

### Schlußfolgerungen für die Kartoffelzüchtung

Während der letzten beiden Jahrzehnte sind vornehmlich in Deutschland neue von dem bisher bekannten Biotyp  $D_1$  abweichende Krebsbiotypen in zunehmendem Maß beobachtet worden. Zur Zeit gibt es bei einigen Kulturkartoffelsorten noch wirksame Resistenzbarrieren, die jedoch vermutlich weitgehend die gleiche genetische Grundlage besitzen. Aus diesem Grund führten wir unsere Untersuchungen in erster Linie in dem Bestreben durch, vor unliebsamen „Überraschungen“ durch neue, auch diese Barriere durchbrechende Biotypen geschützt zu sein und der praktischen Kartoffelzüchtung neue Resistenzgene zuzuführen. Es wird allerdings weiterer Untersuchungen bedürfen, um zu klären, inwieweit die gegen den Biotyp  $G_1$  ausgelesenen resistenten Formen auch Resistenz gegen andere Biotypen besitzen. Es ist anzunehmen, daß Resistenz gegenüber dem Biotyp  $D_1$ , wenn nicht bei allen, so doch bei dem größten Teil der  $G_1$ -resistenten Formen vorkommt. Interessant wird es auch sein zu klären, inwieweit die genetische Grundlage innerhalb einer Art — insbesondere bei *ssp. andigenum-tuberosum* — sowie interspezifisch zwischen den 48- und 24chromosomigen kultivierten Formen differiert. Da es unter unseren mitteleuropäischen photoperiodischen Bedingungen Schwierigkeiten macht, eine ausreichende Knollenmenge für weitere Untersuchungen zu erstellen und die züchterische Nutzung von vornherein nur durch weitere Kreuzungen mit *S. tuberosum* möglich ist, sollen die folgenden Untersuchungen an  $F_1$ -Bastarden (*S. tuberosum* × *ssp. (S.) andigenum-tuberosum*) durchgeführt werden.

Falls es sich herausstellen sollte, daß die unter den kultivierten südamerikanischen Species gefundene  $G_1$ -Resistenz gegen alle bisher bekannten *Synchytrium*-Biotypen Widerstandsfähigkeit verleiht, wird man möglicherweise auf die schwierige züchterische Arbeit mit resistenten Wildarten verzichten können.

### Zusammenfassung

In umfangreichen Freiland- und Laboruntersuchungen, auf deren Methodik hingewiesen wird, wurden kultivierte südamerikanische Arten und Herkünfte aus dem Sortiment des Instituts für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz (G-LKS) auf ihr Verhalten gegenüber dem Krebsbiotyp  $G_1$  (Gießübel) untersucht. Insgesamt wurden 576 Herkünfte — *S. curtilobum* 2, *ssp. andigenum-tuberosum* 489,  $2n = 24$  chromosomige kultivierte Species 85 — mit 1687 verschiedenen Genotypen untersucht. Von *ssp. andigenum-tuberosum* waren 25% und von den  $2n = 24$  chromosomigen Species 13% der geprüften Genotypen resistent. Es wird darauf hingewiesen, daß durch diese Untersuchungen für die Kartoffelzüchtung ein neues beachtliches Genreservoir erschlossen wurde und daß es sich vermutlich vorerst erübrigt, aufwendige Arbeit auf der Basis resistenter Wildarten zur Züchtung krebsbiotypenresistenter Kartoffeln zu leisten.

### Literatur

1. BUKASOV, S. M., u. A. J. KAMERAZ: (Grundlagen der Kartoffelzüchtung). Gosudarstvennoe izdatel'stvo sel'skochozjajstvennoj Literaturi Moskwa/Leningrad (russ.) (Staatsverl. f. Landw. Lit. Moskwa/Leningrad) S. 528 (1959). — 2. KÖHLER, E.: Über das Verhalten von *Synchytrium endobioticum* auf anfälligen und widerstandsfähigen Kartoffelsorten. Arbeit. Biol. Reichsanst. 19, 263—284 (1932). — 3. MÜLLER, W. A.: Beitrag zur Methodik der Krebsresistenzprüfung bei Kartoffeln. Diss. Univ. Rostock, Landw. Fak. (Maschinenschrift) (1960). — 4. ОЧОВА, С.: Algunos estudios sobre papas peruanas como base para un programa de mejoramiento en el país. Agronomia, Lima, 15 (65), 31—38 (1951). — 5. ROSS, H.: Über die Zugehörigkeit der knollentragenden *Solanum*-Arten zu den pflanzengeographischen Formationen Südamerikas und damit verbundene Resistenzfragen. Z. Pflanzenz. 43, 217—240 (1960). — 6. TOXOPEUS, H.: Voorlopige resultaten van het onderzoek van de Wageningse Aardappel Collectie (W.A.C.). Meded. No. 20, van de Stichting voor Planten Veredeling (S.V.P.) Wageningen, Nederlande (1958). — 7. ROTHACKER, D.: Arbeiten zur Züchtung krebsresistenter Kartoffeln. Der Züchter 27, 181—183 (1957).

Aus der Forschungsstelle für Getreidezüchtung Kloster Hadmersleben der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

## Die Verbesserung der Qualität des Roggens durch Züchtung

Von W. PLARRE

Mit 5 Abbildungen

### A. Einleitung

Brot ist nicht mehr das Grundnahrungsmittel unserer Bevölkerung. Nach GLATZEL (6) war es 1810 an den Nahrungskalorien eines Normalverbrauchers in Deutschland zu 82% beteiligt, während heute sein Anteil in der DBR nur noch 27% und in der DDR nach THOMAS (22) 35% beträgt. Die veränderten Lebensverhältnisse und der steigende Lebensstandard sind für den Rückgang des Brotkonsums verantwortlich zu machen. Vom Standpunkt des Ernährungsphysiologen ist es schädlich, wenn der Brotverzehr noch weiter zurückgeht. Er kann aufgehalten werden, wenn ein qualitativ hochwertiges Brot geliefert wird. Die Erzeugung von Qualitätsware beginnt bei der Landwirtschaft, und hier steht an erster Stelle der Züchter. Der Roggen ist in Deutschland unsere

Hauptbrotfrucht. Es soll in dieser Arbeit untersucht werden, was ist bisher im Rahmen der Qualitätszüchtung beim Roggen geleistet worden und wie ist eine Verbesserung der Qualität zu erreichen?

### B. Material und Methoden bei der Züchtung eines Qualitätsroggens

Man hat sich bisher beim Roggen nicht so intensiv wie beim Weizen mit dem Qualitätsproblem befaßt. Sowohl über den Qualitätsbegriff als auch über die Untersuchungsmethoden bestehen sehr unterschiedliche Auffassungen. Unabhängig von diesen Meinungsverschiedenheiten und Unklarheiten, womit sich das den Roggen verarbeitende Gewerbe auseinandersetzen hat, ist in Hadmersleben ein eigener Weg bei der Züchtung eines Qualitätsroggens gegangen worden.

Um dem Wunsche des Konsumenten nach hellem Brot zu entsprechen, wurde versucht, einen hellkörnigen Roggen

gen zu züchten, der auch ein helleres Mehl und Brot liefert. Ertrag, Standfestigkeit und Winterfestigkeit durften dabei dem Petkuser Universalroggen nicht nachstehen. Auf breiter Basis wurden von VETTEL seit 1925 Stämme entwickelt, die durch natürliche und künstliche Kreuzungen unter Heranziehung in- und ausländischer Sorten und Herkünfte entstanden sind. Über dieses Ausgangsmaterial ist von uns 1955 (30) ausführlich berichtet worden. Der jetzige Hadmerslebener Hellkorn II hatte 1955 noch die Stammbezeichnung 4<sub>45</sub>, und der in der vorliegenden Arbeit angeführte Stamm 521<sub>48</sub> hat die gleiche Abstammung wie der 1955 erwähnte Stamm 514<sub>48</sub>. Umfangreiche Isolierungen, Auslesen und Prüfungen waren erforderlich, bis 1944 die erste Sorte als Heines Hellkorn, später Hadmerslebener Hellkorn, zugelassen wurde. Sie war bis 1954 in der DDR im Handel und wird in der DBR heute noch angebaut. Bei uns existiert sie jetzt noch als Hadmerslebener Hellkorn I für Qualitätsuntersuchungen im Zuchtgarten.

Das gesamte hellkörnige Zuchtmaterial unterscheidet sich von grünkörnigem Roggen durch folgende morphologische Merkmale. Es fehlt der Farbstoff Anthozyan, der weder im Korn noch in anderen Teilen der Pflanze gebildet wird. Die Kornfarbe wird hier nur durch die Farbstoffe bestimmt, die im Pericarp und der Testa eingelagert sind, während beim grünkörnigen Roggen das Anthozyan der Aleuronzellen für die Kornfarbe eine ausschlaggebende Rolle spielt. Die Koleoptile ist bei unserem hellkörnigen Roggen nicht rötlich, sondern grasgrün gefärbt. Halmknoten, Spelzen und Grannen zeigen auch keinerlei Rotfärbung. Über das Zustandekommen verschiedener Kornfarben haben nach LAUBE und QUADT (10) NEUMANN und PELSHENKE 1954 sehr ausführlich berichtet.

Da der hellkörnige Roggen in Hadmersleben auf gutem Lößlehm Boden gezüchtet wurde, bringt er unter solchen Bedingungen und auf mittlerem bis leichtem Boden in gutem Kulturzustand bei ausreichender Wasserversorgung seine höchsten Erträge. Er gehört nicht auf die leichten, trockenen Sandböden, dort ist ihm der Petkuser überlegen, der eine größere ökologische Streubreite besitzt.

Zur Bestimmung der Qualität wurden Vergleichsuntersuchungen über den Nähr-, Mahl- und Backwert zwischen diploidem grün- und hellkörnigem Roggen durchgeführt. Außerdem wird auf die Unterschiede der wichtigsten Qualitätsmerkmale zwischen diploidem und tetraploidem Roggen hingewiesen und auf ihre Bedeutung bei der Beurteilung der Qualität eingegangen.

Die Untersuchungen wurden im Institut für Ernährung, Potsdam-Rehbrücke, Abteilung Getreideforschung, Leiter: Herr Dr. THOMAS, und auf Veranlassung der Zentralstelle für Sortenwesen, Nossen, Leiter: Herr HAHN, im Zentrallaboratorium für die getreideverarbeitende Industrie Riesa, Leiter: Herr SCHMIEDER, durchgeführt. Wir danken diesen Herren auch an dieser Stelle sehr verbindlich für die überaus freundliche Unterstützung unserer Arbeiten.

### C. Ergebnisse

#### I. Untersuchungsbefunde von diploidem grün- und hellkörnigem Roggen

1. Nährwert. Wie die Nährstoffuntersuchungen der Tab. 1 erkennen lassen, bestehen praktisch keine Unterschiede in der Zusammensetzung zwischen grünkörnigem Petkuser und hellkörnigen Sorten bzw. Stämmen.

Tabelle 1. Nährstoffuntersuchungen an Körnern verschiedener Roggensorten, Herkunft Hadmersleben, 4jähr. Mittel 1956—59, in % der Korntrockensubstanz.

Sorte	Rohprotein	Rohfett	Keimanteil	Rohfaser	Ertrag Hadmersleben 1956—59	
					dt/ha	rel.
Petkuser	9,9	1,47	3,31	2,13	40,20	100,0
Hellkorn I	10,1	1,57	3,19	2,07	37,80	94,3
Hellkorn II	10,6	1,49	3,52	2,19	40,70	101,2
Stamm 521 <sub>48</sub>	10,0	1,48	3,55	2,13	40,44	100,6

untersucht im Institut für Ernährung Potsdam-Rehbrücke

Von großer Wichtigkeit sind die im Getreide enthaltenen Vitamine, Fermente und Mineralien. Nach bisherigen Untersuchungen (26) sind B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, E und Nikotinsäureamid, als PP-Faktor bekannt, im hellkörnigen Roggen anteilmäßig wie im grünkörnigen vorhanden. Der Gehalt an Vitamin E scheint sogar höher zu liegen. Wie aus Tab. 1 hervorgeht, ist der Anteil des Keimlings als Träger wichtiger Vitalstoffe, insbesondere bestimmter Fettsäuren, bei hellkörnigem Roggen nicht reduziert.

2. Mahlwert. Da der Nährwert in der Rohfrucht des hellkörnigen Roggens durch die Züchtung keine Veränderung erfahren hat, kann er vom Standpunkt des Ernährungsphysiologen dem Verbraucher empfohlen werden. Genügt er auch den Qualitätsanforderungen des verarbeitenden Gewerbes? In der Tab. 2 sind einige wichtige Eigenschaften vom Petkuser und vom hellkörnigen Roggen wiedergegeben, die den Müller interessieren.

Tabelle 2. Den Mahlwert betreffende Eigenschaften verschiedener Roggensorten, Herkunft Hadmersleben, 5jähr. Mittel 1955—59.

Sorte	hl-Gew. kg	Schalenanteil in % Trockensubstanz	Asche in % Trockensubstanz +		
			Korn	98,5% Mehl	80% Mehl
Petkuser	74,9	13,6	1,90	1,83	1,05
Hellkorn I	76,6	14,4	1,86	1,82	1,07
Hellkorn II	74,1	14,0	1,92	1,89	1,10
St. 521 <sub>48</sub>	74,5	14,5	1,83	1,81	1,08

+ = 4jähr. Mittel 1956—59

Die Hektolitergewichte sind beim hellkörnigen Roggen nicht schlechter als beim grünkörnigen. Der in der Tab. 1 im Ertrag abfallende Hellkorn I hat sogar ein höheres Hektolitergewicht aufzuweisen.

Der Schalenanteil der hellkörnigen Roggen liegt nur unwesentlich höher.

Die Aschewerte im Korn und Mehl liegen zwar nicht niedriger, es ergeben sich aber beträchtliche Farbvorzüge bei gleichem Aschegehalt. Aus der Tab. 3 lassen sich die objektiv an Körnern und Mehlen ermittelten Farbunterschiede ablesen.

Tabelle 3. Farbwerte in % der Lichtreflexion von Körnern und Mehlen, 6jähr. Mittel 1954—59 sowie visuelle Schätzwerte von Brotkrumen, 5jähr. Mittel 1955—59 verschiedener Roggensorten, Herkunft Hadmersleben.

Sorten/Stämme	Körner	Mehl		Brot	
		98,5%	80%	80%	98,5%
Petkuser	22,0*	68,7*	76,5*	100	100
Hellkorn I	29,1	74,5	82,1	122	123
Hellkorn II	25,4	71,4	80,5	107	106
Stamm 521 <sub>48</sub>	25,7	71,1	78,2 <sup>+</sup>	102 <sup>+</sup>	103 <sup>+</sup>

\* = 5jähr. Mittel 1955—59. 1954—56 Bestimmung mit Pulfrich-Photometer  
+ = 4jähr. Mittel 1956—59. 1957—59 Bestimmung mit Leukometer

Ein Wert von 100%iger Lichtreflexion würde rein weiß bedeuten. Bei der Typisierung der Mehle nach dem Aschegehalt kann hellkörniger Roggen bis an die äußerste Grenze der betreffenden Latitüde ausgemahlen werden. Das Mehl ist dann immer noch heller als ein entsprechendes vom grünkörnigen Roggen. Wenn sich die Typisierung nach dem Farbwert durchsetzt, dann läßt sich hellkörniger Roggen bedeutend stärker ausmahlen als grünkörniger. Außerdem steigt zwangsläufig der Eiweiß- und Vitamingehalt an. Es liegt auf der Hand, daß sich ein solcher

Roggen sehr gut für die Herstellung von Vollkornbrot eignet. Die Helligkeitswerte der Krumenfarbe eines solchen Brotes (98,5%ige Ausmahlung) und der Brote, die aus 80%igem Mehl hergestellt wurden, konnten bislang nur organoleptisch ermittelt werden. Brot aus Petkuser Roggen wurde dabei gleich 100 gesetzt.

Durch die chemischen Prozesse bei der Gärung und beim Backen werden die im Mehl vorhandenen Farbvorvorteile der hellkörnigen Roggen im Brot etwas abgeschwächt. Abb. 1 zeigt eine Aufnahme zweier Brotstücke, die aus Mehlen gleichen Ausbeutungsgrades vom Petkuser Roggen und Stamm 521<sub>48</sub> gebacken wurden. Der Farbunterschied ist noch deutlich wahrnehmbar, obwohl Stamm 521<sub>48</sub> dunkler ist als Hellkorn I.

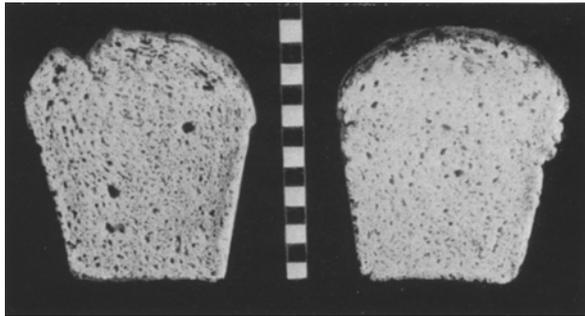


Abb. 1. Links: Brot aus Mehl vom Petkuser und rechts: vom Hadmerslebener Stamm 521<sub>48</sub> gebacken. Ernte 1959, Mehlausbeute 55%.

Zu den müllereitechnischen Forderungen gehört auch eine gute allgemeine Kornausbildung. Nach PELSSENKE (14) versteht man darunter Korngewicht, -volumen, -form, -struktur und spez. Gewicht. Der Züchter sollte bei der Selektion auf eine gute äußere Kornqualität achten, da der Mahlwert einer Sorte von diesen Eigenschaften mitbestimmt wird. Außer der objektiven Bestimmung der genannten Merkmale hat sich in vielen Zuchtstationen eine subjektive Kornbonitur eingebürgert, die vor allem die Kornform und -beschaffenheit in einer Note auszudrücken sucht. Ein Roggenkorn soll nach unserer Meinung vollbauchig sein, dabei aber nicht zu kurz und rund, sondern mittellang mit einer geringfügigen Verjüngung nach der Keimlingsspitze hin. Lange, schmale Körner werden zu leicht beim Drusch verletzt und es gibt Bruchkorn. Kurze, runde Körner werden von den schmalen Spelzen nicht so fest umschlossen wie mittellange Körner, sie fallen in der Voll- und Totreife leichter aus. Auf der Abb. 2 sind einige dieser Kornformen einander gegenübergestellt, die auch die Unterschiede im Farbwert erkennen lassen.

Die Beschaffenheit der Schale hat auch Einfluß auf den Mahlwert. Wenn zwar die phänotypische Ausbildung der Schale, wie überhaupt des ganzen Kornes, stark von den Umweltverhältnissen abhängig ist, so gibt es doch auch große genotypische Unterschiede, die von runzlig bis glatt variieren. Eine scharfe Auslese auf glatte Körner wird in Hadmersleben durchgeführt.

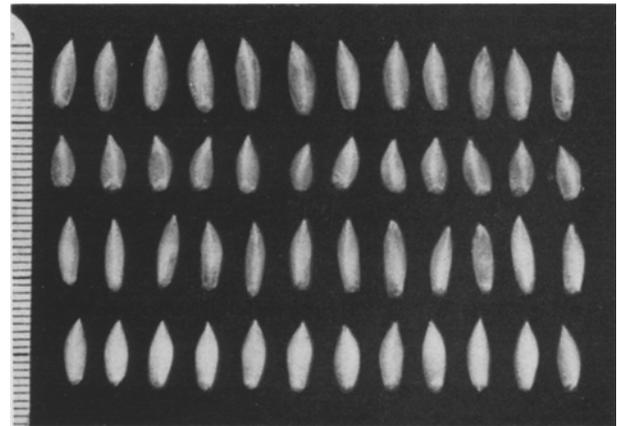
Bei der Beurteilung der Kornstruktur unterscheiden wir wie beim Weizen zwischen glasig und mehlig und lesen unter den Stämmen mit glasigen Körnern vor allem die hellglasigen aus, während die dunkel-

glasigen weniger Beachtung finden. Auf diese Weise läßt sich eine Selektion auf besonders hellen Farbwert vornehmen. Wie aus der Tab. 4 zu ersehen ist, hat Hellkorn I die beste Bonitur aufzuweisen, er besitzt auch einen sehr hohen Anteil an hellglasigen Körnern.

Tabelle 4. Bonitierungswerte der allgemeinen Kornausbildung.  
Bonitierungsschema von 0—5.

Jahre	Petkuser	Hellkorn I	Hellkorn II	St. 521 <sub>48</sub>
1954	1,4	0,6	2,0	2,0
1955	2,0	1,6	1,8	2,1
1956	1,6	1,6	1,3	2,0
1957	1,4	0,8	1,6	2,0
1958	2,0	0,6	2,2	2,0
1959	1,8	1,0	1,6	1,8
1960	2,2	1,2	1,6	2,0
1954—60	1,8	1,1	1,7	2,0

Formen mit glasiger Struktur treten auch innerhalb anderer Roggenarten, z. B. bei *Secale montanum* und *Secale segetale* auf. Auch grüne Körner können glasig sein, nur läßt sich hier diese Eigenschaft am



a



b

Abb. 2. Kornaufnahmen. a) Übersicht und b) Ausschnitt mit stärkerer Vergrößerung von oben nach unten: 1. Reihe: mittellange, volle, glatte Körner vom Petkuser; 2. Reihe: kurze, rundliche Körner einer grünkörnigen Sorte; 3. Reihe: lange, schmale Körner eines hellkörnigen Stammes; 4. Reihe: mittellange, volle, glatte, hellglasige Körner vom Hellkorn I.

Ganzkorn optisch nicht so sicher feststellen wie beim hellkörnigen Roggen. Aus Kreuzungen, die wir zwischen Hellkorn II bzw. St. 521<sub>48</sub> und *Secale montanum* (hell- und grünkörnig) mit anschließender Rückkreuzung der Kulturformen durchgeführt haben, konnten

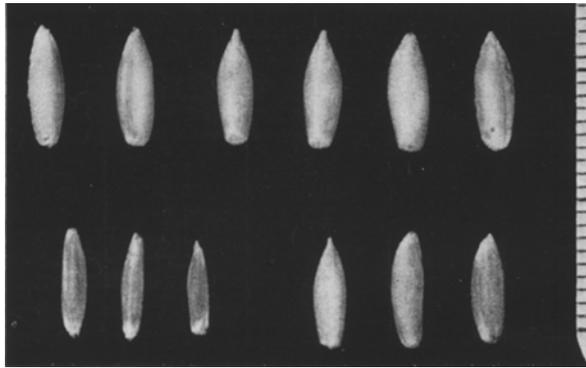


Abb. 3. Obere Reihe: F<sub>2</sub>-Körner einer Pärchenkreuzung, die 1960 in der F<sub>2</sub> durchgeführt wurde; untere Reihe: links ♂ Auslese aus *Secale montanum* dunkelglasiert, rechts ♀ Hellkorn II.

wir Einzelpflanzen und Nachkommenschaften mit ausgezeichneten hellglasierten Körnern auslesen. Die Abb. 3 zeigt eine Gegenüberstellung der Eltern mit den Kreuzungsprodukten.

3. Backwert. Nach Angaben der Versuchsbäckerei des Instituts für Ernährung in Potsdam-Rehbrücke (26) treten beim Verbacken der Mehle aus hellkörnigem Roggen keine Schwierigkeiten auf. Die Backversuche von FLECHSIG (5) zeigten 1956 auch, daß aus dem von ihm benutzten hellkörnigen Roggen qualitativ einwandfreie Gebäcke hergestellt werden konnten und daß die Backfähigkeit befriedigend ist.

Teigausbeute und Brotvolumen, Porung und Elastizität lassen kaum Unterschiede zum grünkörnigen Roggen erkennen. Auch im Geschmack und Geruch sind die Brote aus hellkörnigem Roggen denen aus grünkörnigem gleichwertig. Bei der Qualitätsbeurteilung des Brotes ist nach THOMAS 1959 (23, 24) bisher zu wenig Wert auf Aroma, Geschmack und Bekömmlichkeit gelegt worden. Diese am Brot definierten Eigenschaften könnten zweifellos auch züchterisch beeinflußt werden, wenn bekannt wäre, um welche Stoffe es sich dabei in der Rohfrucht handelt und wie man diese untersuchungsmethodisch erfassen kann.

In der Tab. 5 ist bei Bewertung des Brotes, das nach dem Milchsäurebackversuch hergestellt wurde, ein Punktsystem zu Grunde gelegt worden.

Es berücksichtigt die äußere Brotbeschaffenheit, Schnittfestigkeit, die Krustenbildung, Beschaffen-

heit der Krume, Geruch und Geschmack. Die erste Zahl gibt die für Geruch und Geschmack gegebenen Punkte wieder, als Höchstzahl ist 12 möglich. Die zweite Zahl enthält die Gesamtpunktzahl, die im Höchstfall 30 betragen kann. Nach diesem im Institut für Ernährung, Potsdam-Rehbrücke (27, 28), ausgearbeiteten System schneiden die Brote aus hellkörnigem Roggen ebenso gut ab wie die aus grünkörnigem Roggen hergestellten. Der Vollständigkeit halber sind noch einige weitere wichtige Qualitätsmerkmale wie TKG, TK-Volumen, Asche- und Rohproteingehalt in der Tab. 5 angeführt. Die Angabe, „55% Mehl“ besagt nicht, daß es sich um eine 55%ige Ausmahlung mit entsprechend niedrigem Aschegehalt handelt, sondern nur um eine Ausbeute von



Abb. 4. Auswuchsprüfung 1955 im Gewächshaus mit hellkörnigem Roggen. Von links nach rechts Stamm mit starkem, wenig und sehr wenig Auswuchs.



Abb. 5. Auswuchsprüfung 1960 im Gewächshaus mit hellkörnigem Roggen. Von links nach rechts Stamm mit starkem Auswuchs, zwei Stämme mit sehr wenig Auswuchs.

55%, wie sie nach dem Mahlverfahren mit einer Labormühle erreicht wird. In diesem Mehl sind noch relativ viele Schalenanteile vorhanden, und der Aschegehalt liegt erklärlicherweise ziemlich hoch. Nach der Ascheskala von MOHS, angegeben bei PELSSENKE (13), dürfte ein 55%iges Mehl nur 0,545% Asche aufweisen. Die Brotstücke der

Abb. 1 wurden aus den in Tab. 5 angeführten Mehlen (Ausbeute 55%) gebacken, die einen Aschegehalt von 0,76 bis 0,87% aufweisen. Nach der Mehltypisierung besitzt sonst normalerweise eine 68—72%ige Ausmahlung diesen Aschewert.

Da Auswuchs eine der häufigsten Ursachen für die Qualitätsminderung ist und große Schwierigkeiten beim Verbacken auswuchshaltiger Mehle auftreten, hat der Züchter die vorrangige Aufgabe, einen auswuchs-

Tabelle 5. Vergleich der wichtigsten Qualitätsmerkmale bei Wi.-Roggen aus HP<sup>+</sup> 1959. Mittelwerte von 4 Stationen (Biestow, Petkus, Biendorf, Langenfeld) nach Unterlagen der Zentralstelle für Sortenwesen Nossen.

Sorte/Stamm	TKG	TK-Vol. ml	Asche in % Trockensubstanz		Rohprotein in % Trockensubstanz	Bewertungszahl Milchsäure-Backversuch
			Korn	55% Mehl		
Petkuser	28,4	25	1,75	0,77	14,9	11/28
Hellkorn II	26,6	23	1,72	0,76	12,2	11/26
Stamm 521 <sub>48</sub>	27,2	24	1,72	0,83	12,3	11/28
Norrd. Champagner	28,7	26	1,78	0,87	10,5	11/28
Gülzower	26,7	24	1,73	0,80	14,0	10/26
Meckl. Marienroggen	25,7	22	1,84	0,83	13,9	11/26
Petkuser St K 28	26,8	23	1,71	0,81	15,9	11/28

\* Hauptprüfung. Untersucht vom Zentrallabor Riesa

festen Roggen zu züchten. In Hadmersleben wurden erstmals 1941 Kreuzungen hellkörniger Stämme mit dem auswuchsfesten bulgarischen Winterroggen Nr. 59 durchgeführt. Das Kreuzungsmaterial stammte von POPOFF, der es 1941 näher beschrieben hat (18). In der Folgezeit wurden auswuchsfeste hellkörnige Stämme entwickelt. Die besten wurden 1957 zu Kreuzungen mit Hellkorn I, Hellkorn II, Stamm 521<sub>48</sub>, Stamm 1747<sub>47</sub> und Petkuser herangezogen und die F<sub>1</sub> bis 1960 dreimal mit auswuchsfestem Material zurückgekreuzt. Die Abb. 4 und 5 veranschaulichen die erblichen Unterschiede in der Auswuchsfestigkeit verschiedener hellkörniger Stämme nach jeweils 10 tägiger Prüfung im Gewächshaus unter optimalen Auswuchsbedingungen. Zur Zeit befriedigen die auswuchsresistenten noch nicht hinsichtlich Standfestigkeit und äußerer Kornqualität.

## II. Unterschiede der wichtigsten Qualitätseigenschaften zwischen diploidem und tetraploidem Roggen

Die Züchtungsarbeiten am Roggen haben seit 20 Jahren eine neue Perspektive durch die Anwendung der Polyploidiezüchtungsmethode erhalten. Mit Hilfe der Colchizinbehandlung konnten in verschiedenen Zuchtstationen tetraploide Roggenstämme und -sorten gezüchtet werden. Durch die damit verbundene Zell- und Organvergrößerung hat sich das TKG um 40 bis 50% erhöht.

Außer dieser für den Müller wichtigen Eigenschaftsveränderung sind noch einige andere Qualitätsmerkmale ursächlich durch die Polyploidisierung abgeändert worden. Aus Tab. 5 und 6 sind nähere Einzelheiten zu ersehen.

Tabelle 6. Gegenüberstellung der wichtigsten Qualitätsmerkmale vom diploiden und tetraploiden Roggen. Mittelwerte aller Sorten und Stämme aus HP\* 1959 bzw. VP+ 1959 nach Unterlagen der Zentralstelle für Sortenwesen Nossen.

2 n Roggen (Petkuser, Nordd. Champ., Hellk. II, Gülzower, Mecklenb. Marien, Hdm. St. 521 <sub>48</sub> , Petk. K 28)		4 n Roggen (Gülzower, Bernb. St. 1, Bernb. St. 2, Hohenthurm)
Stationen: Biestow, Petkus, Biendorf, Langenfeld		Bernburg, Großpösna, Kl. Wanzleben, Hohenthurm, Rohrbach
TKG g	27,1	37,4
TK-Vol. ml	24	34
Kornasche in % Trockensubst.	1,75	1,97
Asche 55% Mehl in % Trockensubst.	0,81	1,03
Rohprotein in % Trockensubst.	13,4	16,0
Bewertungszahl Milchsäure-Backversuch	11/27	11/27

Untersucht vom Zentrallabor Riesa

\* Hauptprüfung

+ Vorprüfung.

Es ist vor allem auf die prozentuale Steigerung des Eiweiß- und Aschegehaltes hinzuweisen. Zu ähnlichen Ergebnissen sind auch andere Autoren gekommen (12, 16, 5). Vom ernährungsphysiologischen Standpunkt aus bedeutet die Züchtung des tetraploiden Roggens einen Fortschritt in der Qualitätsverbesserung.

In der DBR hat die Mülerei aber bisher nur ungerne polyploiden Roggen vermahlen (19). Nach THIERSCH (29), der 1957 großtechnische Vergleichsuntersuchungen in der DDR vorgenommen hat, verlangt die Vermahlung des Tetraroggens gewisse Umstellungen in der Mahlweise, was zum Beispiel die Riffelung und Voreilung anbelangt. Nach seinen Untersuchungen besitzt Tetraroggen eine zähere Schale und ein besseres Grießbildungsvermögen als diploider Roggen.

In der Bäckerei läßt sich das Mehl genauso gut verbacken wie das vom diploiden Roggen. Die Bewertungszahl des Brotes (Tab. 6) liegt genauso hoch. Besonders gut soll sich polyploider Roggen nach schwedischen Angaben für die Knäckebrot Herstellung eignen.

Bisher sind nur tetraploide grünkörnige Sorten vorhanden. In Hadmersleben gibt es seit 1954 auch tetraploiden hellkörnigen Roggen. Über die Qualität der in züchterischer Bearbeitung stehenden Stämme kann aber noch wenig ausgesagt werden. Um schnell zu einer Verbesserung der allgemeinen Kornausbildung zu kommen, wird in jedem Jahr eine scharfe Massenauslese auf gute äußere Kornqualität durchgeführt. Für die Aussaat der Populationen werden nur Körner ohne Schrumpfung des Endosperms verwendet. Bei der Individualauslese, die über Einzelähren mit Prüfung der Nachkommenschaft vorgenommen wird, werden besonders hellglasige und hellgelbe Körner bevorzugt. Im Vergleich zum diploiden hellkörnigen Roggen sieht tetraploider im allgemeinen wesentlich dunkler aus mit einer Tendenz zum Braun. FLECHSIG (5) bonitiert die Farbtonung der Mehle in seinen Proben vom hellkörnigen Tetraroggen aus der DBR auch schlechter als die vom diploiden hellkörnigen Roggen. Außerdem beurteilt er den Mahlwert des tetraploiden hellkörnigen Roggens wegen der hohen Ganzkorn- und Mehlasche sowie wegen des hohen Schalenanteils ungünstig. Das von FLECHSIG verwendete Material hat aber nichts mit dem in Hadmersleben zu tun, das auf ganz anderer genetischer Grundlage aufbaut.

## D. Diskussion

Da die Verbesserung des Mahlwertes und damit indirekt des Nährwertes beim hellkörnigen Roggen lediglich auf das Fehlen des Farbstoffes Anthozyan zurückzuführen ist, soll noch einiges über den Erbgang und das Auftreten dieses Stoffes in der Roggenpflanze gesagt werden. Die Hellkörnigkeit wird rezessiv vererbt. Die Ausfärbung der Aleuronschicht hängt nach DUMON 1947, angeführt bei LAUBE und QUADT 1959 (10) von zwei dominanten Genen, nämlich einem Grundfaktor und einem Modifikator, ab. Im Zusammenwirken mit den Farbvariationen und der Beschaffenheit des Perikarps sowie der Testa entstehen die mannigfachsten Kompromißfarben. Die Anthozyanbildung in den übrigen Teilen der Pflanze kann auch sehr stark variieren, z. T. sollen kryptomere Gene mit im Spiel sein (10). In dem von uns beschriebenen hellkörnigen Material fehlt der Farbstoff Anthozyan in allen Teilen der Pflanze. Dabei ist es nicht sicher, ob zwischen Hellkörnigkeit und völligem Fehlen des Farbstoffes eine sehr enge Kopplung oder Pleiotropie vorliegt. Es gibt auch hellkörnigen Roggen mit anthozyangefärbter Koleo-

ptile, wie das z. B. bei Svalöfs Panzerroggen der Fall war. In Hadmersleben durchgeführte Massenauslese von gelben Körnern, anschließende Individualauslese mit Einschaltung von Pärchenkreuzungen (Geschwisterbefruchtung) führte nicht zum Ziel, Stämme mit nur völlig anthozyanfreien Genotypen aus diesem Roggen zu entwickeln. Auch nach Kreuzung mit grünkörnigen Sorten zwecks Änderung des genotypischen Milieus waren in der  $F_2$  und später nach Pärchenkreuzungen keine konstant bleibenden anthozyanfreien Formen zu finden.

Zur Anthozyanbildung sind auch zwei gelbkörnige Stämme von *Secale segetale* Zhuk. befähigt, die wir von SHUKOWSKI erhalten haben, der diesen Roggen 1958 (21) näher beschrieben hat. Alle Pflanzen lassen zumindest in der Koleoptile und am Halmgrund eine mehr oder weniger intensive Rotfärbung erkennen, sie besitzen teils rote, teils anthozyanfreie Halmknoten und Blattöhrchen, obwohl es sich um gelbe, z. T. ganz hellgelbe Körner handelt. Grannen, Spelzen und Staubbeutel haben in vielen Fällen verschiedene starke Rotfärbung aufzuweisen; es gibt aber auch Pflanzen, die in diesen Organen kein Anthozyan besitzen. Ob sich aus diesem polymorphen Material, das 1960 erstmals in Hadmersleben angebaut wurde, völlig anthozyanfreie Formen selektieren lassen, kann noch nicht gesagt werden.

Bei *Secale montanum* Guss. ist es uns gelungen, über Pärchenkreuzungen Pflanzen und Nachkommenchaften auszulesen, die gelbe bis braune und sogar hellglasige Körner aufweisen, aber in anderen Organen fast immer wie die beiden Stämme von *Secale segetale* eine mehr oder weniger intensive Anthozyanbildung erkennen lassen.

Es kommen innerhalb der Gattung *Secale* bei verschiedenen Arten anthozyanarme und -freie Idiotypen vor, die bei obligatorischer Fremdbefruchtung wegen des rezessiv bedingten Erbganges relativ selten auftreten, aber doch voll vital sind. Die Unfähigkeit zur Anthozyansynthese hat nichts mit letalen oder subletalen Faktoren zu tun. Wenn man diesen Evolutionsschritt botanisch als eine Defektmutation bezeichnen will, so kann andererseits diese Eigenschaftsänderung im Zuge der Entwicklung unserer Kulturpflanzen als wirtschaftlich wertvoll angesehen werden. Durch Neukombinationen mit Hilfe von Sorten- und Artkreuzungen ist es möglich, sehr leistungsfähige Idiotypen zu entwickeln.

Die mit der Züchtung des hellkörnigen Roggens erzielte Qualitätsverbesserung, die sich auf eine höhere Ausmahlung stützt, kann sich im großen erst auswirken, wenn die Mehltypisierung nach dem Farbwert erfolgt. Es liegen in der Literatur bereits sehr viele Hinweise darüber vor, daß für die Mehltypisierung eine objektive Methode der Farbbestimmung geeigneter und sinnvoller ist als der Aschetest.

In England hat das Kent-Jones- und Martin-Gerät (7) große Verbreitung in den Mühlen gefunden. Nach KENT-JONES (7) wird der Meßwert mit diesem Colour-Grader hauptsächlich durch den Schalenanteil des Mehles bestimmt. Um den Aschetest durch eine schnellere Methode zu ersetzen, wurden in der Tschechoslowakei umfangreiche Versuche durchgeführt. Die besten Erfolge wurden nach KRIČKA 1960 (9) mit dem sowjetischen Farbmeßgerät CM-3 erzielt. Die Mehlfarbe ist auch in Ungarn nach MAJOR (11)

eine der wichtigsten Qualitätseigenschaften beim Brotgetreide.

Eine Zusammenfassung über die Entwicklung der Helligkeitsmessungen ist von W. KIPPER 1960 (8) gegeben worden, der zu dem Schluß kommt, daß das Problem der Mehlfarbmessung technisch gelöst ist. Auf die praktische Bedeutung der Mehlfarbmessungen in den Mühlen, vor allem bei der Vermahlung von Roggen, weisen ABERHAM und NEDBALEK (1) hin.

Sehr kritische Untersuchungen über die zu verwendenden Geräte und die Abhängigkeit der objektiv bestimmbaren Mehlfarbe von endogenen und exogenen Faktoren hat SCHMIEDER kürzlich (20) durchgeführt. Nach seinen Untersuchungen ist der Schalenanteil im Mehl ausschlaggebend für dessen Farbwert. Da die Mehltypisierung nach dem Aschegehalt als überholt anzusehen ist und sich die Farbwertbestimmungen durchsetzen werden, ergeben sich neue Gesichtspunkte für den Müller bei der Beurteilung des Mahlwertes einer Sorte.

ANGERMANN (3) macht 1960 mit Recht darauf aufmerksam, daß unter Qualität leider nur die Backeigenschaft verstanden wird und Mahlbarkeit und Mehlergiebigkeit in der Regel kaum berücksichtigt werden. Diese Lücke wird dadurch unterstützt, daß nur ein Bruchteil sortenmäßig definierten Inlandgetreides an die Mühlen geliefert wird.

Welche Vorteile künftig ein hellkörniger Roggen für die Müllerei hat, wird durch die aufgezeigte Entwicklung der Mehltypisierung sehr deutlich.

Mit der Möglichkeit einer stärkeren Ausmahlung des Roggens ergibt sich indirekt eine Verbesserung des Nährwertes. Eiweiß- und Vitamingehalt steigen dabei zwangsläufig an. Auf die Verwendung hellkörnigen Roggens für die Herstellung eines Vollkornbrottes und auf die besondere ernährungsphysiologische Bedeutung dieses Brotes haben vor allem THOMAS und Mitarbeiter (24, 25, 26) hingewiesen.

Bei der Beurteilung der Backfähigkeit eines Roggens spielt der Amylogrammwert eine sehr wichtige Rolle. Nach PELSchenke 1958 (15) lassen sich Mehle mit einem Amylogrammwert von t bis 250 mangelhaft, von 250 bis 350 nur mit Sauerteig und von 350 bis 650 mit Sauerteig und Hefeführung verbacken. Da Auswuchs, auch schon in latenter Form, den diastatischen Abbau der Stärke verursacht und damit für die Verschlechterung der Backfähigkeit verantwortlich zu machen ist, kann eine Verbesserung der Backqualität am wirkungsvollsten über die Züchtung auswuchsfester Sorten erreicht werden. Wie LAUBE und QUADT (10) anführen, ist der Züchtung auf Auswuchsfestigkeit immer wieder große Aufmerksamkeit entgegengebracht worden. Dennoch ist nach den Untersuchungen von PELSchenke (15), der 1958 eine Übersicht der jährlich in der Praxis auftretenden Auswuchsschäden zusammengestellt hat, seit 1908 kein Fortschritt zu erkennen. Wie POPOFF 1941 (17) mitteilt, neigen fast alle westeuropäischen Sorten zu stärkerem Auswuchs. Das von ihm selektierte auswuchsfeste Material aus dem bulgarischen Landroggen ist als Einkreuzungsmaterial für die Züchtung eines hellkörnigen auswuchsfesten Roggens in Hadmersleben herangezogen worden. Da nach ANDERS und FELLER (2) eine negative Beeinflussung des Farbwertes durch Auswuchsschäden eintritt, ist der Kombination Hellkörnigkeit mit Auswuchs

festigkeit auch aus diesem Grunde Bedeutung beizumessen.

Für die Farbwertbestimmung der Brote stand uns noch kein geeignetes Meßgerät zur Verfügung. Nach SCHMIEDER 1960 (20) ist es aber möglich, sowohl die Teig- als auch die Krumenfarbe mit dem Lange-Kolorimeter zu bestimmen. In Holland wird ein von CROES 1960 (4) beschriebenes Gerät zur Messung der Krumenfarbe verwendet, das sich gut bewährt hat.

Tetraploide Roggensorten und -stämme sind vor allem in Schweden, Holland, Österreich und Deutschland entwickelt worden. Ihre praktische Anbaubedeutung ist aber noch sehr gering. Die in ursächlichem Zusammenhang mit der Polyploidie eingetretene Erhöhung des Asche- und Eiweißgehaltes ist als Qualitätsverbesserung zu bezeichnen.

Durch die Genomverdopplung ist eine Anreicherung an Nukleoproteiden und schwefelhaltigen Eiweißverbindungen eingetreten. Eiweißreiche Mehle werden von der Bäckerei besonders für die Herstellung von Misch-, Hefe- und Vollkornbrot bevorzugt. In der von MÜNTZING 1951 (12) erwähnten Backprüfung hatte das aus tetraploidem Roggen hergestellte Brot auf Grund des erhöhten Eiweißgehaltes im Mehl ein um 10% größeres Volumen aufzuweisen.

Außer für die menschliche Ernährung spielen Mineralien und Eiweiß auch in der Tierernährung eine sehr bedeutsame Rolle, zumal Roggen in manchen Ländern in großen Mengen verfüttert wird.

Die in unseren Tabellen 5 und 6 angegebenen absoluten Werte des Rohproteingehaltes liegen wahrscheinlich orts- und jahresbedingt sehr hoch. Die zwischen diploidem und tetraploidem Roggen genetisch bedingten Unterschiede entsprechen aber den anderweitig gemachten Beobachtungen, die bei LAUBE und QUADT 1959 (10) zusammengestellt sind.

### E. Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden: Einiges ist bei der Verbesserung der Roggenqualität durch die Züchtung erzielt worden, es läßt sich noch mehr erreichen, vieles bedarf noch der Klärung.

Vom diploiden hellkörnigen Roggen ist in der DDR seit 1958 wieder eine Sorte unter dem Namen Hellkorn II im Handel. Der hellkörnige Stamm 521<sub>48</sub>, der noch in der amtlichen Prüfung steht, ist ertragreicher und standfester als Hellkorn II. Da er auch noch etwas kürzer ist, eignet er sich für den Mähdrusch. Hellkorn II wurde zugelassen, weil diese Züchtung einen Fortschritt in der Qualitätsverbesserung bedeutet. Das bezieht sich vor allem auf den Mahlwert dieser Sorte und indirekt damit auch auf den Nährwert.

Mit Hilfe der Polyploidiezüchtung konnte auch eine Verbesserung des Nährwertes direkt durch Steigerung des Eiweißgehaltes erreicht werden.

Bezüglich der Verbesserung des Backwertes konnten bisher noch keine Fortschritte im Rahmen der Qualitätszüchtung erzielt werden. Durch Züchtung auswuchsfester Sorten besteht aber die Möglichkeit, der am häufigsten in der Praxis auftretenden Qualitätsschädigung wirksam zu begegnen.

Hellkörniger Roggen wird im Bezirk Magdeburg in einem arrondierten Gebiet angebaut, das ab Herbst 1960 auf den Bezirk Halle/Saale ausgedehnt wird. Diese Maßnahme des isolierten Anbaues ist zur Er-

haltung der Qualität unbedingt erforderlich, weil bei der Pollination mit grünkörnigem Roggen unmittelbar eine Qualitätsverschlechterung des Aufwuchses durch das Auftreten der Farbexenien eintritt.

### Literatur

1. ABERHAM, H., u. M. NEDBALEK: Mehlausbeute und Helligkeit des Mehles. Dt. Müller-Zeitung 55, 49—51 (1957). — 2. ANDERS, E., u. K. FELLER: Untersuchungen über den Einfluß von Auswuchs auf Mehlausbeute und Mehqualität. Die Mühle 93, 679—680 (1956). — 3. ANGERMANN, A.: Die Auswertung von Analyseergebnissen im Mühlenlaboratorium. Die Mühle 97, 260—264 (1960). — 4. CROES, A. W.: Messung der Brotkrumenfarbe. Brot u. Gebäck 14, 21—27 (1960). — 5. FLECHSIG, J.: Qualitätsuntersuchungen an Hellkornroggen. Getreide u. Mehl 6, 71 (1956). — 6. GLATZEL, H.: Der Rückgang des Brotverzehrs, seine Ursachen und Folgen. Med. Klinik 54, 1421—1426 (1959). — 7. KENT-JONES, D. W.: Die Mehlfarbbestimmung mit dem Colour-Grader von Kent-Jones und Martin. Die Getreidemühle 4, 180—181 (1960). — 8. KIPPER, W.: Erfahrungen mit der Mehlfarbmessung. Die Mühle 97, 269—270 u. 280—281 (1960). — 9. KRÍČKA, W.: Versuche mit der Farbmessung in der CSSR. Die Getreidemühle 4, 181—183 (1960). — 10. LAUBE, W., u. F. QUADT: Züchtung der Getreidearten, Roggen (*Secale cereale* L.). In: Handb. d. Pflanzenz. 2. Aufl., Bd. II, S. 35—102, Paul Parey, Berlin (1959). — 11. MAJOR, B.: Praktische Erfahrungen mit der Helligkeitstypisierung in Ungarn. Die Getreidemühle 4, 183—184 (1960). — 12. MÜNTZING, A.: Cyto-genetic properties and practical value of tetraploid rye. Hereditas XXXVII, 17—84 (1951). — 13. PELSSENKE, P. F.: Untersuchungsmethoden für Brotgetreide, Mehl und Brot, 262 bis 263. Moritz Schäfer, Leipzig (1938). — 14. PELSSENKE, P. F.: Ziele, Methoden und Erfolge der Qualitätszüchtung bei Weizen und Roggen. Zeitschr. f. Pflanzenz. 25, 342 bis 361 (1943). — 15. Pelschenke, P. F.: Bessere Roggen- und Weizenqualitäten. Dt. Landw. Presse 81, 477—478 (1958). — 16. PLARRE, W.: Vergleichende Untersuchungen an diploidem und tetraploidem Roggen (*Secale cereale* L.) unter besonderer Berücksichtigung von Inzuchterscheinungen und Fertilitätsstörungen. Zeitschr. f. Pflanzenz. 33, 303—353 (1954). — 17. POPOFF, A.: Über den Auswuchs beim Getreide. Angew. Botanik 23, 254—286 (1941). — 18. POPOFF, A.: Über die Auswuchsneigung des Roggens. Zeitschr. f. Pflanzenz. 23, 535—541 (1941). — 19. SCHÄFER, W.: Über die Mahl- und Backfähigkeit von Tetra-roggen. Die Qualitätszüchtung von Brotgetreide. Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung E. V., Bericht über Tagung Detmold am 9. und 10. 2. 54, 125—129 (1954). — 20. SCHMIEDER, W.: Die Voraussetzungen für den Übergang zur Helligkeitstypisierung in der DDR. Die Getreidemühle 4, 200—204 (1960). — 21. SHUKOWSKI, P. M.: Die Pflanzen der Welt im Dienst der sowjetischen Züchtung. Internationale Zeitschr. der Landwirtschaft. Sofia-Berlin 1, 41—60 (1958). — 22. THOMAS, B.: Aufgabe und Bedeutung des Brotes in der gemischten Kost. Wiss. Zeitschr. der Karl-Marx-Univ. Leipzig, mathemat.-naturwiss. Reihe Heft 1, 6. Jahrg. (1956/57). — 23. THOMAS, B.: Wo liegen die Möglichkeiten zur Verbesserung der Brotqualität? Dt. Lebensmittel-Rundschau 55, 57—63 (1959). — 24. THOMAS, B.: Über die technologischen Voraussetzungen für eine hochwertige Cerealienernährung unter besonderer Berücksichtigung des Brotes in der Ernährung. Die Nahrung 3, 538—548 (1959). — 25. THOMAS, B.: Brotqualität und Ausmahlungsgrad, kritische Stellungnahme zum Vollkorn- und Roggenbrot. Die Mühle 97, 272—273 (1960). — 26. THOMAS, B., E. ANDERS, H. PLESSING und K. FUCHS: Qualitätsprüfungen von hellkörnigem Roggen im Vergleich zu grünkörnigem Roggen. Ernährungsforschung 2, 494—501 (1957). — 27. THOMAS, B., u. K. FUCHS: Das Brotbewertungsschema aus Potsdam-Rehrücke. Der Bäcker und Konditor 10, 6 (1956). — 28. THOMAS, B., u. M. ROTHE: Zum Brotbewertungsschema von Potsdam-Rehrücke. Der Bäcker und Konditor 10, 7—8 (1956). — 29. THIERSCH, R.: Großtechnische Vergleichsmahlung von Normal- und Tetra-roggen. Die Mühle 94, 1—4 (1957). — 30. VETTEL, F., u. W. PLARRE: Mehrjährige Heterosisversuche mit Winterroggen. Zeitschrift f. Pflanzenz. 34, 233—248 (1955).