat im Laufe der etwa 75-jährigen Zuchtarbeit an Roggen wesentlich zugenommen, wie die Versuchsergebnisse der Tab. 8 erkennen lassen.

Tabelle 8

Versuchsjahre und -Ort	Sorte	Durchschnittl. Tausendkorn- gewicht g relativ
12-jähriger Vergleich (1929 bis 1940) in Petkus	Petkuser	30,4 132
	Landsorte (Böhmerwald)	23,1 100
6-jähriger Vergleich (1947 bis 1953) in Hasselhorst	Petkuser	33,2 169
	Landsorte (Schwarzwald)	19,7 100

Eine erhebliche Kornvergrößerung wurde durch die Züchtung der tetraploiden Roggensorten erreicht. NEUMANN und PELSHENKE (1954) geben als deutsche Mittelwerte an:

	TKG
beim 2n-Roggen	27 g
beim 4n-Roggen (Tetra)	44 g

Ein ähnliches Verhältnis zwischen den TausendkornGewichten diploider und tetraploider Roggensorten wurde auch in anderen Ländern festgestellt, so von MÜNTZING (1951a) u. a. In Hasselhorst wurden 1949 bei gleichen Ernährungsbedingungen folgende Zahlen gefunden:

	TKG	hl-Gewicht
beim 4n-Roggen (Tetra)	52,4 g	67,55 kg
beim 2n-Roggen (Normalstroh)	33,0 g	74,00 kg
beim 2n-Roggen (Landsorte)	24,4 g	72,40 kg

Obgleich die Mehlausbeute und -beschaffenheit nicht in voller Übereinstimmung mit dem Hektolitergewicht stehen (vgl. S. 64), ist die züchterische Erhöhung des letzteren stark beachtet worden, weil in vielen Ländern die Getreidepreise nach dem Volumengewicht festgesetzt werden. Das Hektolitergewicht schwankt beim diploiden Roggen zwischen 65 und 80 kg und beträgt durchschnittlich 73 kg. Der tetraploide Roggen liegt im hl-Gewicht um etwa 3 kg tiefer, was auf das größere Korn und auf die rauhere Kornoberfläche zurückzuführen ist.

Mehle aus grünkörnigen Roggensorten, deren Aleuronschicht Farbstoffe führt, sind nicht so hell wie die aus gelbkörnigen Sorten, weil der Mahlprozeß die Trennung der Aleuronschicht vom Mehlkörper nicht vollkommen erreicht. Da der Verbraucher helles Brot bevorzugt, würden hellkörnige Sorten bei gleicher Ertragshöhe weitere Verbreitung finden können als grünkörniger Roggen. Bisher haben sich hellkörnige Sorten in Deutschland nicht in wesentlichem Umfange durchsetzen können, da sie von der verarbeitenden Industrie nicht entsprechend bezahlt werden. In den europäischen Roggensorten herrscht eine ziemlich ausgeglichene grüne Kornfarbe vor, nachdem im Laufe der Jahre die braunkörnigen und braunspitzigen Typen ausgemerzt sind (ROEMER 1939).

Im mitteleuropäischen Roggenbau ist Züchtung auf Feinschaligkeit wegen Erhöhung der Auswuchsneigung gefährlich. Züchterfolge in dieser Richtung sind nicht bekannt.

Bei der ständigen Zunahme des Zwischenfruchtfutterbaues wächst die Bedeutung des Roggens als Grünfütter (vgl. S. 67), obwohl seine Silierung infolge des hohlen Halmes nicht immer befriedigt; auch das Roggenheu wird vom Milchvieh nicht bevorzugt. Zwei schwer zu vereinende Zuchtziele sind frühe Schnittrife und hohe Massenerträge, die aber in einigen Spezialsorten weitgehend vereinigt werden konnten.

Dreijährige Versuche von FENSE (1954) ergaben die in Tab. 9 wiedergegebenen Sortenunterschiede.

Tabelle 9. Grünfüttererträge bei zeitlich verschiedenem Schnitt  
(jeweils bei Sichtbarwerden der Grannenspitzen)

Sorte	Trockenmasse dz/ha	Rohprotein kg/ha
Lihoroggen . .	43,66	587,3
Heßdorfer . .	40,24	545,9
Petkuser . . .	47,37	605,2

Die Erntezeit-Differenz zwischen dem frühesten (Lihoroggen) und dem spätesten (Petkuser) Roggen betrug durchschnittlich 6 Tage. Wenn also die jeweils optimale Schnittzeit gewählt wurde, ergab die späte Sorte mehr Trockenmasse und Rohprotein, war allerdings etwa eine Woche später schnittrif. Wenn aber das Zuchtziel schnelle Schnittrife im Vordergrund stand und alle Sorten gleichzeitig geschnitten wurden, änderte sich das Ergebnis (Tab. 10):

Tabelle 10. Grünfüttererträge bei gleichzeitigem Schnitt

Sorte	Schnitt am 4. V. 1953		Schnitt am 12. V. 1953	
	Trockenmasse	Rohprotein	Trockenmasse	Rohprotein
Lihoroggen . .	100,00	100,00	100,00	100,00
Heßdorfer . . .	93,68	97,15	94,79	101,40
Petkuser . . .	88,15	90,90	76,79	86,15

Es scheint, daß bei dem später schossenden 4n-Roggen Schnittrife und Massenertrag in ein noch ungünstigeres Verhältnis kommen. Weitere Versuche müssen hierüber Klarheit bringen.

Die Resistenzzüchtung steht beim Roggen bisher nicht im Vordergrund, weil der Ertrag durch tierische und pflanzliche Schädlinge nicht übermäßig leidet. Schwerere



Abb. 23. Standfestigkeitsunterschied zwischen Petkuser Normalstrohroggen (vorn) und Tetraroggen (hinten)

Schäden treten nach Korn- und Bodeninfektion durch *Fusarium*arten auf. Geringere Ertragseinbußen werden in Mitteleuropa durch Braunrost (*Puccinia dispersa*), Schwarzrost (*Puccinia graminis secale*) und Mehltau (*Erysiphe graminis secale*), verursacht. In den letzten Jahrzehnten scheint eine gewisse Widerstandsfähigkeit gegen *Fusarium* (ADAM 1954) erreicht worden zu sein.

Mit der Züchtung von tetraploidem Roggen wurde 1938 in Petkus und 1940 in Svalöf be-

gonnen. Nach Herstellung weitgehend stabiler 4n-Formen und wesentlicher Minderung der anfänglichen Sterilität (vgl. MÜNTZING 1947) konnten 1951 beide Zuchtstätten je eine tetraploide Roggensorte in den Handel bringen. Aus Holland berichten BREMER und BREMER-REINDERS (1954) über deutliche Fertilitätsverbesserungen bei ihren tetraploiden Roggenformen nach mehrjähriger Auslese.

Wegen der biologisch bedingten Schwierigkeiten eines Vergleiches zwischen 2n- und 4n-Roggen ist die relative Ertragsleistung des tetraploiden Roggens gegenüber dem diploiden Roggen nicht exakt zu bestimmen (vgl. S. 88). Der derzeitig erreichte Zuchtfortschritt ist beim Tetraroggen in seinem bedeutend stärkeren und daher standfesteren Halm (Abb. 23) zu sehen, der noch wochenlang nach der Todreife määhfähig bleibt, während der diploide Roggen bald zusammenbricht. Das Korn des Tetraroggens wird durch größere Speizen besser festgehalten. Hohe Stickstoffgaben nutzt er gut aus. Im Durchschnitt von 28 Versuchen (Ruhrstickstoff 1952) wurde bei einer Steigerung der N-Düngung von 80 auf 100 kg/ha noch ein Ertragszuwachs festgestellt (Tab. 11).

Tabelle 11. Kornerträge des Tetraroggens dz/ha im Mittel aus 28 Versuchen

	Reinnährstoffe kg/ha N				
	0	40	60	80	100
Durchschnittsertrag dz/ha	20,8	27,5	30,6	32,8	34,2
Relativer Ertrag	100	132	147	158	164
Mehrertrag dz/ha	—	6,7	9,8	12,0	13,4

In Deutschland ist der Roggen die verbreitetste Getreideart, sowohl wegen seiner Widerstandsfähigkeit gegen Klimaeinflüsse und Krankheiten als auch wegen seiner Genügsamkeit und günstigen Wirkung auf die Fruchtfolge. Als Lieferant von Brot- und Futterkorn, Stroh- und Grünfutter, ist er eine tragende Stütze der Landwirtschaft. Dennoch ist er, über längere Zeiträume gesehen, flächenmäßig im Rückgang begriffen, weil sich die Geschmacksrichtung im Brotkonsum zum Weizen hin verlagert. Seine Verwendung als Futterpflanze wird zu-, die als Brotgetreide abnehmen. Der zukünftige Erfolg der Roggenzüchtung wird an der Entwicklung der Anbaufläche nicht unbeeinträchtigt sein.

#### LITERATURVERZEICHNIS

- AASE, H. C., 1946, Cytology of Cereals II. Dec. suppl. rev. Issue No. 4, Bot. Rev., 12, 255—334.  
 — ADAM, J., 1954, Der Weg zur Züchtung einer neuen Roggensorte. Ber. Arbtg. 1954, Arbgem. Saatlr. Bundesanstalt Alp. Landw. Admont. — AGEEV, K. F., 1929, Annalen Ldw. Timirjasev Akad. b. Moskau, 4, 143—174. (Russ.) — AKDIK, S. u. MÜNTZING, A., 1949, New cases of segmental interchange and some other meiotic irregularities in rye. Hereditas 35, 67—76. — ÅKERMAN, Å., ANDERSSON, G., u. LINDBERG, J. E., 1935, Studien über die Winterfestigkeit des Roggens. Z. Pflanzenz. 20, 137—166. — ÅKERMAN, Å., 1938, Die Möglichkeit, die Qualität unserer Getreidesorten durch Züchtung und Stickstoffdüngung zu verbessern. Z. Pflanzenz. 22, 551—563. — ANDERSSON, G., 1944, Gas change and frost hardening studies in winter cereals. Hakan Ohlssons Boktryckeri, Lund. — Anonym: 1947, Forage grasses. Rep. Minister Agr. Dom. Canad. — Anonym: 1951, Ann. Rep. Agr. Exp. St. Univ. Florida. — Anonym: 1953, Forage-producing strain of Abruzzi rye gives good yield. What's new crops soils 5, Nr. 23. — Anonym: 1954, Diskussion über den Tetraroggen: Wünschen die Mühlen den Anbau? Dtsch. Müller-Ztg. 53, 15. — Anonym: 1954a, Stat. Ber. Stat. Bundesamt. Wiesbaden Arb.-Nr. III/4/120. — Anonym: 1954b, Minist. Bl. Bundesmin. Ern. Ldw. Forst 3, 37. — ANTROPOV, V. u. V., 1929, Bull. Appl. Bot. Genet. Plant. Breed. Suppl. 36 Leningr. (Russ.) — ANTROPOV, V. u. V., 1936, Flora of cultivated plants. 2 Rye, Leningr. Acad. Agr. Sci. — ANTROPOV, V. u. V., 1948, Sinopsis de las especies y variedades del género Secale. Rev. Argent. Agron. 15, 33—52. — Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung, 1954, Standard-Methoden f. Getreide, Mehl u. Brot. Die Mühle, Detmold. — ATKINSON, W. A., 1952, Rye. Conf. cer. breed. & genet. Wagga, N.S.W. 1951 Comm. Sci. Industrie. Res. Organ, Melbourne, 93—97. — AUFHAMMER, G., 1953, Hat sich das Roggenkorn verändert? Mühlen-Kurzpost 2, 9—10. — AUFHAMMER, G., 1954, Über Methoden zur Bestimmung der Kälteresistenz und Winterfestigkeit. Z. Pflanzenz. 34, 85—96. — AUST, S., 1941, Erhöhte Saatgutgewinnung bei Roggen durch vegetative

- Vermehrung. Züchter 13, 84—87. — AUST, S., u. OSSENT, H. P., 1941, Qualitätszüchtung beim Roggen. Züchter 13, 78—84. — AVAKJAN, A. A., and FRIGINSON, N. I., 1946, Results of several years experiments on free interpollination between varieties of winter rye. Agrobiologija 3, 3—50. — BAC, S., 1947, O wymarzianu ozimin. (On the winter killing of winter cereals.) Przegł. Roln. 2, 217 bis 219. — BALTZER, U., 1930, Untersuchungen über die Anfälligkeit des Roggens für Fusariosen. Phytopath. Z. 2, 377—441. — BENZIN, B. M., 1933, Autogamous Turkestan rye. Bull. Torrey Bot. Club 60, 155—160. — BERKNER, F., 1940, Kritische Beiträge zur Kenntnis, Züchtung und Nutzung der *Vicia villosa*. Forschungsbd. 10, 418—442. — BLAKESLEE, A. F., and AVERY, B. T., 1937, J. Hered. 28, 393—412. — BLEIER, H., 1950, Genommutation als neue praktische Zuchtmethod. DLG-Nachr. Pflanzenz. Wiesbaden. — BOEKHOLT, K., 1950, Die volkswirtschaftliche Bedeutung der deutschen privaten Pflanzenzucht. Vortr. Einbeck u. Voldagsen, 3—19 Wiesbaden. — BOEKHOLT, K., 1950, Bedeutung von Pflanzenzucht und Saatgutwechsel für die Landwirtschaft. Sonderdr. Arch. DLG 13, 1. — BOGOMOLOV, A. M., 1951a, Improving the inheritance of Benjakonskaja rye seed. (Russ.) Selekcija i Seminov, 4, 63—65. — BOGOMOLOV, A. M., 1951b, The use of large seed for the breeding and propagation of rye. (Russ.) Selekcija i Seminov 6, 52—53. — BORISENKO, S. F., 1940, Family analysis in the work of breeding and seed production with rye. Jarov. 5, 57—61. — BRABENDER, C. W., 1937a, Beiträge zur Strukturforschung von Weizen- und Roggenteigen. Mühlenlab. 7, 121. — BRABENDER, C. W., MUELLER, G., u. KÖSTER, A., 1937b, Der Amylograph, ein Apparat zur Messung der Backfähigkeit von Roggen. Z. f. d. ges. Getreidewesen 24, 168—175. — VAN DEN BRANDE AND VAN ONSEM, 1947, Het stengelaaftje *Ditylenchus dipsaci* van de roggè. Meded. Landb. Hooges. Wageningen 12, 213—229. — BREMER-REINDERS, D. E., 1950a, Nieuwe perspectiven voor de roggeveredeling. Bakkerij-Wetenschap 3, 71—75. — BREMER-REINDERS, D. E., 1950b, Veredelingsonderzoek van tetraploide rogge. Meded. van de N. A. K. Jahrg. 7 (13) blz. 3. — BREMER-REINDERS, D. E. and BREMER, G., 1952, Methods used for producing polyploid agricultural plants. Euphytica 1, 87—94. — BREMER, G. and BREMER-REINDERS, D. E., 1954, Breeding of tetraploid rye in the Netherlands. Euphytica 3, 49—63. — BRESLAVETZ, L., 1939, Polyploids in rye by X-rays. C. R. (Dokl.) Acad. Sci. URSS 22, 354. — BRESLAVETZ, L., 1940, Polyploid forms of spring rye. C. R. (Dokl.) Acad. Sci. URSS 29, 328—331. — BREWBAKER, H., 1926, Studies of self-fertilization in rye. Univ. Minnesota, Agr. Exp. St. Techn. Bull. 40. — BRIGGILER, H. A., 1950, Comportamiento de cereales forrajeros en Rafaela. Memoria de la cuarta reunion de trigo, avena, cebada y centeno, en la Estación Experimental Pergamino. 230 (Mimeographed). — BRINK, R. A., COOPER, D. C., and AUSERMAN, L. E., 1944, A hybrid between *Hordeum jubatum* and *Secale cereale*. J. Hered. 35, 67—75. — BRINK, R. A., and COOPER, D. C., 1944, The antipodals in relation to abnormal endosperm behaviour in *Hordeum jubatum* × *Secale cereale* hybrid seeds Genetics 29, 391—406. — BRUNDZA, K., 1943, Der Schneeschimmel in Litauen. Angew. Bot. 25, 324. — BRÜNNER, 1954, Der Einfluß der Stickstoffdüngung auf Ertrag und Nährstoffgehalt von Futterpflanzen. Württ. Wochenbl. Landw. 121, 1052. — CAESAR, K., 1954, Vergleichende Untersuchungen an Winterzwischenfrüchten. Z. Acker- u. Pflanzenb. 98, 471—504. — CAMARA, A., 1939, Efeitos do calor sobre a microsporogénese do *Secale cereale* Sci. Genet. 1, 86—102. — CHIN, T. C., 1943, Cytology of the autotetraploid rye. Bot. Gaz. 104, 627—632. — CHRISTIANSEN-WENIGER, F., 1933, Bericht über eine Studienreise durch das ostanatolische Hochland. Z. Pflanzenz. 18, 73—108. — COOPER, D. C. and BRINK, R. A., 1944, Collapse of the seed following the mating of *Hordeum jubatum* × *Secale cereale*. Genetics 29, 370—390. — CZARNOCKA, J., 1939, Zyto Pulawskie wczesne i metody jego hodowli. (Early Pulawy rye and methods of breeding it.) Bibl. Pulawska 20, 29. — DEUFEL, J., 1952a, Die Züchtung von Mutterkorn (*Claviceps purpurea*) auf tetraploidem Roggen. Naturwissenschaften, 39, 432. — DEUFEL, J., 1952b, Der Alkaloidgehalt von auf tetraploidem Roggen gewachsenen Mutterkornsklerotien. Naturwissenschaften 39, 432—433. — DEWEZ, W., 1940, Het optreden van het stengelaaftje (*Tylenchus dipsaci*) in Limburg. T. o. Plantenziekt 46, 194—204. — DILLEWIJN, C. van, 1941, Some technical remarks about the colchicine treatment of Gramineae. Proc. Kon. Acad. van Wetenschappen 44, 1118—1120. — DORSEY, E., 1936, Induced polyploidy in wheat and rye. J. Hered. 27, 155—160. — DUCKART, J., 1927, Verhdlg. 5. Int. Kongr. Vererbungswiss. 1, 603—608. — DUCKART, J., 1928, Fortschr. Landw. 3, 97—105. — DUKA, S. K., 1935, Cytogenetic research of interspecific hybrids *Secale vulgare* × *Secale montanum*. (Russ.) Bull. Appl. Bot. Genet. & Pl. Breed. A 14, 233—238. — DUMON, A. G., Contribution a la génétique et à l'amélioration du seigle. Agricultura (Bull. Ass. Anc. Etud. Inst. Agr. Univ. Louvain 45, 213—223. — EAST, E. M. and MANGELSDORF, A. J., 1925, A new interpretation of the hereditary behaviour of selfsterile plants. Proc. Nat. Ac. Sci. 11, 166—171. — EAST, E. M. and YARNELL, S. H., 1929, Studies of self-sterility VIII. Selfsterility allelomorphs. Genetics 14. — EKSTRAND, H., 1946a, Höstsäden och vinterhårdighetsproblemet (Autumn cereals and the winter hardness problem). Växtskyddsnotiser, Stockholm 1/2, 15—21. — EKSTRAND, H., 1946b, Förekomsten av utvintringssvampar på höstsäd och vallväxter i Finland. (The occurrence of fungi causing winterkilling on autumn cereals and herbage plants in Finland). Ibid. 4, 49—55. — EKSTRAND, H., 1946c, Nagra växtpatologiska synpunkter på höstsädes-

och vallodlingen i Norrland (Some phytopathological aspects of autumn cereals and grassland cultivation in Norrland). *Ibid.* 5, 68—73. — ELLERSTRÖM, S. u. HAGBERG, A., 1954, Competition between diploids and tetraploids in mixed rye populations. *Hereditas* 40, 535—537. — EMME, E., 1927, Zur Cytologie der Gattung *Secale* L. *Bull. Appl. Bot. Genet. and Pl. Breed.* 17, 73—100, (russ. m. dtsh. Zulf.). — EMME, E. 1928, Karyologie der Gattung *Secale* L. *Z. ind. Abst. u. Vererbgs.* 47, 100—124. — ENGELBRECHT, T. H., 1917, Studien zur Völkerkunde (Festschrift E. Hahn) 14, 17—21. — FENSE, H., 1954, Roggen als Grünfütter. *Grünland* 3, 68. — FERWERDA, F. P., 1948a, Tarwe-rogge bastaarden. Studiekring voor Plantenveredeling Wageningen, 206—216. — FERWERDA, F. P., 1948b, Enkele waarnemingen over inteelt en heterosis bij rogge. Studiekring voor Plantenveredel. 30, 226—229. — FERWERDA, F. P., 1951, Inteelt en heterosis bij rogge. *Landbouwk. T.* 63, 319—330. — FETISSOV, A. J., 1939, Reduction division in the 16 chromosome rye. *C. R. (Dokl.) Acad. Sci. URSS* 25, 146 bis 147. — FILIPJEW, I. N. and SCHURMANS-STEKHOVEN, 1941, *A Manual of Agricultural Helminthology* Brill, Leiden. — FLOVIK, K., 1938, Cytological studies of arctic grasses *Hereditas* 24, 265 bis 376. — FRANDSEN, H. N., 1940, Some breeding experiments with timothy. *Imp. Agr. Bur. joint pub.* 3, 80—92. — FREITAS, P., 1946, Rye sterility and its relation with spike length and the volume and weight of the caryopses. *Agron. Lusitana* 8, 165—203. — FRIEND, D. J. C. and GREGORY, F. G., 1953, Acceleration of flowering in partially vernalised grain of Petkus winter rye by subsequent at high temperature. *Nature* 172, 667—668. — FRIMMEL, F. und BARANEK, J., 1935, Beitrag zur Methodik der Roggenzüchtung und des Roggensaatgutbaues. *Z. Pflanzenz.* 20, 1—22. — FRIMMEL, F., 1939, Beitrag zur Xenienfrage bei Roggen. *Züchter* 11, 301. — FRIMMEL, F., 1951, Die Praxis der Pflanzenzüchtung. Parey, Berlin-Hamburg. — FRUWIRTH, C., 1919, *Handbuch der landw. Pflanzenzüchtung*. Bd. IV, 3. Aufl., Parey, Berlin. — FRUWIRTH, C., 1925, Inzuchtversuche bei Roggen, in *Czechoslovak Eugenics Soc. Prague* 161—174. — FUCHS, H., 1954, Qualität als Zuchtziel bei den vier Hauptgetreidearten. *Ber. Arbeitstg. 1954, Arbgem. Saatlr. Bundesanst. Alp. Landw., Admont* — GARBINI, S. E., 1950, Comportamiento de variedades de avena, cebada y centeno ensayadas en Pergamino (Behaviour of varieties of oats, barley and rye tested at Pergamino.) *Rep. 4. meet. wheat, oats, barley and rye 1950, Perg. Exp. St.* 231—234. — GASSNER, G. und NIEMANN, E., 1954a, Über die Infektion von Weizen und Roggen durch verschiedene *Tilletia*-Arten. *Phytopath. Z.* 21, 109 bis 124. — GASSNER, G. und NIEMANN, E., 1954b, Symptome der Steinbranderkrankung (*Tilletia*) bei Weizen und Roggen. *Phytopath. Z.* 22, 288—300. — GAUL, H., 1954, Über meiotische Fragment- und Brückenbildung der Bastarde *Secale* und *Triticum* × *Agropyrum*. *Chromosoma* 6, 314—329. — GÄUMANN, E., 1946, *Pflanzliche Infektionslehre*. Birkhäuser, Basel. GRAFIUS, J. E., 1951, Pierre rye. *Bull. S. Dak. Agr. Sta.* 406, 4. — GREGORY, F. G. and PURVIS, O. N., 1948, Reversal of vernalisation by high temperature. *Nature* 161, 859—860. — GREVE, 1951, Zulassung und Anbau von Tetraroggen. *Ldw. Wochenbl. Kurhessen u. Waldeck* 166, 1106. — GOFFART, H., 1951, Nematoden der Kulturpflanzen Europas. Parey, Berlin. — GOTOH, K., 1924, Über die Chromosomenzahl von *Secale cereale* L. *Bot. Mag. (Tokyo)* 38, 135—152. — GOODEY, T., 1951, Laboratory methods for work with plants and soil nematodes. *Maj. Stat. Off., London*. — GOUWS, J. B., 1950, Die Meiose von *Secale africanum* Stapf. *Naturwetenschap. T.* 32, 139. — GROSS, E., 1907, *Z. landw. Versuchswesen Österr.* 10, 712—721. — HÄNSEL, H., 1951, Über die Wirkung des Kurztages auf Zeit des Ährnschiebens und auf Ährchenzahl pro Ähre bei Petkuser Winterroggen. *Bodenkultur* 5, 305 bis 312. — HÄNSEL, H., 1953a, Klonzüchtung bei Winterroggen. *Ber. Arbeitsgem. Saatzüchtlr. Bundesanst. Alp. Landw. Admont*. — HÄNSEL, H., 1953b, Vernalisation of winter rye by negative temperatures and the influence of vernalisation upon the lamina length of the first and second leaf in winter rye, spring barley and winter barley. *Ann. Bot. N. S.* 17, 417—432. — HAGBERG, A., 1952, Heterosis in some crosses between populations of rye and red clover. *Hereditas* 38, 506—510. — HAGBERG, A., 1953a, Karnansatsen hos Dubbelstälråg vid odling i grannskap av diploid råg. *Sverig. Utsädesfören. T.* 63, 63—69. — HAGBERG, A., 1953b, Frekvensen av plautor med avvi kande kromosomtal i marknadspartier av tetraploid råg. *K. Landtb. Akad.* 92, 417—427. — HÄKANSSON, A., 1948, Behaviour of accessory rye chromosomes in the embryo-sac. *Hereditas* 34, 35—59. — HÄKANSSON, A. and ELLERSTRÖM, S., 1950, Seed development after reciprocal crosses between diploid and tetraploid rye. *Hereditas* 36, 256—296. — HALL, O. L., 1954, Hybridization of wheat and rye after embryo transplantation. *Hereditas* 40, 453—458. — HASEGAWA, N., 1934, A cytological study on 8 chromosome rye. *Cytologia* 6, 68—77. — HAYES, H. K. and GARBER, R. J., 1927, *Breeding crop plants*. Mc. Graw Hill, New York. — HERIBERT-NILSSON, N., 1916, Populationsanalysen und Erbliehkeitsversuche über die Selbststerilität, Selbstfertilität und Sterilität bei Roggen. *Z. Pflanzenz.* 4, 1—44. — HERIBERT-NILSSON, N., 1917, Versuche über Vicinismus des Roggens mit einem pflanzlichen Indikator. *Z. Pflanzenz.* 5, 89—115. — HERIBERT-NILSSON, N., 1926, Beretning fra N. J. F. S. Kongr. i Oslo. *Nordisk Jordbrugsforskning* 8, 626—632. — HERIBERT-NILSSON, N., 1937, Eine Prüfung der Wege und Theorien der Inzucht. *Hereditas* 23, 236—256. — HERIBERT-NILSSON, N., 1953, Über die Entstehung der Selbstfertilität beim Roggen. *Hereditas* 39, 65—74. — HERRMANN,

- Ph., 1954, Wie sieht der Züchter den Tetra-Roggen? Dtsch. Müller-Ztg. 53, 15—16. — HEUSER, W., 1954, Untersuchungen über die Höhe und Struktur des Ertrages beim Wintergetreide unter dem Einfluß verschiedener Drillweiten. Zugl. ein Beitr. z. Frage der Wenig- und Weitraumformen. Z. Acker- u. Pflanzenb. 98, 25—52. — HINTZER, H. M. R., 1946, Veredelingsonderzoekingen met rogge IV. Methodiek van het onderzoek naar de bakqualiteit. Landbk. T. Wageningen 58, 333—361. — HINTZER, H. M. R. and de MIRANDA, H., 1954a, Investigations on the quality of diploid and tetraploid rye for breadmaking. Cereal Chem. 31, 407—416. — HINTZER, H. M. R. and de MIRANDA, H., 1954b, Investigations on the baking quality of diploid and tetraploid rye. Netherl. Journ. of Agricult. Science 2, 155—167. — HOESER, K., 1954, Über die Prüfung von Winterweizen auf Winterfestigkeit in Auswinterungskästen. Züchter 24, 353—357. — ISENBECK, K. und v. ROSENSTIEL, K., 1950, Die Züchtung des Weizens (Sonderausg. Handb. Pflanzenzüchtg. 1. Aufl.), Parey, Berlin. — JERMOLJEV, E., 1942, Die Brüchigkeit des Roggens. Z. Pflanzenz. 24, 59—70. — JOHST, L., 1907, Über die Selbststerilität einiger Blüten. Bot. Zt. 65, 77—117. — JUNG, E., 1927, Ein Beitrag über Mißbildungen an Roggenähren. Fortschr. Landw. 6, 7. — JUNG, E., 1934, Über Körnerausfall bei Roggen. Z. Pflanzenz. 19, 153—163. — JUNGFER, E., 1955, Kurztagbehandelte Klone in der Roggenzüchtung, Züchter 25, 255—262. — KAKHIDZE, N. T., 1939, Meiosis in inbred rye. C. R. (Dok.) Acad. Sci. URSS 25, 68—70. — KAPPERT, H., 1950, Leistungsreserven in der Pflanzenzüchtung. DLG-Nachr. f. Pflanzenz. 61—76, Wiesbaden. — KAPPERT, H., 1953, Die vererbungswissenschaftlichen Grundlagen der Züchtung. Parey, Berlin-Hamburg. — KATTERMANN, G., 1935a, Die Chromosomenverhältnisse bei Weizenroggenbastarden der 2. Generation mit besonderer Berücksichtigung der Homologiebeziehungen. Z. Ind. Abst. u. Vererb. 70, 265—308. — KATTERMANN, G., 1935b, Die Paarungsintensität der Chromosomen bei Weizenroggenbastarden 2. Generation im Vergleich zum Weizenelter. Planta 24, 66—77. — KATTERMANN, G., 1936, Stand und Aussichten der Weizenroggenbastardierung. Prakt. Bl. Pflanzenb. 14, 266—278. — KATTERMANN, G., 1937a, Chromosomenuntersuchungen bei halmbchaarten Stämmen aus Weizenroggenbastardierung. Z. Ind. Abst. Vererb. 73, 1—48. — KATTERMANN, G., 1937b, Über die Ergebnisse der Versuche mit doppelter Befruchtung bei F<sub>1</sub>-Weizenroggenbastarden. Züchter 9, 1—3. — KATTERMANN, G., 1937c, Zur Cytologie halmbehaarter Stämme aus Weizenroggenbastardierung. Züchter 9, 196—199. — KATTERMANN, G., 1938a, Das Verhalten des Chromosoms für Behaarung rogggenbehaarter Nachkommen aus Weizenroggenbastardierung in neuen Kreuzungen mit Roggen und Weizen. Z. Ind. Abst. Vererb. 74, 1—16. — KATTERMANN, G., 1938, Über konstante halmbehaarte Stämme aus Weizenroggenbastardierung mit 2n = 42 Chromosomen. Z. Ind. Abst. Vererb. 74, 354—375. — KATTERMANN, G., 1939, Ein neuer Karyotyp bei Roggen. Chromosoma 1, 284—299. — KEESE, H., 1953, Was müssen wir beim Anbau von Tetraroggen beachten? Württ. Wochenbl. Landw. 120, 855. — KIFFMANN, R., 1953, Die stammesgeschichtl. Entwicklung des Roggenkornes und die Korntypen der heutigen westdeutschen Roggenzüchtungsarten. Dtsch. Müller-Ztg. 51, 312—314. — KÖRNICKE, F. und WERNER, H., 1885, Handbuch des Getreidebaues Bd. 1 u. 2. Parey, Berlin. — KONDO, N., 1941, Chromosome doubling in Secale, Haynaldia and Aegilops by colchicine treatment. Jap. Genet. 17, 46—54. — KOO, F. K. S. and MYERS, W. M., 1954, Deleterious effects caused by interpollination of diploid and tetraploid rye varieties. Agr. Abstr. St. Paul, Minn. Nov. 8—12, 71. — KOPETZ, L. M., 1951, Gedanken zum Problem der Standfestigkeit in der Getreidezüchtung. Z. Pflanzenz. 30, 418—421. — KOSTOFF, D., 1936, The genomes of Triticum Timopheevi Zhuk., Secale cereale L. and Haynaldia villosa Schur. Curr. Sci. 5, 67—69. — KOSTOFF, D., 1937, Interspecific hybrids in Secale (rye). I. Sec. cereale × Sec. ancestrale, Sec. cereale × Sec. Vavilovii, Sec. cereale × Sec. montanum and Sec. ancestrale × Sec. Vavilovii hybrids. Curr. Sci. 5, 583—584. — KOSTOFF, D., 1940, A case of vivipary in rye. Curr. Sci. 9, 279—280. — KOSTOFF, D. and ARUTIUNOVA, N., 1937, Studies on polyploid plants XIV. The behaviour of Haynaldia genom in the trigeneric triple hybrid (Triticum dicoccum × Haynaldia villosa) × Secale cereale. Genetica 19, 367—369. — KOSTOFF, D., DOGADKINA, N. u. TIHONOVA, A., 1935, Chromosome number of certain angiosperm plants (Nicotiana, Petunia, Oxalis, Secale and Punica). Comt. Rend. (Dok.) Acad. Sci. URSS 3, 401—404. — KOTTHOFF, P., 1942, Die Resistenz von Roggensorten gegen Anguillulina (Ditylenchus) dipsaci (Kühn). Angew. Bot. 24, 79—99. — KRASNJUK, A. A., 1934, Semenovodstov 4/3, 11—15 (Russ.). — KRASNJUK, A. A., 1936a, Selekcija i semenovodstov 7/9, 50—53 (Russ.). — KRASNJUK, A. A., 1936b, Inbreeding in rye breeding. Sotsial. Rekonst. Sel'skogo Khozjaistva 12, 104—112. — KRASNJUK, A. A., 1941, Twelve years inbreeding rye. Social Grain Farming, Saratov 2, 26—46. — KRASNJUK, A. A., 1946, Breeding rye by the method of composite populations. Agrobiologija 2, 44—51. — KRÜGER, U., 1947, Die Wirkung einer Bestäubungsbeschränkung beim Roggen und ihre Erklärung. Züchter 17/18, 146—153. — KÜNNEMANN, G., 1954, Futterauswahl für Silage und künstliche Trocknung. Praxis u. Forsch. Oldenburg 6, 193—195. — KURSELL, C. v., 1953, Getreidezüchtung am Ende? Dtsch. Landw. Presse 18, 262. — KUZJMIN, V. P., 1950, Breeding winter rye at the Sortanda State Breeding Station. Selekcija i Semenov (Breeding and Seed Growing) 6,

- 13—21 (Russ.). — LADA, P., 1934, Zur Genetik des „brüchigen“ Roggens. Imprim. de l'Université Cracovic. — LACZYNSKA, T., 1947, New rye-wheat hybrids and their scientific practical value. Ann. Univ. Mariae Curie-Sklodowska, Lublin 2, 285—336 (poln.). — LAMM, R., 1936, Cytological studies on inbred rye. Hereditas 22, 217—240. — LAMM, R., 1944, Chromosome behaviour in a triploid rye plant. Hereditas 30, 137—144. — LANDES, M., 1939, The cause of selfsterility in rye. Amer. J. Bot. 26, 567—570. — LAUBE, W., 1925, Einige Fragen über die praktische Roggenzüchtg. Beitr. Pflanzenzucht 8, 73—89. — LEIN, A., 1943a, Über Rückkreuzungsversuche eines amphidiploiden Weizen×Roggen Bastards mit Roggen. Kühn-Arch. 60, 226—237. — LEIN, A., 1943b, Die Wirksamkeit von Kreuzbarkeitsgenen des Weizens in Kreuzungen von Roggen mit Weizen. Züchter 15, 1—3. — LEIN, A., 1948, Über alloplasmatischen Roggen (Roggen mit Weizenplasma). Züchter 19, 101—108. — LEIN, A., v. ROSENSTIEL, K., und WIENHUES. 1954, Die Analyse der Ertragskomponenten bei Weizen als pflanzenbaulich-züchterisches Problem, AJD-Bericht Bad Godesberg Heft II. — LEITH, B. D., 1925, J. Amer. Soc. Agr. 17, 129—132. — LEVAN, A., 1942, Studies on the meiotic mechanism of haploid rye. Hereditas 28, 177—211. — LEVAN, A., 1945, Polyploidförädlings nuvarande läge. Sverig. Utsädesfören. T. 55, 109—143. — LEVITZKY, G. A., MELNIKOW, A. N., TITOVA, N. N., 1932, The cytology of the offspring of the 16-chromosome rye. Bull. Lab. Genet. 9, 89—96 (Russ. mit engl. Sum.). — LIMA-DE-FARIA, A., 1948, B-chromosomes of rye at pachitene. Portug. Act. Biol. (A) 2 (3), 167—174. — LIMA-DE-FARIA, A., 1949, Genetics, Origin and Evolution of kinetochores. Hereditas 35, 422—444. — LIMA-DE-FARIA, A., 1952, Chromomere analysis of the chromosome complement of rye. Chromosoma 5, 1—68. — LINNIK, G. N., 1934, A new method of crossing rye. Semenov 4/1, 24—25. — LJUNG, E. W., 1946, Råg (Rye). Sverig. Utsädesfören. T. 56, 255—260. — LJUNG, E. W., 1948, The rye breeding work of the seed Association. Svalöf 1886—1946. Hist. & pres. probl. Lund, pp. 127—134. — v. LÖWENSTEIN, J., 1951, Über die Befruchtungsverhältnisse zwischen diploidem und tetraploidem Roggen. Z. Pflanzenz. 31, 104—133. — LUNDQUIST, A., 1947, On self-sterility and inbreeding effect of tetraploid rye. Hereditas 33, 570—571. — LUNDQUIST, A., 1953, Inbreeding in autotetraploid rye. Hereditas 39, 19—32. — LUNDQUIST, A., 1954, Studies on self-sterility in rye (*Secale cereale* L.). Hereditas 40, 278—294. — MAINS, E. B., 1926, Rye resistant to leaf rust, stem rust and powdery mildew. J. Agr. Res. 32, 201 bis 221. — MALINOVSKAJA, E., 1949, New varieties of winter rye. Kolhoznoe Proizvodstvo (Collective Farming) 10 (103), 14—15. — MAYER, H. K., 1944, Iets over inteelt-proefnemingen bij rogge. Studiekring Plantenveredel. Wageningen 44, 15—18. — MEDVEDEV, P. F., 1951, The variability of hybrid seed of winter rye in the field. Proc. Lenin Acad. Agric. Sci. USSR 10, 21—24 (Russ.). — v. MENGERSEN, F., 1950, Untersuchungen über die Ausnutzung von Inzucht und Heterosis in der Roggenzüchtung. DLG-Nachr. Pflanzenz. 115—133, Wiesbaden. — v. MENGERSEN, F., 1951, Die Wirkung der Inzucht auf verschiedene Merkmale beim Roggen (*Sec. cereale* L.). Z. Pflanzenz. 30, 218—249. — v. MENGERSEN, F. und SCHNELL, W. 1956, Untersuchungen zur Heterosis bei Roggen. Z. Pflanzenz. (in Vorbereitung) MOLIN, G., 1931, Untersuchung des Keimungsgrades von Weizen und Roggen unter Benutzung des Zeißschen Eintauchrefraktometers. Mühlenlaboratorium 11, 61. — MOLIN, G., 1934, Bestimmung von Auswuchsschädigung in Weizen und Roggen durch das Eintauchrefraktometer. Cereal Chem. 11, 153. — MOLOTKOVSKII, G. H., 1950, Winter rye with branching ears in the Bukovina. Selek. i Semenov. (Breeding and Seed Growing) 9, 26—30 (Russ.). — MORGENROTH, E., 1937, Der Einfluß der Witterung und Stickstoffdüngung auf das Wachstum, den Ertrag und die Kornqualität von 5 Kurzstroh- und einem Langstrohroggen unter besonderer Berücksichtigung der Standfestigkeit. Landw. Jahrbuch 85, 1—47. — MORI, T., 1947, On extra chromosomes in rye. Idengaku Zasshi./Jap. J. Genet. 22, 19 (Japanese). — MORI, T., 1948, Experimental observations on the behaviour of supernumerary chromosomes in „twin“ plants of rye. Idengaku Zasshi./Jap. J. Genet. 23, 32 (Japanese). — MOTHES, K. und SILBER, A., 1954, Über die Vitalität des Mutterkorns. Forsch. u. Fortschr. 28, 101. — MOTHES, K. und SILBER, A., 1952, Über den natürlichen Befall der Roggenfelder durch Mutterkorn. Pharmazie 7, 310—313. — MÜHLHAUS, A. 1930, Zur Methodik der Jodprobe bei Bestimmung der diastatischen Enzyme im Mehl. Z. ges. Getreidew. 17, 224—232. — MÜNTZING, A., 1936, Über die Entstehungsweise 56-chromosomiger Weizen-Roggen-Bastarde. Züchter 8, 188—191. — MÜNTZING, A., 1937, Note on a haploid rye plant. Hereditas 23, 401—404. — MÜNTZING, A., 1939a, Chromosomenaberrationen und ihre genetische Wirkung. Z. ind. Abst. u. Vererbgs. 76, 323—350. — MÜNTZING, A., 1939b, Studies on the properties and the ways of production of rye-wheat amphidiploids. Hereditas 25, 387—430. — MÜNTZING, A., 1943a, Genetical effects of duplicated fragment chromosomes in rye. Hereditas 29, 91—112. — MÜNTZING, A., 1943b, Några försöksresultat med rågvete och tetraploidt korn. Nord. Jordbr. Forskn. 5/6, 250—262. — MÜNTZING, A., 1943c, Aneuploidy and seed shrivelling in tetraploid rye. Hereditas 29, 65—75. — MÜNTZING, A., 1943d, Double crosses of inbred rye. Bot. Not. 333—345 Lund. — MÜNTZING, A., 1943e, Kritisk. översikt över inavelsteorierna. Nord. Jordbr. Forskn. 5—6, 237—249. — MÜNTZING, A., 1944, Cytological studies of extra fragment chromosomes in rye. I. Iso-fragments produced by misdivision.

- Hereditas 30, 231—248. — MÜNTZING, A., 1945a, Cytological studies of extra fragment chromosomes in rye. II. Transmission and multiplication of standard fragments and iso-fragments. Hereditas 31, 457 bis 477. — MÜNTZING, A., 1945b, On the cause of inbreeding degeneration. Arch. Jul. Klaus Stftg. Ergzgsbd. zu Bd. 20, 153—163. — MÜNTZING, A., 1946a, Cytological studies of extra fragment chromosomes in rye. III. The mechanism of non-disjunction at the pollen mitosis. Hereditas 32, 97—119. — MÜNTZING, A., 1946b, Sterility in rye populations. Hereditas 32, 521—549. — MÜNTZING, A., 1947 (1948), Några data från förädlingsarbetet med tetraploid råg och rågve. Beretn. Nordisk. Jordbr. Forskn. Foen. 7. Kongr. Kobenh. 1/3, 499—507. — MÜNTZING, A., 1948a, Cytological studies of extra fragment chromosomes in rye. IV. The position of various fragment types in somatic plates. Hereditas 34, 161—180. — MÜNTZING, A., 1948b, Cytological studies of extra fragment chromosomes in rye. V. A new fragment type arisen by deletion. Hereditas 34, 435—442. — MÜNTZING, A., 1949, Accessory chromosomes in Secale and Poa. Hereditas Suppl. Bd. 402—411. — MÜNTZING, A., 1950, Accessory chromosomes in rye populations from Turkey and Afghanistan. Hereditas 36, 507—509, Abstr. — MÜNTZING, A., 1951a, Cyto-genetic properties and practical value of tetraploid rye. Hereditas 37, 17—84. — MÜNTZING, A., 1951b, The meiotic pairing of iso-chromosomes in rye. Portug. Act. Biol. Ser. A 831—860. — MÜNTZING, A., 1954, An analysis of hybrid vigour in tetraploid rye. Hereditas 40, 265—277. — MÜNTZING, A. and AKDIK, S., 1948a, The effect on cell size of accessory chromosomes in rye. Hereditas 34, 248—250. — MÜNTZING, A. and AKDIK, S., 1948b, Cytological disturbances in the first inbred generations of rye. Hereditas 34, 485—509. — MÜNTZING, A. and LIMA-DE-FARIA, A., 1949, Pachytene analysis of standard fragments and large iso-fragments in rye. Hereditas 35, 253—268. — MÜNTZING, A. and LIMA-DE-FARIA, A., 1952, Pachytene analysis of a deficient accessory chromosome in rye. Hereditas 38, 1—10. — MÜNTZING, A. and LIMA-DE-FARIA, A., 1953, Pairing and transmission of a small accessory iso-chromosome in rye. Chromosoma 6, 142—148. — MÜNTZING, A. and PRAKKE, R., 1941, Chromosomal aberrations in rye populations. Hereditas 27, 273—308. — MUNERATI, O., 1924, Beitrag zum Studium der Selbstunempfänglichkeit des Roggens (*Secale cereale* L.). Z. Pflanzenz. 9, 176—178. — NAKAJIMA, G., 1937, Cytological studies on the hybrid between *Triticum turgidum* ( $n = 14$ ) and *Secale cereale* ( $n = 9$ ). Jap. J. Genet. 13, 177—184. — NAKAJIMA, G., 1950, Cytological studies of an  $F_1$  plant of *Haynaldia*  $\times$  rye. Iden-gaku. Zasshi/Jap. J. Genet. 25, 26 (Abstr.) (Japanese). — NAKAJIMA, G., 1951a, Cytogenetical studies of  $F_1$  plants of *Triticum dicoccum* ( $n = 14$ )  $\times$  *Secale cereale* ( $n = 7$ ). Senshokutai (Chromosome)/Kromosomo Nr. 11, 410—415 (Japanese). — NAKAJIMA, G., 1951b, Cytological studies of  $F_1$  plants of (*Triticum turgidum*  $\times$  *Secale cereale*  $F_1$ )  $\times$  *Secale cereale*. Senshokutai (Chromosome)/Kromosomo Nr. 11, 416—420 (Japanese). — NAKAJIMA, G., 1951c, Cytogenetical studies on intergeneric hybrids between *Haynaldia* and *Secale*. I. Morphology and meiosis in the pollen mother cells of an  $F_1$  plant of *H. villosa* ( $n = 7$ )  $\times$  *Secale cereale* ( $n = 7$ ). Senshokutai (Chromosome)/Kromosomo Nr. 9/10, 364—369 (Japanese). — NAKAJIMA, G., 1952a, Cytological studies on sterile  $F_1$  plants of *Triticum turgidum*  $\times$  *Secale cereale*. Senshokutai (Chromosome)/Kromosomo Nr. 14, 525—535 (Japanese). — NAKAJIMA, G., 1952b, Cytological studies on  $F_1$  plants of (*Triticum turgidum*  $\times$  *Secale cereale*  $\times$  *T. vulgare*  $F_1$ )  $\times$  *T. turgidum*. Ikushugaku Zasshi/Jap. J. Breeding 2, 31—36 (Japanese). — NAKAJIMA, G., 1953a, Genetical and cytological studies on the breeding of amphidiploid types by crossing wheat and rye. IV. Fertility and germination of the seeds in  $F_2$  hybrids of rivet wheat (*Triticum turgidum*,  $n = 14$ ) and rye (*Secale cereale*,  $n = 7$ ) and the external characters and somatic chromosomes of the  $F_3$  plants. Ikushugaku Zasshi/Jap. J. Breeding 2, 178—184 (Japanese). — NAKAJIMA, G., 1953b, Cytogenetical studies of intergeneric hybrids between *Haynaldia* and *Secale*. II. External characters and meiosis in the pollen mother cells of the backcross hybrid (*H. villosa*  $\times$  *Sec. cereale*  $F_1$ )  $\times$  *Sec. cereale*  $F_1$ . Jap. J. Genet. 28, 19—27 (Japanese). — NEEL, L. R., 1944, Balborye-Tennessee's discovery. Sth. Seedsman 7, 17, 32, 33. — NEUMANN-PELSHENKE, P., 1954, Brotgetreide und Brot. Parey, Berlin. — NICOLAISEN, W., 1932, Über quantitative Xenien bei Roggen und Erbsen. Z. Pflanzenz. 17, 265—276. — NIKITENKO, G. F., 1951, An instance of mass branching of the ears of winter rye. Agrobiologija 3, 135—136 (Russ.). — NILSSON, F., 1940, Rye experimentation and rye improvement at the Västernorrland Branch of the Swedish Seed Association. Sverig. Utsädesfören. T. 50, 4—30. — NOGGLE, G. R., 1947, A chemical study of diploid and tetraploid rye. Lloydia Cincin. 10, 19—37. — NOGGLE, G. R., 1948, The ascorbic acid content of diploid and tetraploid rye. Amer. J. Bot. 35, 811. (Abstr.). — NORDENSKIÖLD, H., 1939, Studies of a haploid rye plant. Hereditas 25, 204. — NÜRNBERG-KRÜGER, U., 1951, Über die Auswirkung des Plasmas auf Leistungsmerkmale beim Roggen. Züchter 21, 232—240. — NÜRNBERG-KRÜGER, U., 1954, Untersuchungen an *Sec. africanum* Stapf. III. *Sec. africanum* Stapf und seine Bastarde mit *Sec. montanum* G. und *Sec. cereale* L. Ber. dtsh. Bot. Ges. 66. Gen. Versamml. — OEHLER, E., 1950, Die Züchtung der Getreidearten und die Produktion und Anerkennung von Getreidesaatgut in der Schweiz. DLG-Nachr. Pflanzenz. Vortr. Einbeck u. Voldagsen, 20—42, Wiesbaden. — ÖSTERGREN, G., 1945, Parasitic nature of extra fragment chromosomes. Bot. Notiser 2, 157—163. — OGNEV, I. M., 1951, A high-

yielding variety of winter-rye. *Selekcija i Semenov.* 6, 33–35 (Russ.). — OINUMA, T., 1952, Karyomorphology of cereals. *Biol. Journ. Okayama Univ.* 1, 12–71. — O'MARA, J., 1943, Meiosis in autotetraploid *Secale cereale*. *Bot. Gaz.* 104, 563–575. — OPITZ, K., 1954, Wie steht es um die Erhöhung der deutschen Getreideernten durch Züchtung und Sortenwahl? *Z. Pflanzenz.* 2, 210. — OSSENT, H. P., 1930, *Züchter* 2, 221–227. — OSSENT, H. P., 1938, 10 Jahre Roggenzüchtung in Münchenberg. *Züchter* 10, 255–261. — PAGENSTEDT, B., 1954, Die Bestimmung der Roggenbackfähigkeit mit dem Amylographen. *Mühle* 39, 495. — PARODI, R. A., 1950, Selecciones de centeno de Manfredi. *Memoria de la cuarta* . . . siehe Williamson u. Ballari 219–221. — PATHAK, G. N., 1940, Studies in the cytology of cereals. *Journ. of genet.* 39, 437–467. — PELSSENKE, P., 1942, Studien über die Backfähigkeit von Roggensorten. *Z. Pflanzenz.* 24, 1–58. — PELSSENKE, P., 1943, Ziele, Methoden und Erfolge der Qualitätszüchtung bei Weizen und Roggen. *Z. Pflanzenz.* 25, 343–361. — PELSSENKE, P., 1950, Erfahrungen bei Qualitätsprüfungen in der Weizen- und Roggenzüchtung. *DLG-Nachr. Pflanzenz.* 17–31, Wiesbaden. — PELSSENKE, P., 1953, Qualitätsstudien am Tetraroggen. *Mühle* 90, 392–394. — PELSSENKE, P., HAMPEL, G. und SCHÄFER, W., 1953, Die Untersuchung von Getreide und Mehl. *Methodenbuch 15.* Neumann, Radebeul u. Berlin. — PESOLA, V. A., 1948, Rye and wheat breeding in Finland. *Heredity* 2, 141–143. — PESOLA, V. A., 1951, Kurze Übersicht über die Tätigkeit der Abteilung für Pflanzenzüchtung an der Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Finnlands. *Z. Pflanzenz.* 29, 282–287. — PESOLA, V. A., 1953, Syysrukiin jalostustyöstä ja lajikekoetoinnasta Maatalouskoelaitoksen Kasvinjalostusosastolla. (Breeding work and varietal experiments on autumn rye and the Plant Breeding Section of the Agr. Exp. St.). *Valt. Maatousk. Julk.* 138, 42. — PETERS, R., 1954, Vorselektion induzierter autopolyploider Gersten- und Roggenkeimlinge nach der Wurzelstärke. *Züchter* 24, 128–131. — PETERSON, R. F., 1934, Improvement of rye through inbreeding *Sci. Agr.* 14, 651–668. — PICHLER, F., 1952, Über die Prüfung von Roggensorten auf ihre Anfälligkeit für Schneeschimmel (*Fusarium*). *Pfl. Sch. Ber. Wien* 8, 33–43. — PLARRE, W., 1954, Vergleichende Untersuchungen an diploidem und tetraploidem Roggen (*Secale cereale* L.) unter bes. Berücks. v. Inzuchtscheinungen und Fertilitätsstörungen. *Z. Pflanzenz.* 33, 303–353. — POPOFF, A., 1939, Untersuchungen über den Formenreichtum und die Scharfheit des Roggens. *Angew. Bot.* 21, 325–356. — POPOFF, A., 1939/40, The largest rye grains as seed material. *Annu. Univ. Sofia V. Fac. Agron. Sylvic. Livr. Agron.* 18, 141–147. — POPOFF, A., 1941a, Über die Auswuchsneigung des Roggens. *Z. Pflanzenz.* 23, 535–541. — POPOFF, A., 1941b, Über den Auswuchs beim Getreide. *Angew. Bot.* 23, 254–285. — POPOFF, A., 1941/42, A comparison between Bulgarian and West European rye. *Annu. Univ. Sofia Fac. Agron. Sylvicult Livre I. Agron.* 20, 283–324. — POPOFF, A., 1943, Die Auswuchsneigung beim Getreide im Zusammenhang mit dem Protein des Kornes. *Angew. Bot.* 25, 150–165. — PRAKKE, R., 1943, Studies of asynapsis in rye. *Hereditas* 29, 475–495. — PRAKKE, R. and MÜNTZING, A., 1942, A meiotic peculiarity in rye simulating a terminal centromere. *Hereditas* 28, 441–482. — PRJANISNIKOWA, Z. D., 1939, The question of utilizing the products of inbreeding in rye breeding. *Selekcija i Semenov.* 6, 15–16. — PUTT, E. D., 1954, Cytogenetic studies of sterility in rye. *Canad. J. Agr. Sci.* 34, 81–119. — PURVIS, O. N., 1934, An analysis of the influence of temperature during germination of the subsequent development of certain winter cereals and its relation to the effect of length of day. *Ann. Bot.* 48, 919 bis 956. — PURVIS, O. N., 1939, Studies in vernalisation of cereals. V. The inheritance of the spring and winter habit in hybrids of Petkus rye. *Ann. Bot. new Ser. London* 3, 719–730. — PURVIS, O. N., 1954, Devernalisation by high temperature. *Nature* 155, 113. — PURVIS, O. N. and GREGORY, F. G., 1937, Studies in vernalisation of cereals. I. A comparative study of vernalisation of winter rye by low temperature and by short days. *Ann. Bot. N. S.* 1, 569–592. — PURVIS, O. N. and GREGORY, F. G., 1952, Studies in vernalisation XII. The reversibility by high temperature of the vernalised condition in Petkus winter rye. *Ann. Bot. N. S.* 16, 1–21. — QUADT, F., 1954, Möglichkeiten und Aussichten der Qualitätszüchtung bei Roggen. *Arb. Gem. Getreideforsch.* — QUADT, F. Über die Bedeutung und Qualität von tetraploidem Roggen, 3. *Inter. Brot-Kongreß, Hamburg* — REINDERS, D. E., 1944, Veredelingsonderzoekingen met rogge. II. De invloed van bemesting op de uitstoeeling. *Landb. T. Wageningen* 56, 9–13. — REINDERS, D. E., 1946, Verdelingsonderzoekingen met rogge. V. De invloed van de kiemingstemperatuur op het schieten bij voorjaarszaai. *Landb. T. Wageningen* 58, 362–366. — RIMPAU, W., 1877, *Landw. Jb.* 6, 1073–1076. — RITTER, K., 1942, Über ein einfaches Verfahren zur Feststellung des Auswuchsgrades. *Z. ges. Getreidewesen* 29, 20–25. — ROEMER, Th., 1932, Über die Reichweite des Pollens an Kulturpflanzen. *Z. Pflanzenz.* 17, 14–35. — ROEMER, Th., 1939, *Handbuch der Pflanzenzüchtung 2, Roggen, (Secale cereale)* Parey, Berlin. — ROEMER, Th., 1949, *Gegenwartsprobleme der Getreidezüchtung.* *Z. Pflanzenz.* 28, 44–62. — ROEMER, Th., 1951, *Handbuch der Landwirtschaft 2, Roggen.* Parey, Berlin-Hamburg. — ROGNER, W., 1953a, Petkuser Normal contra Tetraroggen. *Aus Versergeb. 1950–52, Bundessortenamt f. Nutzpfl. Dtsch. Landw. Presse* 76, 15–16. — ROGNER, W., 1953b, Tetraroggen im Versuch. *Aus Vers. Ergebn. 1950–52, Bundessortenamt f. Nutzpfl. Dtsch. Landw. Presse* 76, 33–34. — v. ROSENSTIEL, K., 1938, Über Weizen-Roggen-

- Bastarde. Forschungsdienst, Sonderh. 10, 63—76. — v. ROSENSTIEL, K. u. MITTELSTENSCHIED, 1943, Über die Erzeugung amphidiploider Roggen-Weizen-Bastarde. Züchter 15, 173—183. — ROSS, C., 1953, New lodge-defying tetraploid. Sth. Seedsman 16, 16—17. — ROTSCH, A., 1941, Untersuchungen über das Roggengummi. Mühlenlab. 11, 1. — ROTSCH, A., 1953, Über die Bedeutung der Stärke für die Krumenbildung. Brot u. Gebäck 7, 121—125. — RUDORF, W., 1950, Technische Verbesserungen und genetisch-methodische Fortschritte der Pflanzenzüchtung. DLG-Nachr. Pflanzenz. 32—56, Wiesbaden. — SALTYKOVSKII, M. I. and SAPRYGINA, E. S., 1939, Winter-hardy winter rye. Selekcija i Semenov 6, 10—11. — SCHAD, C., 1948, L'amélioration du seigle. Ann. Nutrit. Aliment., Paris 2, 87—103. — SCHÄFER, W., 1954, Über die Mahl- und Backfähigkeit von Tetra-roggen. Die Mühle 91, 197. — SCHEIBE, A., 1935, Die Verbreitung von Unkrautroggen und Taumel-*lolch* in Anatolien. Angew. Bot. 17, 1—22. — SCHEIBE, A., 1951, Einführung in die allgemeine Pflanzenzüchtung. Ulmer, Stuttgart. — SCHIEMANN, E., 1932, Entstehung der Kulturpflanzen. Handb. Vererbgswiss. Bd. III. Borntraeger, Berlin. — SCHIEMANN, E., 1948, Weizen, Roggen, Gerste. Systematik, Geschichte, Verwendung. Fischer, Jena. — SCHIEMANN, E., 1949, Die neue Nomenklatur der Getreidearten. Züchter 19, 322—325. — SCHIEMANN, E. und NÜRNBERG-KRÜGER, U., 1952, Neue Untersuchungen an *Secale africanum* Stapf II. *Secale africanum* und seine Bastarde mit *Sec. montanum* und *Sec. cereale*. Naturwissenschaften 39, 136—137. — SCHIEMANN, E. und SCHWEICKERDT, H. G., 1952, Neue Untersuchungen an *Sec. africanum* Stapf I. Zur Wiederauffindung des afrikanischen Roggens. Bot. Jb. 75, 196—205. — SCHILDT, R. and ÅKERBERG, E., 1951, Studier över tetraploid och diploid råg vid Ultunafilialen 1949. Sver. Utsädesfören. Tidskr. 61, 254—268. — SCHOLZ, 1940, Neue Methodik zur Bewertung der Roggenbackfähigkeit durch den Amylographen. Mühlenlab. 10, 81—86. — SCHULERUD, A., 1939, Das Roggenmehl. Schäfer, Leipzig. — SCHULZ, A., 1918, Abstammung und Heimat des Roggens. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 36, 39—47. — v. SENGBUSCH, R., 1939, Theorie und Praxis der Pflanzenzüchtung. Societäts Verlag, Frankfurt/Main. — v. SENGBUSCH, R., 1940a, Polyploider Roggen. Züchter 12, 185—189. — v. SENGBUSCH, R., 1940b, Pärchenzüchtung unter Ausschaltung von Inzuchtschäden. Forschungsdienst 10, 545—549. — v. SENGBUSCH, R., 1941, Polyploide Kulturpflanzen (Roggen, Hafer, Stoppelrüben, Kohlrüben u. Radieschen). Züchter 13, 132—134. — SEINHORST, J. W., 1945, Een laboratoriummethode voor de bepaling van de vatbaarheid van rogge voor aantasting door het stengelaaltje (*Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev). T. Plantenziekten 51, 39—52. — SEINHORST, J. W., 1950, De betekenis van de toestand van de grond voor het optreden van aantasting door het Stengelaaltje (*Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev). T. Plantenziekten 56, 289—348. — SHMARGON, E. N., 1938a, New data on the morphology of rye chromosomes. Compt. Rend. (Dok.) Acad. Sci. URSS 20, 43—45. — SHMARGON, E. N., 1938b, Analysis of the chromomere structure of mitotic chromosomes in rye. Compt. Rend. (Dok.) Acad. Sci. URSS 21, 259—261. — SHMARGON, E. N., 1939, Chromomere structure of the chromosome set of rye. Compt. Rend. (Dok.) Acad. Sci. URSS 23, 267—268. — SHMUCK, A., PISAREV, V. and VINOGRADOVA, N., 1944, Changes in the characteristics of wheat germinated on rye endosperm. Proc. Lenin Acad. Agric. Sci. URSS 7, 9—11. — SHMUCK, A. and KOSTOFF, D., 1939, Bromacenaphtene and brome-naphtaline as agents inducing chromosome doubling in rye and wheat. C. R. Acad. Sci. URSS 23, 263—266. — SMAGIN, G. D., 1940, An experiment on breeding doubleeared rye. Jarovizacija 6 (33), 105—107. — SMIRNITSKAJA, M., 1937, Problems and results in rye breeding at the Kharkov Breeding Station. Selekcija i Semenov 11, 48—50. — STEPHAN, H., 1950, Über den Roggenbackversuch. Getreide, Mehl und Brot 4, 264—267. — STEPHAN, H., 1954, Der Backversuch zur Prüfung der Roggenmehle der letzten Ernte. Brot u. Gebäck 8, 191—192. — STRAND, E., 1952, Resultater av sortforsok med hostrug pa Sor-Ostlandet for arene 1937/38 til 1949/50. Forskn. Fors. Landbr. 3, 49—67. — STRAUB, I., 1948, Neue Ergebnisse der Selbststerilitätsforschung. Naturwiss. 35, 23—26. — TAKAGI, F., 1935, Karyogenetical studies on rye. Cytologia 6, 496—501. — THOMPSON, W. P. and JOHNSTON, D., 1945, The cause of incompatibility between barley and rye. Canad. J. Res. 23, Sect. C: 1—15. — TJIO, J. H., SANCHEZ-MONGE PARELLADA, E. & ALVAREZ PENA, M., 1954, Centenos tetraploides espanoles. Agricult. Madr. 22, 138—140. — TORNOW, E., 1950, Vom Korn zum Brot. Steinkopf, Dresden und Leipzig. — TOSUN, O., 1943, Wheat × rye crosses. T. C. Yüksek Ziraat Enstitüsü Calismalarindam, Ankara Nr. 139 Pp. 122 (Türk.). — TYSDAL, H. M., KIESELBACH, T. A. and WESTOVER, H. L., 1942, Alfalfa breeding. Coll. Agric. Univ. Nebraska Agr. Exp. Sta. res. bull. 124, 1—46. — TSCHERMAK, E., 1904, Dtsch. Landw. Presse 31, 719. — ULRICH, C., 1902, Die Bestäubung und Befruchtung des Roggens. Dissertat. Halle. — VARLAMOV, A. A. and ZNAMENSKII, A. A., 1951, Perennial rye as a forage crop in Rostov province. Selekcija i Semenov 7, 77—79. (Russ.). — VASSILIEV, B. I., 1940, Wheat-rye hybrids. II. Genetical analysis of crossability of rye with various species of wheat. C. R. (Dok.) Acad. Sci. URSS 27, 598—600. — VAVILOV, 1917, On the origin of cultivated rye. Bull. appl. Bot. 10, 561. — VAVILOV, N. J., 1949/50, The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. Chronica Botanica 13. — VETTEL, F. u. PLARRE, W., 1955, Mehrjährige Heterosisversuche mit Winterroggen. Z. Pflanzenz. 34, 233—247. —

- VRESKY, F., 1953, Slechtitelska hodnota vetevnatych klasu ozimeho zita, ziskanych vydatnessi vyzivou. (The breeding value of branched ears in winter rye obtained by increased doses of nutrients.) Sborn. csl. Acad. Zemed. 26, 371—386. — WACKER u. v. D. MOSEL, 1954, Futterpflanzen für die künstliche Trocknung. Praxis u. Forsch., Oldenburg 6, 173—177. — WAGNER, S., 1942, Die Übertragung nicht mendelnder Buntblättrigkeit durch den Pollen bei Roggen. Arch. Jul. Klaus Stftg. 17, 449—453. — WAGNER, S., 1945, Der Stand der Sortenfrage beim Winterroggen auf Grund der Versuche in den Jahren 1942/45. Mittlg. Eidgen. Landw. Versuchst. Oerlikon-Zürich. — WAGNER, S., 1950, Pflanzenbauliche und züchterische Fragen beim Brotgetreide. Schweizer landw. Mh. 29, 4—23. — WALLER, E., 1950, 30 ars jämförande sortförsök me höstrag vid Sveriges Utsädesförenings Västgötafilial, Skara. Sverig. Utsädesfören. T. 60, 371—379. — WARMBRUNN, K., 1952, Untersuchungen über den Zwergsteinbrand. Phytopath. Z. 19, 441—482. — WARREN, F. S. and HAYES, H. K., 1950, Correlation studies of yield and other characters in rye polycross. Sci. agri. 30, 12—29. — WATERHOUSE, W. L., 1953, Experiments in crossing wheat and rye. Australian rust Studies XI. Proc. Linn. Soc. NSW 78, 1—7. — WEIGERT, I. und FÜRST, F., 1929, Sorte und Düngung. Chemie, Berlin. — WELLENSIEK, S. J., 1940, Nieuwe methoden voor roggeselectie met behulp van vegetatieve vermeerdering. Zaaizaad en Pootgoed 2, Nr. 7, 9—11, Nr. 8, 8—11. — WELLENSIEK, S. J., 1941, Oogstanalyse II: Negen roggerassen bij drie plantafstanden. Landb. T. Wageningen 53, 475—491. — WELLENSIEK, S. J., 1944, Ras, zaaitijd en bemesting bij rogge. Meded. Landbouwvoorlichtingsdienst, Januari. — WELLENSIEK, S. J., 1945, Methoden voor het kwéken van aaltjes-resistente rogge en enkele hieruit voortvloeiende consequenties voor de roggeveredeling in het algemeen. Studiekring voor Plantenveredeling Wageningen 45, 35—37. — WELLENSIEK, S. J., 1947a, Rational methods for breeding crossfertilizers. Meded. Landb. Hogesch. 48 (7), 227—262. — WELLENSIEK, S. J., 1947b, De selectie van rogge en andere kruisbevruchters. Meded. ned. Algem. Keuringsdienst landbouwzaden en aardappelpootgoed 3, 84—86. — WELLENSIEK, S. J., 1947c, De veredeling van kruisbevruchters, special met behulp van vegetatieve vermeerdering. Overdrukken Laboratorium voor Tuinbouwplantenteelt Wageningen 36. — WELLENSIEK, S. J., 1947d, Grondslagen der allgemene Plantenveredeling. 497—507, Haarlem, Tjeenk Willink en zoon. — WELLENSIEK, S. J., 1948a, Vegetatieve vermeerdering bij de veredeling, special van groentegewassen. Meded. Instituut Veredeling Tuinbouwgewassen 8, 57—71. — WELLENSIEK, S. J., 1948b, Veredelingsonderzoekingen met rogge. VI. De directe invloed van het stuifmeel op het korrelgewicht. Landb. T. Wageningen 60, 125—127. — WELLENSIEK, S. J., 1952, The theoretical basis of the polycross test. Euphytica 1, 15—19. — WELLENSIEK, S. J., and REINDERS, D. E., 1944, Over tarwe  $\times$  rogge-kruisingen. Meded. N. A. K. 1, 4—8. — WHITESIDE, A. G. O., 1942, Report of uniform winter rye variety trials. 1941 crop. Rep. Cereal Div. Dom. Exp. Fm. Ottawa 54, 9 (Mimeographed). — WILLIAMSON, J. and BALLARI, C. P., 1950, Comportamiento del centeno Pico obtenido por la Sub-Estación Experimental de Pico. Memoria de la cuarta reunion de trigo, avena cebada y centeno, en la Estación Experimental Pergamino. 214—218 (Mimeographed). — YAKUWA, K., 1944, On the behaviour of supernumerary chromosomes in rye. Jap. J. Genet. 20, 72—73 (Japanese). — ZHUKOVSKY, P., 1928, A new wild growing form of rye on Anatolia. Bull. appl. Bot. Genetics & Plant Breeding 19, 49—58 (Russ. m. engl. Summary). — ZHUKOVSKY, P., 1944, Studies on hybridization and immunity of plants. K.A., Timiriaseff Acad. Agric. Moscow 6, 48. — ZIMMERMANN, K., 1951, Zwillingsauslese als Möglichkeit zur Züchtung von Fremdbefruchtern. Züchter 21, 253—255. — ZWOBODA, A., 1941, Eine spontane, fertile Artkreuzung. Z. Pflanzenz. 24, 339—340.